

Справочник

п о

маркшейдерскому делу

Под редакцией
проф. д-ра техн. наук
А. Н. ОМЕЛЬЧЕНКО

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ

МОСКВА «НЕДРА» 1979

Справочник по маркшейдерскому делу/Под ред. проф. д-ра техн. наук А. Н. Омельченко. — 4-е изд., перераб. и доп. — М., Недра, 1979. с. 576.

В книге рассмотрены основные вопросы теории и практики маркшейдерского дела. Приведены сведения из теории погрешностей, способы уравнительных вычислений. Описаны современные маркшейдерские приборы. Изложены требования к построению опорных и съемочных сетей, методы производства съемок. Рассмотрены вопросы учета запасов и потерь полезных ископаемых, сдвижения горных пород и защиты зданий и сооружений от вредного влияния горных разработок. Рассмотрены задачи геометризации месторождений, горная графическая документация, вычислительная техника.

В четвертом издании справочника учтено все новое и передовое в теории и практике маркшейдерского дела.

Справочник предназначен для широкого круга инженерно-технических работников маркшейдерской службы и может быть полезен преподавателям и студентам горных вузов и факультетов.

Табл. 178, ил. 289, список лит. 195 назв.

АВТОРЫ:

профессора, доктора техн. наук А. Н. Белоликов, И. Н. Ушаков, Н. А. Гусев, В. Г. Зданович, Б. И. Никифоров, Г. Л. Фисенкс, С. Т. Кузнецов; д-р техн. наук И. И. Финаревский, профессор А. И. Морозов; кандидаты техн. наук В. В. Зверевич, В. Н. Лавров, В. А. Сеницын, М. И. Миронович, А. А. Гурич, В. Ш. Кронгауг, А. П. Трунин, А. В. Хлебников, С. А. Филатов, И. И. Добкин, Н. Н. Кацнельсон, Д. И. Добрица, З. Д. Низгурецкий, Д. С. Михалевич, М. И. Глейзер, Е. Н. Лабутин, И. А. Петухов, Н. И. Степин; инженер А. С. Смирнов.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из важных звеньев комплекса служб горнодобывающих предприятий (шахт, рудников, разрезов) как в период строительства, так и в период их эксплуатации является маркшейдерская служба. Методы и результаты маркшейдерских работ широко используются при разведке месторождений, строительстве метрополитенов, туннелей и других сооружений.

В результате технического перевооружения маркшейдерской службы на горные предприятия поступают оптические теодолиты, нивелиры с самоустанавливающейся осью визирования, малогабаритные гирокомпасы, фотограмметрическое оборудование, светодальномеры, настольные электронные вычислительные машины. В связи с созданием автоматизированных систем управления маркшейдерская служба получила возможность использовать ЭВМ для выполнения трудоемких вычислений. Значительно расширился круг задач по охране сооружений от влияния горных работ. Все это привело к существенным изменениям в методике и технике маркшейдерских работ. Кроме того, со времени выхода третьего издания справочника по маркшейдерскому делу вводились новые технические нормативы по производству маркшейдерских работ.

При подготовке четвертого издания справочника авторский коллектив стремился учесть все новое и передовое в теории и практике маркшейдерского дела. При изложении вопросов съемки подземных горных выработок учтена новая классификация маркшейдерских сетей и особое внимание уделено практическим рекомендациям по применению разработанных во ВНИМИ малогабаритных гирокомпасов, светодальномеров и фотограмметрических методов съемки разрезов (карьеров).

В описании маркшейдерских приборов основное внимание уделено отечественным и зарубежным оптическим теодолитам, новейшим конструкциям нивелиров, гирокомпасам, радио- и светодальномерам, ультразвуковой аппаратуре, указателям направлений с лазерным источником света. В справочнике приведены методика поверки, правила ухода и эксплуатации приборов.

В связи с прогрессивными изменениями в технологии строительства шахт изложены методы маркшейдерских работ при возведении башенных копров, сооружений глубоких шахтных стволов и монтаже высокопроизводительных подъемных установок.

Вопросы учета движения запасов, учета и нормирования потерь полезных ископаемых изложены в соответствии с принятыми классификациями запасов и потерь и утвержденной новой «Отраслевой инструкцией по учету балансовых и расчету промышленных запасов, определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь угля (сланца) при добыче».

Особое внимание уделено методам определения размеров потерь угля и оценке влияния уровня потерь на экономические показатели горного предприятия.

Главы о построении и развитии сетей триангуляции, трилатерации, полигонометрии, нивелирования, а также топографической съемки написаны с учетом внедрения дальнометрических измерений и крупномасштабной аэрофототопографической съемки применительно к конкретным задачам маркшейдерской службы горных предприятий и в соответствии с новыми требованиями государственных и межотраслевых инструкций 1970—1977 гг. Рекомендуемые в справочнике способы обработки и оценки точности маркшейдерских измерений отражают современ-

ные методы вероятностной оценки точности. В справочнике рассмотрено уравнивание трилатерации, а при уравнивании полигонометрии учтено внедрение в маркшейдерскую практику гироскопического ориентирования сторон.

Маркшейдерским работам вблизи опасных зон, устойчивости бортов разрезов и организации маркшейдерских работ посвящены специальные главы, которых не было в предыдущих изданиях.

Приведены основные сведения о применении ЭВМ для решения маркшейдерских задач и правила выполнения вычислений при использовании настольных электромеханических и электронных клавишных вычислительных машин. Значительно расширена глава о съемках открытых разработок полезных ископаемых, подверглась большой переработке глава о сдвигении горных пород, защите зданий, сооружений и природных объектов при подработке.

Ограниченный объем справочника позволил поместить в нем только основные данные по вопросам маркшейдерского дела преимущественно в угольной промышленности.

Коллектив авторов надеется, что справочник будет полезен работникам маркшейдерской службы горнодобывающих предприятий и вызовет много откликов и пожеланий для улучшения последующих изданий, которые авторами будут приняты с признательностью.

Справочник подготовлен коллективом научных работников Всесоюзного научно-исследовательского института горной геомеханики и маркшейдерского дела и преподавателями Ленинградского горного института им. Г. В. Плеханова. Общее редактирование справочника выполнено заслуженным деятелем науки и техники РСФСР проф. д-ром техн. наук А. Н. Омельченко, техническая работа по подготовке материалов к изданию выполнена А. И. Лимберг.

Проекции, применяемые в маркшейдерском деле

В основу построения всех чертежей, в том числе и горной графической документации, положен метод проекции. Последние разделяются на центральные и параллельные.

Изображения, получаемые методом центральных (перспективных) проекций, наглядны, но по характеру присущих им искажений имеют низкие метрические свойства. Изображения, получаемые методом параллельных проекций, отличаются лучшей измеримостью, но уступают перспективным в наглядности.

Графики, полученные методом параллельного проектирования, позволяют при решении задач легко определять по ним как линейные, так и угловые величины. Присущие этому методу особенности обусловили широкое использование его в маркшейдерском деле и в технике вообще. Ниже рассмотрены проекции, наиболее часто применяемые в маркшейдерском деле.

1. Проекция с числовыми отметками

Проекция с числовыми отметками является ортогональными проекциями на одну, чаще горизонтальную, плоскость. При этом положение изображаемых точек, характеризующих пространственную форму, определяется их ортогональными проекциями на плоскости (координатами x и y) и расстояниями их по нормали (по оси z) от плоскости проекций, называемыми отметками точек.

Если изображаемые точки лежат выше горизонтальной плоскости проекций, то их отметки считаются положительными, если ниже — отрицательными. Отметка точки выписывается около проекции точки в виде числа и называется числовой отметкой точки. Проекция точек при этом называются проекциями с числовыми отметками.

Метод проекций с числовыми отметками имеет своей целью изображение пространственных форм или их элементов на плоскости и решение по этим изображениям различных геометрических задач.

Прямая в проекции с числовыми отметками изображается в виде прямой линии. Тангенс угла наклона прямой к горизонту называется ее уклоном i , а проекция прямой — заложением. Величина заложения отрезка прямой, заключенного между двумя точками, разность отметок которых равна единице, называется интервалом L прямой. Между i и L существует соотношение

$$L=j. \quad (1.1)$$

Плоскость в проекции с числовыми отметками изображается горизонталями. Они одновременно являются линиями простирания плоскости. При этом за направление простирания берется то направление горизонтали, от которого падение плоскости идет вправо.

Угол простирания плоскости — угол, отсчитываемый от положительного направления оси X по ходу часовой стрелки до направл^{ен} простирания плоскости.

Линия падения плоскости — линия наибольшего ската плоскости; она и ее проекция перпендикулярны горизонталям плоскости.

Угол падения плоскости — угол между линией падения плоскости и ее горизонтальной проекцией.

Угол простирания α и угол падения β плоскости являются элементами ее залегания. Иногда элементы залегания плоскости характеризуются простираанием $\alpha_{пад}$ линии падения и углом β наклона линии падения к горизонту

$$\alpha_{г}, \alpha_{д} - \alpha + 90^{\circ}. \quad (1-2)$$

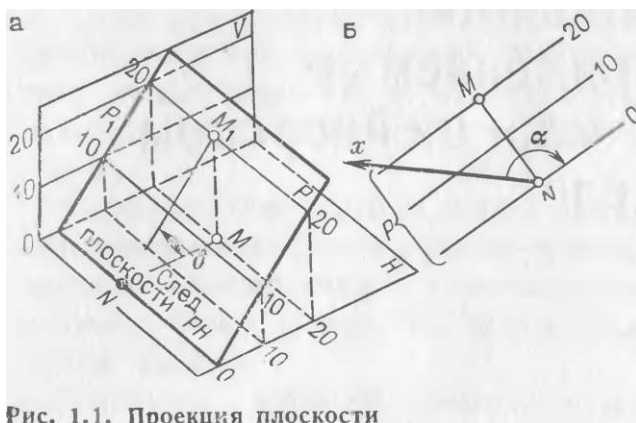


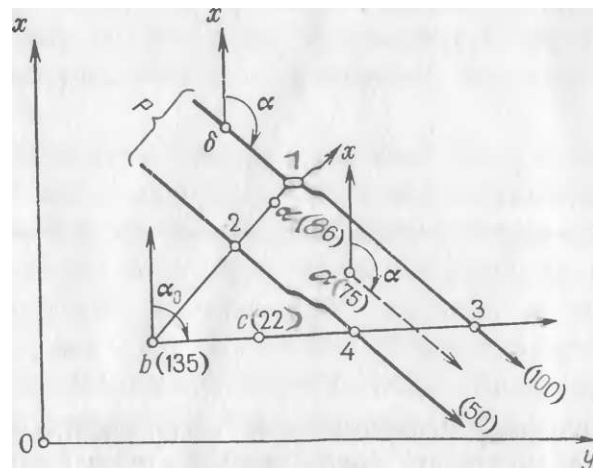
Рис. 1.1. Проекция плоскости

На рис. 1.1, а показано положение некоторой плоскости P относительно горизонтальной плоскости H и вертикальной плоскости V , т. е. ее положение в пространстве. На рис. 1.1, б плоскость P изображена в проекции с числовыми отметками в виде системы горизонталей. По взаимному положению в пространстве плоскости могут быть параллельными или пересекающимися. Если плоскости параллельны, то проекции линий падения имеют одинаковые интервалы и падение плоскостей направлено в одну и ту же сторону. В случае пересекающихся плоскостей, помимо их изображения, строят линию их пересечения (л. п.) и определяют элементы ее залегания — простирание a_0 в сторону погружения и угол наклона b_0 к горизонту.

Практический интерес представляют взаимные положения прямых и плоскостей, выражающие положения выработок и залежей.

На рис. 1.2, а по исходным данным построена плоскость P и проведены прямые $b-1$ и $b-3$. Прямая $b-1$ перпендикулярна плоскости, а прямая $b-3$ относительно плоскости расположена косо. Требуется определить координаты точек пересечения прямых с плоскостью и длину этих прямых от точки B до точек пересечения их с плоскостью. Для этого строят вертикальные разрезы по заданным прямым (рис. 1.2, б). По совокупности рис. 1.2, а и б графически определяют координаты точек пересечения прямых с плоскостью и искомые расстояния.

Для получения неискаженных величин элементов фигур (углов и сторон), лежащих в заданной плоскости, пользуются методом совмещения. При этом данная плоскость вращается около одной из своих горизонталей до положения, параллельного плоскости плана, после чего все угловые и линейные величины, расположенные в ней, изобразятся на плоскости проекции без искажения.



Разрез по И и Б-Б

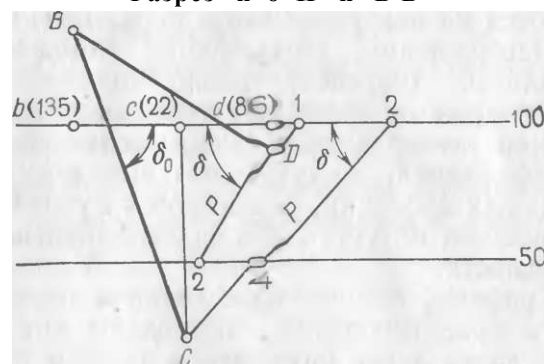


Рис. 1.2. Определение координат точек пересечения прямых с плоскостью

Это иллюстрируется ниже решением двух типовых, часто встречающихся горно-геометрических задач.

1. Определение угла между направлениями, например угла между осью секущей выработки и нормалью к напластованию при переходе от разреза пород по выработке к нормальной их разрезу или при переходе от нормальной колонки пород к разрезу их вдоль проектируемой выработки.

На рис. 1.3 по исходным данным построены наклонные прямые ab , ac и горизонтальная прямая ad . Требуется найти истинную величину угла между наклонными прямыми ab и ac .

Для проведения на плане (рис. 1.3, а) горизонтали (10 — К) плоскости, в которой лежат прямые ab и ac , строят профили (рис. 1.3, б) и на прямых находят точки 1 и 2, имеющие одинаковые (10 — h) отметки. Вращением около этой горизонтали угла $2a$ до положения, параллельного плоскости плана, находят совмещенное положение a_0 вершины a этого угла. Точку a_0 соединяют с неподвижными точками J и 2. Угол $2a_01 = R_x$ есть искомый угол между прямыми ab и ac (см. рис. 1.3, а).

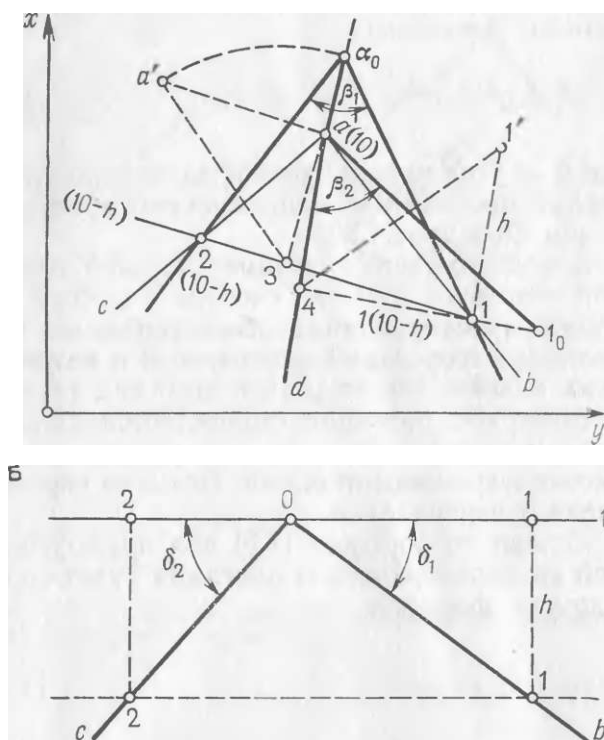


Рис. 1.3. Метод совмещения. Определение угла между направлениями

На том же рисунке показано определение угла (β_2 между наклонной прямой ab и горизонтальной прямой ad). Для этого вращением плоскости, в которой лежат прямые ab и ad , около горизонтальной линии ad находят совмещенное положение 1 (0) точки Y , лежащей на прямой ab . Соединяя точку a с точкой 1 (0), находят совмещенное положение прямой ab . Угол dal (0) является искомым.

2. Определение угла между пересекающимися плоскостями, например угла складки, угла дизъюнктива, угла между системами трещин и т. д., выполняется графическим методом.

На рис. 1.4 по исходным данным построены пересекающиеся плоскости P_1 и P_2 и показана линия их пересечения. Для определения угла между ними строят по одноименным горизонталям нормально секущую плоскость Q , перпендикулярную линии пересечения плоскостей P_1 и P_2 и проходящую через точку d . В ней расположен искомым угол v . Вращением плоскости Q около горизонтали 70 совмещают ее с плоскостью плана, в результате чего вершина d угла qdf займет положение d' . Угол $fd'q$ равен искомому углу V .

Многогранники (котлованы, насыпи, складки полезного ископаемого и пород правильной формы и др.) как тела, ограниченные

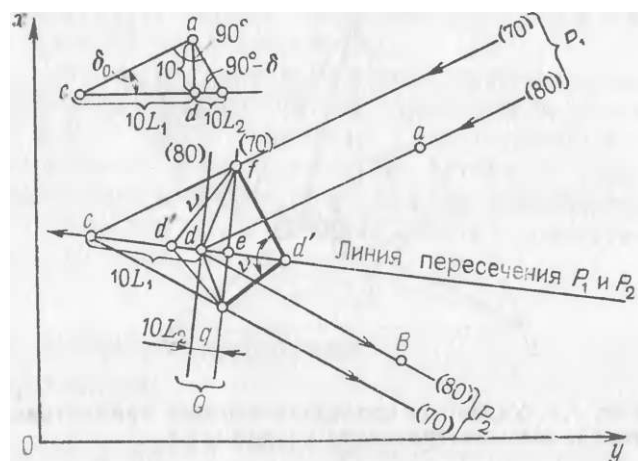


Рис. 1.4. Метод совмещения. Определение угла между плоскостями

пересекающимися плоскостями, по исходным данным могут изображаться в проекции с числовыми отметками горизонталями.

Поверхности залежей полезного ископаемого и других геологических контактов также изображаются горизонталями.

К поверхностям топографического порядка относятся поверхности геологических контактов, являющиеся во многих случаях скрытыми. Изолиниями в виде условных поверхностей топографического порядка характеризуются качественные показатели залежей полезных ископаемых и горного массива. Топографическая поверхность является хорошим средством графического выражения изучаемых структурных и качественных показателей при геометризации месторождений полезных ископаемых.

2. Аксонометрические проекции

Аксонометрия дословно обозначает осеизмерение. Аксонометрические проекции позволяют получать объемное изображение объекта, что требуется в ряде случаев при оформлении документации сложных узлов геологических структур и горных выработок, а также при составлении схем вентиляции, размещения оборудования в выработках и при решении других задач.

Для достижения необходимой наглядности и лучших метрических свойств чертежа задаются условными прямоугольными пространственными координатами, совпадающими (или параллельными) с основными размерами изображаемого объекта, положением



Рис/1.5. Условные пространственные прямоугольные и аксонометрические координаты

плоскости проекции относительно указанных координат и направлением проецирующих лучей относительно плоскости проекции. По последнему признаку аксонометрические проекции делятся на прямоугольные (проецирующие лучи перпендикулярны плоскости проекции) и косоугольные. Косоугольные аксонометрические проекции являются общим видом параллельных проекций.

Условные прямоугольные пространственные координаты (и параллельные им основные размеры изображаемого объекта) при аксонометрическом проецировании искажаются в определенных отношениях, называемых показателями искажения вдоль координатных осей: p (вдоль оси x), q (вдоль оси y) и r (вдоль оси z).

Проекция, у которых все три показателя равны между собой, называются изометрическими, с двумя одинаковыми показателями искажения из трех — диметрическими, с тремя разными показателями искажения — триметрическими.

Изображение условных прямоугольных пространственных координат $Oxyz$ (рис. 1.5) на плоскости проекций K называется аксонометрическими координатами ($O_1x_1y_1z_1$) — в косоугольной проекции и O_2xyz — в прямоугольной проекции). На рис. 1.5 углы α , β , γ — углы между пространственными и прямоугольными аксонометрическими осями.

Теоретической основой косоугольных аксонометрических проекций служит известная теорема Польке, определяющая следующие положения.

Три произвольные прямые на плоскости чертежа, пересекающиеся в одной точке, могут быть приняты за аксонометрические проекции прямоугольных координатных осей в пространстве, а три произвольных конеч-

ных числа p , q , r могут быть приняты показателями искажения.

$$2. \quad p^2 + q^2 + r^2 = 2 + \text{ctg}^2(\gamma), \quad (1.3)$$

где γ — угол между плоскостью аксонометрических проекций и направлением проецирования O_2O (рис. 1.5).

В косоугольной аксонометрической проекции заложена большая свобода в выборе условий проецирования, обеспечивающих выполнение требований наглядности и метрических качеств чертежа. При этом вид аксонометрической проекции определяется показателями искажения p , q , r и углами между аксонометрическими осями. Ось z на чертеже берется вертикально.

Исходя из формулы (1.3) для прямоугольной аксонометрической проекции будет справедлива формула

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2. \quad (1.4)$$

В зависимости от значений показателей искажений по осям и принятого численного масштаба построения по каждой аксонометрической оси строят соответствующий линейный масштаб. Система аксонометрических осей с соответствующей их градуировкой для принятого численного масштаба называется аксонометрическим масштабом. Последний сопровождает любое аксонометрическое изображение. Аксонометрический чертеж, изображающий геологическую структуру, называют блок-диаграммой. При этом ось x берут вкрест простираения структуры (совпадает с направлением разведочных линий), ось y — по простираению структуры, а ось z — вертикально.

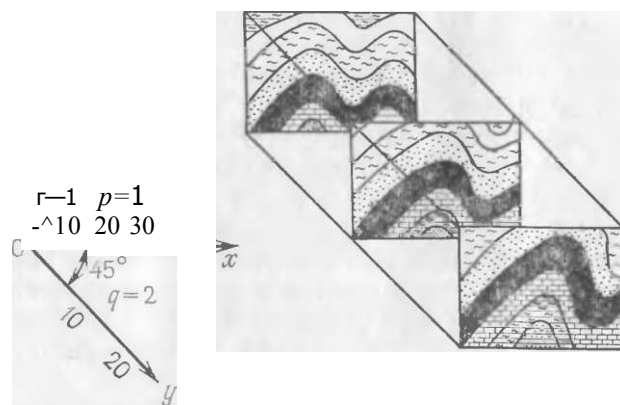


Рис. 1.6. Построение блок-диаграммы геологической структуры (профильная аксонометрия)

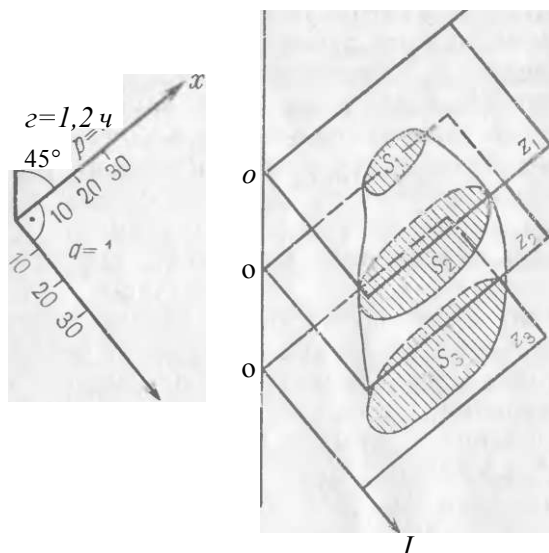


Рис. 1.7. Аксонометрическое изображение рудного тела (плановая аксонометрия)

Из прямоугольных аксонометрических проекций чаще пользуются изометрической проекцией, для которой $p = q = z = 0,82$ и углы между аксонометрическими осями равны между собой, т. е. равны 120° .

Однако наибольшим признанием пользуются некоторые виды косоугольных проекций, позволяющие плоские сечения изображаемого объекта, совпадающие с координатными плоскостями zOx и zOy , переносить на аксонометрический чертеж копированием.

На рис. 1.6 показано аксонометрическое изображение геологической структуры участка в пределах геологических разрезов по разведочным линиям. Расположенный слева аксонометрический масштаб свидетельствует о том, что вертикальные геологические разрезы перенесены на блок-диаграммы без искажений (копированием). Во избежание больших перекрытий показатель искажений по оси y увеличен вдвое по сравнению с $p = z = 1$. Угол $xOy = 45^\circ$.

Указанный способ объемного изображения в диметрической косоугольной проекции иногда называют *профильной аксонометрией*.

На рис. 1.7 показано объемное изображение рудного тела по системе горизонтальных его сечений (по погоризонтным планам). Принятые здесь условия аксонометрического проектирования (см. аксонометрический масштаб в левой части рис. 1.7) позволили перенести на чертеж использованные погоризонтные планы S_{1f} , S_{2y} , S_3 без искажений (копирова-

нием). Этот способ называют *плановой аксонометрией*.

При профильной и плановой аксонометрии требуется, в соответствии с принятыми условиями проектирования, предварительное построение геометрического остова в виде аксонометрического изображения координатных плоскостей, в которых лежат используемые сечения.

3. Стереографические проекции

Для решения горно-геометрических задач, связанных с определением углов между направлениями и между плоскостями, широко используют стереографические проекции. Заданные в пространстве направления и плоскости параллельно самим себе переносят в одну точку, около которой описывают сферу радиусом R . Указанные направления и плоскости с поверхностью сферы дают пересечения в виде точек и сферических линий. Спроектированные определенным образом на плоскость проекций они позволяют достаточно просто и точно определять искомые угловые величины.

Центр проектирования находится на поверхности сферы в точке надира Z' , если плоскостью проекций служит горизонтальная плоскость, проходящая через центр сферы. Центр проектирования лежит на линии экватора сферы, если плоскостью проекций служит меридиональная плоскость, отстоящая от центра проектирования на 90° .

Направления и плоскости в стереографической проекции изображаются в виде точек, прямых и дуг окружностей.

Углы наклона направлений и плоскостей определяются величиной отрезка Ob из выражения

$$Ob = R \tan(J^\wedge), \quad (1.6)$$

где R — радиус сферы; b — угол наклона направления или плоскости к горизонту.

Практические достоинства стереографических проекций обусловлены присущими им свойствами:

- 1) внутри круга проекций изображается вся верхняя полусфера;
- 2) стереографическая проекция — *равноугольная*, т. е. углы между направлениями или между плоскостями в пространстве равны углам между стереографическими проекциями направлений или плоскостей;

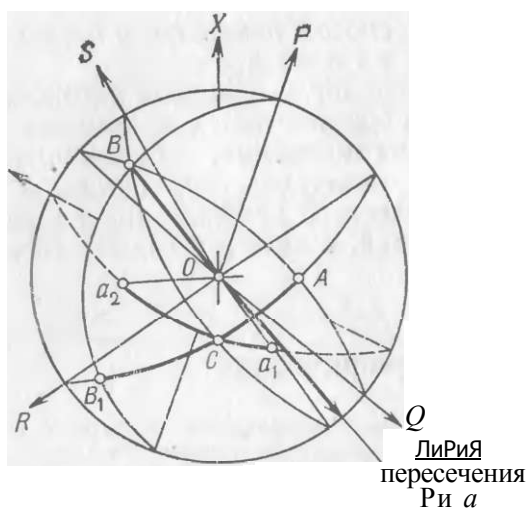


Рис. 1.8. Определение угловых величин с помощью сетки Вульфа

3) стереографическая проекция плоскости — дуга окружности. При этом радиус стереографической проекции плоскости

$$r = R \sec \delta \quad (1.6)$$

При определении угловых величин удобно пользоваться стереографической сеткой, представляющей собой стереографическую проекцию градусной сети сферы.

Сетка называется полярной, если она построена на совмещении плоскости проекций с плоскостью экватора, а центр проектирования — с точкой Z' надира сферы.

Сетка называется меридиональной, если она построена при нахождении центра проектирования в какой-нибудь точке экватора и совмещении плоскости проекций с плоскостью меридиана, отстоящего от центра проектирования на 90° . Меридиональная сетка с двухградусным интервалом — сетка Вульфа нашла широкое применение в практике работ. При решении горно-геометрических задач сеткой Вульфа пользуются как основой. Все построения при этом производят на кальке, которую накладывают на сетку. На кальку наносят центр сетки и стрелкой отмечают верхний конец вертикального диаметра сетки O , который для краткости называется индексом. Центр сетки и индекс на кальке фиксируют исходное ее положение.

Решение типовых задач по определению угловых величин с помощью сетки Вульфа приведено ниже.

Пример. Элементами залегания заданы два направления a_1 , a_2 . Найти угол β между ними и найти элементы залегания плоскости, в которой лежат заданные направления.

Для решения задачи кальку накладывают на сетку, центрируют и ориентируют ее по вертикальному диаметру сетки по точке O и индексу X , обозначенным на кальке. Далее вращают кальку на сетке вокруг точки O против часовой стрелки на величину a_1 , индекс X по кругу проекции опишет соответствующую углу a_2 дугу относительно верхнего конца вертикального диаметра сетки. Тогда направление на кальке, совпадающее с верхним концом вертикального диаметра сетки, будет фиксировать взятое направление. Отсчитав на нем по сетке от периферии к точке O число градусов угла наклона δ направления, на кальке получим проекцию направления — отрезок Oa_2 (рис. 1.8).

Аналогично строят проекцию второго направления $0a_1$. Для определения угла между направлениями вращением кальки точки a_1 и a_2 выводят на дугу меридиана сетки. Величина дуги a_1a_2 фиксирует величину искомого угла β в градусах, отсчитываемых по сетке. Дуга этого меридиана представляет плоскость γ в которой лежат заданные направления, а стягивающая ее хорда (вертикальный диаметр сетки) является линией простираения этой плоскости.

Угол падения последней отсчитывают по горизонтальному диаметру сетки слева от периферии к точке O . Азимута плоскости T отсчитывают при совмещении индекса X с вертикальным диаметром сетки от последнего по часовой стрелке до линии простираения плоскости T_γ обозначенной стрелкой.

4. Циклографические проекции

Сущность циклографических проекций заключается в построении основного геометрического элемента — точки. Изучаемый объект любой сложности, с точки зрения его изображения, представляет собой совокупность характерных его точек.

Под ортогональной циклографической проекцией точки на горизонтальную плоскость понимается основание перпендикуляра, опущенного из точки в пространстве на плоскость, которая принимается за центр окружности радиуса, равного расстоянию от данной точки до плоскости по нормали к последней.

Пусть на горизонтальной плоскости проекций H построена окружность радиуса R_a с центром в точке a (рис. 1.9, а). Тогда точка A в натуре находится в пространстве на перпендикуляре к плоскости H у восстановленного из точки a на расстоянии aA , равное радиусу R_a . Аналогично проекция некоторой точки M определяется дугой окружности радиуса R_m

и центром ее т (рис. 1.9, б). При расположении проектируемой точки над плоскостью проекции окружность (дуга) изображается сплошной линией, под плоскостью — пунктирной линией (рис. 1.9, в). Если проектируемая точка *С* лежит на плоскости проекций Я, то $R_c = 0$ (рис. 1.9, з).

Положение точки в пространстве определяется ее координатами л, у, г. На циклографической проекции точки горизонтальные координаты x_y , у определяются положением центра окружности, а координата z — радиусом окружности.

Циклографическая проекция прямой может быть представлена как совокупность циклографических проекций двух точек, лежащих на этой прямой, а циклографическая проекция плоскости — как совокупность циклографических проекций трех точек, принадлежащих плоскости, не лежащих на одной прямой.

Основное достоинство циклографических проекций применительно к геометризации месторождений полезных ископаемых — большая информативная емкость геолого-маркшейдерских чертежей.

Характеристика массива горных пород и залежей полезного ископаемого в точках их изучения (в скважинах, горных выработках) исчерпывающе может быть представлена в виде круговой геологической колонки (рис. 1.10). На этом рисунке характеристика массива представлена по вертикальной скважине; показаны шкалы содержания компонента 5 и сжатия а.

Пусть л, у, Z_0 — координаты устья скважины, h_k — глубина залегания по скважине контактов смежных слоев. По координатам X_0, y_0 находим точку устья скважины, вокруг которой описывается система концентрических окружностей радиусом r_k в принятом масштабе, соответствующем глубинам залегания встреченных скважиной контактов, считая от устья скважины, т. е. $r_k = h_k$.

Таким образом, система концентрических окружностей (см. рис. 1.10) представляет собой ортогональные циклографические проекции точек, лежащих на поверхностях контактов, встреченных вертикальной скважиной. Здесь горизонтальная плоскость проекций проходит через устье скважины с отметкой Z_0 .

По циклографической проекции можно определить:

отметку z_k поверхности интересующего контакта по скважине

$$z_k = Z_0 - r_k, \quad (1.7)$$

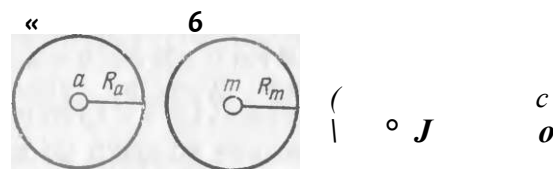


Рис. 1.9. Циклографическая проекция точки

вертикальное расстояние (вертикальную мощность слоя) между контактами k_1 и k_2 по скважине при направлении счета от устья к забою скважины

$$b_{k_1-k_2} = r_{k_1} - r_{k_2}. \quad (1.8)$$

Если каждый слой на рис. 1.10 дать в принятых обозначениях, то получится круговое изображение вертикальной геологической колонки по скважине, дающее литологическую характеристику толщи пород, пересеченных скважиной.

Подобную круговую колонку можно строить по обнажению в любом направлении, предварительно приведя его к вертикальному. Состав, строение массива горных пород и присущие ему физические, химические и технологические свойства взаимосвязаны. Поэтому важно их совместное изучение и геометризация.

Построенные круговые колонки, будучи координированными, в совокупности отражают основной фактический материал изуче-

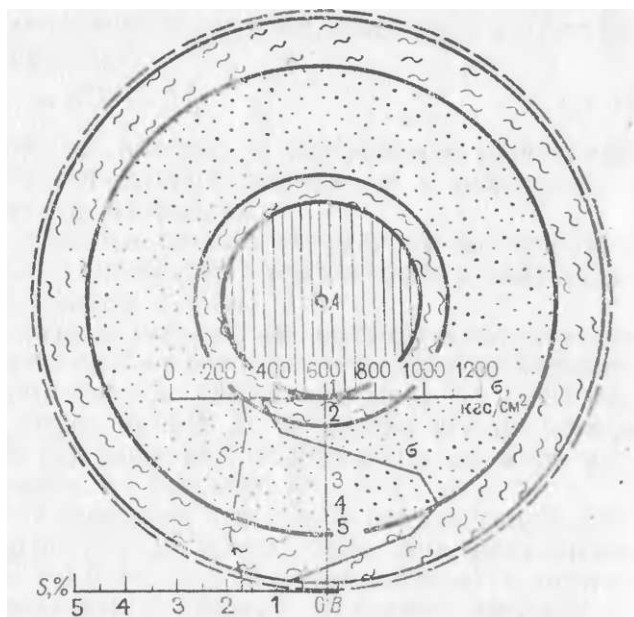


Рис. 1.10. Круговая геологическая колонка с изображением качественных показателей

Система плоских прямоугольных координат Гаусса—Крюгера

1. Система геодезических координат 1942 г.

В СССР с 1946 г. принята единая система координат, называемая системой геодезических координат 1942 г. Применение этой системы обязательно при выполнении топографо-геодезических, картографических и маршейдерских работ на территории СССР и многих стран социалистического содружества. В системе 1942 г. используется эллипсоид Красовского. Начальными геодезическими датами служат пункт Пулково (центр круглого зала) и азимут с сигнала А на пункт Бугры Саблинской базисной сети. Ориентирование эллипсоида произведено в пункте Пулково с учетом отклонения отвесной линии, а аномалия высоты (высота референц-эллипсоида над геоидом) принята равной нулю.

Для эллипсоида Красовского исходными используются большая полуось $a = 6\,378\,245$ м и сжатие $a = 1 : 298,3$. Величины a и a считаются точными и по ним вычислены: малая полуось эллипсоида $b = 6\,356\,863,0187$ м; логарифмы полуосей и сжатия $\lg a = 6,8047011973$, $\lg b = 6,8032428531$, $\lg a = 3,5253467466$, первый эксцентриситет меридионального эллипса $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 0,0066934216$, $\lg e^2 = 3,8256481824$, второй эксцентриситет меридионального эллипса $e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2} = 0,0067385254$, $\lg e'^2 = 3,8285648707$.

2. Проекция Гаусса. Координатные зоны

В системе геодезических координат 1942 г. используется поперечно-цилиндрическая конформная проекция Гаусса, характеризующаяся следующими условиями:

1) проекция равноугольна (конформна), сохраняет равенство соответствующих углов на поверхности референц-эллипсоида и на плоскости проекции, т. е. эта проекция сохраняет подобие бесконечно малых фигур;

2) начальный (осевой) меридиан и экватор изображаются на плоскости проекции двумя взаимно перпендикулярными линиями, принимаемыми соответственно за оси абсцисс и ординат;

3) масштаб проекции вдоль осевого меридиана равен единице. Для ограничения величины искажений на плоскости проекции поверхность референц-эллипсоида разделена меридианами на 60 координатных зон шириной по долготе 6° каждая.

Граничным западным меридианом первой шестиградусной зоны служит гринвичский меридиан. Нумерация зон возрастает с запада на восток. Каждая шестиградусная зона образует самостоятельную систему плоских прямоугольных координат, в которой изображение осевого меридиана, имеющего долготу от Гринвича

$$L_g = 6^\circ N / - 3^\circ, \quad (II.1)$$

есть ось абсцисс, а изображение точки пересечения осевого меридиана с экватором — начало координат.

Долготы осевых меридианов шестиградусных координатных зон восточного полушария приведены в табл. II.1.

Осевые меридианы шестиградусных координатных зон совпадают со средними меридианами листов карты масштаба $1 : 1\,000\,000$, а номер зоны N на 30 единиц меньше номера соответствующей колонны листов карт масштаба $1 : 1\,000\,000$.

В пределах отдельной координатной зоны ординаты y могут быть положительными (к востоку от осевого меридиана) и отрицательными (к западу от осевого меридиана). Чтобы избежать отрицательных значений ординаты y , к ней прибавляют $500\,000$ м и приписывают слева номер шестиградусной коор.

Система плоских прямоугольных координат Гаусса— Крюгера

1. Система геодезических координат 1942 г.

В СССР с 1946 г. принята единая система координат, называемая системой геодезических координат 1942 г. Применение этой системы обязательно при выполнении топографо-геодезических, картографических и маршейдерских работ на территории СССР и многих стран социалистического содружества. В системе 1942 г. используется эллипсоид Красовского. Начальными геодезическими датами служат пункт Пулков (центр круглого зала) и азимут с сигнала А на пункт Бугры Саблинской базисной сети. Ориентирование эллипсоида произведено в пункте Пулково с учетом уклонения отвесной линии, а аномалия высоты (высота референц-эллипсоида над геоидом) принята равной нулю.

Для эллипсоида Красовского исходными используются большая полуось a — 6 378 245 м и сжатие $a - b$ — a = 1 : 298,3. Величины a и b считаются точными и по ним вычислены: малая полуось эллипсоида $b = 6\,356\,863,0187$ м; логарифмы полуосей и сжатия $\lg a = 6,8047011973$, $\lg b = 6,8032428531$, $\lg a - \lg b = 3,5253467466$, первый эксцентриситет меридионального эллипса $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 0,0066934216$, $\lg e^2 = 3,8256481824$, второй эксцентриситет меридионального эллипса $e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2} = 0,0067385254$, $\lg e'^2 = 3,8285648707$.

2. Проекция Гаусса. Координатные зоны

В системе геодезических координат 1942 г. используется поперечно-цилиндрическая конформная проекция Гаусса, характеризуемая следующими условиями:

1) проекция равноугольна (конформна), сохраняет равенство соответствующих углов на поверхности референц-эллипсоида и на плоскости проекции, т. е. эта проекция сохраняет подобие бесконечно малых фигур;

2) начальный (осевой) меридиан и экватор изображаются на плоскости проекции двумя взаимно перпендикулярными линиями, принимаемыми соответственно за оси абсцисс и ординат;

3) масштаб проекции вдоль осевого меридиана равен единице. Для ограничения величины искажений на плоскости проекции поверхность референц-эллипсоида разделена меридианами на 60 координатных зон шириной по долготе 6° каждая.

Граничным западным меридианом первой шестиградусной зоны служит гринвичский меридиан. Нумерация зон возрастает с запада на восток. Каждая шестиградусная зона образует самостоятельную систему плоских прямоугольных координат, в которой изображение осевого меридиана, имеющего долготу от Гринвича

$$Lq = 6^\circ N - 3^\circ, \quad (\text{II.1})$$

есть ось абсцисс, а изображение точки пересечения осевого меридиана с экватором — начало координат.

Долготы осевых меридианов шестиградусных координатных зон восточного полушария приведены в табл. II.1.

Осевые меридианы шестиградусных координатных зон совпадают со средними меридианами листов карты масштаба 1 : 1 000 000, а номер зоны N на 30 единиц меньше номера соответствующей колонны листов карт масштаба 1 : 1 000 000.

В пределах отдельной координатной зоны ординаты y могут быть положительными (к востоку от осевого меридиана) и отрицательными (к западу от осевого меридиана). Чтобы избежать отрицательных значений ординаты y к ней прибавляют 500 000 м и приписывают слева номер шестиградусной коор.

Таблица ИЛ

Шестиградусные координатные зоны

N	L_0	N	L_0	N	L_0	N	L_0
1	3°	9	51°	17	99°	25	147°
2	9	10	57	18	105	26	153
3	15	11	63	19	111	27	159
4	21	12	69	20	117	28	165
5	27	13	75	21	123	29	171
6	33	14	81	22	129	30	177
7	39	15	87	23	135	31	183
8	45	16	93	24	141	32	189

диниатой зоны N , так что преобразованное значение ординаты будет

$$y' = 1\ 000\ 000\ N + 500\ 000 + y, \text{ м.} \quad (\text{II.2})$$

Например, если $y' = 17\ 361\ 921,62$ м, то точка находится в западной половине 17-й шестиградусной координатной зоны и имеет непреобразованную ординату $y = -138\ 078,38$ м.

При производстве крупномасштабных съемок, инженерно-геодезических и маршейдерских работ также применяются трехградусные координатные зоны, осевые меридианы которых совпадают с осевым или крайним меридианами шестиградусных координатных зон и имеют следующие долготы к востоку от Гринвича: 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 186, 189, 192°. Первая трехградусная и первая шестиградусная координатные зоны имеют общий осевой меридиан с долготой 3°. Долгота осевого меридиана трехградусной координатной зоны с номером n определяется по формуле

$$C = 3^\circ \cdot n. \quad (\text{II.3})$$

Ординаты трехградусных координатных зон не преобразовываются.

На стыке координатных зон берут полосу перекрытия шириной 1° по долготу (по $30'$ в обе стороны от граничного меридиана), в которой координаты пунктов даются в двух смежных зонах.

Перевычисление плоских координат x и y из одной координатной зоны в соседнюю выполняется по таблицам. Наиболее распространены таблицы [1] и [2], по которым можно перевычислять как в шестиградусные, так и в трехградусные зоны. Таблицы [1] обеспечивают точность перевычисления координат до 1—2 мм, а таблицы [2]—до 1 см. Для перевычисления координат с точностью до 0,2—0,3 м можно использовать таблицы [8].

3. Геометрические элементы и основные величины в системе координат Гаусса—Крюгера

На рис. II.1, а на поверхности эллипсоида* показаны:

OH — осевой меридиан координатной зоны, имеющий долготу L_0 от Гринвича;

OF — экватор;

D и Q — точки на поверхности эллипсоида, геодезические координаты точки D — B и L ;

DQ — геодезическая линия длиной s , соединяющая точки D и Q ;

DP — меридиан, проходящий через точку D ;

DK — параллель, проходящая через точку D ;

DH — изображение на поверхности эллипсоида плоской ординаты $Y = D'H'$;

DC — изображение на поверхности эллипсоида линии $D'C'$, параллельной оси абсцисс;

X — длина дуги меридиана от экватора до параллели точки D ;

A — азимут геодезической линии DQ .

На рис. II.1, б на плоскости проекции показаны:

$O'x, O'y$ — оси координат, изображающие осевой меридиан OH и экватор OF ;

D' и Q' — изображения точек D и Q ;

$D'TQ'$ — изображение геодезической линии DQ ;

$D'Q'$ — хорда (прямая длиной Δ), соединяющая точки D' и Q' ;

$D'K'$ — изображение параллели, проходящей через точку D ;

$D'P'$ — изображение меридиана точки D ;

$D'C'$ — линия, параллельная оси абсцисс;

u — сближение меридианов на плоскости проекции;

α — дирекционный угол линии $D'C'$;

ω — поправка за кривизну изображения геодезической линии.

В силу конформности проекции Гаусса углы между соответствующими линиями при точке D на поверхности эллипсоида (см. рис. II.1, а) и при точке D' на плоскости проекции (см. рис. II.1, б) равны между собой.

Дирекционный угол α и геодезический азимут A связаны между собой соотношением

$$\alpha = A - v + \omega. \quad (\text{II.4})$$

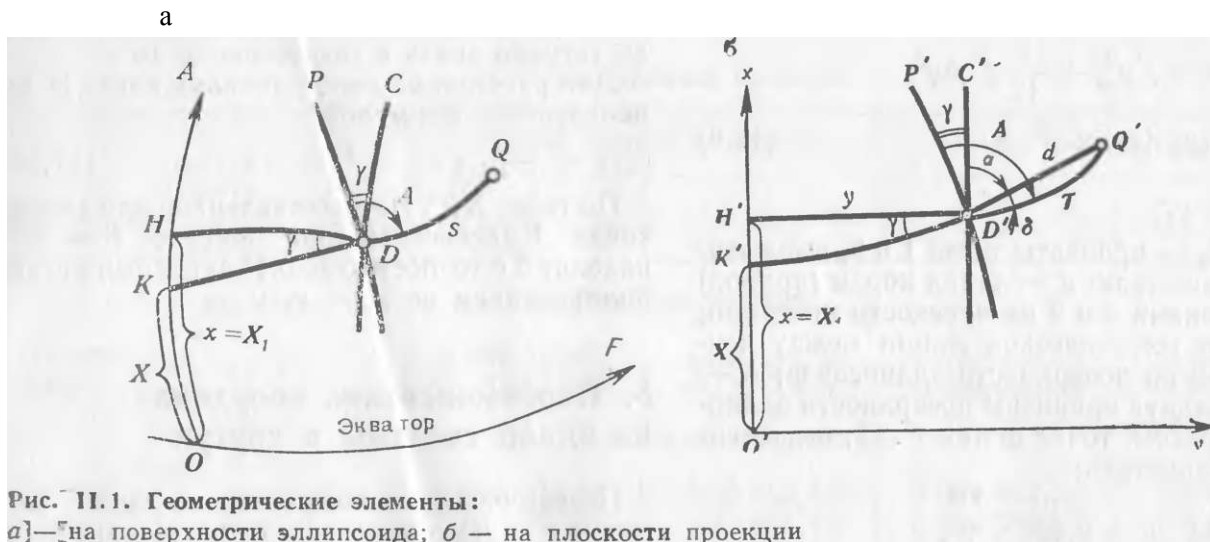


Рис. 11.1. Геометрические элементы:
а) — на поверхности эллипсоида; б — на плоскости проекции

Масштаб изображения в проекции Гаусса с достаточной для практических целей точностью выражается формулой

$$m = 1 - \frac{y^2}{2R^2}, \quad (11.5)$$

где y — плоская ордината точки; R — средний радиус кривизны поверхности эллипсоида в данной точке.

Логарифм масштаба изображения, выраженный в единицах седьмого знака логарифма, будет

$$\lg m = \lg \gamma. \quad (11.6)$$

где $\gamma = \lg \gamma = 0,43429 \dots$

Значения γ и R для различных широт B приведены в табл. XXVII.1 вспомогательных величин, помещенной в главе XXVII.

Значения x, y, u и m в функции геодезических координат (широты B и долготы от осевого меридиана $I - L - L_0$) выражаются рядами:

$$\begin{aligned} x = X + I \frac{N}{20^2} \sin B \cos B + \\ + \frac{N}{14p^4} \sin B \cos^3 B (5 - t^2 + \\ + 9t^4 + 4t^6) + \frac{N}{6} \sin B \cos^5 B (61 \\ - 58t^2 + t^4); \\ y = I \frac{1}{p} \cos B + \frac{N}{6p} \cos^3 B (1 - t^2 + \\ + L^2) + \frac{N}{120p^5} \cos^5 B (5 - 18t^2 + \\ + 14t^4 - 58t^6); \end{aligned} \quad (11.7)$$

$$\begin{aligned} Y = I \sin B + \frac{I^3}{15p^4} \sin B \cos^2 B (1 + 3t^2 + \\ + 2t^4) + \frac{I^5}{15p^4} \sin B \cos^4 B (2 - t^2); \\ m = 1 + \frac{I^2}{20^2} \cos^2 B (1 - t^2) - \\ - 2 \frac{I^4}{20^4} \cos^4 B (5 - 4t^2), \end{aligned}$$

где $t = \tan P$; $t] = e' \cos B$; $p = 206\,264,8''$; N — радиус кривизны сечения первого вертикала.

Значения x, y, u и m по данным B и L или B, L, γ и t по данным $*$ и $\#$ вычисляются с помощью таблиц [4], [6] и [7], составленных для эллипсоида Красовского. Для определения x и y по данным B и L с точностью до 0,2 м могут использоваться таблицы [8].

В главе XXVII настоящего справочника приведена табл. XXVII.2, позволяющая находить сближение меридианов с точностью до 0', 1 по формуле

$$7 = K \cdot y \text{ км, где } K = \frac{1000 \rho \operatorname{tg} \gamma_0}{R_0},$$

B_0 и R_0 — соответственно широта и радиус кривизны сечения первого вертикала в точке Н (см. рис. 11.1).

4. Редукция расстояний и направлений при переходе с поверхности эллипсоида на плоскость проекции Гаусса

Редукция расстояния между точками 1 и 2

или

$$\lg d - \lg s = f y_m^2 + \dots + f V;$$

$$Ay = y_2 - VI >$$

где y_1, y_2 — ординаты точек 1 и 2, выраженные в километрах; d — длина хорды (прямой) между точками 1 и 2 на плоскости проекции; 5 — длина геодезической линии между точками 1 и 2 на поверхности эллипсоида; R — средний радиус кривизны поверхности эллипсоида в средней точке линии 1 — 2, выраженный в километрах;

При редуцировании расстояний с точностью не выше 1 : 500 000 для всей территории СССР можно брать одно значение R и f для некоторой средней широты, например $B = 50^\circ$ (см. табл. XXVII.3).

Для расстояний s , меньших 10 км, достаточно пользоваться формулами:

$$As_n = d - s = s \frac{y_m}{2R^*}, \quad (11.10)$$

В формулах (11.8) и (11.9) значение $\lg d$ — $\lg s$ выражено в единицах 7-го знака логарифма. Связь между $(d-s)$ и $(\lg d - \lg s)$ выражается формулой

$$\frac{d-s}{s} \sim \frac{\lg d - \lg s}{10^7(i)}$$

В табл. XXVII.1 приведены значения f и f' для различных широт, а в табл. XXVI.3 — значения $As_0 = d - s$, вычисленные для эллипсоида Красовского по формуле (II.8) при $s = 1$ км и $B = 50^\circ$.

Переход от сфероидических направлений M к направлениям на плоскости проекции M' производится по формуле

$$= M + 6. \quad (11.11)$$

Поправки за кривизну b для линии между точками 1 и 2 выражаются зависимостями

$$f_{ii-a} = -4f - f' (2y_2 + i/2);$$

$$Oa-l = + \frac{1}{y} f (x_2 - x_1) (2y_2 + y_l), \quad <''-12>$$

где Γ — плоские прямоугольные координаты точек 1 и 2, км.

Координаты x и y при вычислении $d - s$ и b достаточно знать с точностью до 10 м.

Для расстояний между точками менее 10 км пользуются формулой

$$Si-2 = -62-1 = - / \text{№} 2 - Xx) y_T. \quad (11.13)$$

По табл. XXVI.4, оставленной для эллипсоида Красовского/при широте $B = 50^\circ$, находят b с точностью до 0,1' линейным интерполированием по $x_2 - x_1$ и y_m .

5. Перевычисление координат из одной системы в другую

Перевычисление координат из одной системы в другую производят при объединении отдельных геодезических сетей, обновлении сети пунктов главной геодезической основы, уточнении или появлении новых исходных данных и т. д. В зависимости от числа и расположения исходных пунктов, а также величины угла поворота координатных осей могут быть применены различные приемы перевычисления.

Перевычисление координат при наличии двух исходных пунктов. Дано: $x_{1f}, y_{1f}, x_{2f}, y_{2f}, \dots, x_n, y_n$ — координаты пунктов в старой системе; $x_1', y_1', x_2', y_2', \dots, x_n', y_n'$ — координаты двух пунктов в новой системе. Требуется определить $x_1'', y_1'', \dots, x_n'', y_n''$ — координаты $(IV - 2)$ пунктов в новой системе.

Решают обратные геодезические задачи для стороны между пунктами 1 и 2 в обеих системах координат:

$$\begin{aligned} \text{старая система} \quad \text{tg } a &= \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad S = \frac{y_2 - y_1}{\sin a} = \frac{x_2 - x_1}{\cos a}, \\ \text{новая система} \end{aligned} \quad (11.14)$$

$$\text{tg } a' = \frac{y_2' - y_1'}{x_2' - x_1'}$$

$$s' = \frac{y_2' - y_1'}{\sin a'} = \frac{x_2' - x_1'}{\cos a'}$$

Находят угол поворота координатных осей α и масштабный множитель m

$$Ba - a' - \alpha; \quad m = \frac{S'}{S} \quad (11.15)$$

или

$$m = \frac{S' - S}{S} \quad 65 \quad (11.16)$$

Таблица 11.2

Координаты пунктов

Пункты	Старая система координат		Новая система координат	
	x_i	y_i	x_i^2	y_i
<i>Исходные пункты</i>				
Луговой	6 086 520,08	+ 16 234,18	6 095 402,13	+ 83 936,30
Аист	6 085 671,72	+ 17 327,87	6 094 555,90	+ 85 028,33
<i>Перевычисляемые пункты</i>				
Речной	6 085 579,18	+ 16 832,74	6 094 463,30	+ 84 534,18
Ствол	6 085,893,28	+ 17 051,13	6 094 776,91	+ 84 752,01
Армейский	6 086 000,00	+ 12 000,00	6 094 881,00	+ 79 710,37

и коэффициенты

$$K_2 = m \cdot \cos \alpha = \cos \alpha + (m - 1) \cos \alpha; \quad (11.17)$$

$$K_2 = m \cdot \sin \alpha = \sin \alpha + (m - 1) \sin \alpha.$$

Перевычисление координат производят путем последовательного перехода от пункта к пункту по формулам:

$$x_i = x_{i-1} + (x_i - x_{i-1}) K_x - \\ - (y_i - y_{i-1}) K_y; \quad (11.18)$$

$$y_i = y_{i-1} + (y_i - y_{i-1}) K_x + \\ + (x_i - x_{i-1}) K_y.$$

Исходным при вычислении по формулам (11.18) служит пункт 1, а конечным — пункт 2, повторное вычисление координат которого есть контроль работы.

При малом угле поворота формулы (11.18) могут быть заменены следующими:

$$+ (X_i - X_{i-1}) (K_2 - 1) - (y_i - y_{i-1}) K_2 = \\ 4 \cdot X_{i-1} + (X_i - X_{i-1}) + 6 \cdot (y_i - y_{i-1}) \quad (11.19)$$

$$y_i = y_{i-1} + (y_i - y_{i-1}) + \\ + (X_i - X_{i-1}) K_2 + (y_i - y_{i-1}) (K_2 - 1) T \\ = Y_{i-1} + (Y_i - Y_{i-1}) + 6 \cdot (y_i - y_{i-1}).$$

Пример перевычисления координат по двум исходным пунктам приведен в табл. 11.2, II.3 и II.4.

Перевычисление координат при наличии не менее трех исходных пунктов и при малом угле поворота координатных осей. В этом случае рационально перевычислить координаты графическим способом. В этом способе находят разности координат по исходным пунктам

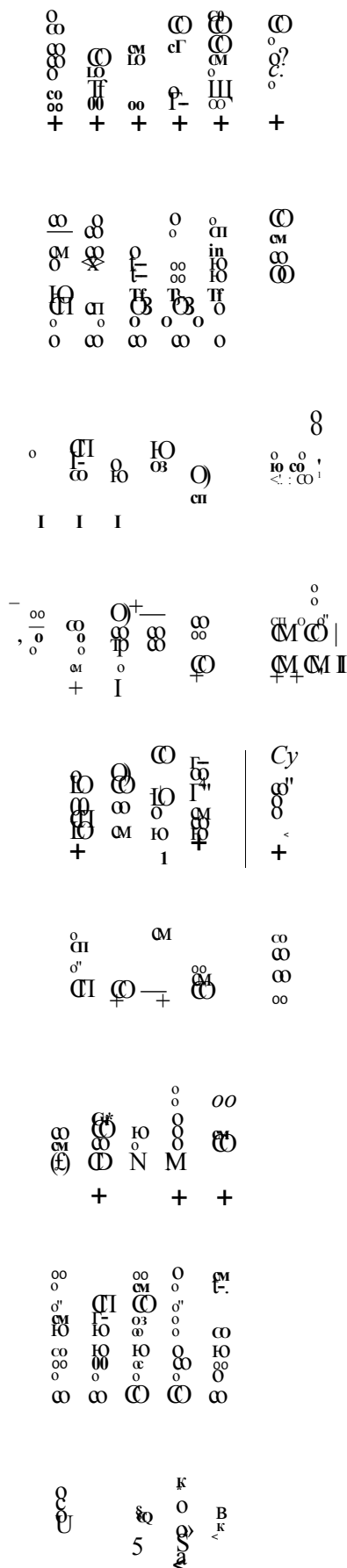
$$\Delta x_i = x_i - x_1, \Delta y_i = y_i - y_1 \quad (11.20)$$

Таблица II.3

Решение обратных задач и вычисление K_x и K_y

Обозначения	Старая система координат	Новая система координат
1	Луговой	Луговой
2	Аист	Аист
$X_2 - X_1$	—848,36	—846,23
$Y_2 - Y_1$	+ 1093,69	+ 1092,03
$\tan \alpha$	—1,289 181	—1,290 465
α	127° 48' 00",8	127° 46' 21",5
$\sec \alpha$	—1,631 561	—1,632 574
$\operatorname{cosec} \alpha$	+ 1,265 578	+ 1,265 106
S	1384,151	1381,533
5	1384,150	1381,534
Sep	1384,150	1381,534

$$\Delta S = S' - S = -2,616; \alpha = -1' 39",3 \\ m - 1 = -0,001890 \\ \cos \alpha = +1,000 000 \\ \sin \alpha = -0,000 482 \\ K_2 = +0,998 110 \quad K_2 = -0,000 481$$



по которым строят графике поправок координат. Для построения графика на листе бумаги в произвольном крупном масштабе наносят по координатам в старой системе все исходные и перевычисляемые пункты. У исходных пунктов выписывают поправки b^* и b_{yif} которые рассматривают как отметки двух топографических поверхностей и с их помощью строят две системы изолиний поправок координат. При этом надо стремиться поправки bX и bY интерполировать, а экстраполирования следует избегать. Системы изолиний поправок координат вычерчиваются разными цветами. По изолиниям путем графического интерполирования находят поправки bX и bY всех перевычисляемых пунктов, не участвующих в построении изолиний поправок. Это аналогично определению по карте высот точек, лежащих в промежутке между горизонталями. Координаты пунктов в новой системе находят по формулам:

$$x' = x + b_x, y' = y + b_y \quad (11.21)$$

Пример перевычисления координат пунктов этим способом приведен в табл. II.5, а график изолиний поправок b^* и b_y — на рис. II.2.

Перевычисление координат при наличии не менее трех исходных пунктов и при любом угле поворота координатных осей. Введем обозначения: n — число пунктов, имеющих координаты как в старой, так и в новой системах; N — число пунктов, подлежащих перевычислению, т. е. имеющих координаты только в старой системе.

При малом угле поворота α рекомендуется графический способ перевычисления. При значительном угле α целесообразно использовать графоаналитический способ, так как графический не дает достаточно точных результатов. Графоаналитический способ перевычисления координат заключается в следующем. По двум любым исходным пунктам решают обратные геодезические задачи в обеих системах координат. Затем по формулам (11.15)—(11.17) находят коэффициенты K_1 и K_2 . Далее по формулам (11.18) или (11.19) вычисляют предварительные координаты $n + N$ пунктов в новой системе. Эти координаты обозначают через x'' и y'' . Для n исходных пунктов, имеющих координаты как в новой, так и в старой системах, составляют разности:

$$b^* = x' - x'', y' - y'', \quad (11.22)$$

с помощью которых строят графики изолиний поправок b^* и b_y . Построение этого графика было пояснено выше для графического спо-

Рис. 11.2. Изолинии поправок координат пунктов

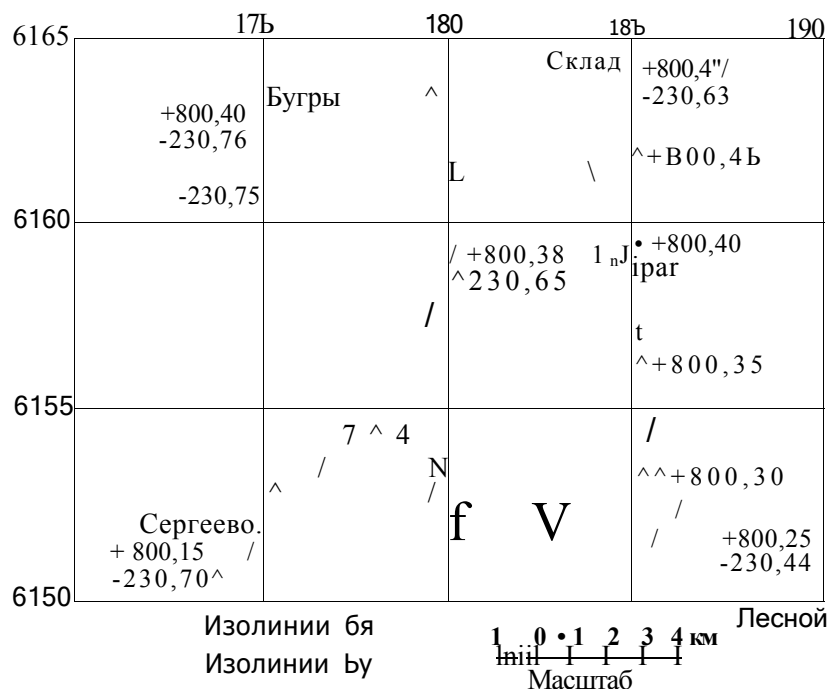


Таблица II. 5

Перевычисление координат графическим способом

Пункты	Старая система координат		Новая система координат			
		У _б	x_i^2	y'i		

Исходные пункты

Сергеево	6 150 663,32	173 595,81	6 151 463,47	173 365,11	+800,15	—230,70
Бугры	6 162 385,84	175 665,26	6 163 186,24	175 434,50	+800,40	—230,76
Склад	6 163 785,75	184 093,04	6 164 586,22	183 862,41	+800,47	—230,63
Овраг	6 158 687,33	184 141,09	6 159 487,71	183 910,44	+800,38	—230,65
Лесной	6 149 939,63	187 487,15	6 150 739,88	187 256,71	+800,25	—230,44

Перевычисляемые пункты

1	6 158 719,45	177 501,20	6 159 519,79	6 159 289,07	+800,34	—230,72
2	6 161 969,10	179 502,22	6 162 769,51	6 162 538,80	+800,41	—230,71
3	6 157 127,68	182 851,56	6 157 928,02	6 157 697,37	+800,34	—230,65
4	6 153 787,03	178 837,24	6 154 587,28	6 154 356,61	+800,25	—230,67

Таблица 11.6

Координаты пунктов

Пункты	Старая система координат		Новая система координат	
	x_I	y_I	x_i^e	y_i^e
<i>Исходные пункты</i>				
Железный	6 515 055,03	7 575 930,32	6 515 822,52	7 575 894,67
Мост	6 523 468,16	7 575 225,11	6 524 273,05	7 575 213,50
Ворота	6 521 902,75	7 583 042,76	6 522 676,14	7 583 058,80
Ручей	6 516 203,70	7 582 235,23	6 516 955,76	7 582 229,67
<i>Перевычисляемые пункты</i>				
1	6 518 510,74	7 576 622,56	6 519 290,458	7 576 600,888
2	6 521 203,82	7 576 661,03	6 521 994,666	7 576 648,157
3	6 520 032,65	7 581 027,70	6 520 804,661	7 581 029,319
4	6 516 977,30	7 579 791,35	6 517 740,457	7 579 778,022

Таблица 11.8

Вычисление координат x_i и y_i

Пункты	Старая система координат				
	x_i	y_i	Δ^*	Δy	
Мост	6 523 468,16	7 575 225,11			
1	6 518 510,74	7 576 622,56	—4 957,42	+1 397,45	
2	6 521 203,82	7 576 661,03	+2 693,08	+38,47	
			—6 148,79	—730,71	
Железный	6 515 055,03	7 575 930,32			
Ворота	6 521 902,75	7 583 042,76	+6 847,72	+7 112,44	
3	6 520 032,65	7 581 027,70	—1 870,10	-2 015,06	
4	6 516 977,30	7 579 791,35	—3 055,35	—1 236,35	
Ручей	6 516 203,70	7 582 235,23	—773,60	+2 443,88	
			—7 264,46	+7 010,12	1

Решение обратных задач и вычисление K_1 и K_2

Обозначения

Старая система координат

Новая система координат

1	Мост	Мост
2	Ручей	Ручей
X_2 ‰	—7 264,46	—7 317,29
Y_2 — Ул.	+7 010,12	+7 016,17
tga	—0,964 988	—0,958 848
a	136° 01' 14",8	136° 12' 12",6
$\text{sec } a$	—1,389 6770	—1,385 4204
$\text{cosec } a$	+ 1,440 0976	+ 1,444 8800
S	10 095,253	10 137,523
S	10 095,257	10 137,524
	10 095,255	10 137,524

$$65 = S' - S = +42,269 \quad \text{ба} = +0^\circ 10' 57",8$$

$$\text{т} - 1 = 0,004 187$$

$$\cos \text{ба} = +0,999 995 \quad \sin \text{ба} = +0,003 189$$

$$K_r = +1,004 1820 \quad K_o = +0,003 2024$$

у\ и поправок б*; и бу_t

Новая система координат				Поправки	
Ax''	Ay''	x_i^w	$\frac{n}{Vi}$	δx_i	δy_i
K_x	K_2				
+ 1,004 1820	+0,003 2024	6 524 273,050	7 575 213,500	0,000	0,000
—4 982,627	+ 1 387,418	6 519 290,423	7 576 600,918	+0,035	—0,030
+2 704,219	+47,255	6 521 994,642	7 576 648,173	+0,024	—0,016
—1	—753,457	6 515 822,477	7 575 894,716	+0,043	—0,046
+6 853,580	+7 164,113	6 522 676,056	7 583 058,828	+0,084	—0,028
—1 871,467	—2 029,476	6 520 804,589	7 581 029,352	+0,072	—0,033
—3 064,168	—1 251,305	6 517 740,421	7 579 778,047	+0,036	—0,025
—784,661	+2 451,623	6 516 955,760	7 582 229,670	0,000	0,000
—7 317,288	+7 016,171				
—7 317,290	+7 016,170				
$f_x = +0,002$	$f_y = +0,001$				

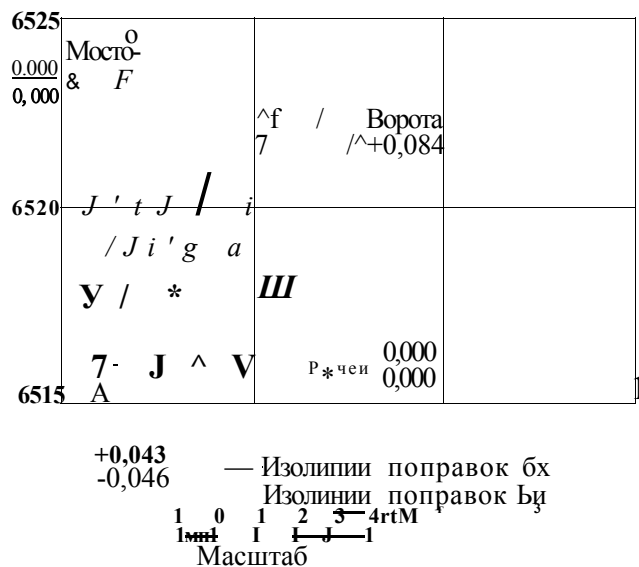


Рис. 11.3. Нахождение дополнительных поправок координат пунктов

соба. По графику находят поправки к предварительным координатам N пунктов, подлежащих перевычислению. Окончательные координаты этих пунктов определяют по формулам:

$$x_0 = x_j + \Delta x; \quad y_0 = y_j + \Delta y \quad (11.23)$$

Пример на перевычисление координат геоаналитическим способом приведен в табл. II.6, II.7, II.8, а график изолиний поправок Δx и Δy — на рис. II.3.

Список литературы

1. Буткевич А. В. Герасименко С. П. Таблицы для перевычисления плоских прямоугольных координат Гаусса из одной зоны в другую (из шестиградусной в шестиградусную, из трехградусной в трехградусную, из шестиградусной в трехградусную и из трехградусной в шестиградусную). Эллипсоид Ф. Н. Красовского М., Недра, 1969.
2. Вировец А. М., Рабинович Б. Н. Таблицы для преобразования прямоугольных координат (переход из трехградусной зоны в следующую трехградусную, из трехградусной в шестиградусную и обратно, применительно к принятым в СССР зонам). Эллипсоид Ф. Н. Красовского М., Геодезиздат, 1950.
3. Высшая геодезия/В. Г. Зданович, А. и Белоликов, Н. А. Гусев и др. М., Недра, 1970.
4. Красовский Ф. И., Изотов А. А. Таблицы для логарифмического вычисления координат Гаусса—Крюгера. М., Геодезиздат, 1946.
5. Практикум по высшей геодезии/Ф.Ф. Павлов, Б. И. Беляев, О. Д. Вострова и др. М., Недра, 1966.
6. Таблицы для вычисления координат Гаусса—Крюгера в пределах широт от 30 до 80°. Составлены под руководством Д. А. Ларина М., Геодезиздат, 1947.
7. Таблицы для вычисления плоских конформных координат Гаусса в пределах широт от 30 до 80°. М., Геодезиздат, 1958.
8. Таблицы прямоугольных координат углов рамок, размеров рамок и площадей трапеций топографических съемок масштаба 1 : 5 000. М. Геодезиздат, 1953.

Маркшейдерско-геодезические приборы

1. Оптико-механические приборы.

Устройство приборов.

Оптические детали и системы

В оптико-механических приборах применяются плоские и сферические зеркала, плоскопараллельные пластинки, преломляющие и полного внутреннего отражения призмы, сферические линзы и сложные системы (лупы, микроскопы, зрительные трубы).

Зеркало — отполированная стеклянная или металлическая пластинка с нанесенным на одной из ее плоскостей светоотражающим покрытием. Зеркала применяются для изменения направления лучей в плоскости (одно зеркало) или в пространстве (система зеркал).

Падающий и отраженный лучи находятся в одной и той же плоскости, а угол падения равен углу отражения. При повороте зеркала вокруг оси, перпендикулярной плоскости Q , на угол a отраженный луч изменяет свое направление на угол $2a$.

Два параллельных зеркала, обращенных отражающими покрытиями друг к другу, смещают луч света без изменения его направления. При повороте одного из зеркал относительно другого на угол a система отклоняет луч на угол $2a$. Два зеркала, установленные под углом 45° , отклоняют лучи света на угол 90° .

Плоскопараллельная пластинка — прозрачное тело, ограниченное двумя параллельными полированными плоскостями. Луч света S , падающий под углом i на плоскопараллельную пластинку, претерпевает два преломления и выходит из нее, не изменяя своего направления, а только смещается.

Если угол падения i мал, то величина смещения луча S

$$h = n \quad (III.1)$$

Плоскопараллельные пластинки широко применяются в оптико-механических при-

борах в качестве защитных стекол, лимбов, светофильтров, шкал, оптических микрометров и т. п.

Оптическая призма — прозрачное тело, ограниченное пересекающимися полированными плоскостями. В маркшейдерско-геодезических приборах призмы применяются для изменения направления лучей света, разделения поля зрения и оборачивания изображения. Призмы могут быть преломляющие и отражающие. Простейшей преломляющей является трехгранная призма, в ней ребро двугранного угла называется преломляющим, а сам угол — преломляющим углом.

Призму с малым преломляющим углом δ называют оптическим клином. Последний отклоняет преломленный луч к своему основанию. Если угол падения i мал, то угол отклонения δ луча в плоскости главного сечения клина

$$\delta = \nu (n - 1) (1 + \dots) \quad (III.2)$$

Оптические клинья широко применяются в качестве деталей компенсаторов и защитных котировочных стекол.

Отражающие призмы представляют собой многогранники, действие которых основано на принципе полного внутреннего отражения. Если призма не дает полного внутреннего отражения, то на отражающих гранях делают зеркальное покрытие.

В маркшейдерско-геодезических приборах применяются трехгранные прямоугольные, ромбические, пятиугольные (пентапризмы), крышеобразные системы призм.

Линза — прозрачное тело, ограниченное двумя полированными поверхностями вращения или одной поверхностью вращения и одной плоской поверхностью. Наиболее распространенные линзы имеют сферические или сферическую и плоскую поверхности. Применяются также линзы с цилиндрическими, эллипсоидальными, параболическими, ги-

перболическими и другими поверхностями.

Линзы делятся на две основные группы: положительные (собираательные) и отрицательные (рассеивающие). Они предназначены для формирования изображений в оптических системах. Изображение может быть действительным или мнимым, прямым или обратным, увеличенным или уменьшенным по отношению к объекту.

Линзы широко применяются во многих оптико-механических визуальных (микроскопах, простых и сложных лупах), светопроекционных и других приборах.

Линзы обычно характеризуются оптической силой, величина которой

$$D = \frac{1}{f} = \left(\frac{n}{r_1} - \frac{n}{r_2} \right) + \frac{1}{d} \quad (3.4)$$

где f — заднее фокусное расстояние (если f выражено в метрах, то D получается в диоптриях); n — показатель преломления; r_1 и r_2 — соответственно радиусы кривизны сферических поверхностей линзы.

Линзы дают удовлетворительное изображение только от лучей, падающих вблизи оптической оси. Чтобы получить изображение требуемого качества от лучей, падающих на всю линзу, применяют систему из нескольких линз, составленную с таким расчетом, чтобы погрешности от одних линз компенсировались погрешностями от других.

Визуальные и светопроекционные оптические системы

Реальная оптическая система, составленная из нескольких линз, может давать изображение предмета с нарушением его резкости и подобия из-за наличия некоторых недостатков (аббераций), таких, как сферическая и хроматическая абберации, абберация комы, астигматизм, дисторсия. Системы, расчет которых был произведен специально для устранения тех или иных аббераций, называют соответственно ахроматическими, апохроматическими, астигматическими, ортоскопическими.

Оптическое стекло, из которого изготавливают детали, частично отражает, поглощает и рассеивает проходящие лучи, отчего уменьшается яркость изображения. С явлением отражения борьба ведется посредством нанесения на поверхность стекла тонких просвет-

ляющих пленок. Просветленные детали требуют осторожного обращения. Для уменьшения вредного влияния рассеянного света и одновременно улучшения качества изображения оптическую систему диафрагмируют, а внутреннюю полость оптического устройства делают рифленой и покрывают черной матовой краской. Диафрагмы устанавливают в различных (определенных расчетом) местах оптической системы. Наиболее важными являются диафрагмы, ограничивающие поле зрения системы (полевая) и яркость изображения (апертурная).

В маркшейдерско-геодезических приборах оптические системы применяются для получения изображений в сочетании с глазом (визуальные системы) или для получения изображения на экране (проекционные системы). К первым относятся лупа, микроскоп зрительная труба, ко вторым — фотообъектив, проектор, коллимирующая система и др.

Лупа — короткофокусная, простая или сложная, исправленная от аббераций система, предназначенная для рассматривания малых и близко расположенных от глаза предметов. Она характеризуется увеличением Γ , которое определяется по формуле

$$\Gamma = \frac{250}{f} \quad (3.4)$$

где 250 мм — расстояние наилучшего зрения; f — фокусное расстояние лупы.

Лупы могут быть однолинзовые (с увеличением до 8*), двухлинзовые (до 15*), многолинзовые (до 40*).

Микроскоп — оптическая система, предназначенная для той же цели, что и лупа. Оптическими частями микроскопа являются объектив и окуляр, между которыми могут быть расположены дополнительные приспособления (сетка, оптический микрометр, компенсатор и т. п.).

Микроскоп характеризуется увеличением

$$\Gamma = \Gamma_{об} \Gamma_{ок} \quad (И 1.5)$$

где $\Gamma_{об}$ — увеличение объектива; $\Gamma_{ок}$ — увеличение окуляра.

Зрительная труба (рис. III.1) предназначена для рассматривания удаленных предметов и визирования на них. Основные части оптической системы трубы: телескоп, сетка и окуляр. В трубе могут быть размещены дополнительные приспособления (оптический компенсатор, шкала, автоколлимационные и осветительные части). Труба характеризуется длиной, величиной зрачка входа (диаметром светового отверстия объектива), увеличением, фокусным расстоянием объектива, углом поля зрения, наи-

меньшим расстоянием визирования, разрешающей способностью, светопропусканием и светорассеянием.

Эти величины обычно даются в паспорте прибора, а при необходимости некоторые из них могут быть определены в полевых условиях.

Диаметры зрачков входа и выхода и увеличение трубы подчинены соотношению

$$d_{BX} = rd_{ВЫХ} \quad (III.6)$$

Увеличение зрительной трубы определяется по формуле

$$\Gamma = \frac{f_{об}}{f_{ок}} \frac{d_{ВХ}}{d_{ВЫХ}}, \quad (III.7)$$

где $f_{об}$ — фокусное расстояние объектива; $f_{ок}$ — фокусное расстояние окуляра; $d_{ВХ}$ — диаметр зрачка входа; $d_{ВЫХ}$ — диаметр зрачка выхода.

Для определения увеличения трубы измеряют диаметр светового отверстия объектива, фокусируют ее на удаленную точку, обращают трубу объективом в сторону светового фона и за окуляром перпендикулярно оси трубы устанавливают экран из прозрачной бумаги на таком расстоянии, чтобы на нем получилось отчетливое изображение светлого кружка — зрачка выхода. После этого измеряют диаметр этого кружка $d_{ВЫХ}$ и по формуле (III.7) определяют увеличение.

Обычно для определения диаметра зрачка выхода пользуются прибором — динометром.

Угол поля зрения трубы ограничивается диафрагмой и определяется по формуле

$$\alpha \quad (III.8)$$

где d — диаметр диафрагмы; f — фокусное расстояние объектива; d' — расстояние от объектива трубы до рейки, расположенной перпендикулярно оси трубы; a — длина видимого интервала рейки.

Для определения угла поля зрения на расстоянии 70—80 м от прибора устанавливают вертикально рейку, наводят на нее трубу, приведенную в горизонтальное положение, и берут отсчеты a_1 и a_2 , соответствующие нижнему и верхнему краям диафрагмы. Затем измеряют расстояние от объектива трубы до рейки и вычисляют угол поля зрения

$$\frac{f_2 - f_1}{d'} \sim \alpha \quad (III.9)$$

Для определения наименьшего расстояния визирования фокусирующую линзу трубы вращением кремальеры устанавливают в ближайшее (крайнее к окуляру) положение. По

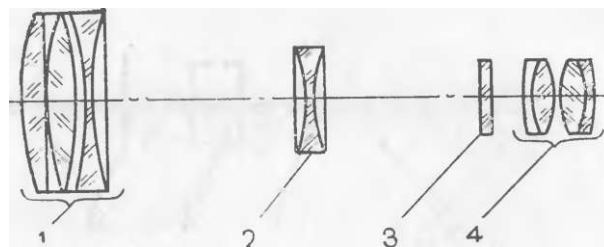


Рис. II.1.1. Оптическая схема зрительной трубы: 1 — объектив; 2 — фокусирующая линза; 3 — сетка нитей; 4 — окуляр

направлению оси трубы перемещают рейку в сторону объектива до тех пор, пока не получится четкое ее изображение. После этого измеряют расстояние от объектива до рейки и получают наименьшее расстояние визирования.

Зрительные трубы маркшейдерско-геодезических приборов имеют визирную и дальнометрическую сетки на стеклянной пластинке, которая находится на полевой диафрагме. При работе с прибором сетка и изображение предмета визирования совмещаются — приводятся в одну плоскость, иначе появится так называемый параллакс нитей, который значительно снижает точность визирования. Для устранения параллакса нитей окуляр должен быть хорошо отфокусирован на четкую видимость сетки, а труба — на резкую видимость предмета. Параллакс нитей обнаруживается при перемещении глаза относительно окуляра: сетка нитей будет казаться смещающейся относительно изображения предмета.

В некоторых геодезических приборах используются невизуальные системы — фотографические, фотоэлектрические, электронно-оптические.

Светопроекторные оптические системы предназначены для образования световых марок на удаленных от прибора объектах или для указания направления видимым в атмосфере пучком светового излучения.

Системы с лампами накаливания (рис. II.1.2) состоят из лампы 1, конденсатора 2, диафрагмы поля излучения 3, фокусирующего элемента 4 и объектива 5.

Лазерные светопроекторные системы (рис. III.3) состоят из лазера (излучателя) 1, оптической системы ввода лазерного пучка 2, котирующего устройства 3, коллимирующей системы 4 и дополнительных оптических устройств 5, 6 для юстировки и установки направления светового пучка в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Устройства 2, 3 и 5, 6 могут отсутствовать.



Рис. 111.2. Светопроjectionная система с лампой накаливания

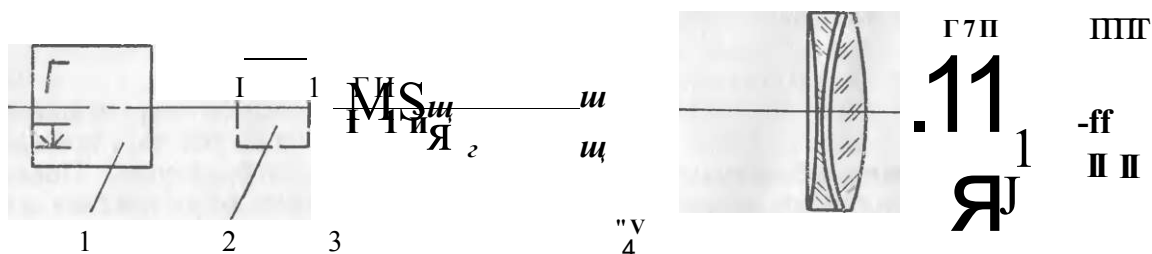


Рис. 111.3. Лазерная светопроjectionная система

Светопроjectionные системы характеризуются типом и параметрами излучателя, фокусным расстоянием проектора или углом расхождения светового пучка.

Оптико-механические части приборов. Компенсаторы применяются для отклонения или параллельного смещения лучей в оптических системах. Компенсаторы действуют или от механического привода (в оптических микрометрах и дальномерах), или автоматически под влиянием силы тяжести (в нивелирах и других приборах).

Для оптических микрометров применяются преимущественно компенсаторы с плоскопараллельной пластинкой и клиновые. В дальномерах используются клиновые и линзовые компенсаторы.

Автоматически действующие компенсаторы имеют чувствительный элемент (датчик), в качестве которого могут применяться тонкие металлические нити (проволочки), ленточки, эластичные пружины, жесткие маятники. На них закрепляются (подвешиваются) призма или зеркало, стеклянная пластинка с сеткой или линза, может быть использована и жидкость.

На рис. 111.4 показаны возможные варианты чувствительного элемента с нитями АВ и CD одинаковой длины и с пружинами, применяемые в нивелирах с самоустанавливающейся линией визирования, в теодолитах и тахеометрах с компенсатором при вертикальном круге.

Уровни предназначены для измерения малых углов наклона и для приведения геометрических элементов маркшейдерско-геодезических приборов в горизонтальное или

вертикальное положение. Основными частями уровня являются цилиндрическая или круглая стеклянная ампула, заполненная жидкостью с газовым пузырьком, и металлическая оправа. Уровни характеризуются типом ампулы, ее размерами и ценой деления. Промышленностью в соответствии с ГОСТом выпускаются ампулы типов:

- АК — круглые малой точности ($60' - 5'$);
- АЦП — цилиндрические простые малой и средней точности ($90'' - 10''$);
- АЦК — цилиндрические компенсированные (с компенсационной палочкой внутри ампулы) средней и высокой точности ($30'' - 4''$);
- АЦР — цилиндрические камерные (с регулируемой длиной пузырька) средней и высокой точности ($20'' - 1''$).

Цилиндрические уровни также подразделяются на односторонние и двусторонние (реверсивные).

Цену деления уровня определяют на экзаменаторе, с помощью подъемных винтов подставки прибора, нивелирной рейки и вертикального круга угломерного прибора. В маркшейдерско-геодезической практике наиболее распространен третий способ.

Современные нивелиры, теодолиты и тахеометры снабжены контактными цилиндрическими уровнями с призменной системой, позволяющей устанавливать пузырек на середине посредством совмещения изображений противоположных его концов. Контактные уровни позволяют в несколько раз увеличить

•его точность по сравнению с обычными и улучшить эксплуатационные качества прибора. В нивелирах изображение концов пузырька с помощью оптической системы передается в поле зрения трубы, поэтому наблюдатель одновременно может видеть изображение рейки и пузырька и контролировать две операции — отсчитывание по рейке и горизонтирование прибора.

Шкалы в маркшейдерско-геодезических приборах используют в качестве рабочих мер при угловых и линейных измерениях. Различают основные и дополнительные рабочие шкалы. Угловые величины определяют по круговым основным шкалам — лимбам. В приборах, изготавливаемых в СССР, лимбы градуированы в угловых градусах ($^{\circ}$). В некоторых типах приборов градусные деления подразделяются на 2, 3 или 6 частей, цена которых составляет соответственно 30, 20 или 10 угловых минут ($'$). Заводы иностранных фирм поставляют приборы с делениями на лимбах как в градусах, так и в градах (гонах). В этом случае лимб подразделяется на 400 град($^{\circ}$). Грады в свою очередь могут быть разделены на 5 или 10 дольных делений, цена которых составляет соответственно 20 или 10 сантиград [градных минут ($'$)]. В отдельных типах приборов специального назначения имеются круговые равномерные и неравномерные шкалы, градуированные как в угловых, так и линейных единицах.

Линейные шкалы маркшейдерско-геодезических приборов могут иметь длину до десятков и даже сотен метров (например, шкалы на измерительных лентах рулеток).

Дополнительные круговые и линейные шкалы используют для измерения частей наименьших делений основных рабочих шкал в их дольных единицах. Дополнительные шкалы устанавливают в отсчетных приспособлениях — шкаловых микроскопах, оптических микрометрах и т. д.

Отсчетные приспособления предназначены для определения частей делений основных круговых и линейных шкал. В маркшейдерско-геодезических приборах применяются разные по устройству и принципу отсчитывания приспособления. Они основаны на свойстве глаза с высокой точностью воспринимать симметричное расположение штрихов одной шкалы относительно штрихов другой, совпадение штрихов этих шкал и оценивать десятые доли деления шкалы. В последнем случае наилучшие результаты по точности получаются, если видимая величина деления шкалы равна 1—1,5 мм и ширина штрихов самой шкалы и отсчетного

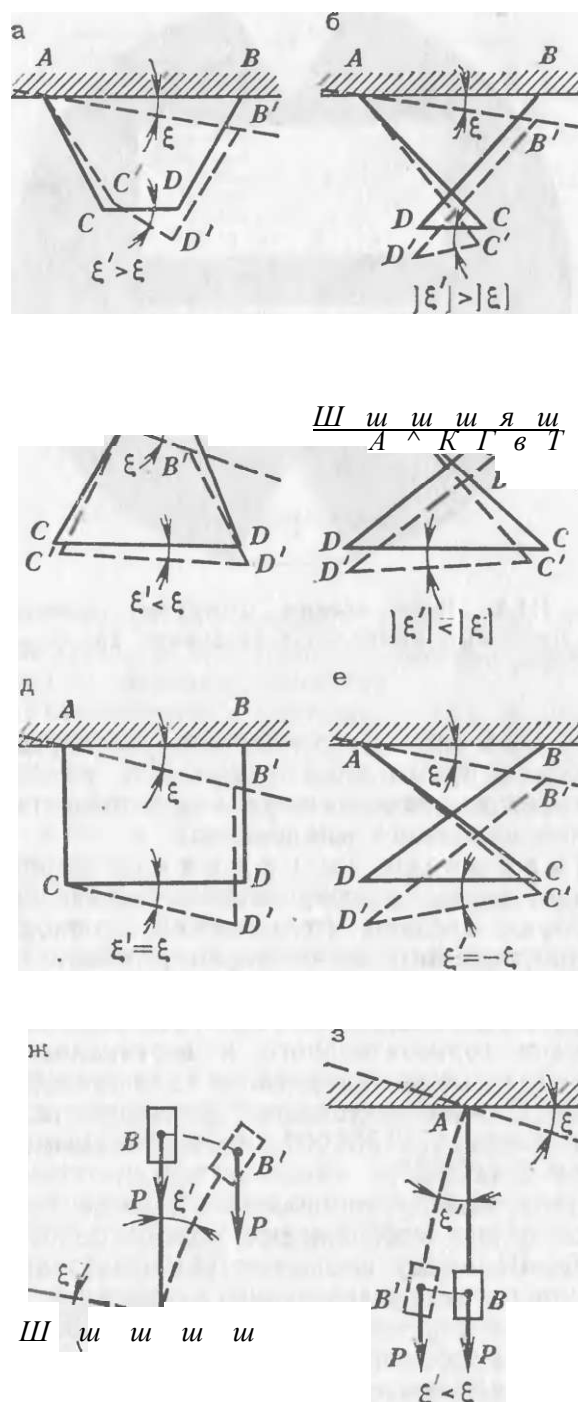


Рис. 11.4. Механические системы чувствительных элементов компенсаторов

индекса не более $V_8 = 1/10$ видимой величины деления.

В качестве отсчетных приспособлений используются простой или оптический оценщик, верньер (нониус), шкаловый микроскоп и микроскоп с оптическим микрометром.

Простой оценщик применяется в приборах малой точности — угломерах, а оптический — в приборах технической точности.

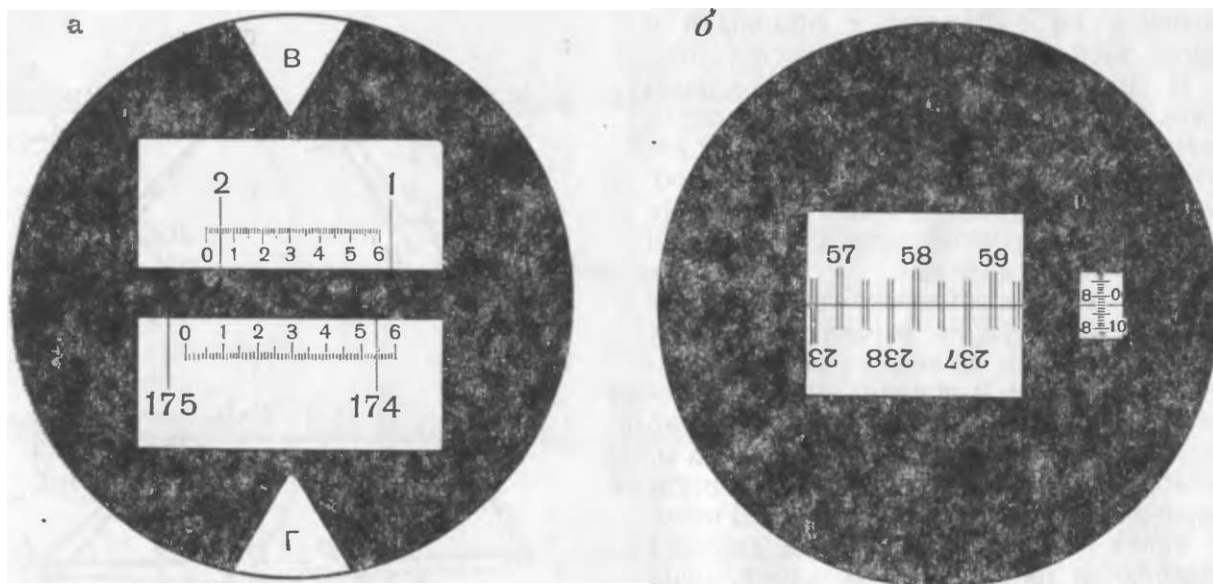


Рис. 111.5. Поля зрения отсчетных микроскопов:

а — шкалового микроскопа теодолита Т5; б — микроскопа с двусторонним оптическим микрометром теодолита Т2

Верньер в современных угломерных приборах применяется редко. Он утратил свое прежнее значение в связи с совершенствованием шкалового микроскопа.

Шкаловый микроскоп широко распространен в современных оптических приборах средней (технической) точности с односторонним отсчетом по лимбам. На рис. 111.5, а показано поле зрения шкалового микроскопа теодолита Т5 с изображением штрихов горизонтального и вертикального лимбов и шкал микроскопа для каждого лимба. Отсчеты составляют: по горизонтальному лимбу $174^{\circ} 55' 00''$, по вертикальному лимбу $2^{\circ} 05' 18''$.

Длина шкалы микроскопа должна быть равна длине изображения одного деления лимба. Величину несоответствия (рен) определяют путем исследований микроскопа на различных участках лимба. Нулевой штрих шкалы микроскопа при каждой установке точно совмещают с одним из штрихов лимба и затем по другому штриху лимба берут отсчет по шкале микроскопа. Разности между ценой деления лимба и отсчетами по шкале микроскопа дают значение рена. Исследования выполняют по программе, изложенной в ГОСТ 20063—74.

Оптические микрометры подразделяются на односторонние и двусторонние. Двусторонний оптический микрометр имеет преимущество перед односторонним — он позволяет брать по лимбу только один отсчет, свободный от погрешности эксцентриситета алидады. В современных оптических теодолитах применяется преимущественно

двусторонний оптический микрометр с клиновым компенсатором с ценой деления шкалы $1''$.

На рис. 111.5, б показано поле зрения микроскопа с двусторонним оптическим микрометром теодолита Т2. Отсчет по горизонтальному лимбу и шкале микрометра $57^{\circ} 58' 02''$.

Системы осей. Механические оси определяют взаимное положение геометрических элементов в приборе в строгом соответствии с его геометрической схемой. Оси делают из материала, обеспечивающего их прочность, плавность вращения и бесперебойную работу прибора при изменениях температуры от $+50$ до -40°C . Оси могут быть конические и цилиндрические, вертикальные и горизонтальные. По конструкции вертикальные оси маршейдерско-геодезических приборов подразделяются на четыре типа.

Тип I (рис. 111.6, а). Коническая или цилиндрическая ось, прикрепленная к алидаде горизонтального круга угломерного прибора или к трубе нивелира, соединена вращательно со втулкой подставки, к которой прикреплен лимб.

Тип II (рис. 111.6, б). Ось алидады, обычно коническая, сопряжена вращательно со втулкой лимба, а втулка лимба — со втулкой подставки. Такая система осей применяется в повторительных угломерных приборах технической точности.

Тип III (рис. 111.6, в). Ось алидады, обычно цилиндрическая, вращательно сопряжена со втулкой подставки, а с наружной поверхностью вращения последней сопряжена втулка лимба. Система применяется

в точных угломерных приборах преимущественно с поворотным лимбом.

Тип IV (рис. П1.6, з). С осью алидады, вращающейся во втулке подставки, вращательно сопряжена втулка лимба. Система применяется в угломерных приборах повторительного типа и с поворотным лимбом.

В приборах с оптическим центриром, находящимся на алидаде горизонтального круга ось алидады делают полый; для ее разгрузки применяют шарикоподшипники.

Горизонтальные оси современных угломерных приборов, как правило, делают закрытыми. Втулки для оси наглухо закрепляют в колонках зрительной трубы. Одна из втулок имеет эксцентриковое устройство, с помощью которого можно исправлять наклон горизонтальной оси.

Наводящие приспособления. В маркшейдерско-геодезических приборах для точного наведения зрительной трубы на точку визирования применяют фрикционные, червячные и винтовые приспособления.

Фрикционное приспособление применяется в приборах малой и пониженной точности. Червячное приспособление с механизмом бесконечной передачи может быть с отключающимся и неотключающимся червяком. Последний имеет недостаток — при больших углах поворота затрачивается много времени на наведение трубы на визирную цель. Фрикционно-червячное приспособление — соединение фрикционной системы для быстрого и грубого наведения с червячной для точного наведения трубы. Такая система позволяет использовать для наводящего устройства простое червячное приспособление. Она широко применяется в современных нивелирах с компенсаторами.

В маркшейдерско-геодезических приборах применяются два типа винтового наводящего устройства: с раздельно расположенными и соосными наводящими и закрепительными винтами.

Повторительные устройства в приборах применяются в двух вариантах. первом лимб и алидада горизонтального круга имеют раздельные, независимые один от другого наводящие устройства, во втором — [имеет только алидаду горизонтального круга. По наличию двух пар наводящих устройств наглядно определяют повторительный тип угломерного прибора. В современных приборах вместо второй пары винтов имеется специальное повторительное устройство, с помощью которого горизонтальный круг соединяется с алидадой. Это соединение осуществляется клеммой рычажного типа или винтом с клином. Наводящее приспособление слу-

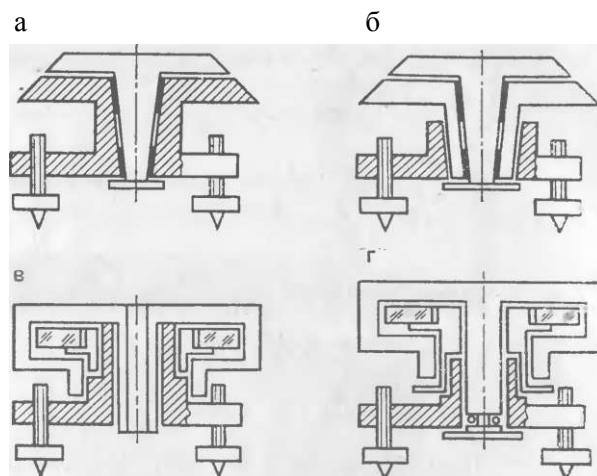


Рис. П1.6. Типы вертикальных осей

жит только для алидады, если лимб от нее отключен, и для алидады вместе с лимбом, если он соединен с алидадой.

Установочные, центрировочные и ориентирные приспособления. К этим приспособлениям относятся: подставка, которой пользуются для горизонтирования прибора; отвес и центрир — для центрирования; визирная цель, визир — для предварительного наведения зрительной трубы; штатив и консоль — для установки прибора и визирной цели; буссоль — для ориентирования горизонтального лимба относительно магнитного меридиана.

Подставки в угломерных приборах могут быть отделяемые и неотделяемые. Приборы технической точности и точные, выпускаемые отечественными заводами, снабжаются одной подставкой. По специальному заказу поставляется комплект оборудования для трехштативного способа съемки, в котором имеются две подставки и две визирные цели. Как правило, подставки имеют три подъемных винта. Иногда подставки вместо подъемных винтов имеют шаровой шарнир. В подвесных приборах применяются шаровые шарниры с подъемными винтами, с помощью которых производится окончательное — точное горизонтирование прибора. Применяются приборы и с клиновыми горизонтирующими устройствами.

Для центрирования угломерного прибора над или под точкой пользуются шнуровым и оптическим отвесами.

Шнуровой отвес — груз цилиндрической или конической формы, подвешенный на плетеном, незакручивающемся шнуре. В практике маркшейдерского дела применяются шнуровые отвесы с регулировкой

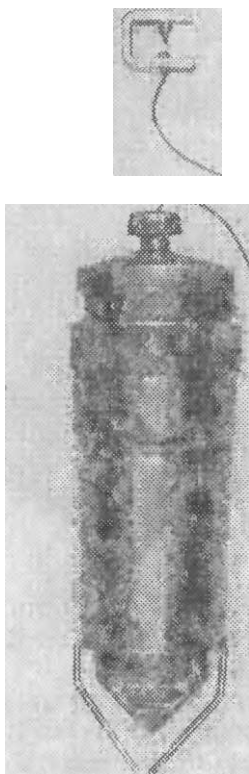


Рис. III.7« Светящийся центрировочный отвес

высоты подвеса и светящиеся отвесы {рис. II 1.7).

Механический центрир — телескопическая штанга, состоящая из двух металлических трубок. На внутренней трубке нанесены сантиметровые деления, а на наружной прикреплен круглый уровень для приведения штанги в вертикальное положение.

Оптический центрир — зрительная трубка с небольшим увеличением (2—3*). Перед объективом трубки центрира, соединенного с подставкой или алидадой угломерного прибора, расположена прямоугольная призма, которая отклоняет визирную линию трубки на 90° и направляет ее по оси подставки или полой вертикальной оси прибора.

В качестве визирных целей используются шнуrowые отвесы, вешки, специальные марки и сигналы. В полигонометрии и при прокладке теодолитных ходов по трехштативному методу пользуются марками и простыми или электрифицированными сигналами, которые можно устанавливать на штативы и консоли.

Штативы изготавливаются по ГОСТ 11897—66 двух типов — с выдвижными (складными) и с цельными ножками. Первые предназначены в основном для угломерных приборов, вторые — для нивелиров. В маркшейдерском

деле широко применяются вместо штативов консоли и реже распорные колонки. Консоли комплектуются подставками и сигналами, приспособленными для трехштативного способа съемки.

Распорными колонками пользуются обычно при съемках по наклонным выработкам без крепления.

Ориентир-буссоли (круговые или секторные) служат для ориентирования горизонтального лимба угломерного прибора.

Угломерные приборы

Угломерные приборы классифицируются по их назначению, точности, связи лимбовых частей с алидадными, расположению и конструкции зрительной трубы и оптико-механической конструкции прибора в целом.

По назначению маркшейдерско-геодезические угломерные приборы подразделяют на теодолиты, тахеометры, угломеры и угломеры-тахеометры.

Теодолиты предназначены для измерения горизонтальных и вертикальных углов.

Тахеометры служат для измерения горизонтальных и вертикальных углов, превышений и наклонных или редуцированных на горизонтальную плоскость расстояний.

Угломеры служат для измерения горизонтальных и вертикальных углов с малой точностью при маркшейдерских съемках в подземных горных выработках.

Угломеры-тахеометры служат для измерения горизонтальных и вертикальных углов с малой точностью и расстояний оптическим дальномером при маркшейдерских съемках в подземных горных выработках.

По связи лимбовых частей с алидадными угломерные приборы подразделяются на простые, повторительные и поворотным лимбом. В простых приборах лимб прикреплен к подставке, в повторительных — лимб вращательно соединен со втулкой подставки и снабжен наводящим устройством. Характерным признаком этого типа прибора является наличие в нем двух пар приспособлений: одной — для лимба, другой — для алидады горизонтального круга. Прибор с поворотным горизонтальным лимбом имеет одно наводящее устройство. Лимб, вращательно соединенный со втулкой подставки, можно поворачивать при помощи специального барабанчика. Зрительная труба угломерного прибора может быть центрально или эксцентрично расположена относительно вертикальной оси прибора, причем первая может быть прямой и ломаной.



Рис. III.8. Теодолит 2Т2 (а) и поле зрения отсчетного микроскопа (б)

По конструкции угломерные приборы делятся на механические и оптические, первые из которых имеют лимбы металлические, вторые — стеклянные и оптическую систему, передающую изображение лимба и шкалы отсчетного приспособления в поле зрения одного микроскопа, обычно расположенного рядом с зрительной трубой прибора. Отсчетными приспособлениями в оптических приборах могут быть: оптический микрометр, шкаловый микроскоп и микроскоп-оценщик.

В табл. II.1.1 приведена классификация угломерных приборов по точности, их наименованию, размерам лимба, типу отсчетного приспособления и др.

Теодолиты, выпускаемые заводами СССР в соответствии с ГОСТ 10529—70, подразделяются на высокоточные (Т05, Т1), обеспечивающие измерение горизонтальных углов со средней квадратической погрешностью менее $\approx 1''$, точные (Т2, 2Т2, Т5, 2Т5 и Т5К, 2Т5К) — со средней квадратической погрешностью измерения угла менее $\approx 5-10''$ и технические (Т15, Т15М, Т30) — со средними квадратическими погрешностями измерения угла соответственно не более $\approx 15''$ и $\pm 30''$.

По точности перечисленным теодолитам соответствуют теодолиты иностранных фирм и заводов: точные Те-В1, Те-С1 (Венгрия), Theo010 и Theo010А (ГДР); технические — Те-Д2 (Венгрия), Theo020, Theo020А (ГДР) и др.

Теодолиты с двусторонними оптическими микрометрами. Теодолит Т2 — оптиче-

ского типа, с поворотным лимбом и двусторонним клиновым оптическим микрометром. Он имеет соосные наводящие приспособления, оптический центрир, расположенный на алидаде горизонтального круга, и отделяемую подставку. Зрительная труба снабжена двумя оптическими визирами для предварительного наведения ее на визирную цель.

Теодолит снабжен коробчатой ориентир-буссолью. По требованию заказчика он комплектуется накладным уровнем УНТ-10-Т2, уровнем для трубы У20-Т2, визирными целями КВЦ, оптическим двусторонним центриром ОДО, окулярной насадкой ОНТ2-Т2, центрировочной плитой ПЦТ, электрооборудованием КЭ02-Т2, дальномерными насадками ДНТ, ДДЗ, ДН-04 или ДНР-06 с комплектом реек, принадлежностями для астрономических наблюдений АП-Т2.

Теодолит 2Т2 (рис. III.8) — усовершенствованная модель Т2, от которой он отличается конструкциями зрительной трубы, подставки, колонки и ручек управления, унифицированными для теодолитов серии 2Т. Теодолиты серии 2Т снабжены дополнительным поворотным металлическим кругом-искателем.

В отсчетном микроскопе осуществлена так называемая система цифрового отсчета. В поле зрения его (рис. II.1.8, б) видны: в нижнем окне — совмещенные изображения диаметрально противоположных двойных штрихов лимба, в верхнем окне — номер отсчитываемого штриха и под ним цифра, обозначающая десятки минут. Минуты, десятки секунд и се-

Таблица III I

Классификация современных угломерных и угломерно-дальномерных приборов

Классы точности	Наименование приборов	Погрешность измерения угла	Диаметр лимба, мм	Тип отсчетного приспособления	Зрительная труба			Масса прибора, кг
					Погрешность отсчета	Увеличение, крат	Наименьшее расстояние визирования, м	
Высокоточные Повышенной точности	Теодолиты Теодолиты, тахеометры	< 1 " 1—4"	250—100 100—60	Двусторонние оптические микрометры	0,5" 0,5—5"	65—35 40—25	5	20—8 6—3,5
Средней точности	Теодолиты, тахеометры	4—25"	95—50	Односторонние шкаловые микроскопы и оптические микрометры	6—30"	30—20	2—1	6,5—1,8
Пониженной точности	Теодолиты, тахеометры	25"—2'	80—40	Односторонние шкаловые микроскопы и микроскопы с отсчетным индексом	30"—Г	20—10	1	3—1,9
Малой (низкой) точности	Угломеры-тахеометры, буссольные инструменты, гониометры	2—10'	100—40	Отсчетные индексы и лупы с индексами	1—12'	20—5	1—0,8	9—1

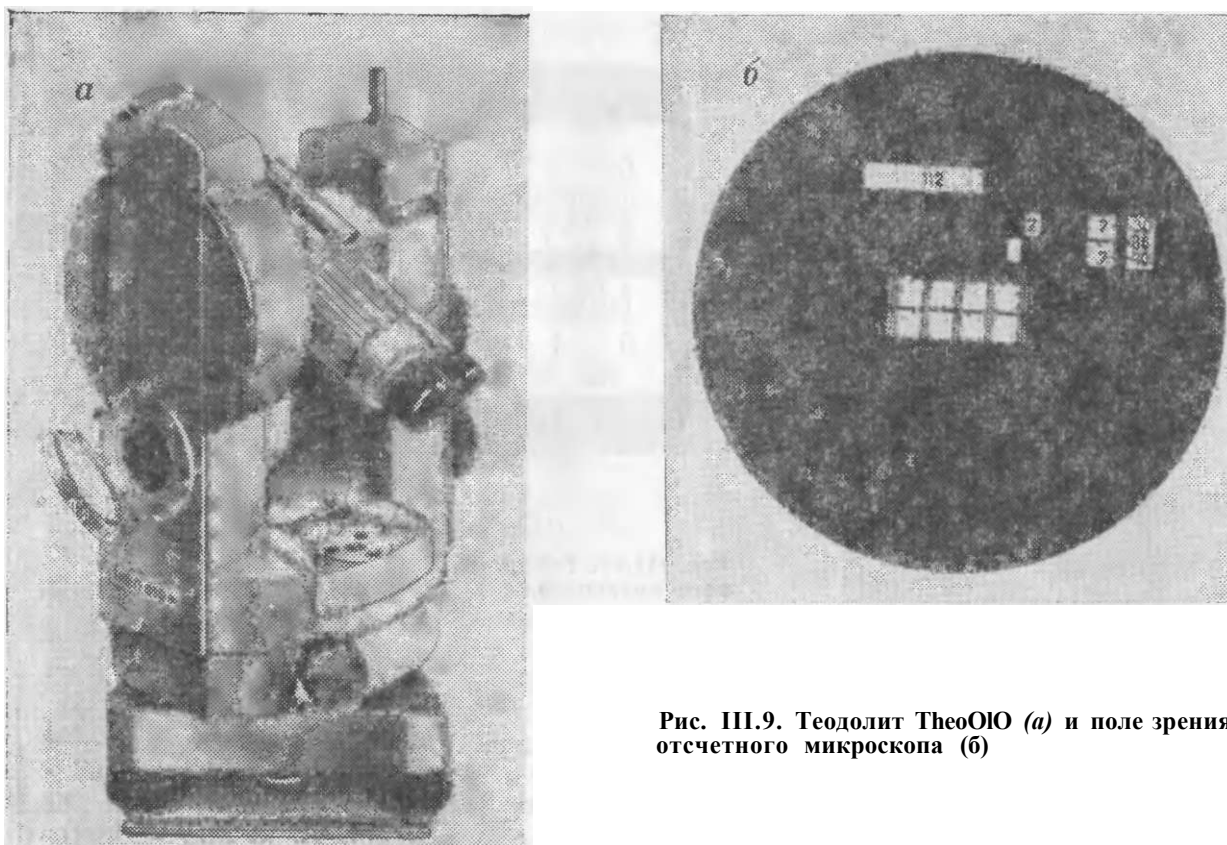


Рис. 11.9. Теодолит TheoOlO (а) и поле зрения отсчетного микроскопа (б)

кунды отсчитываются в правом окне поля зрения микроскопа.

Теодолит Те-В1 — точный оптический прибор с поворотным горизонтальным лимбом и оптическим микрометром. Он имеет оптический центрир, расположенный на алидаде горизонтального круга, соосные наводящие и закрепительные винты и отделяемую подставку в виде трехлопастной пластины, сочлененной с тремя подъемными винтами и обеспечивающей автоматическое центрирование с высокой точностью. По желанию заказчика теодолит комплектуется дополнительно подставками, сигналами и дальномерным оборудованием.

Аналогичный теодолит с оптико-механическим компенсатором при вертикальном круге вместо уровня выпускается заводом под шифром Те-В3.

Теодолит TheoOlO — оптический прибор с поворотным лимбом, зеркально-линзовой трубой и клиновым двусторонним оптическим микрометром. Он имеет отделяемую подставку, центрир, расположенный на алидаде горизонтального круга.

Теодолит TheoOlOA (рис. 11.9, а) — новая модель TheoOlO, унифицированная с теодолитом Theo020A и тахеометром DahltaOlOA. Теодолит имеет зрительную трубу прямого изображения, поворотный горизонтальный

лимб, компенсатор маятникового типа при вертикальном круге, двусторонний клиновой оптический микрометр, отделяемую подставку, оптический центрир на алидаде горизонтального круга и наводящие и закрепительные винты оригинальной системы.

Изображения штрихов горизонтального или вертикального лимба в поле зрения микроскопа вводятся отдельно при помощи переключателя. На рис. 11.9, б показано поле зрения микроскопа с четырьмя окнами: в окне — в центре поля зрения показаны совмещенные изображения диаметрально противоположных штрихов лимба, в верхнем левом окне — номер младшего штриха лимба, в верхнем среднем окне — десятки минут, а в правом окне — минуты и секунды шкалы микрометра. Закрепительный винт одновременно служит для алидады горизонтального круга и для трубы. Наводящие винты алидады и трубы соосны.

Теодолиты с односторонними оптическими микрометрами в СССР не изготавливаются. В практике маркшейдерского дела используются относящиеся к этой группе приборы ТТ4, Те-Д1 (Венгрия) и др.

Теодолит Те-Еб венгерского завода MOM — оптический, с поворотным лимбом, малогабаритный прибор. В теодолите применен односторонний оценщик двойного изоб-

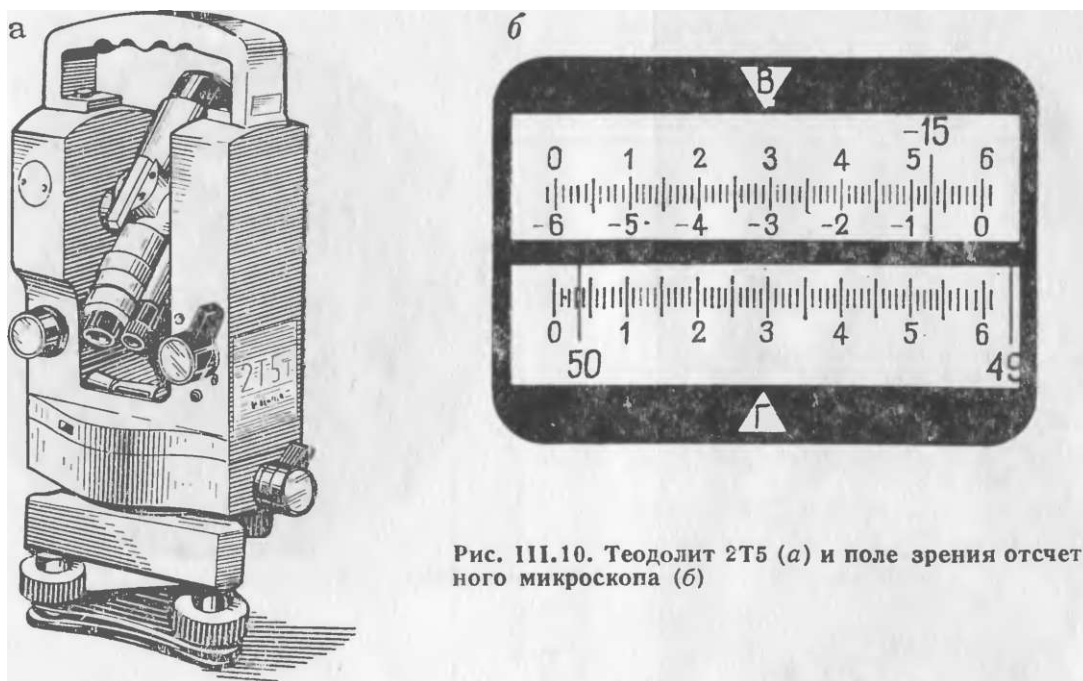


Рис. 111.10. Теодолит 2Т5 (а) и поле зрения отсчетного микроскопа (б)

Ражения (предложен Н. А. Гусевым в 1961 г.). Шкалой оценщика является одно, а индексом— другое его изображение одной и той же части лимба. Система оптики оценщика дает два изображения лимба с одинаковым увеличением, развернутые относительно друг друга на 180° . Теодолит имеет компенсатор при вертикальном круге и червячные механизмы для горизонтального и вертикального наведения трубы.

Теодолиты с односторонними шкаловыми микроскопами. К этой группе относятся выпускаемые в СССР точные теодолиты Т5, Т5К, 2Т5, 2Т5К, Т15, Т15К (ГОСТ 10529—70), маркшейдерский теодолит ТЗОМ, а также теодолиты зарубежных заводов — Те-D2 и Те-D4 (ВНР), Theo020, Theo020A, Theo080A (ГДР) и др.

Теодолит Т5К — оптический прибор с поворотным лимбом и отделяемой подставкой. Он имеет компенсатор при вертикальном круге, соосные наводящие и закрепительные винты, оптический центрир, расположенный в алидадной части. Компенсатор снабжен воздушным демпфером. Предельные углы работы компенсатора — $3'$, погрешность самоустановки $\pm 2''$.

Теодолит 2Т5 (рис. III. 10, а) имеет поворотный лимб, соосные закрепительные и наводящие винты, зрительную трубу с двумя (расположенными сверху и снизу) коллиматорными визирами для предварительной наводки и клиновым кольцом в корпусе для исправления коллимационной погрешности; оптический центрир в алидадной части, метал-

лический горизонтальный круг-искатель под кожухом алидады; ручку для переноски прибора, прикрепленную сверху к колонкам трубы. В поле зрения отсчетного микроскопа (рис. 111.10, б) видны две окулярные шкалы: нижняя — для отсчетов по горизонтальному и верхняя — для отсчетов по вертикальному лимбу. Последняя имеет две противоположно направленные оцифровки — для положительных и отрицательных углов.

Теодолитом можно работать по трехштативному способу с использованием комплекта визирных целей КВЦ и оптических центриров ОДО.

Теодолит 2Т5К (рис. 111.11) имеет компенсатор при вертикальном круге, работающий в пределах $\pm 3'$ со средней квадратической погрешностью самоустановки $0,5''$.

Теодолит Theo020 предприятия «Карл Цейсс» (ГДР) — оптический, повторительный прибор с одной парой наводящих и закрепительных винтов для алидады и лимба. С последним алидада соединяется с помощью клеммы повторительного приспособления. Теодолит имеет оптико-механический компенсатор вместо уровня при вертикальном круге, оптический центрир, расположенный на алидаде горизонтального круга, и отделяемую подставку. Предельные углы работы компенсатора $\pm 4'$, погрешность стабилизации $\pm 15''$.

Теодолит Theo020A (рис. 111.12)—унифицированная с теодолитом Theo01 OA и тахеометром Dahlta 01 OA модель теодолита с односторонним шкаловым микроскопом выпускается взамен теодолита Theo020. Он имеет

компенсатор при вертикальном круге, повторительную систему вертикальных осей с усовершенствованным механизмом скрепления горизонтального лимба с алидадой и новую оригинальную систему соосных наводящих и закрепительных винтов для одновременного закрепления вертикальной и горизонтальной осей. Изображение шкалы вертикального лимба вводится в поле зрения микроскопа с помощью переключателя, установленного соосно с закрепительными винтами.

К теодолитам серии А поставляются следующие дополнительные принадлежности: призмённые насадки и коленчатые окуляры на трубу и микроскоп, светофильтры, осветительное устройство, уровень на трубу, круглая и трубчатая ориентир-буссоли и др. По особому заказу поставляются визирные цели (табличные или электрифицированные) с подставками, оптический и механический центры, базисная рейка.

Тео до л и т Т15 ГОСТ 10529—70 (рис. III. 13) — оптический прибор с повторительной системой вертикальных осей, односторонним шкаловым микроскопом, оптическим центром в алидадной части и соосными наводящими и закрепительными винтами. Он имеет съёмную подставку типа П0-50.

Тео до л и т ТЗОМ (рис. III. 14) — маркшейдерский оптический прибор с повторительной системой вертикальных осей и односторонним шкаловым микроскопом. Конструкция осей позволяет устанавливать прибор в нормальном и подвешенном положениях в стандартной подставке П0-50 (ГОСТ 16740—71) с контролем по реверсивному цилиндрическому уровню. Корпус алидады снабжен защелкой, служащей для скрепления лимба с алидадой, горизонтальными и вертикальными наводящими и закрепительными винтами. Зрительная труба снабжена двумя коллиматорными визирами для предварительной наводки. Вертикальная ось полая, что позволяет использовать зрительную трубу для оптического центрирования над точкой.

В комплект прибора входят металлический футляр с мелкими принадлежностями, осветительное устройство, призмённые насадки на окуляры зрительной трубы и микроскопа, штатив. По специальному заказу могут быть поставлены призмённая насадка на объектив для визирования под крутыми углами наклона к горизонту, светофильтр, световые визирные цели, уровень на трубу, коленчатые окуляры и набор консолей.

Теодолит предназначен для производства дополнительных маркшейдерских съёмок в подземных выработках и приспособлен для

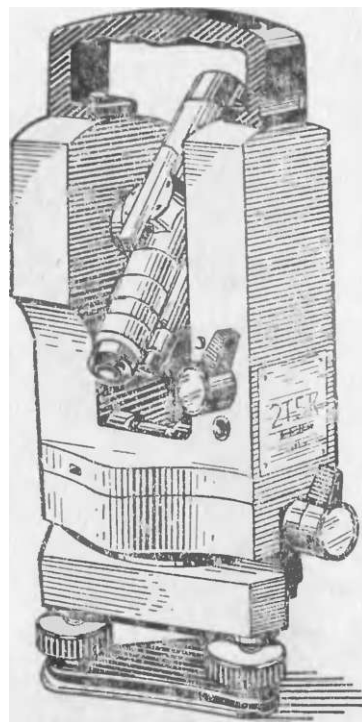


Рис. III. 11. Теодолит 2Т5К

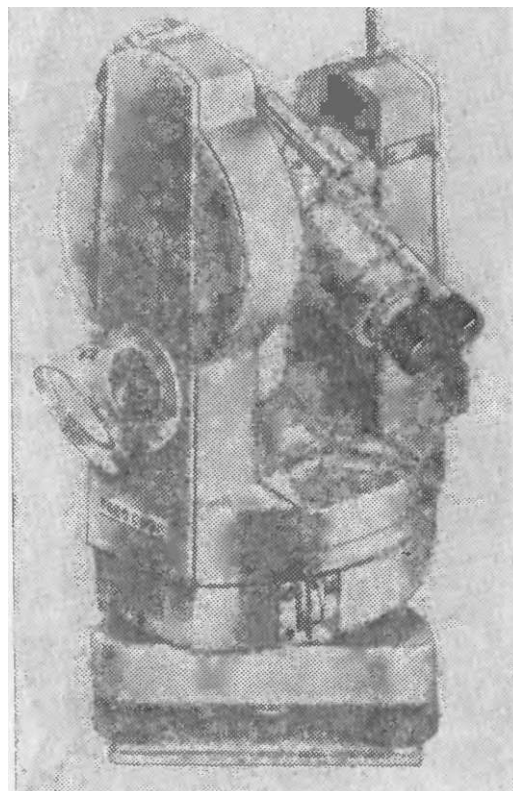


Рис. III. 12. Теодолит Theo020A

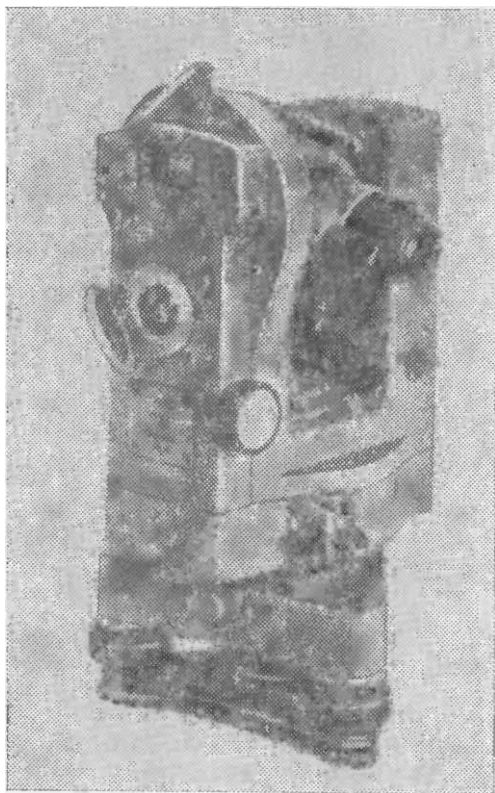


Рис. III.13. Теодолит Т15



Рис. III.14. Теодолит Т30М

измерения расстояний дальномером ДН-10 (ГОСТ 22549—77).

Теодолит ОМТ-30 — оптический прибор с повторительной системой вертикальных осей и неотделяемой подставкой. Он имеет компенсатор при вертикальном круге, работающий в пределах $2'$ с погрешностью. Оптический уровень, создаваемый компенсатором, заменяет цилиндрический при алидаде горизонтального круга, накладной уровень и уровень при трубе. Благодаря этому теодолитом можно производить техническое нивелирование. Зрительная труба теодолита имеет юстируемый верхний центр для центрирования под точкой.

Теодолиты с микроскопами-оценщиками. Теодолит ТЗО (рис. III.15) — оптического типа прибор с повторительной системой вертикальных осей, цилиндрическим уровнем на алидаде горизонтального круга, установленным параллельно коллимационной плоскости зрительной трубы, и неотделяемой подставкой. К подставке прикреплено днище футляра, что позволяет закрывать теодолит футляром, не снимая его со штатива, и предохранять прибор от повреждений при переноске.

Теодолит снабжен круговой ориентир-буссолью, окулярной насадкой и уровнем на трубе. По желанию заказчика он комплектуется дальномерной насадкой с рейками. Зрительной трубой, снабженной двумя оптическими визирами, можно пользоваться в качестве оптического центрира для центрирования теодолита над точкой сквозь вертикальную ось прибора. Теодолит имеет винт для скрепления лимба с алидадой и два наводящих винта (для лимба и алидады).

Теодолит TheoOSOA — оптический прибор с повторительной системой вертикальных осей, реверсивным цилиндрическим уровнем, расположенным на колонке алидады параллельно коллимационной плоскости зрительной трубы, и отделяемой подставкой. Система вертикальных осей и оцифровка горизонтального лимба приспособлены для работы прибора в нормальном и подвешенном положениях.

Теодолит комплектуется шнуровым ответом, окулярной призмной насадкой и штативом.

По специальным заказам к теодолиту поставляются: коленчатый окуляр, уровень на трубу, круговая и трубчатая ориентир-буссоли, механический и двусторонний оптический центриры, а также комплект маркшейдерского оборудования для использования прибора в подвесном варианте.

Техническая характеристика теодолитов приведена в табл. III.2.

Лазерные теодолиты предназначены для задания уклонов и направлений при переносе проекта в натуру и производстве различного рода створных и разбивочных работ на строительных площадках. Они представляют собой обычные или специальные теодолиты, в которых зрительная труба заменена лазерным излучателем, или теодолиты, в которых лазерный излучатель укреплен на зрительной трубе (теодолиты с лазерными насадками). В первой группе различают лазерные теодолиты с переключным в лагерах излучателем [приборы ЛТ-75, ЛТ-56 (СССР); КР4 (ПНР)] и теодолиты с переводимым через зенит излучателем [приборы КР1 (ПНР), ЛТ-3 (США) и др.]. Во второй группе среди лазерных насадок различают насадки, ось светового пучка которых совмещена с визирной линией зрительной трубы с помощью призм [ТО-3 ВНИМИ (СССР)] или гибких световодов [приборы GL01 Вильда, ДКМ-2А Керна (Швейцария)], и насадки, ось светового пучка которых не совмещена с визирной линией трубы [приборы ЛНОТ-02 (СССР), GLA3 Вильда (Швейцария), FVL Феннеля (ФРГ) и др.].

Технические характеристики некоторых лазерных теодолитов приведены в табл. II.3.

Общий вид лазерного теодолита ЛТ-56 показан на рис. III.16.

Проверки и исследования теодолитов. Геометрические элементы теодолита должны удовлетворять следующим основным условиям.

1. Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна, а ось круглого уровня — параллельна вертикальной оси прибора.

2. Визирная линия оптического центрира (или зрительной трубы как центрира), точка подвеса шнурового отвеса к подставке или станочному винту и керн на зрительной трубе при ее горизонтальном положении должны находиться на одной линии, совпадающей с осью горизонтального круга прибора.

3. Центры горизонтального и вертикального лимбов должны находиться на осях алидад соответственно горизонтального и вертикального кругов.

4. Вертикальный визирный штрих-биссектор сетки нитей должен быть перпендикулярен горизонтальной оси вращения трубы.

5. Визирная линия трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения.

6. Горизонтальная ось вращения трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси прибора.

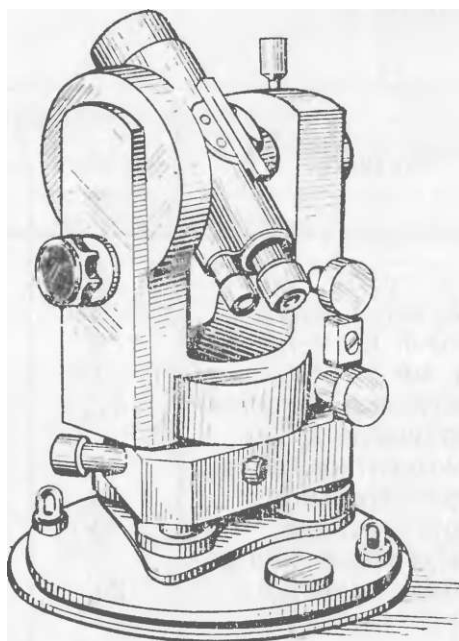


Рис. III.15. Теодолит Т30

7. Патрубок с фокусирующей линзой должен иметь правильный ход.

8. Место нуля (МО) или место зенита (МЗ) должны быть равны или близки нулю.

9. Повторительное устройство не должно сдвигать лимб при соединении и разъединении его с алидадой.

Кроме проверок перечисленных выше условий, все находящиеся в эксплуатации теодолиты периодически исследуют и испытывают с целью определения их метрологических параметров. В результате исследований и испытаний определяют:

- 1) оптические параметры трубы;
- 2) цену деления уровней;
- 3) диапазон и точность работы компенсатора при вертикальном круге;

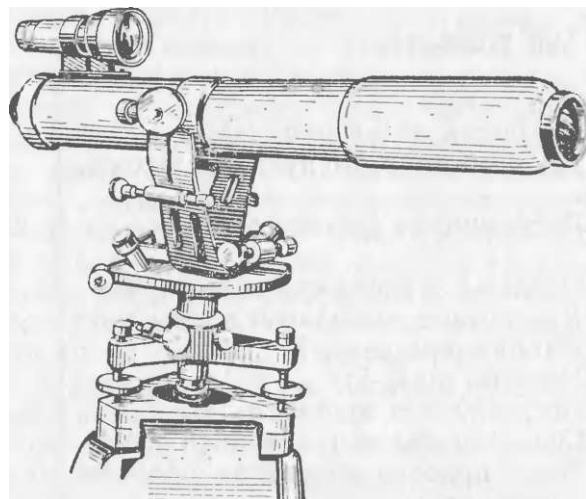


Рис. III.16. Лазерный теодолит ЛТ-56

Таблица III.2

Техническая характеристика

Параметры	С двусторонними оптическими микрометрами				С односторонними оптическими микрометрами		
	T2	2T2	TheoOIO A	Te—B1	Te — D1	Te — E6	To
Длина трубы, мм	182	152	175	174	178	123	152
Увеличение, крат	25	27,5	30	30	20	18	25
Световой диаметр объектива, мм	35	38,5	40	45	40	28	35
Наименьшее расстояние визирования, м	1,5	1,5	1,5	2	2,5	1,3	1,5
Диаметры лимбов, мм:							
горизонтального	90	90	86	91	77	80	90
вертикального	65	65	86	60	68	40	70
Цена деления лимбов:							
горизонтального	20'	20'	20'	20'	1°	20'	1°
вертикального	—	—	20 ^e	20 ^e	1 ^d	20 ^e	—
-Цена деления отсчетного устройства	1"	1"	Г; 2 ^{cc}	1"; 2 ^{cc}	1"; 1 ^e	10" : 10 ^{cc} 1' : 1 ^e	1'
Средняя квадратическая погрешность измерения угла	± (2 - 3)"	± 2 "	± 1 "	± 3 "	± 7 "	—	± 6 "
* Пределы измерения вертикальных углов	+60° —62°	+60° —60°	+53° —60°	+53° —53°	+60° - 54°	— —	+60° —60°
Масса теодолита, кг	5,2	4,2	4,5	5,5	4,8	2,6	3,5

С коленчатым окуляром до -f⁰.

Таблица III.3

Техническая характеристика лазерных теодолитов

Параметры	ЛТ-75	ЛТ-56	GL0-1	ДКМ-2А
Тип теодолита	ТТ2/6	ТГ-1	Т1А, Т16, Т2	ДКМ-2А
Тип лазера	ЛГ-75	ЛГ-56	НАС (США)	SF(СИПА)
Мощность излучения, МВт	30	2	0,1	0,1
Диаметр светового пучка на выходе, мм	60	34	40	45
Расходимость светового пучка	24"; 20"; 15"	24"	10"	15"
Пределы наклона светового пучка	±30°	±50°	±60°	±50°
Увеличение зрительной трубы, крат	24	18	28	30
Напряжение сети, В	200	127; 220	115; 220	110; 220; 12
Частота тока, Гц	50	50	50—60	50—60
Потребляемая мощность, Вт	—200	60	60	60
Срок службы излучателя, ч	—1000	500	—5000	—5000
Масса прибора в футляре с блоком питания, кг	56	14	13	28,5

ристка теодолитов

С односторонними шкаловыми микроскопами						С микроскопами-оценщиками	
2Т5	Т5К	2Т5К	Theo020А	Т15	ТЗОМ	Т30	TheoOSOA
152	152	152	175	154	139	110	125
27,5	27	27,5	25	25	19	18	18
38,5	38	38,5	36	34	30	27	32
1,5	2	1,5	1,5	1,2	1	2	0,9
90	95	90	86	76	72	70	61
70	70	70	86	72	72	70	61
1°	1°	1°	1°	1°	1°	10 ^x	5 ^x
—	—	—	1 ^д	—	—	—	10 ^e
Г	Г	Г	Г; Г ^e	1'	1'	—	—
± 5 "	±(4— —5)"	± 5 "	± 3 "	± 10 "	± 15 "	±(26— —36)"	± 21 "
+60°	+60	+60°	+ 60°	+55°	+55*	+55°	+60*
—60°	—63°	—60°	- 5 5 °	- 5 5 °	—55°	—62°	—58°
3,8	3,6	3,6	4,2	3,1	2,2	2,2	2,0

4) погрешности работы отсчетных устройств (рен оптического микрометра или шкалового микроскопа, параллакс изображений лимбов, погрешности оптического микрометра);

5) погрешность отсчета по лимбам;

6) полные погрешности диаметров горизонтального и вертикального лимбов;

7) эксцентриситет лимба и алидады горизонтального круга;

8) эксцентриситет вертикального лимба;

9) правильность вращения горизонтального и вертикального лимбов и алидады горизонтального круга вокруг своих осей;

10) среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла;

11) среднюю квадратическую погрешность измерения вертикального угла.

Проверки и исследования теодолитов, находящихся в эксплуатации, по пунктам, не требующим образцовых мер и другого метрологического оборудования, выполняются периодически перед работой.

Цилиндрический уровень в приборах проверяют, пользуясь подъемными винтами подставки. Поворотом алидады уровень устанавливают параллельно двум подъемным винтам. Вращая их во взаимно противоположные стороны, сгоняют пузырек на середину, поворачивают алидаду с уровнем на 90° и третьим подъемным винтом устанавливают пузырек на середину, после чего алидаду возвращают в прежнее положение, проверяют положение пузырька и затем поворачивают ее на 180°. Пузырек при этом должен оставаться на середине. В случае схода пузырька более чем на половину деления половину величины схода устраняют котировочным винтом уровня, а остальную часть — подъемными винтами подставки. Затем производят поворот алидады на 180° и контролируют положение пузырька.

При проверке круглого уровня его располагают между двумя подъемными винтами. Пузырек сгоняют на середину, пользуясь всеми тремя подъемными винтами. Затем поворачивают алидаду на 180° и в случае

схода пузырька половину величины схода устраняют котировочными винтами при уровне, а остальное — подъемными винтами, после чего алидаду устанавливают в исходное положение и контролируют положение пузырька.

Оптический центрир, или зрительную трубу в теодолитах с полый вертикальной осью и керн на зрительной трубе проверяют путем поворота алидадной части прибора на 180° после центрирования прибора соответственно над или под точкой. Если перекрестие сетки нитей трубы или центрира (или керн на трубе) при этом сойдет с изображения точки центрирования, то исправления производят путем перемещения сеток (или керна) на половину схода, а остальное — перемещением прибора. Если керн на трубе неподвижен, то потребуется нанести новую метку.

Правильность положения точки подвеса шнурового отвеса к подставке проверяют с помощью выверенного оптического центрира или зрительной трубы (в приборах с полый вертикальной осью) путем контроля ими центрирования над точкой, произведенного шнуровым отвесом. Если при неоднократной проверке центрирования отвесом окажется, что прибор смещен в одну и ту же сторону, то производят соответствующее исправление подвески шнурового отвеса.

Эксцентриситет лимбов и алидад горизонтального и вертикального кругов выполняют по ГОСТ 20063—74.

Наклон сетки нитей проверяют путем визирования на шнур отвеса, подвешенного в 3—5 м от прибора, или на четко видимую точку. В первом случае штрих-биссектор тщательно установленного по уровню в рабочее положение теодолита наводят на отвес. Линия штриха-биссектора сетки и изображение отвеса должны совпадать на всем протяжении поля зрения. При несовпадении наклон исправляют винтами сетки. Во втором случае, совмещая изображение точки с горизонтальной нитью сетки, например, у левого края поля зрения, наводящим винтом поворачивают алидаду по горизонту на угол поля зрения. Условие будет выполнено, если изображение точки в пределах поля зрения останется совмещенным с горизонтальной нитью сетки.

Перпендикулярность визирной линии трубы к горизонтальной оси ее вращения (отсутствие коллимационной погрешности) проверяют визированием на удаленную точку, расположенную на уровне прибора при двух положениях вертикального круга. Разность отсчетов по горизонтальному лимбу с учетом -180° дает двойную величину коллимацион-

ной погрешности. Исправление производят перемещением сетки нитей с помощью боковых исправительных винтов при ней. В новых теодолитах (серии 2Т) это осуществляется поворотом эксцентрикового кольца на корпусе трубы.

Перпендикулярность оси вращения трубы к вертикальной оси теодолита (наклон горизонтальной оси) в обычных теодолитах проверяют в соответствии с ГОСТ 20063—74. В теодолитах с полый вертикальной осью величину угла наклона оси находят как половину угла между направлениями на две точки визирования трубой, установленной вертикально при двух положениях круга. Проверку выполняют следующим образом: теодолит устанавливают в рабочее положение на высоте 1,5—2 м от пола. Приведя зрительную трубу в отвесное положение по вертикальному лимбу и уровню, фокусируют ее на расположенный под теодолитом белый экран, отмечают точку проекции перекрестия сетки нитей на экран и берут отсчет по горизонтальному лимбу. Затем алидаду поворачивают точно на 180° и снова отмечают точку проекции перекрестия сетки нитей на экране. При отсутствии наклона горизонтальной оси вращения трубы обе точки должны совпадать. В случае несовпадения точек расстояние между ними делят пополам. Поворачивая эксцентриковую втулку в одной из колонок трубы, добиваются совмещения перекрестия сетки нитей со средней отметкой на экране.

Правильность хода фокусирующей линзы проверяют в соответствии с ГОСТ 20063—74.

Повторительное устройство в процессе работы может сдвигать лимб при соединении-разъединении его с алидадой. Исследование величины сдвига производят, делая по 5 включений — отключений защелки на различных участках лимба через 30° . Повторительное устройство считается исправным, если смещения лимба при включении и выключении повторительного устройства не превышают точности отсчета. В противном случае прибором можно измерять углы только по способу приемов. Исправление прибора возможно на заводе.

Определение места нуля (МО) или места зенита (МЗ) выполняют визированием при двух положениях круга на одну и ту же удаленную точку. Значение МО вычисляют по формуле

$$MO = KЛ + КП \pm 180^\circ \quad (III.10)$$

Для приведения МО к нулю снова наводят трубу на ту же точку при круге лево, устанавливают отсчет по вертикальному лим-

бу, равный КЛ — МО, и совмещают перекрестие сетки нитей с изображением точки исправительными винтами уровня на алидаде вертикального круга, а в теодолитах с компенсатором — вертикальными исправительными винтами сетки трубы.

Оптические параметры зрительной трубы, цену деления установочных уровней, диапазон и точность работы компенсатора при вертикальном круге определяют по ГОСТ 20063—74.

Ампулы цилиндрических уровней при этом должны удовлетворять требованиям ГОСТ. При необходимости эти параметры определяют в полевых условиях.

Цену деления установочного уровня в теодолитах технической и малой точности определяют при помощи подъемных винтов подставки, для чего определяют шаг резьбы t подъемного винта, расстояние l от одного из винтов по перпендикуляру до прямой, соединяющей два других винта, и число делений n , на которые сместится пузырек при повороте подъемного винта на один оборот. Цена деления определяется по формуле

$$t = \frac{n \cdot l}{n} \quad (III. И)$$

В теодолитах средней точности и высокоточных цену деления уровней, установленных перпендикулярно горизонтальной оси вращения зрительной трубы, рекомендуется определять по рейке в соответствии с ГОСТ 10528—76.

И с с л е д о в а н и е к о м п е н с а т о р а п р и в е р т и к а л ь н о м к р у г е . Компенсатор должен обеспечивать неизменный отсчет по вертикальному лимбу при наклонах вертикальной оси в пределах, указанных в паспорте прибора. Для проверки выбирают визирную цель, прибор устанавливают в рабочее положение по уровню так, чтобы один из подъемных винтов подставки был расположен в направлении цели. Пользуясь этим винтом, наклоняют прибор в направлении визирной цели на 2—3', т. е. на четыре-пять делений уровня, проверяют правильность установки прибора по уровню в перпендикулярном направлении, наводят трубу на точку визирной цели и снимают отсчет по вертикальному лимбу. Затем подъемным винтом, расположенным в направлении визирования, придают прибору обратный наклон и, действуя в порядке, указанном выше, получают второй отсчет по вертикальному лимбу. Разность между отсчетами, полученными при наклонах прибора в пределах работы компенсатора, не должна превышать точности отсчета по вертикальному лимбу.

Эксцентриситеты лимбов и алидады, погрешности работы отсчетных устройств, погрешности отсчета, правильность вращения алидады вокруг вертикальной оси определяют по методике, изложенной в ГОСТ 20063—74.

В некоторых теодолитах, бывших продолжительное время в эксплуатации, могут наблюдаться расфокусировка и параллакс изображений штрихов лимбов, а также изменение рена отсчетных устройств, вызываемых износом осевой системы. Теодолиты с обнаруженными дефектами осевой системы подлежат исправлению в мастерской и затем испытаниям по полной программе «Теотест В» ГОСТ 20063—74.

Средние квадратические погрешности измерения горизонтальных и вертикальных углов, температурный режим работы, тряскоустойчивость и надежность определяют по методике, изложенной в этом же ГОСТе.

Приборы для нивелирования

Применяемые в маркшейдерском деле приборы для нивелирования подразделяются на следующие основные группы: оптико-механические, гидростатические, барометрические, механические и электро-механические, звуко-локационные.

Оптико-механические нивелиры применяются для определения превышений и передачи отметок, барометрические приборы — для рекогносцировочных работ и гравиметрических съемок. Гидростатические нивелиры дополняют оптико-механические в специфических условиях строительства, монтажа крупногабаритного оборудования, а также (стационарные) при передаче отметок на дальние расстояния через водные преграды и т. п. Механические, электро-механические и звуко-локационные приборы, являющиеся приборами автоматического действия, предназначены главным образом для съемки профилей.

Оптико-механические нивелиры подразделяются на нивелиры с уровнями и нивелиры с компенсаторами, называемые также нивелирами с самоустанавливающейся линией визирования.

Н и в е л и р ы с у р о в н я м и п о д р а з д е л я ю т с я в с в о ю о ч е р е д ь , н а г л у х и е (труба наглухо скреплена с вертикальной осью) и на приборы с элевационным винтом (труба имеет возможность наклона в вертикальной плоскости). В обоих типах нивелиров уровень располагается на трубе, причем пузырек его наблюдается или посредством

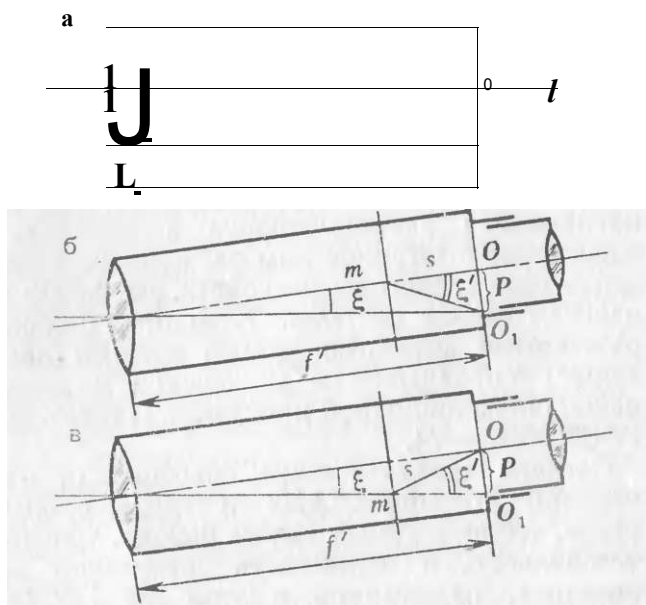


Рис. 111.17. Схема действия компенсатора в трубе нивелира

откидного зеркала, или через систему призм и лупу, или в поле зрения окуляра зрительной трубы.

В нивелирах с компенсаторами применяются компенсаторы двух типов: с перемещающейся сеткой или ее изображением и с отклоняющейся (изломом) линией визирования. Принцип действия компенсатора в трубе нивелира показан на рис. 111.17. Из рис. 111.17, а видно, что при правильной установке трубы линия визирования располагается горизонтально и отсчет по рейке / будет соответствовать горизонтальному штриху сетки трубы в точке О.

При наклоне трубы нивелира изображение точки О переместится в точку O_1 , расстояние которой от горизонтального штриха

$$P = f' \operatorname{tg} \varepsilon, \quad (\text{III.12})$$

где f' — задний фокусный отрезок объектива; ε — угол наклона трубы относительно горизонта.

Чтобы получить правильный отсчет по рейке /, соответствующий горизонтальной линии визирования, необходимо компенсирующим устройством, установленным в точке т, переместить отсчетный штрих в точку О (рис. 111.17, б) или отклонить луч визирования в точку О (рис. 111.17, в). В обоих случаях должно быть удовлетворено условие

$$f' \varepsilon' = s \varepsilon, \quad (\text{III.13})$$

где ε' — угол компенсации, т. е. угол отклонения штриха или изображения объекта

компенсатором; k — коэффициент компенсации, или угловое увеличение компенсатора.

В зависимости от того, какими средствами создается отклонение штриха или изображения, различают типы компенсаторов — механические, оптические, оптико-механические и соответственно для них значение k — (коэффициент механической компенсации), $k = k_o$ (коэффициент оптической компенсации) и $k = k_y/k_o$. В каждом компенсаторе имеется чувствительный элемент (датчик угла наклона прибора) и дополнительные элементы, преобразующие этот угол в угол компенсации. В некоторых компенсаторах чувствительный элемент и преобразователь совмещены.

В зависимости от положения компенсатора (расстояния s от точки т до сетки нитей) величины угла компенсации ε' и, следовательно, коэффициента k меняются, что отражается на конструкции компенсатора.

Все чувствительные элементы компенсаторов, за исключением жидкостных, снабжаются демпфирующими устройствами, которые подразделяются на воздушные, жидкостные и магнитоиндукционные. Нивелиры с компенсаторами повышают производительность на 25—30% по сравнению с уровнем нивелирами.

Нивелиры классифицируют по их точности и назначению. Для оценки точности установлены два параметра — погрешность нивелирования на 1 км хода и погрешность определения превышения на станции. Значительную роль при этом играют также другие параметры приборов: наличие оптического микрометра; длина, увеличение, диаметр светового отверстия объектива трубы; цена деления цилиндрического уровня или пределы работы и точность самоустановки компенсатора, а также применяемые рейки. Классификация нивелиров с учетом этих параметров приведена в табл. II 1.4.

По ГОСТ 10528—76 в СССР должны изготавливаться следующие типы нивелиров.

1. В ы с о к о т о ч н ы е, предназначенные в основном для нивелирования I и II классов (средняя квадратическая погрешность на 1 км хода соответственно не более $\pm 0,5$ мм, а средняя квадратическая погрешность определения превышения на станции при расстоянии между нивелиром и рейками 50 м — не более $\pm 0,2$ мм).

2. Т о ч н ы е, предназначенные в основном для нивелирования III и IV классов (средняя квадратическая погрешность на 1 км хода соответственно не более ± 3 мм, а средняя квадратическая погрешность определения превышения на станции при рассто-

Таблица 111.4

Классификация оптико-механических нивелиров

Класс точности нивелиров	Погрешность нивелирования на 1 км хода, мм	Зрительная труба			Цена деления цилиндрического уровня	Компенсатор		Рейки
		Длина, мм	Увеличение, крат	Диаметр свободного отверстия объектива, мм		Пределы работы, мин	Погрешность самоустановки	
Высокоточные	$\pm 0,5$	200	40 ± 5	50 ± 5	$10'' \pm 5''$	± 3	$< 0'',5$	С полусантиметровыми делениями на инварных лентах
Повышенной точности	0,5—2	175	30 ± 5	40 ± 5	$10'' \pm 5''$	± 6	$0'',5—1''$	
Средней точности	2—8	150	25 ± 5	30 ± 5	$15'' \pm 5''$	± 10	$1''—5''$	С сантиметровыми делениями на дереве
Пониженной точности	8—20	150	25 ± 5	20 ± 5	$60'' \pm 10''$	± 15	$5'' \pm 10''$	С делениями до 5 см на дереве и др.
Малой (низкой) точности	20—50	120	15 ± 5	20 ± 5	$120'' \pm 10''$	± 30	$10''—20''$	

Таблица 111.5

Техническая характеристика нивелиров с уровнями

Параметры	Высокоточные			Точные			Техни- ческие НТ
	Н2	Ni004	Ni-A1	НЗ	Ni-B1	Ni-C1	
Длина трубы, мм	380	375	314	175	160	195	140
Увеличение, крат	40	44	40, 32, 24	31	28	24	23
Световой диаметр объектива, мм	52	56	65	40	40	30	25
Наименьшее расстояние визирования, м	2,1	3	2,5	3	1,2	2	1,1
Цена деления уровней:							
основного, секунды/2 мм	10	10	10	15—23	30	30	32
установочного, минуты/2 мм	5	2	2	7—15	6	6	14
Средняя квадратическая погрешность на 1 км хода, мм	±0,8	±0,4	± (0,2 - 0,5)	± 3	± 3	± 5	± 9
Диаметр лимба, мм	–	–	–	–	76	80	120
Высота прибора, см	20	22	14	15	14	12	И
Масса прибора, кг	5,6	6,2	4,2	1,8	2,6	1,8	1,0
Масса футляра, кг	4,6	4,4	2,9	2,0	1,7	1,0	1,2

янии между нивелиром и рейками 100 м — не более ± 2 мм).

3. Технически е (средняя квадратическая погрешность на 1 км хода не более ± 10 мм, средняя квадратическая погрешность определения превышений при расстоянии между нивелиром и рейками 100 м — не более ± 5 мм).

Нивелиры с уровнями. Техническая характеристика нивелиров с уровнями приведена в табл. II.5. Высокоточные нивелиры Н2 (рис. III.18), Ni004 (ГДР) и Ni-A1 (ВНР) изготавливаются в теплозащитном кожухе. Они имеют контактный уровень, изображения концов пузырька которого передаются в поле зрения окуляра зрительной трубы, элевационный винт, оптический микрометр с плоскопараллельной пластинкой, расположенной перед объективом зрительной трубы.

Точные нивелиры с уровнями отличаются от высокоточных в основном размерами зрительной трубы и ценой деления уровня. К ним относятся: НВ1, НЗ (рис. 111.19), Ni-B1, Ni-C1, Ni-C2 (ВНР) Ni030 (ГДР). У нивелиров НВ1 и НЗ полуизображения пузырька контактного уровня наблюдаются в поле зрения окуляра трубы, а у нивелиров Ni-B1, Ni-C1 и Ni-C2 в поле зрения лупы, расположенной рядом с окуляром трубы.

Технический нивелир НТ имеет контактный уровень с оптической системой, передающей полуизображения концов пузырька в поле зрения трубы; элевационный винт и горизонтальный круг; для грубой горизонтальной наводки трубы от руки нивелир снабжен фрикционным механизмом. Подставка выполнена без подъемных винтов в виде шарового шарнира, размещенного в головке штатива (рис. II.20).

Нивелиры с компенсаторами. Нивелир Ni007 (ГДР) имеет зрительную трубу прямого изображения, оптико-механический компенсатор, расположенный между фокусирующей линзой и окуляром, и оптический микрометр в виде качающейся вокруг горизонтальной оси пентапризмы над объективом трубы. Компенсатор представляет собой систему призм, одна из которых прикреплена к маятниковой подвеске, снабженной воздушным демпфером. Нивелир изготавливается с горизонтальным кругом и без него.

Нивелир Ni-B3 (ВНР) имеет прямую зрительную трубу с двухступенчатым фокусирующим устройством для грубой и точной фокусировки и оптико-механическим компенсатором, расположенным между фокусирующей линзой и сеткой нитей. Компенсатор устроен в виде системы призм Порро

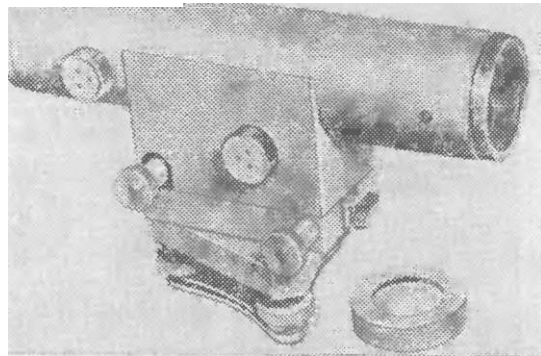


Рис. 111.18. Высокоточный нивелир Н2

второго рода, две из которых подвешены на двух парах скрещивающихся нитей. Зрительная труба дает прямое изображение. Нивелир имеет стеклянный горизонтальный лимб, шкаловый микроскоп, окуляр которого расположен рядом с окуляром зрительной трубы, и фрикционно-червячное устройство для наводки последней. Подъемные винты имеют увеличенный шаг резьбы. Нивелир Ni-B3 имеет ряд модификаций: Ni-B4 — без горизонтального круга; Ni-B5 — с горизонтальным кругом и призмной системой, передающей изображение пузырька круглого установочного уровня в поле зрения окуляра трубы; Ni-B6 — то же, что и Ni-B5, но без горизонтального круга.

Ко всем нивелирам Ni-B поставляется отдельно оптический микрометр GK-321 в виде насадки на объективную часть зрительной трубы.

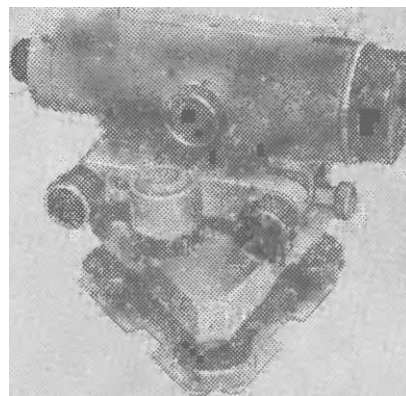


Рис. III.19. Нивелир НЗ

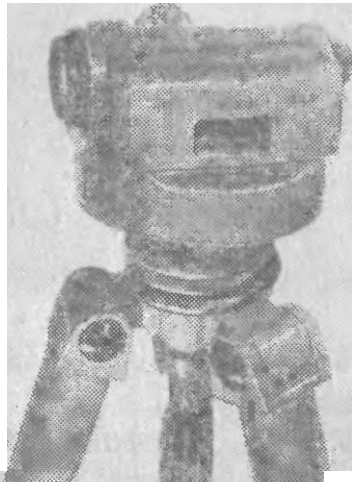


Рис. 111.20. Технический нивелир НТ

Н и в е л и р НСЗ (рис. П 1.21) имеет прямую зрительную трубу с оптико-механическим компенсатором между фокусирующей линзой и сеткой нитей. Компенсатор устроен в виде системы прямоугольных призм, одна из которых подвешена на скрещивающихся проволочках. В нивелире установлен фрикционно-червячный механизм с винтом точной горизонтальной наводки.

Н и в е л и р НСК4 (рис. 111.22) — то же, что и НСЗ с горизонтальным кругом.

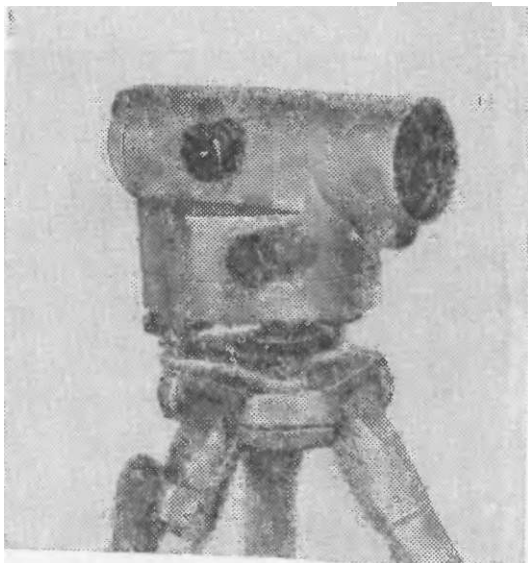


Рис. П.21 Точный нивелир НСЗ

ШШШШШ

Н и в е л и р Ni025 — прибор с оптико-механическим компенсатором, установленным в зрительной трубе между фокусирующей линзой и сеткой нитей. Труба нивелира дает прямое изображение. Компенсатор выполнен в виде системы призм, одна из которых (крышеобразная) прикреплена к корпусу, а две прямоугольные подвешены на четырех попарно скрещивающихся ленточках. Нивелир изготавливается с горизонтальным кругом и без него.

Т е х н и ч е с к и й : н и в е л и р НТС — малогабаритный прибор с оптико-механическим компенсатором, установленным перед объективом ломаной зрительной трубы. Компенсатор выполнен в виде прямоугольной призмы, подвешенной на горизонтальной оси в шарикоподшипниках. Демпфер воздушного типа. Между объективом и фокусирующей линзой установлена вторая прямоугольная призма. Общий вид нивелира НТС показан на рис. П 1.23. Наводка трубы по горизонту осуществляется рукой, закрепительный и наводящий винты **отсутствуют**.

Нивелир Ni-D1 (ВНР) имеет перископическую трубу, над объективом которой установлен компенсатор, состоящий из зеркала, подвешенного на двух тонких плоских пружинах, и воздушного демпфера. Нивелир имеет горизонтальный стеклянный лимб, шкаловый микроскоп, окуляр которого расположен рядом с окуляром зрительной трубы, фрикционно-червячный механизм и винт точной горизонтальной наводки с двумя головками. Аналогичной конструкции нивелир Ni-D2 без горизонтального круга.

А в т о м а т и ч е с к и й с т р о и т е л ь н ы й н и в е л и р Ni050 (ГДР) — прибор с трубой прямого изображения к

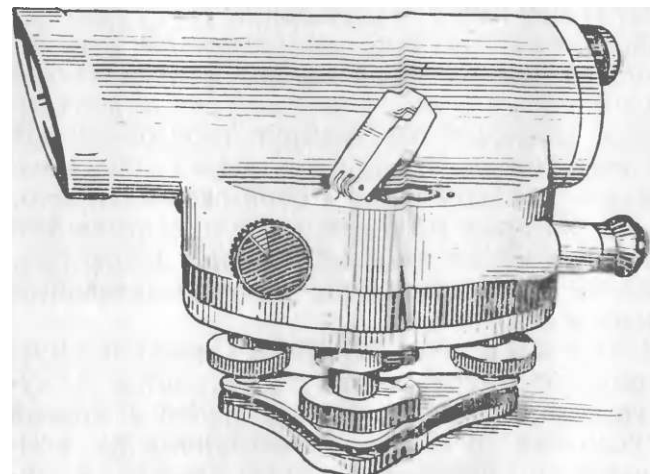


Рис. П.22. Точный нивелир® НСК4

с компенсатором, установленным за объективом. Компенсатор состоит из трех прямоугольных призм, из которых две крайние (верхние) подвешены на вертикальных подвесках, а среднюю (нижнюю) можно вертикально перемещать для фокусирования трубы. Подставка нивелира представляет собой клиновое горизонтальное устройство с двумя горизонтально расположенными ручками. Наводка трубы осуществляется рукой.

Технический нивелир ТН-7 (рис. 111.24) — новая оригинальная конструкция нивелира с широкодиапазонным оптико-механическим компенсатором, установленным в зрительной трубе на половине фокусного расстояния объектива. Компенсатор выполнен в виде плоского зеркала, подвешенного на горизонтальной оси в приборных шарикоподшипниках. Для обеспечения компенсации в большом диапазоне (до $\pm 8^\circ$) объектив с наклеенной на нем сеткой нитей также подвешен на горизонтальной оси в шарикоподшипниках и, кроме того, может поворачиваться вокруг своей оптической оси. Нивелир не имеет подставки, установочного уровня и наводящего винта, снабжен поворотным окуляром и металлическим горизонтальным лимбом. Поворот корпуса нивелира и наводка осуществляются от руки.

По новому ГОСТ 10528—76 предусматривается изготовление следующих типов нивелиров: высокоточного Н-05, точного Н-3 и технического Н-10 с уровнями, высокоточного Н-05К, точного Н-3К и технического Н-10К с компенсаторами. При этом предусмотрено, что нивелиры Н-3К и Н-10К могут быть снабжены горизонтальным лимбом.

Технические характеристики нивелиров с компенсаторами приведены в табл. П1.6.

Лазерные нивелиры предназначены для измерения превышений и передачи высотных отметок, задания уклонов и направлений при переносе проекта в натуру. По принципу установки светового пучка в горизонтальное положение различают лазерные нивелиры с уровнями и с компенсаторами. Могут быть приборы с устанавливаемым неподвижно или с вращающимся в горизонтальной плоскости световым пучком. Основными узлами лазерных нивелиров являются излучатель, коллимирующая система, формирующая пучок с малым углом расходимости, установочные и наводящие приспособления, вспомогательная зрительная труба (может отсутствовать) и блок питания. Основные технические характеристики опытного образца нивелира ЛН-56 и серийно выпускаемого в СССР лазерного визира ЛВ-5 приведены в табл. П1.7.

Общий вид лазерного визира ЛВ-5 показан на рис. П1.25.



Рис. 111.23. Технический нивелир НТС

При нивелировании световым пучком лазерного нивелира или визира задают опорную линию, вдоль которой непрерывно перемещают или устанавливают на характерных точках вертикальную рейку, образуя так называемый световой профилограф. Значения высот точек отсчитывают по рейке ви-

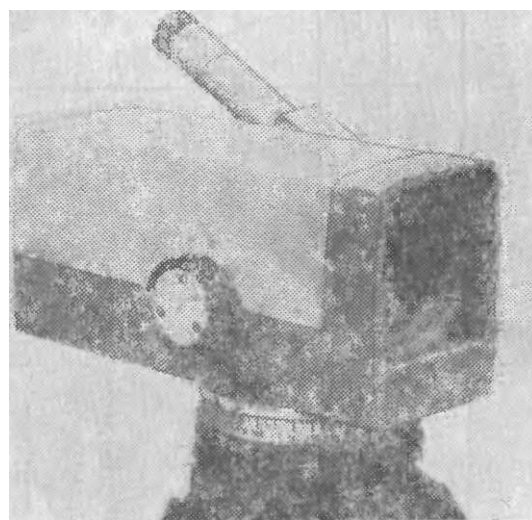


Рис. П1.24. Технический нивелир ТН7

Таблица 111.6

Техническая характеристика нивелиров с компенсаторами

Показатели	Высоко- точный	Повышенной точ- ности		Точные			Технические			
	Ni-A3	Ni007	Ni-B3	HC3	N1025	HC4	Ni050	и т.д.	Ni-D1	TH7
Длина трубы, мм	210	—	272	220	195	220	170			
Увеличение, крат	30, 40, 50	31,5	28,32	30,5	20	30,5	16,18	20	16	20
Световой диаметр объектива, мм	67	40	45	40	30	40	25	25	24	29
Наименьшее расстояние визирования, м	2	2,2	5	2	1,5	2,1	0,8	1,5	1,5	0,9
Пределы работы компенсатора, минуты	±5	±10	±8	±10	±10	±15	±20	±15	±15	±6°
Точность самоустановки	±0",1	±0",5	±0",4	±Г	±0",5	±1",5	±2"—3"	±3"—10"	±0",5	±3"—5"
Цена деления уровня, минуты/2 мм	10	8	8	7—14	8	7—15	25	10	8—10	—
Средняя квадратическая погрешность на 1 км хода, мм	±0,2	±(0,7; 2*)	±(0,7; 2*)	±4	±(2-3)	±6	±(5-10)	±(10—15)	±(4-5)	±15
Диаметр горизонтального лимба, мм	—	(63)	(82)	—	(50)	—	74	70	48	74
Высота прибора, см	10,5	33,5	13	13	14	15,0	12	19	19	13,5
Масса прибора, кг	4,2	3,9	2,3	1,75	1,7	2,1	1,0	1,8	1-1,2	1,8
Масса футляра, кг	—	2,8	2,3	2,0	1,7	2,0	1,7	2,1	1,5	1,2

* Без оптического микрометра.

Техническая характеристика лазерных нивелиров

Параметры	ЛН-56	ЛВ-5
Тип лазера	ЛГ-56	ОКГ-13
Мощность излучения, мВт	2	0,5
Диаметр светового пучка на выходе, мм	34	25
Расходимость светового пучка	24"	25"
Цена деления цилиндрического уровня, секунды/2 мм	8	17
Средняя квадратическая погрешность установки оси светового пучка	1"	2"—2",5
Пределы наклона	—	$\pm 15^\circ$
Увеличение зрительной трубы, крат	25	—
Напряжение сети, В	110, 127, 220, 12	220
Потребляемая мощность, Вт	60	100
Срок службы излучателя, ч	500	1000
Масса прибора с блоком питания, кг	10	12

зуально или с помощью невизуальных приемников излучения. В последнем случае информация о положении светового пучка на рейке выводится на индикатор, самописец или цифропечатающее устройство.

С целью обеспечения устойчивости работы световых профилографов и увеличения производительности труда применяют приборы с круговой разверткой светового пучка в опорной плоскости. Развертка осуществляется вращающимся вокруг вертикальной оси с равномерной скоростью оптическим отражателем типа пентапризмы или прямоугольной призмы.

Нивелирные рейки. Высокоточные нивелиры комплектуются 3-метровыми штриховыми рейками РН-05 (ГОСТ 11158—76) с инварными лентами, расположенными в желобках деревянных брусков прямоугольного сечения. Нижний конец ленты прикреплен к металлическому наконечнику, а верхний — удерживается пружиной с силой 20 кгс. На ленте нанесены две шкалы с полусантиметровыми делениями, сдвинутые относительно друг друга на 2,5 мм и оцифрованные в полудециметрах. На одной (основной) шкале оцифровка возрастает от 0 до 60, на другой — от 60 до 119. Нуль основной шкалы совмещен с плоскостью пятки рейки. Рейки снабжены ручками и круглыми установочными уровнями.

Для нивелирования III и IV классов используются цельными деревянными двусторонними рейками РНЗ (ГОСТ 11158—76) или

РН4 с сантиметровыми шашечными делениями черного цвета на одной стороне и красного — на другой. На черной стороне двух комплектных реек с пяткой совпадает нуль шкалы, а на красной стороне — не круглый отсчет: 4683 у одной рейки и 4783 — у другой. К рейкам прикреплены круглые уровни и ручки.

Для технического нивелирования на поверхности применяются деревянные складные двусторонние 3—4-метровые рейки РН-10 (ГОСТ 11158—76) с шашечными сантиметровыми делениями, а также односторонние — с лентой из лавсана с нанесенной на

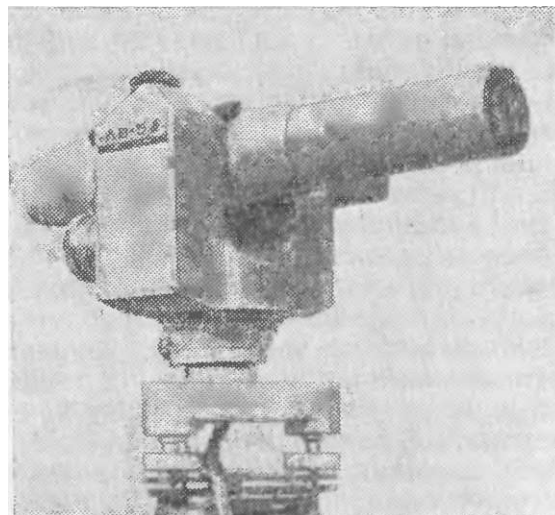


Рис. III.25. Лазерный визир ЛВ-5

ней шкалой. Лента на время работы закрепляется на деревянном каркасе.

Для нивелирования площадей применяют так называемые отметочные рейки с выдвижными подставками и изменяемой оцифровкой шкалы. В подземных выработках используют складные или выдвижные двусторонние рейки длиной 1,7 или 2,1 м.

Для маркшейдерских работ разработаны новые конструкции нивелирных реек — рейка хо шкалой на слоистом пластике, рейка со световозвращающим покрытием, прозрачные прецизионные рейки со шкалами на лавсановой пленке и др.

Проверки и исследования нивелиров и реек. Геометрическое нивелирование основано на принципе визирования горизонтальным лучом, поэтому в уровневых нивелирах необходимо соблюдать основное условие: визирная линия трубы должна быть параллельна оси уровня. Кроме того, для удобства работы с нивелиром он должен удовлетворять некоторым другим требованиям: ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна, а ось круглого — параллельна вертикальной оси прибора; горизонтальная нить сетки трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси прибора; ось цилиндрического уровня и визирная линия трубы должны располагаться в параллельных вертикальных плоскостях.

Перечисленные требования проверяют в соответствии с указаниями, изложенными в Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов, а также в инструкциях к пользованию, прилагаемых к каждому нивелиру.

Для нивелиров с компенсаторами, кроме проверок круглого уровня и сетки нитей, которые выполняют так же, как и в нивелирах с уровнями, исследуют правильность работы компенсатора и проверяют условие горизонтальности визирной линии трубы в пределах рабочего диапазона компенсатора.

Все находящиеся в эксплуатации нивелиры периодически исследуют и испытывают с целью определения их метрологических параметров.

В результате таких исследований для всех типов нивелиров определяют: оптические параметры зрительной трубы (длину, угол поля зрения, диаметр и удаление выходного зрачка, коэффициенты светопропускания и светорассеяния, увеличение, наименьшее расстояние визирования, величину перемещения окуляра, предел разрешения, качество изображения, коэффициент и постоянное слабое дальномера, асимметрию дальномерных нитей сетки, правильность хода фокусирующей линзы); правильность и плавность вращения трубы вокруг вертикальной оси

прибора; цену деления установочного уровня.

Для нивелиров с уровнем определяют цену деления цилиндрического уровня, погрешность совмещения изображений концов пузырька. Для высокоточных нивелиров, кроме того, определяют цену оборота и погрешность отсчета по элевационному винту, работу оптического микрометра.

Для нивелиров с горизонтальным лимбом определяют цену деления и эксцентриситет лимба, погрешность отсчета и среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла.

Для нивелиров с компенсатором определяют диапазон работы компенсатора, случайные и систематические погрешности самоустановки чувствительного элемента, время затухания его колебаний.

Оптические параметры зрительной трубы (длину, угол поля зрения, диаметр и удаление выходного зрачка, коэффициенты светопропускания и светорассеяния, увеличение, наименьшее расстояние визирования, величину перемещения окуляра), а также эксцентриситет горизонтального лимба и среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтальных углов находят аналогично определению таких же параметров теодолитов по ГОСТ 20063—74.

Предел разрешения определяют по ГОСТ 15114—69.

Коэффициент дальномера, постоянную слабую и асимметрию дальномерных нитей, цену деления уровней, правильность вращения трубы вокруг вертикальной оси, цену деления шкалы оптического микрометра и работу компенсатора определяют по ГОСТ 10528—76.

Правильность хода фокусирующей линзы, что особенно важно знать при нивелировании с неравными плечами в условиях горных выработок, величину погрешности совмещения изображений концов пузырька уровня и цену оборота элевационного винта исследуют по методике, изложенной в Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов.

Исследования нивелирных реек производятся с целью выяснения их пригодности для нивелирования соответствующей точности и определения поправок. В результате исследований определяют: среднюю длину метровых интервалов, погрешности дециметровых интервалов, разности высот нулей в парных рейках, величину прогиба реек, перпендикулярность плоскости пяты рейки к оси рейки и совпадение плоскости пяты с нулем основной шкалы.

Исследования производят в соответствии с Инструкцией по нивелированию I, II,

III и IV классов (ГОСТ 11158—76, ГОСТ 15096—69).

Гидростатические нивелиры. Гидростатическое нивелирование основано на принципе сообщающихся сосудов, заполненных жидкостью. Для заполнения используют однородную жидкость, чаще всего воду. Известны гидростатические нивелиры, которые заполняют две разнородные несмешивающиеся жидкости, например ртуть — вода. Гидростатические нивелиры разделяются на переносные и стационарные. Переносные нивелиры в зависимости от точности определения превышений на станции разделяются на прецизионные, технические и малой точности.

Прецизионные предназначены главным образом для контроля при монтаже горизонтально расположенных крупногабаритных элементов оборудования и наблюдений за сдвижением горных пород с точностью 0,01—0,05 мм. Измерительным элементом в сосудах этих приборов являются винтовые микрометры.

Технические предназначены для контроля строительных и монтажных работ в тех случаях, когда необходимая точность определения превышений находится в пределах 0,3—1 мм. Измерительно-отсчетным устройством в этих приборах служит индекс, нанесенный на поплавке, и шкала на образующей стеклянного или пластмассового цилиндра.

Нивелиры малой точности представляют устройства в виде двух стеклянных трубок, соединенных гибким шлангом. Они предназначены для контроля строительных и монтажных работ в тех случаях, когда требуемая точность не превышает 2—5 мм.

Гидростатический нивелир НШТ-1 (рис. 111.26), применяемый для маркшейдерских работ, изготавливается серийно Харьковским заводом маркшейдерских инструментов. В качестве жидкости для заполнения системы при положительных температурах используется дистиллированная или кипяченая вода. Для работы при отрицательных температурах до -23° систему заполняют 20—25%-ным водным раствором хлористого кальция, а для работы при температурах до -50° — полиметилсилоксановой жидкостью ПМС-1. Заполнение системы нивелира жидкостью следует производить тщательно, без оставления в соединительном шланге и кранах пузырьков воздуха.

Перед работой с нивелиром НШТ-1 производят проверки: герметичности системы, исправности кранов и клапанов, свободного перемещения поплавков в сосудах. Кроме того, определяют разности высот нулей шкал

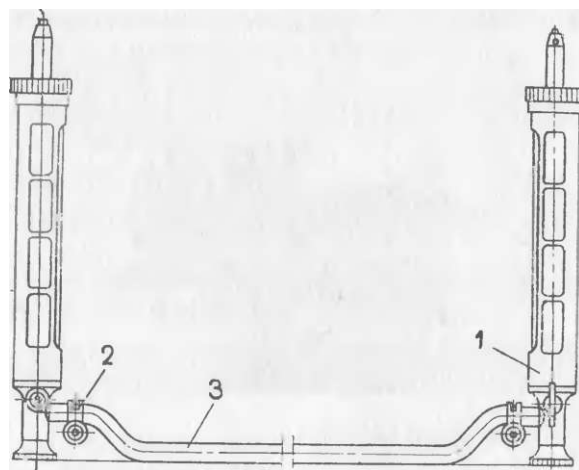


Рис. 111.26. Гидростатический нивелир НШТ-1: 1 — водомерный элемент; 2 — хомут; 3 — соединительный шланг

у обоих водомерных элементов от нижних и верхних опорных пятков.

Стационарные гидростатические системы в зависимости от назначения могут состоять практически из любого количества измерительных сосудов. В доступных для наблюдения местах сосуды могут быть снабжены измерительно-отсчетными устройствами, в недоступных — автоматически действующими дистанционными устройствами.

В маркшейдерском деле стационарные системы применяются для наблюдений за подрабатываемыми сооружениями.

Оптико-механические дальномеры **Дальномеры** — приборы и приспособления к другим приборам, предназначенные для косвенного (без применения ленты, рулетки или мерной проволоки) измерения расстояний. Устройство оптико-механических дальномеров основано на законах геометрической оптики. Общим признаком, объединяющим эту многочисленную группу приборов, является построение и решение вытянутого измерительного треугольника, в котором известна или измеряется одна короткая сторона (база) и соответственно измеряется или известен заранее острый (параллактический) угол.

Дальномеры, применяемые в маркшейдерском деле, разделяются на три основные группы: **визуальные** (параллактический угол заключен между визирными лучами); **светопроекционные** (параллактический угол заключен между световыми лучами, исходящими из прибора и проектирующими на удаленный экран световую марку или мнимую базу дальномера) и **проекционно-визуальные** (впо-

щ

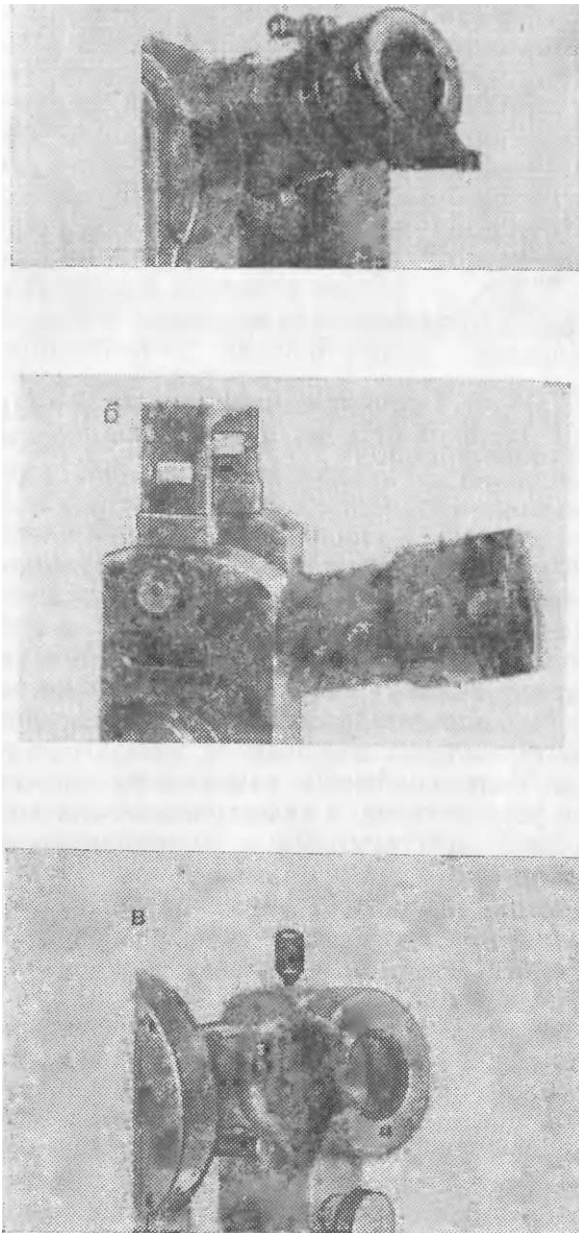


Рис. П 1.27. Дальномерные насадки:
а — ДН-04; б — ДНР-06; в — ДН-10

строении и решении измерительного треугольника участвуют лучи визуальной и проекционной систем дальномера).

Конструкции визуальных дальномеров разделяются на шесть групп.

1. Дальномеры с прямым и косвенным измерением параллактического угла (вершина угла в приборе, база на определяемой точке), с раздельным (теодолиты, укомплектованные дальномерным базисным жезлом) и совмещенным наведением (дальномеры двой-

ного изображения — ДНТ-2 ДН-08 (ГОСТ 22549—77), точный дальномер ОТД).

2. Дальномеры с косвенным измерением параллактического угла (вершина угла в точке визирования) и внутриинструментальной базой — дальномер тахеометра ТДС.

3. Дальномеры одинарного изображения с прямым измерением базы по рейке, установленной на определяемой точке, — нитяные дальномеры и дальномеры тахеометров-автоматов с номографическими кривыми.

4. Дальномеры двойного изображения типа насадок на зрительные трубы с прямым измерением базы по рейке, установленной на точке визирования, — дальномерные комплекты ДН-04, ДН-10, ДНР-06 (ГОСТ 22549—77), дальномер угломера-тахеометра УТГ.

5. Дальномеры двойного изображения с прямым измерением базы по шкале рейки, установленной на точке визирования, с одновременным редуцированием наклонных длин на горизонтальную плоскость — дальномеры тахеометров-полуавтоматов с оптико-механическими компенсаторами.

6. Безреечные дальномеры двойного изображения с прямым измерением базы, расположенной в приборе, — дальномеры ВРТ006, ТВ, угломеры-тахеометры Д1М и ГТР.

Из теодолитов с базисными жезлами применяются теодолиты Т2, TheoOIO и Те-В1. Базисные жезлы представляют собой металлические трубки, в которых натянута инварная проволока. С последней соединены две концевые марки. К трубке прикреплены оптический визир и вертикальная ось, вставляемая в стандартную подставку.

Теодолитом измеряют горизонтальный параллактический угол между направлениями на концевые марки жезла, устанавливаемого горизонтально на штативе, перпендикулярно визирной линии трубы теодолита.

Горизонтальное расстояние

$$d = i - B \text{ c i g ! } \sim i e . \quad (\text{Ш.14})$$

На подобном принципе измерения параллактических углов основано измерение расстояний дальномерами ДНТ-2 и ОТД.

Дальномерные насадки на теодолиты. В маркшейдерской практике находят применение дальномеры типа насадок с прямым измерением базы по рейке, устанавливаемой на точках визирования.

Д и ф ф е р е н ц и а л ь н ы й д а л ь н о м е р ДН-04 ГОСТ 22549—77— насадка на зрительную трубу теодолита с комплектом двух горизонтальных реек. В насадке (рис. 111.27, а) установлен клиновый компенсатор, создающий постоянный параллак-

тический угол. Компенсатор перекрывает половину светового отверстия объектива трубы и одновременно служит оптическим микрометром, устройство которого основано на разности увеличений изображений нониуса и основной шкалы дальномерной рейки.

А в т о р е д у к ц и о н н а я д а л ь н о - м е р н а я н а с а д к а ДНР-С6 ГОСТ 22549—77 (рис. П1.27, б) имеет клиновый редуцирующий компенсатор, перекрывающий одну половину светового отверстия и афокальную линзу телескопического микрометра с плоскопараллельной пластинкой, перекрывающей другую половину светового отверстия. Насадка автоматически редуцирует наклонные расстояния в горизонтальные, отсчитываемые непосредственно по вертикальной дальномерной рейке.

Д и ф ф е р е н ц и а л ь н ы й д а л ь - н о м е р ДН-10 — насадка на зрительную трубу малогабаритного теодолита с посадочным диаметром 38 мм. Дальномер снабжен вертикальной рейкой. В насадке (рис. П1.27, в) установлен линзовый компенсатор, образующий постоянный параллактический угол и одновременно являющийся оптическим микрометром, устройство которого основано на разности увеличения шкалы нониуса и основной шкалы дальномерной рейки.

Проверки и исследования дальномерного комплекта с целью определения коэффициента и постоянного слагаемого дальномера, соответствия длины шкалы микрометра или точности верньера делениям основной шкалы рейки, правильности установочных приспособлений, уровня и визира на рейке и т. д. производят по ГОСТ 22549—77, а также в соответствии с инструкциями по эксплуатации приборов.

Исследование рейки с делениями выполняют в лабораторных условиях компарированием с помощью контрольной метровой линейки.

Коэффициент k и постоянное слагаемое c нитяного дальномера определяют совместно в условиях работы с дальномером. На ровной поверхности в створе двух точек Л и Б на расстоянии 180—200 м между ними забивают через каждые 20—25 м колышки и компарированной лентой или проволокой измеряют расстояния dt от точки А до каждого колышка. Над точкой А устанавливают прибор с дальномером, а на колышках — последовательно рейку и многократно берут по ней отсчеты //.

Из ряда уравнений

$$di = k U + c \quad (III.15)$$

решают совместно первое и последнее уравнения и определяют коэффициент

$$k = \frac{f \cdot n}{Lm - l_1} \quad (III.16)$$

и слагаемое

$$c = d_1 - k l_1. \quad (III.17)$$

Подставляя значение c в остальные уравнения, находят значения

$$k = \frac{d_i - c}{U} \quad (III.18)$$

За окончательное значение принимают среднее арифметическое

$$\bar{k} = \frac{1}{n} (k_1 + k_2 + \dots + k_n). \quad (III.19)$$

где n — число уравнений.

Тахеометры и угломеры-тахеометры

Т а х е о м е т р — угломерный прибор с дальномерно-высотомерным приспособлением, предназначенный для одновременного производства плановой и высотной съемки местности полярным способом.

По расположению базы дальномерно-высотомерного приспособления тахеометры разделяются на тахеометры с рейкой, устанавливаемой на определяемых точках, и тахеометры с базой в самом приборе.

В первую группу приборов входят: круговые тахеометры с дальномерами одинарного изображения и вертикально устанавливаемой рейкой; круговые тахеометры с нитяными дальномерами и с тангенциальной шкалой на вертикальном круге; тахеометры с тангенциальными шкалами и редуцирующими дальномерными штрихами; тахеометры с номографическими кривыми горизонтальных проложений и превышений; тахеометры с дальномерами двойного изображения и горизонтально устанавливаемой рейкой. Последние разделяются на приборы с клиновым редуцирующим компенсатором и тангенциальной шкалой на вертикальном круге и приборы с механическим переключением дальномерного редуцирующего компенсатора.

Вторая группа тахеометров (с базой в самом приборе) разделяется на приборы монокулярные двойного изображения с изменяемой базой без редуцирующих и с редуцирующими устройствами и приборы бинокулярные со стереоскопическим дальномером.

Из первой группы широко применяются номограммные тахеометры с авторедукцион-

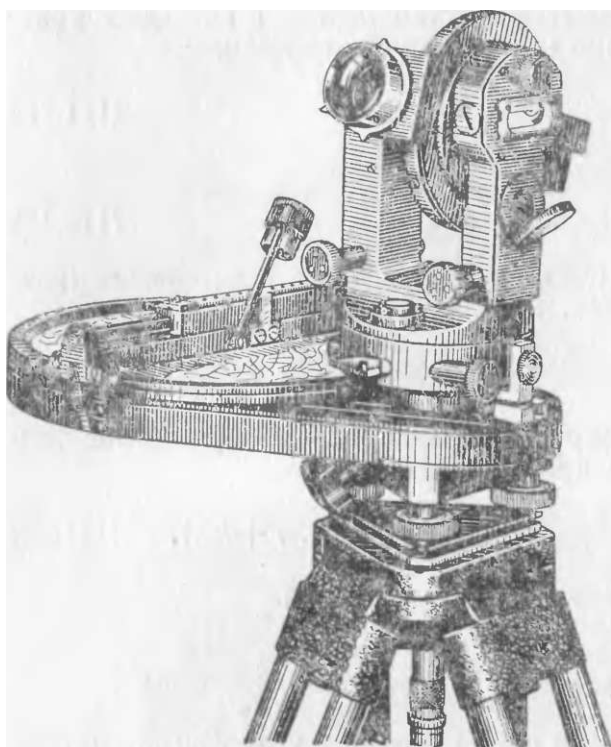


Рис. III.28. Номограммный тахеометр Aahlta020 с картировочным столиком Karti 250

ными дальномерами типа ТН ГОСТ 10812—74 и тахеометры типа ТД ГОСТ 10812—74; из второй группы — все перечисленные выше типы приборов.

Круговые тахеометры. К круговым тахеометрам относятся теодолиты главным образом повторительного типа с вертикальным кругом и нитяным дальномером — Т5, Т5К, 2Т5, Т15, ТЗОМ и т. д. Круговым тахеометром измеряют горизонтальные и вертикальные углы и наклонное расстояние до точки визирования по вертикально установленной на ней рейке. Горизонтальное расстояние и превышение вычисляют.

Номограммные тахеометры. Для тахеометрической съемки широко применяются тахеометры, в которых в поле зрения проектируются специально рассчитанные и нанесенные на вертикальном, неподвижно прикрепленном к корпусу стеклянном диске номографические кривые горизонтальных проложений и превышений.

Номограммный тахеометр Dählta020 (ГДР) имеет горизонтальный и вертикальный лимбы, отделяемую подставку, повторительную систему вертикальных осей с клеммой — переключателем лимба и общим для лимба и алидады наводящим приспособлением, односторонний шкаловый микроскоп, зрительную трубу прямого изображения и неподвижно прикрепленный к под-

ставке трубы стеклянный диск с нанесенными на нем основной кривой и номографическими кривыми горизонтальных проложений и превышений. Диск введен в оптическую схему зрительной трубы так, что изображение кривых получается в плоскости сетки нитей.

Кривая горизонтальных расстояний нанесена в интервале наклона зрительной трубы от -45° до $+45^\circ$. Кривые превышений нанесены попарно (для положительных и отрицательных углов) в интервалах от 0 до 9° , от 6 до 13° , от 13 до 32° и от 32 до 46° . Коэффициенты кривых превышений составляют 10, 20, 50 и 100. Постоянная слагаемая дальномера равна нулю.

Рейка к тахеометру изготовлена так, что нулевая отметка лежит на 1,4 м выше пятки рейки, а оцифровка со знаками (+) и (—) возрастает соответственно вверх и вниз от нулевого штриха.

Тахеометр приспособлен для работы с картировочным столиком Karti 250 (рис. 111.28).

Модель тахеометра Dählta010 сконструирована по типу Dählta 020 и имеет оптический центрир, встроенный в алидадную часть, а модель Dählta010A — компенсатор при вертикальном круге. Основные узлы и детали этого тахеометра унифицированы с теодолитом Theo020A.

В номограммном тахеометре Та-Д1 (ВНР), сконструированном на базе теодолита Те-Д1, стеклянный диск с номографическими кривыми горизонтальных проложений и превышений поворачивается при наклоне трубы с угловой скоростью, вдвое большей по сравнению со скоростью поворота трубы. Этот тахеометр в настоящее время выпускается с компенсатором при вертикальном круге под шифром Те-Д4.

Тахеометр ТД ГОСТ 10812—74 (рис. III.29)—угломерный прибор с авторедукционным дальномером двойного изображения, предназначенный для измерения углов, горизонтальных проложений и превышений в полигонометрических и теодолитных ходах.

Угломерная часть тахеометра аналогична по конструкции теодолитам Т5К и имеет поворотный лимб, шкаловый микроскоп и компенсатор при вертикальном круге. Наводящие и закрепительные винты соосны. Перед объективом зрительной трубы установлен оптический клиновый редукционный компенсатор, перекрывающий половину объектива с призменной системой, дающей прямое изображение наблюдаемого предмета. Вторую половину объектива перекрывает телескопическая полулинза, выполняющая роль оптического микрометра. Плоскость главного сечения компенсатора фиксируется в двух положениях: горизонтальном

(при измерении горизонтальных проложений) и вертикальном (при измерении превышений). Величина параллактического угла компенсатором изменяется автоматически при повороте зрительной трубы вокруг горизонтальной оси. В комплект тахеометра входят две дальномерные рейки со штативами и подставками.

К этому же типу относится редуционный тахеометр Redta002.

Технические характеристики тахеометров с рейками приведены в табл. П 1.8. Отсчетным устройством горизонтального круга у всех тахеометров служит шкаловый микроскоп.

Тахеометры с внутрибазными дальномерами. Для безреечной съемки застроенных территорий применяется базисный редуционный тахеометр BRT006 оптического типа с горизонтальным и вертикальным лимбами, односторонним шкаловым микроскопом и редуционным дальномером двойного изображения с переменной базой в приборе.

Тахеометр позволяет вести съемку недоступных точек, находящихся на расстоянии от 2 до 60 м. Для измерения расстояний до 180 м к тахеометру прилагается дополнительная базисная рейка с двумя парами марок. Расстояние между внутренними марками равно 300 мм, крайними — 600 мм. Измерение с вспомогательной рейкой представляет собой сочетание приборной и внеприборной баз. Наблюдения производятся со скрещенными линиями визирования.

Тахеометр ТВ ГОСТ 10812—74 (рис. П 1.30) — угломерный прибор с внутрибазным редуционным дальномером двойного изображения предназначен для измерения горизонтальных проложений от 2 до 180 м при углах наклона $\pm 45^\circ$. Расстояния до 60 м можно измерять, визируя на местные предметы, свыше 60 м — пользуясь прилагаемой в комплекте дальномерной рейкой длиной 60 см.

Угломерная часть тахеометра представляет собой оптический теодолит со шкаловым микроскопом для горизонтального лимба и оптическим центриром, встроенным в алидадную часть.

Дальномер устроен по принципу известного внутрибазного дальмера с подвижной пентапризмой типа «Телетоп». Редуцирующее устройство выполнено в виде пары неподвижных клиньев, установленных перед объективом в ходе лучей от подвижной пентапризмы. Один из клиньев одновременно является вертикальным лимбом, отсчеты по которому берутся в поле зрения окуляра трубы.

Тахеометр снабжен соосными наводящим и закрепительным винтами горизонтальной

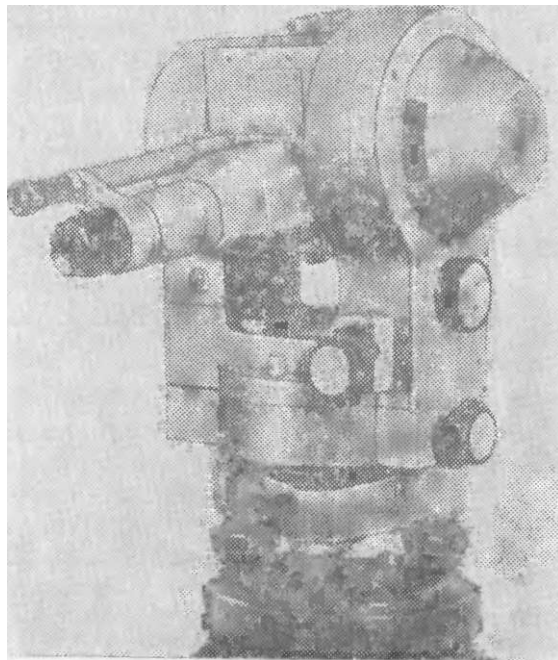


Рис. П 1.29. Тахеометр с авторедуционным дальномером ТД

наводки. Для наводки в вертикальной плоскости служит червячная пара. Подставка прибора стандартная типа П0-50 ГОСТ 16740—71. Штатив деревянный типа ШР-140 ГОСТ 11897—66.

Тахеометр ТДС (рис. П 1.31) предназначен для безреечной тахеометрической съемки открытых горных выработок и недоступных объектов на поверхности. Он имеет угломерную часть с неотделяемой подставкой и стереоскопический дальномер. Угломерная часть, выполненная по типу теодолитов с поворотным лимбом, состоит из горизонтального и вертикального стеклянных лимбов с системой подсветки дневным светом,

ТМ
Щ

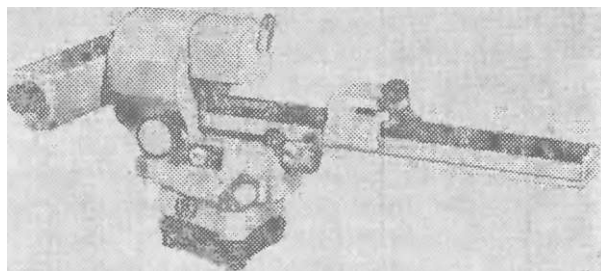


Рис. П 1.30. Тахеометр с внутрибазным редуционным дальномером ТВ

Таблица И 1.8

Техническая характеристика тахеометров с рейками

Параметры	Номограммные			Авторедукционные	
	ТН (СССР)	DahltaOlOA (ГДР)	Ta-DI (ВНР)	TD (СССР)	Redta002 (ГДР)
Увеличение, крат	25	25	24	27	25
Диаметр светового отверстия объектива, мм	35	40	40	38	42
Наименьшее расстояние визирования, м	3	3	2,5	2	2,5
Диаметр лимбов, мм:					
горизонтального	95	96	77	95	114
вертикального	70	74	68	70	74
Цена деления лимбов, горизонтального/вертикального	1°	1°/1«	171*	1°	17/0,001; 1/0,001
Цена деления шкалы микроскопа	1'	Г; 1 ^е	Г; 2 ^е	Г	Г; 1 ^е
Средняя квадратическая погрешность измерения угла	±(5—7)"	±(3—4)"	±5"	±(5—7)"	±5"
Длина дальномерных реек, м	4	4	2,7	2	2; 1,5; 0,7
Пределы измерения длин, м	5—350	3—350	3—250	20—180	2,5—172
Средняя квадратическая погрешность измерения на 100 м:					
горизонтальных проложений	1 : 500	До 1 : 1000	1 : 300—1 : 500	1 : 3000	1 : 3000—1 : 5000
превышений, см	±(5—15)	±(3—15)	±(5—20)	±(4-5)	±(5—10)
Цена деления уровней, секунды/2 мм:					
при алидаде горизонтального круга	30	30	30	30	30
при алидаде вертикального круга	Компенсатор		30	Компенсатор	
Масса прибора, кг	5	4,7	5,3	5,7	5,4

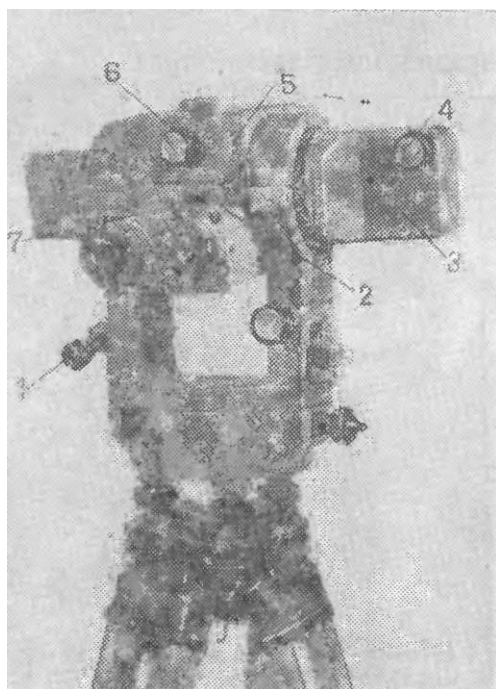


Рис. 111.31. Тахеометр со стереоскопическим дальномером ТДС;

1 — окуляр микроскопа; 2 — барабанчик включения линзы; 3 — окно дальномера; 4 — поворотный барабанчик; 5 — дальномерная шкала; 6 — фокусирующий барабан; 7 — рычаг

приспособления для поворота горизонтального лимба, наводящих устройств, установочных уровней и микроскопа с отсчетным индексом. Поворотный окуляр микроскопа расположен на колонке.

Стереоскопический дальномер выполнен в виде бинокулярной зрительной трубы, расположенной в подшипниковых кольцах колонки. В правом входном окне дальномера расположен линзовый компенсатор, а в фокальной плоскости объективов — круглые черные марки.

Перемещения подвижной линзы компенсатора передаются механизму фокусировки, что позволяет одновременно с приближением марки к предмету получать его резкое изображение. Фокусирующий барабанчик имеет дальномерную шкалу для расстояний от 4 до 12 м.

Технические характеристики внутрибазных тахеометров приведены в табл. II 1.9. При этом в качестве отсчетного устройства в этих приборах применен микроскоп-оценщик.

Угломеры-тахеометры предназначены для выполнения самых трудоемких задач — маркшейдерской съемки нарезных и очистных подземных выработок. В настоящее время

применяются: угломеры-тахеометры с визуальными дальномерами УТГ и УТБ-3 и угломеры-тахеометры с проекционно-визуальными дальномерами УДС, ТТ4, ТТ7.

Угломер - тахеометр горный УТГ — малогабаритный прибор, приспособленный для полигональной съемки лав способом фиксированного направления двумя исполнителями. В комплект УТГ (рис. 111.32) входят угломер и дальномерная рейка с насадками-фиксаторами, распорные колонки и консоли.

Угломер имеет открытые металлические лимбы, эксцентрично расположенную относительно горизонтальной оси вращения зрительную трубу с дальномером двойного изображения, круглый установочный уровень, микрометрично-зажимное приспособление для горизонтальной наводки трубы.

Насадка-фиксатор состоит из металлической прямоугольной призмы с фиксирующим ребром и втулкой, насаженной на ось шарового шарнира. Втулка фиксатора снабжена наводящим и закрепительным винтами. При съемке установка насадки и ее фиксация производятся впереди идущим по ходу речником. Задний съемщик, идущий с угломером, устанавливает его на фиксированную насадку, а освободившуюся передает речнику для установки на следующей точке.

Угломер - тахеометр УТБ-3 предназначен для съемки и ориентировки оптическим способом подэтажных выработок любого наклона. Горизонтальный круг и вертикальный полукруг в этом угломере расположены так же, как и в УТГ, однако для достижения большей точности измерения углов конструкция вертикальной и горизонтальной осей изменена. Угломер устанавливается в рабочее положение на обычном штативе и на распорной колонке типа КР1. В комплект оборудования для съемки и ориентировки крутонаклонных выработок входят два угломера УТБ-3 с принадлежностями, в том числе обязательно с ориентирно-дальномерными рейками.

Угломер - тахеометр ТТ7 типа УТС-10 ГОСТ 11898—66 (рис. III.33) предназначен для тахеометрической съемки подземных очистных выработок камерного типа. В угломере имеются горизонтальный и вертикальный закрытые металлические лимбы, алидадная часть с отсчетными индексами, повторительная система вертикальных осей, стандартная подставка типа ПО-40, круглый уровень, внутрибазный проекционно-визуальный дальномер с малогабаритной электролампой повышенной яркости (тип ОП 2,4—1,1) и автономное электропитание во взрывобезопасном исполнении. Даль-

Таблица 111.9

Техническая характеристика внутрибазных тахеометров

Параметр	ТВ (СССР)	BRT006 (ГДР)	ТДС (СССР)
Увеличение зрительной трубы, крат	15,7	15	15
Диаметр светового отверстия объектива, мм	24	25	32
Наименьшее расстояние визирования, м	2	1,5	4
Длина базы наибольшая, мм (в приборе + вне прибора)	300 + 600	300 + 600	250
Пределы измерения расстояний, м	2—180	2—60; 2—180	4—12; 11—300
Коэффициент дальномера	200	200	—
Диапазон работы по углу наклона	$\pm 40^\circ$	$\pm 45^\circ$	$+30—90^\circ$
Объект наведения	Вешка с рейкой, местные предметы	Вешка с рейкой, местные предметы	Местные предметы
Средняя относительная погрешность измерения:			
наклонных расстояний	—	—	1 : 250—1 : 100
горизонтальных проложений	1 : 600	1 : 600—1 : 300	—
Диаметр лимбов (горизонтального/вертикального), мм	95/85	90/90	90/90
Цена деления	10'	1g; 1°	10'
Цена деления или точность отсчета по горизонтальному/вертикальному лимбу	Г/Г	5°; 575°; 5'	171'
Цена деления уровня на алидаде, секунды/2 мм	30	60	60
Средняя квадратическая погрешность измерения углов	± 45	$\pm 40^c$; $\pm 16''$	$\pm 3'$
Высота прибора, см	—	25	39
Длина прибора, см	—	60	34
Масса прибора, кг	7,5	7,0	7,3

номер состоит из трех основных узлов: трубчатого корпуса, окулярной коробки и проектора. В корпусе установлены в оправах два концевых отражателя в виде плоских зеркал, два одинаковых объектива и центральное плоское параллельное двустороннее зеркало. Корпус имеет два входных окна, расположенных напротив концевых отражателей и закрытых плоскими параллельными пластинками, и два одинаковых патрубков, в одном из которых помещен окуляр, а во втором — тубус осветителя с электролампой. Тубус осветителя может перемещаться в продольном и поперечном направлениях с целью юстировки положения нити накала лампочки.

В окулярной коробке установлена плоская параллельная пластинка со спиральной дальномерной шкалой. Отсчеты расстояний берут по шкале непосредственно в метрах и дециметрах, а на близких расстояниях и в сантиметрах.

Свет от электролампы, пройдя сквозь оптическую систему проекционной части трубы, образует на стенке выработки световую марку. Фокусировку изображения световой марки на стенке выработки и в плоскости дальномерной шкалы визуальной части дальномера производят одновременно перемещением объективов с помощью барабанчика. Электропитание осветителя осуществляется от аккумуляторной батареи, соединенной

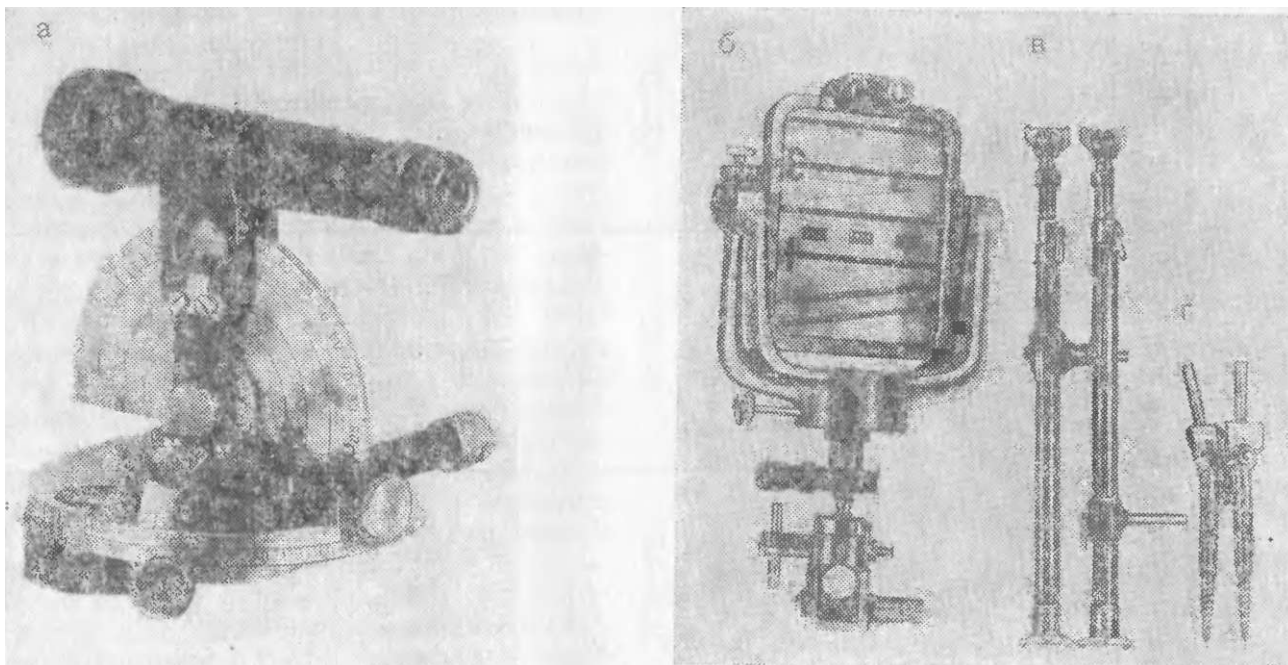


Рис. 11.32. Угломер-тахеометр УТГ:

1 — угломер; б — дальномерная рейка; в — распорные колонки; г — консоли

с прибором посредством кабеля со штепсельным разъемом.

Горизонтальные и вертикальные углы с помощью ТТ7 измеряют так же, как и обычным угломерным прибором с эксцентричной трубой.

При измерении расстояний вращают дальномерную сетку рукой, замечают точку на кривой, описывающую окружность, касательную к оси симметрии световой марки, и берут отсчет по дальномерной шкале против замеченной точки. Техническая характеристика угломеров-тахеометров приведена в табл. III.10.

Проверки и исследования тахеометров состоят из проверок и исследований угломерной части, исследований дальномерных реек и проверок дальномерно-высотомерных устройств.

Проверка нитяных дальномеров в круговых и номограммных тахеометрах заключается в периодическом определении параметров k и c , особенно при замене дальномерных реек, входящих в комплект прибора. Если величина k окажется при этом больше допуска, установленного для данного типа прибора стандартом, и причиной этого будет не рейка, а прибор, то его следует вернуть заводу-изготовителю для замены окулярной сетки нитей или юстировки оптической системы.

Проверка редуцированного дальномера в тахеометрах типа ТД производится многократным измерением одной и той же линии, по возможности имеющей значительный наклон к горизонту, в прямом и обратном направлениях. Среднее прямое и обратное значения расстояния не должны различаться между собой более чем на $1 : 5000$ длины линии. Исправление возможно только в оптико-механической мастерской. Можно работать и не исправляя этой ошибки, но с обязательным измерением каждой линии в прямом и обратном направле-

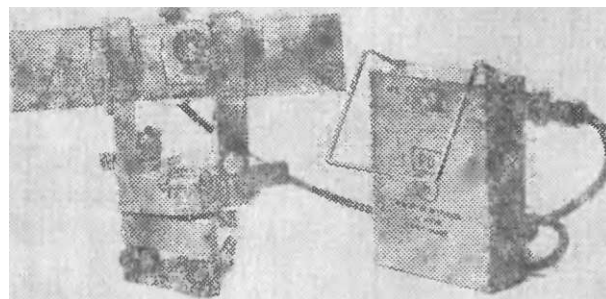


Рис. III.33. Угломер-тахеометр ТТ7

Таблица ШЛО

Техническая характеристика угломеров-тахеометров

Параметр	С визуальными дальномерами			С проекционно-визуальными дальномерами	
	УТБЗ	УТЗ	УТГ	ТПБ (ТТ4)	ТТ7
Увеличение, крат	20	20	21	8	10
Диаметр светового отверстия объектива, мм	22	22	20	40	45
Наименьшее расстояние визирования, м	1,0	1,0	2,0	3,0	2,5
Длина базы, мм	0—340	0—340	0—100	0—400	200
Коэффициент дальномера	125; 62,5; 100	125; 62,5; 100	500	400—500	
Пределы измерения расстояний, м	2—40	2—40	2,5—45	3—80	3,3—40
Средняя относительная погрешность одного измерения	1 : 300—1 : 200	1 : 300—1 : 200	1 : 200—1 : 100	1 : 200—1 : 100	1 : 100—1 : 50
Диаметр лимбов (горизонтального/вертикального), мм	92/84	52/52	100/90	120/100	80/78
Цена деления лимбов	Г	10°	1°	1°	1°
Пределы измерения вертикальных углов	±90	±90	±70	±60	±80
Цена деления установочного уровня, минуты/2 мм	1	35	10	10	10
Средняя квадратическая погрешность измерения угла полуприемом	±6'	±3'	±10'	±10'	±6'
Масса прибора, кг	1,9	2,0	2,3	9,2	4,5

ниях, принимая за окончательный результат среднее из этих измерений.

Коэффициент дальномера двойного изображения k определяют так же, как и нитяных дальномеров. Если k не равен 100, то делают исправление поворотом юстировочного клина дальномера.

Проверка внутрибазных монокулярных дальномеров двойного изображения (ТВ и BRT006) заключается в определении параметров k и c (аналогично нитяным) и в устранении зазора между полуизображениями, или наложения полуизображений по высоте. Рассогласованность по высоте изображений в ТВ устраняется вращением юстировочного барабаника в соответствующую сторону, а в BRT006 — специальным котиловочным винтом.

Проверки угломера-тахеометра УТГ включают проверки круглых уровней угломера и рейки, проверку коэффициента дальномера, места нуля вертикального лимба, совпадение нуля горизонтального лимба с направлением ребра фиксатора и надежность фиксации. Первая проверка выполняется так же, как и в теодолитах. Коэффициент дальномера определяют на компараторе длиной 50 м, разбитом на интервалы 3—5 м, аналогично проверке дальномерного комплекта, проверив предварительно перпендикулярность главных сечений оптических клиньев дальномера штрихам рейки, установленной в точке визирования по круглому уровню. Для проверки места нуля вертикального круга угломер устанавливают рядом с нивелиром на одной высоте, а в 30—40 м от них — нивелирную рейку. Пользуясь нивелиром, берут отсчет по рейке, затем на этот отсчет наводят трубу угломера. Условие выполнено, если отсчет по вертикальному кругу при этом равен нулю. В противном случае перемещают отсчетный индекс.

Проверки угломера-тахеометра ТТ7 включают проверки угломерной, визуальной и светопроекционной систем. Проверки угломерной и визуальной систем (проверка установочного уровня, наличия коллимационной погрешности, места нуля, наклона горизонтальной оси и др.) выполняют аналогично таким же проверкам других угломерных приборов.

Углоначертательные приборы

Углоначертательным прибором пользуются обычно для составления топографического плана непосредственно в полевых условиях при мензульной съемке. Оборудование для

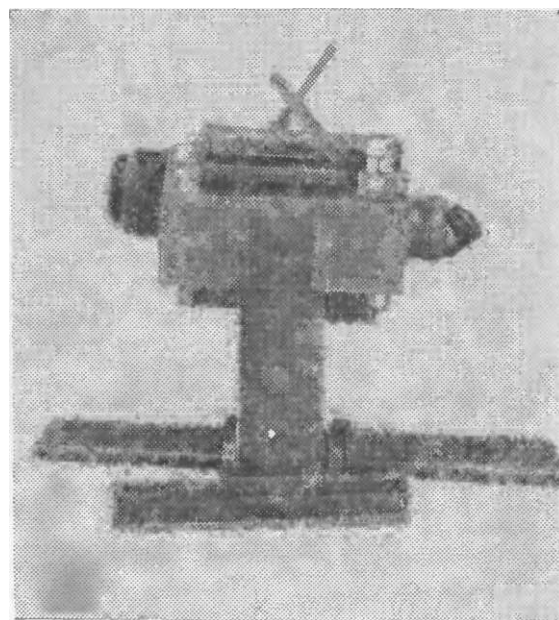


Рис. III.34. Кипрегель КН

мензульной съемки состоит из мензулы, штатива, кипрегеля и одной-двух топографических реек. Мензула состоит из планшета, подставки и трегера. Основное различие мензульных комплектов заключается в разном устройстве кипрегелей — приборов, предназначенных для построения на планшете углов и направлений, определения расстояний и превышений.

На практике применяются кипрегели КА-2, в котором кривые диаграммы ограничены в поле зрения трубы Г-образной диафрагмой, и кипрегель типа КН (рис. III.34), в котором кривые диаграммы распространены на все поле зрения трубы.

Помимо мензульных комплектов для составления топографических планов непосредственно в полевых условиях к геодезическим приборам изготовляют дополнительные приспособления в виде столиков. Широко применяется картографический столик Karti250 предприятия «Karl Zeiss», предназначенный для крупномасштабной съемки в комплекте с тахеометрами Dahlta020A, Dahlta010A или теодолитом Theo020A.

Указатели направлений, оптические центриры и проектиры

Указатели направлений, предназначенные для задания или контроля направления проведения горных выработок, подразделяются на две группы: применяемые в подземных горизонтальных и наклонных выработках и применяемые в вертикальных

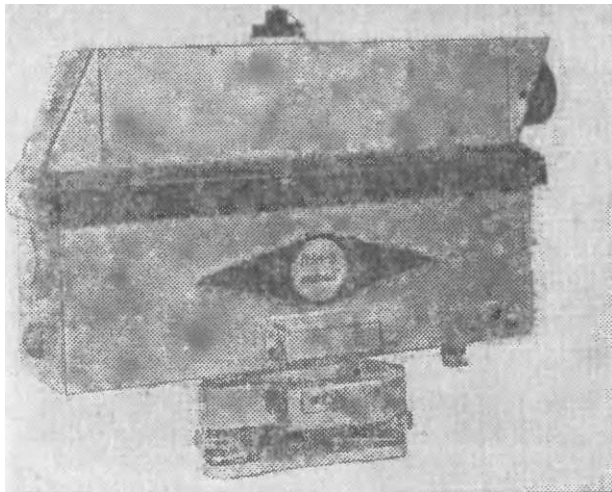


Рис. 111.35. Лазерный указатель направления ЛУИ-3

стволах шахт или на строительстве высотных сооружений. В подземных выработках применяются электрифицированные проходческие отвесы ОС-1 и светопроекционные указатели направлений УНС-2, ЛУНЗ, ЛУН7. Для вертикального проектирования вниз (в надир), кроме оптических центриров, встроенных в угломерные приборы, призмённых насадок на зрительные трубы теодолитов и нивелиров и некоторых моделей теодолитов с полкой вертикальной осью, позволяющей визировать вертикально вниз непосредственно зрительной трубой, изготавливаются специальные приборы, в которых зрительная труба установлена вертикально. Для визирования вверх используются угломерные приборы, зрительные трубы которых снабжены коленчатыми окулярами и могут быть

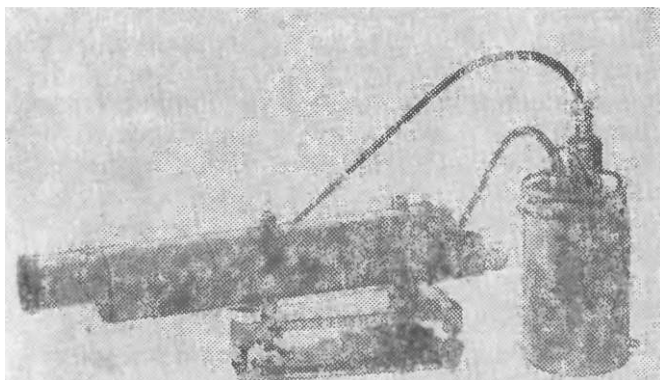


Рис. 111.36. Лазерный указатель направления ЛУН-7

установлены вертикально, оптические центры и проектиры.

Световые указатели направлений. Отвес светящийся проходческий ОС-1 представляет собой электрифицированный отвес в виде фонарика, в цилиндрическом корпусе которого помещен сухой элемент, с нижней стороны корпуса — электролампочка, закрытая прозрачным колпачком, а сверху — хвостовик с выключателем и подвесным устройством для подвески на шнуре. В комплект входят два отвеса — с красным и зеленым колпачками.

При задании направления отвесы вывешивают в створе заданной линии и регулируют высоту их подвески так, чтобы линия электролампочек располагалась под заданным уклоном. Таким образом, двумя отвесами можно задавать направления в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Дальность наблюдения отвеса невооруженным глазом в горной выработке составляет в среднем 60 м.

Световой указатель направления УНС-2 представляет собой светопроекционную трубу, заключенную во взрывобезопасную арматуру. Труба снабжена установочным устройством и понижающим трансформатором.

В лазерном указателе направления ЛУН-3 (рис. 111.35) вместо лампы установлен газовый лазер ЛГ-56 с питанием от сети напряжением 127 В. Прибор состоит из светопроектора с подставкой, стабилизатора напряжения, кронштейна и кожуха. Светопроектор, в свою очередь, состоит из заключенного во взрывобезопасную оболочку излучателя, оптической коллимирующей системы, уменьшающей угол расхождения светового пучка, и двух пар оптических клиньев, посредством которых производят юстировку светового пучка в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

С целью уменьшения габаритов прибора коллимирующая система развернута относительно излучателя на 180° . Пучок излучения направляется в нее посредством оптической системы, состоящей из пентапризмы и зеркала. В приборе предусмотрен автоматический поджиг излучателя при непрерывном режиме работы, а также включение и выключение по заданной программе.

Лазерный указатель направления ЛУН-7 (рис. 111.36) отличается от ЛУН-3 тем, что наряду с питанием от сети имеет блок автономного питания, коллимирующая система его значительно упрощена и установлена на продолжении оси излучателя. Вход светового пучка в систему регулируется юстировочными оптическими клиньями. Основные технические характери-

Таблица III. 11

Техническая характеристика лазерных указателей направления

Параметры	ЛУН-3	ЛУН-7
Мощность излучения, мВт	0,6	0,6
Угловая расходимость светового пучка	20"	20"
Долговечность активного вещества излучателя,	500	1000
Диаметр зрачка выхода коллимирующей системы, мм	42	40
Угол отклонения луча котировочными клиньями	$\pm 30'$	$\pm 36'$
Цена деления уровня, секунды/2 мм	20	20
Потребляемая мощность, Вт:		
со стабилизатором напряжения	260	150
без стабилизатора напряжения	100	35
Габариты, см:		
светопроектора	50X 25X 44	78X18X14
стабилизатора напряжения	25X20X 32	31X 18X22
автономного блока питания	—	29X 20X 24
Масса, кг:		
светопроектора	45	15
стабилизатора напряжения	15	13
блока питания	—	14

стики взрывобезопасных лазерных указателей направления приведены в табл. III.11.

Проверка лазерного указателя направлений включает:

проверку цилиндрического уровня;
проверку совпадения керна на корпусе с осью вращения прибора;
центрировку оси светового пучка относительно центра выходного отверстия;
проверку пересечения оси светового пучка с вертикальной осью вращения прибора;
проверку параллельности оси светового пучка и оси цилиндрического уровня. Параллельность светового пучка оси уровня проверяют так же, как в нивелирах параллельность визирной линии и оси уровня.

Оптические центриры предназначены для центрирования угломерных приборов при трехштативном способе измерений, **оптические проектиры** — для выноса точек по вертикали на значительную высоту или глубину. Оптические центриры подразделяются на односторонние и двусторонние. Первыми можно визировать только в одном направлении (обычно вниз), вторыми — в двух (вниз и вверх).

Односторонний центрир представляет собой зрительную трубку с увеличением 2—3^x, вставленную вертикально во втулку подставки, в которой она может быть повернута на 360°. Посредством подъемного

аппарата подставки визирная линия ее может быть приведена в строго вертикальное положение. Правильность установки контролируют по двум цилиндрическим, крестообразно расположенным уровням.

Двусторонний центрир представляет собой горизонтально расположенную зрительную трубку, перед объективом которой установлена пентапризма. Последнюю с помощью барабанчика можно поворачивать на 90°, изменяя направление луча визирования на 180°. В некоторых конструкциях установлены две зрительные трубки с пентапризмами перед объективами, развернутыми в разные стороны.

Односторонние и двусторонние центриры применяются как дополнительные приспособления к соответствующим угломерным приборам.

Оптические проектиры соответственно своему назначению имеют более мощные зрительные трубы. Для визирования вниз в СССР применяется проектир направленный ПН-1м. Для визирования в зенит в ГДР изготавливается прецизионный зенитный лот PZL, представляющий собой нивелир Ni007, у которого отсутствует верхняя часть корпуса с установленной в ней пентапризмой. Грубая установка этого проектора производится по круглому уровню, точная — работой оптико-механического компенсатора.

В лазерных проектирах вместо визуального наблюдения используется световой пучок лазерного излучения. В зависимости от применяемых устройств для приведения светового пучка в вертикальное положение эти приборы разделяют на проектиры с уровнями [ЛЗЦ (СССР), LL-132 (ФРГ)], с компенсаторами [APLO-KP3 (ПНР)] и с маятниковым подвесом. В каждой из перечисленных групп могут быть приборы одностороннего (в надир или в зенит) и двустороннего (надир-зенит) действия с дополнительным отражателем или без него.

Проверки центриров и проектиров. Оптические визуальные и светопроекционные центриры и проектиры, устанавливаемые по уровню, должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Ось установочного (цилиндрического) уровня должна быть перпендикулярна оси вращения подвижной части центрира или проектира.

2. Визирная линия трубы (ось светового пучка) должна совпадать с осью вращения подвижной части центрира (проектира).

Первое условие проверяют аналогично проверке уровня в угломерных приборах и нивелирах, второе — проектированием перекрестия сетки центрира на экран при двух положениях трубы. Для этого под центриром или над проектиром, установленными в рабочее положение на штативе, помещают горизонтальный экран и отмечают на нем след пересечения визирной линии трубы. Трубу вращают вокруг вертикальной оси на 180° и на экране отмечают второй след визирной линии. Если вторая точка не совпадает с первой, то отмечают на середине между ними третью и исправительными винтами при сетке совмещают ее с изображением третьей точки.

В проектирах с компенсаторами кроме проверки, рассмотренной выше, исследуют компенсатор на правильность автоматической стабилизации визирной линии. Для этого проектир, установленный в рабочее положение, наклоняют подъемными винтами в пределах углов стабилизации и наблюдают смещение изображения точки с перекрестия сетки. Смещение изображения точки указывает на неисправность компенсатора. Исправление производят в оптико-механической мастерской.

Лкхакические приборы
для линейных измерений

Рулетки, применяемые для маркшейдерских измерений в шахте, изготавливаются в соответствии с ГОСТ 7502—69. К ним отно-

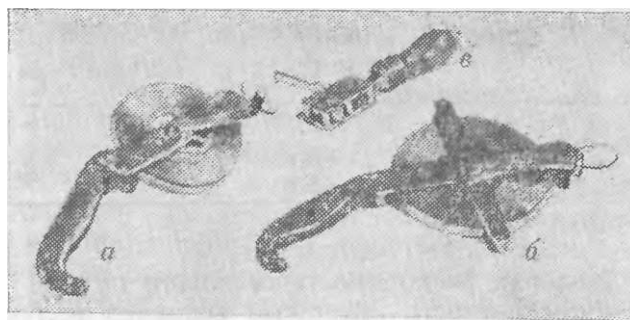


Рис. III.37. Рулетки с измерительными лентами из нержавеющей стали:

а — РВ-30; б — РК-50; в — динамометр

сятся рулетки на вилке РВ-20 и РВ-30, рулетки на крестовине РК-50 (рис. III.37). Они имеют измерительные ленты из углеродистой или нержавеющей стали длиной соответственно 20, 30 и 50 м, наматываемые на открытый корпус в виде вилки или крестовины с прямой или расположенной под углом к оси корпуса рукояткой.

Для измерений пониженной точности в шахте используют тесьмяные рулетки РТ-10, имеющие измерительную ленту из пропитанной ткани с вплетенными металлическими нитями. Лента наматывается на ось, находящуюся в закрытом корпусе из пластмассы.

Металлические измерительные рулетки, согласно действующим положениям о поверках мер и измерительных приборов, должны проходить ежегодно государственную поверку (компарирование). В результате компарирования, т. е. сопоставления рабочих рулеток с эталонными мерами длины, на каждую рулетку должен быть составлен паспорт с указанием истинных длин метровых интервалов, всей длины рулетки и значения поправок, подлежащих введению в результаты измерений.

Автоматические проволоочные длиномеры — приборы со счетчиками длины проволоки, протянутой по ободу специального мерного диска, широко применяются в маркшейдерской практике. Длинномер ДА2 предназначен в основном для измерения глубины вертикальных шахтных стволов. В корпусе прибора (рис. II.1.38) помещены ручная лебедка с храповым устройством и барабаном, на который намотана стальная проволока, мерный диск с круговой линейной шкалой на реборде, свободно насаженный на ось барабана, счетчик оборотов мерного диска и устройство для укладки проволоки при навивке на барабан.



Рис. II 1.38. Длинномер ДА2

Для измерения длин линий в полигонометрических ходах на поверхности опытно-экспериментальным заводом ВНИМИ изготовлялся длинномер АД-1м, основными элементами которого являются: стальная проволока, натягиваемая между фиксированными точками, и прокатываемый по этой

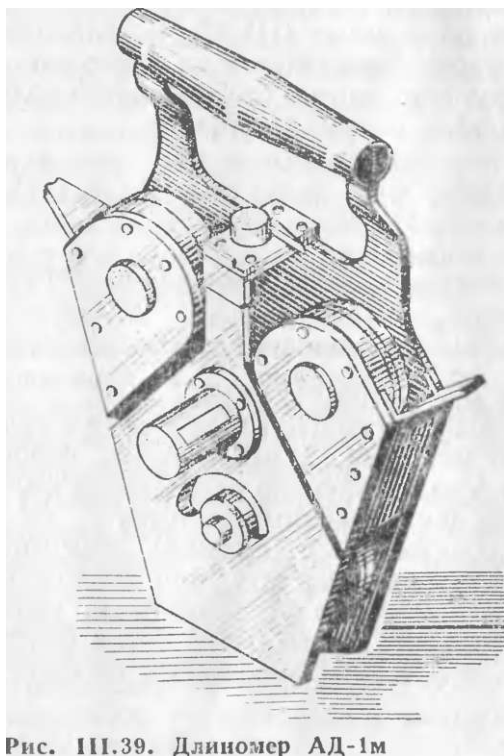


Рис. III.39. Длинномер АД-1м

проволоке собственно длинномер (рис. II 1.39), в корпусе которого размещены мерный диск, счетный механизм, направляющие ролики и тормозное устройство.

Хранение, эксплуатация,
мелкий профилактический ремонт
оптико-механических приборов
и уход за ними

Хранение, эксплуатация маркшейдерских измерительных оптико-механических приборов и уход за ними должны производиться с соблюдением определенных правил. Приборы могут храниться на специальных стеллажах, полках, в шкафах и т. п., но обязательно в своих (закрытых) футлярах. Штативы, вешки, рейки и другое вспомогательное оборудование допускается хранить как в вертикальном, так и в горизонтальном положениях в специальных стойках, исключающих повреждение поверхности этих устройств и соприкосновение их друг с другом, особенно касание деревянных частей металлическими острями.

При выдаче приборов исполнителям работ не должно быть обезлички. Прибор следует выдавать только определенному лицу, несущему в период эксплуатации ответственность за его целостность и сохранность. Прибор при этом должен быть полностью укомплектован или должны быть отмечены недостающие принадлежности.

Получатель должен тщательно осмотреть прибор и выявить все имеющиеся в нем неисправности.

При получении прибора, с устройством которого исполнитель мало знаком, последний должен тщательно изучить описание, инструкцию к пользованию и потренироваться в его применении.

Доставлять прибор к месту работ следует только в футляре. При этом штативы и рейки должны быть в сложенном состоянии. Особенно осторожно следует обращаться с приборами при спуске в шахту. Приборы и их принадлежности в это время следует держать в руках, а не на заплочных ремнях, все длинные предметы должны находиться в габаритах подъемного сосуда.

В подземных выработках высотой более 2 м в свету и при отсутствии троллейного провода допускается переносить прибор, не снимая со штатива. (Необходимо предварительно убедиться в прочном его закреплении и надеть на него защитный чехол.) Во всех остальных случаях прибор переносят, снимая со штатива, закрывая чехлом или укладывая в футляр.

Извлечение прибора из футляра, установка в рабочее положение, процесс измерения и укладка в футляр должны выполняться в строгом соответствии с инструкцией по эксплуатации.

По окончании работ и при доставке прибора в помещение в холодное время года в течение часа не следует открывать футляр, чтобы не дать возможность влаге, находящейся в воздухе, конденсироваться на холодном приборе и проникать внутрь его.

Прибор, находящийся в работе, требует повседневного осмотра и ухода. Уход заключается главным образом в наружной очистке от пыли, просушке и протирке мягкой стиральной фланелевой салфеткой.

Чистить наружные поверхности оптических деталей оптико-механических приборов допускается только воздухом из резиновой груши, мягкой (барсучьей, хорьковой или беличьей) кисточкой и специально изготовляемой для оптико-механической промышленности обезжиренной хлопчатобумажной ватой, намотанной на деревянную палочку (спичку), без прикосновения пальцев к вате и с однократным ее использованием.

Жирные пятна от рук на оптических деталях следует удалять ваткой, слегка смоченной спиртом-ректификатом или серным наркотным эфиром, но так, чтобы не прикасаться к оправе и не заливать спирт внутрь оптики. Срок службы оптико-механического прибора во многом будет зависеть от ухода за его оптическими деталями. Смазку трущихся деталей следует производить только теми смазочными материалами и в таких количествах, которые рекомендованы в инструкции, прилагаемой к прибору, так как применение другой смазки часто с неизвестными свойствами может только ухудшить работу прибора или вывести его из строя.

При отсутствии указаний на смазочные материалы для геодезических и маркшейдерских приборов можно применять только нейтральные масла, допускаемые для смазки высокоточных приборов и в данных конкретных условиях эксплуатации.

В качестве смазочных масел для оптико-механических приборов могут быть рекомендованы: для осевых систем — ОКБ 122-16, ОКБ 122-5, ЛК20, ЛК2; для резьбовых соединений (наводящих и подъемных винтов, колец кремальеры и диоптрийного окуляра) — густые консистентные смазки № 54, ЦИАТИМ-221, ОКБ 122-12: ОКБ 122-7 или ОКБ 122-7-5. Эти масла и смазки годны для работы прибора при температуре воздуха от —40 до +50°.

2. Приборы для измерения расстояний электромагнитным методом

Измерение расстояний с помощью электромагнитных волн основано на сравнительно высокой степени постоянства скорости их распространения в атмосфере. Пройденный путь S определяют как произведение скорости распространения c и времени t .

При измерении расстояний электромагнитная волна, как правило, проходит измеряемое расстояние D дважды: от передатчика до отражателя и от отражателя до приемника, который конструктивно объединяют с передатчиком. Расстояние

(II 1.20)

Непосредственное измерение времени в импульсных дальномерах недостаточно точно для определения расстояний в геодезии и маркшейдерском деле. В фазовых дальномерах время определяют косвенным методом через частоту f и фазу ϕ колебаний по известной из теории колебаний зависимости

$$D = \frac{c}{2f} \cdot \Delta\phi \quad (II 1.21)$$

На основании этих выражений расстояние

$$D = \frac{c}{2f} \cdot \Delta\phi \quad (III.22)$$

Известны два подхода к определению расстояний по формуле (II 1.22). В дальномерах с фиксированными частотами измеряют разность фаз принятого и отправленного колебаний. В этом случае расстояние

(II 1.23)

где λ — длина волны при частоте f ;
 $\Delta\phi$ — разность фаз в целых фазовых циклах N и долях цикла α).

Величину измеряют известными в радиотехнике методами, а число целых фазовых циклов N вычисляют по результатам измерения $\Delta\phi$ на двух известных частотах.

В дальномерах с плавным изменением частоты измеряют частоту, при которой разность фаз принятого и отправленного колебаний составляет строго целое число фазовых циклов. Расстояние определяют по формуле

(III.24)

Значение N определяют из измерений на двух или нескольких частотах, при которых $\phi = 2\pi N$.

Измерения фазы и частоты в настоящее время хорошо освоены на частотах, не превышающих сотни мегагерц, т. е. в диапазоне коротких и метровых волн, однако эти волны имеют плохую направленность (направить их в виде узкого пучка невозможно). Поэтому в светодальномерах в качестве несущих волн используют волны оптического диапазона, отличающиеся очень высокой направленностью, и в радиодальномерах — ультракороткие сантиметровые волны, отличающиеся сравнительно хорошей направленностью. Измерения частоты и фазы производят на частоте модуляции, т. е. на частоте периодического изменения каких-либо параметров несущего излучения.

Общими для всех конструкций светодальномеров являются следующие узлы: источник света, генератор модулирующего напряжения, модулятор света, передающая оптика, отражатель, приемная оптика, светочувствительный элемент и фазовый детектор, устройство для измерения частоты или разности фаз. В качестве источника света применяют лампы накаливания, газоразрядные лампы, газовые лазеры и полупроводниковые светодиоды.

Наиболее распространенные модуляторы света — ячейки Керра, кристаллические модуляторы (кристаллы АДР, КДР, кварца), ультразвуковые дифракционные модуляторы. Полупроводниковые светодиоды являются одновременно излучателями и модуляторами. Передающая и приемная оптика применяется линзовая и зеркальная с параллельными или с совмещенными осями. Отражатели бывают призмными и зеркально-линзовыми. Прием света и фазовое детектирование осуществляют фотоэлектронные умножители, фотодиоды или демодуляторы с визуальной индикацией. Измерение разности фаз производят с помощью калиброванных фазовращателей, электрических и оптических измерительных линий задержки, счетчиков непосредственно на частоте модуляции и с преобразованием частоты. Частоту модуляции измеряют гетеродинным волномером или с применением импульсно-фазового детектирования.

Преимущества светодальномеров — очень высокая точность измерения расстояний, ограничиваемая в некоторых приборах точностью определения метеорологических данных, необходимых для учета изменения скорости света, а также наличие пассивного отражателя, не требующего обслуживания. Недостаток — зависимость дальности действия от видимости.

Радииодальномеры, применяемые в геодезии, отличаются в основном конструктивным исполнением, имея одну и ту же принципиальную схему. Ультракороткие волны возбуждаются в генераторе клистронного типа, модулируются по частоте, измерительной частотой и параболической антенной направляются вдоль измеряемой линии. Приемопередатчик, установленный на втором конце измеряемой линии, преобразует измерительную частоту и на новой несущей частоте передает ее обратно к первому приемопередатчику. В первом приемопередатчике фаза принимаемых модуляционных колебаний сравнивается с фазой передаваемых колебаний. По разностям фаз, измеренных на нескольких фиксированных частотах модуляции, определяется расстояние.

Преимущество радиодальномеров — большая дальность действия и возможность работы при любой погоде независимо от видимости. Недостатки — участие в работе одновременно двух станций и связанное с этим увеличение массы комплекта и обслуживающего персонала, возможные ошибки за счет отраженных волн от поверхности земли или от сооружений, расположенных вблизи линии, сравнительно большая постоянная часть погрешности измерения (2—3 см).

Светодальномеры

Технические характеристики некоторых светодальномеров приведены в табл. III.12.

Светодальномер МСД-1М предназначен для измерения расстояний при подземных маркшейдерских работах. Благодаря взрывозащищенному исполнению он может применяться на всех шахтах, в том числе и на шахтах, опасных по газу или пыли.

Принцип действия светодальномера поясняется функциональной схемой (рис. 111.40). Напряжение измерительных частот ($f_1 = 150,1549$ МГц, $f_2 = 142,3624$ МГц,

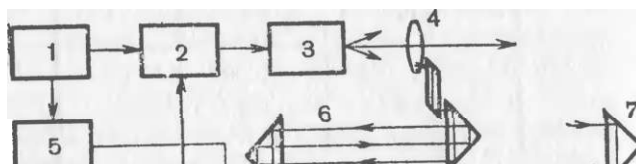


Рис. 111.40. Функциональная схема светодальномера МСД-1М

Технические данные современных светодальномеров

Тип светодальномера (страна)	Пределы измеряемых расстояний, м	Погрешность измерения, мм	Продолжи- тельность измерения, мин	Потребляе- мая мощ- ность, Вт	Масса свето- дально- мера, кг	Характер показаний прибора. Примечания
«Кварц» (СССР)	1—50 000	$10 + \frac{2}{X} \times 10^{-6} D$	30—40	140	25	Отсчеты по шкале фазовращателя
2СМ2 (СССР)	2—2000	20	2	25	12,5	Цифровой отсчет расстояния
МСД1М (СССР)	1—500	$2 + \frac{5}{X} \times 10^{-6} D$	5	3	10	Отсчет разности фаз в линейной мере со шкалы
ЕОК2000 (ГДР)	1—2000	10	1—2	8	12	Промежуточный отсчет расстояний по шкале фазовращателя
ЕльдиЗ (ФРГ)	0—1500	$10 + \frac{2}{X} \times 10^{-6} D$	0,1	5	3,8	Цифровой отсчет расстояния. Отдельный прибор или в виде насадки на теодолит
ДиЗ (Швейцария)	1—900	$5 + \frac{5}{X} \times 10^{-6} D$	0,15	14	7	Цифровой отсчет расстояния. В комплекте с теодолитом Вильда
Геодиметр 10 (Швеция)	1—2200	$5 + \frac{5}{X} \times 10^{-6} D$	0,15—0,25	15	2,5	Цифровой отсчет расстояния. Насадка на теодолит

$\lambda = 149,8552$ МГц) с кварцевого генератора 1 поступает на манипулятор фазы 2, в котором периодически с частотой 70 Гц (с генератора 8) фаза высокочастотных колебаний перекидывается на 180° . После манипуляции и усиления сигнал поступает на полупроводниковый излучатель 3 (светодиод на арсениде галлия). В излучателе электрические колебания модулируют инфракрасное излучение (длина волны 0,91 мкм), яркость которого изменяется с частотой питающего тока.

Инфракрасный свет через объектив 4 направляется на призменный отражатель 7, установленный на втором конце измеряемой линии. Отраженный сигнал через приемный объектив 11 попадает на катод фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) 10. На внешний электрод, установленный перед фотокатодом ФЭУ, с генератора 1 через фазовращатель 5 подается высокочастотное опорное напряжение. В результате действия опорного напряжения на фототок, создаваемый в катодной камере ФЭУ переменным излучением с манипулированной фазой, на выходе ФЭУ выделяется напряжение частоты манипуляции (70 Гц), амплитуда которого является функцией разности фаз между световым и опорным сигналами. Низкочастотный сигнал поступает на синхронный детектор 9, на второй вход которого подается напряжение той же частоты с генератора 8. Стрелка нуль-индикатора 13 показывает нуль при разности фаз между световым и опорным сигналами, равной 360° и $\pm 90^\circ$. При измерении с дистанции такую разность фаз устанавливают, изменяя задержку опорного сигнала в фазовращателе. Если (не меняя задержки в фазовращателе) подать световой сигнал на ФЭУ с передающего объектива через оптическую линию задержки (ОЛЗ) 6 и зеркало 12 и (изменяя задержку в ОЛЗ) установить индикатор снова на нуль, то величина задержки в ОЛЗ будет равна доле фазового цикла в разности фаз светового сигнала с дистанции и опорного сигнала. Целое число фазовых циклов определяется по результатам измерения на двух измерительных частотах.

Комплект светодальномера МСД-1М состоит из приемопередатчика (включающего источник питания), трех однопризменных отражателей и трех штативов. Рис. П1.41 дает представление о конструкции приемопередатчика и расположении ручек управления.

Расстояния измеряют следующим образом. Установленный и сцентрированный дальномер с помощью визирной трубки наводят на отражатель, включают источник питания, схему измерения уровня сигнала, прием света с дистанции и уточняют наводку по макси-

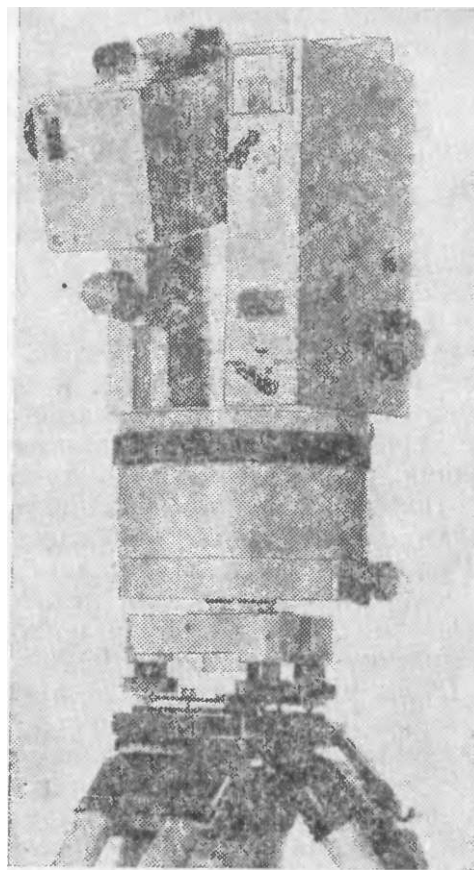


Рис. П 1.41. Светодальномер МСД-1М

мальному уровню отраженного сигнала. После уточнения наводки и установки рабочего уровня сигнала (крайнее левое положение стрелки) схему переключают на измерение фазы и, вращая ручку фазовращателя, устанавливают стрелку нуль-индикатора на нуль. Стрелка может быть установлена на нуль в нескольких положениях фазовращателя. По принятому порядку работы установку производят в одном из положений, при котором направление вращения стрелки и ручки фазовращателя совпадает. Затем переключают свет на ФЭУ с оптической линии задержки, диафрагмой устанавливают тот же уровень сигнала, что и с дистанции. Вращая ручку ОЛЗ, вновь устанавливают стрелку индикатора на нуль. При этом стрелка индикатора должна вращаться в том же направлении, что и ручка ОЛЗ. По шкале ОЛЗ берут отсчет l_1 . Для уточнения и исключения грубых ошибок измерение повторяют при другой установке фазовращателя и находят средний из двух измерений отсчет l_1 . Если разности между отсчетами l_1 и l_2 превышают 5 мм, то измерения повторяют еще раз и среднее находят из четырех отсчетов. Затем, переключая генератор на вторую

и третью частоты и выполняя те же измерения, находят отсчеты $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{3}$.

Расстояние вычисляют на месте измерения по найденным отсчетам, пользуясь формулами:

$$D_l = (\frac{1}{j} - \frac{1}{3}) 500; \quad (\text{II } 1.25)$$

$$D_0 = 0,02 (\frac{1}{3} - \frac{1}{2}) + 0,001 \frac{1}{2}.$$

Полное расстояние D_3 равно D_l , округленному до целых двадцаток метров, и D округленному до целых метров, и среднему значению отсчета $\frac{1}{3}$, представляющего собой точное значение долей метра в измеряемом расстоянии по измерениям на третьей частоте. Последовательность вычисления по формулам (111.25) указана в полевом журнале. Разности $1_r - \frac{1}{3}$ и $\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$ всегда должны быть положительными. Для этого, если уменьшаемое меньше вычитаемого, то к уменьшаемому добавляют 1000. При округлении D_l до числа кратного 20 и D'_2 — до целых метров следует иметь в виду, что это приближенные значения расстояния и предыдущее значение расстояния должно учитывать последующее, т. е. округлять D_l с учетом значения $D^{\wedge}$, а D'_2 — с учетом $\frac{1}{3}$.

В камеральных условиях в целях контроля, а также и для повышения точности измерений вычисляют точные значения расстояний D_1 и D_2 пользуясь формулой (II 1.23). При вычислении D_x принимают

$i^{\wedge} = 0,998004$ м, N_x — равным числу целых метров в D_3 , если $> \frac{1}{3}$, и на 1 больше, если $< \frac{1}{3}$. При вычислении D_2 принимают

— $A_2 = 1,05263$ м (в инструкции приведена таблица величин $-i - X_2 N_2$), N_2 принимают равным числу целых метров в расстоянии если $\frac{1}{3} > \frac{1}{2}$, и на 1 меньше, если $h < h_0$.

Для получения измеренного наклонного расстояния D берут среднее значение из D_{1l} D_2 (долей метра) и $\frac{1}{3}$, вводят постоянную поправку светодальномера и поправки за изменение скорости света при отклонении температуры и давления воздуха от расчетных значений. Поправка за температуру

$$dt = D_3 (t_H - 20) \text{ ЮЛ} \quad (111.26)$$

где t_H — температура воздуха во время измерения, °С.

Поправка за давление

$$d_p = 0,4 D_3 (760 - p) 10^{-6}, \quad (\text{III.27})$$

где p — давление воздуха при измерении расстояния, мм рт. ст.

В полученное наклонное расстояние вводят все необходимые для данного класса работы геодезические поправки.

Светодальномер 2СМ-2 предназначен для измерения расстояний при геодезических работах и может быть использован при маршейдерских работах на поверхности. Светодальномер 2СМ-2 — первый отечественный светодальномер с цифровым отсчетом измеренного расстояния.

Функциональная схема светодальномера показана на рис. II 1.42. С кварцевого генератора 1 напряжение масштабной частоты

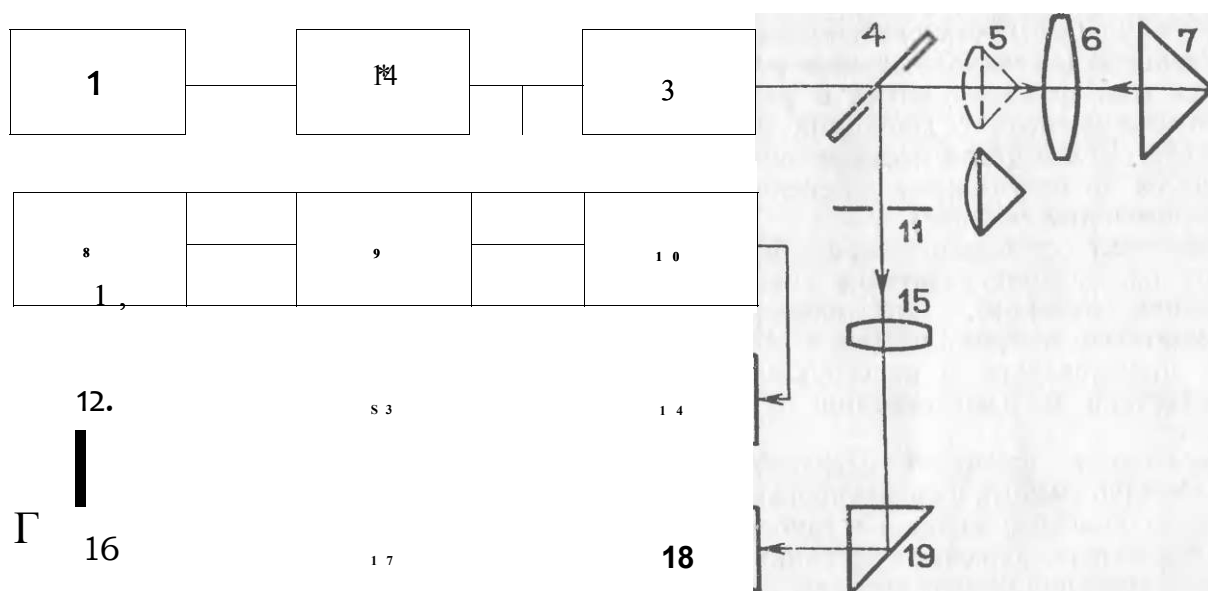


Рис. 111.42. Функциональная схема светодальномера 2СМ-2

(14 985 кГц) через управляемый делитель 2 поступает на излучатель 3 и смеситель 10. Модулированное излучение объективом 6 направляется на призмный отражатель 7. Отраженный поток через тот же объектив и плоское кольцевое зеркало 4 направляется в отверстие полевой диафрагмы 11, откуда через дополнительный объектив 15 и призму 19 поступает на фотокатод ФЭУ 18. При определении начального отсчета излучение перед объективом перекрывают призмой «б», направляют на зеркало и далее на ФЭУ 18.

На модулятор ФЭУ с генератора 8 и делителя 13 поступает гетеродинная частота, отличающаяся от соответствующей частоты модуляции на 14,985 кГц. Стабильность гетеродинных частот обеспечивается кварцевыми резонаторами и автоподстройкой 9. С выхода ФЭУ разностная частота проходит через узкополосный фильтр 17, поступает на формирователь импульса сигнала 16. Счетный фазометр (часть счетного узла 12) включается импульсом опорного сигнала, поступающим с формирователя 14, и считает импульсы масштабной частоты, поступающие с кварцевого генератора, пока импульс с формирователя не остановит счет. Для получения одного отсчета производится многократный счет разности фаз опорного и измерительного сигналов, результат усредняется и индицируется. Переключение трех измерительных частот и разрешение неоднозначности выполняется автоматически блоком управления и счета.

Конструктивно светодальномер 2СМ-2 выполнен в виде двух соединяемых кабелем блоков (рис. П1.43). Приемопередатчик, включающий электронные узлы, оптические узлы и наводящие устройства, устанавливаются на стандартный теодолитный трегер и штатив. Электронный блок в основном состоит из узла управления счета и индикации, его устанавливают на земле около штатива. В виде отдельных блоков в комплект входят два трипельпризмных отражателя и два блока питания.

При измерении автоматически получают отсчет расстояния до отражателя (шести-значный, от единиц миллиметров до сотен метров), затем определяют начальный отсчет. Вычитание начального отсчета, введение поправки светодальномера и поправок на метеосостояние выполняет оператор.

Светодальномер ЕОК2000 широко применяется в СССР при геодезических работах и может применяться при маркшейдерских работах на поверхности.

Функциональная схема светодальномера показана на рис. П1.44. С генератора масштабных частот 1 стабилизированная кварце-

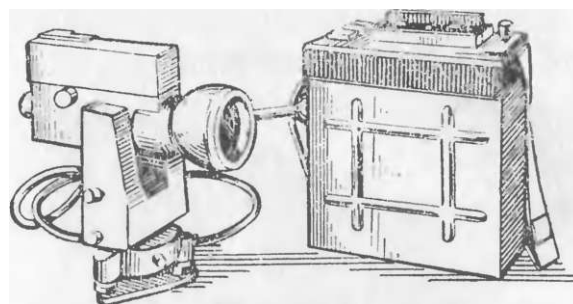


Рис. П1.43. Светодальномер 2СМ-2

вым резонатором измерительная частота (30; 33; 30,3 МГц) поступает на полупроводниковый излучатель 2. Модулированное по интенсивности инфракрасное излучение объективом 3 направляется на отражатель 8 (или на призму нулевого отсчета 7), откуда через приемный объектив 13 и фильтр переменной плотности 12 попадает на фотозлектронный умножитель 11. На ФЭУ также подается соответствующая данной измерительной частоте гетеродинная частота, вырабатываемая генератором 6. В результате взаимодействия фототока масштабной частоты с напряжением гетеродинной частоты на выходе ФЭУ выделяется частота 7,5 кГц, несущая информацию о фазе сигнала с дистанции (или с призмы нулевого отсчета). Сигнал с ФЭУ поступает на один из входов фазового детектора 10, на второй вход которого подается опорный сигнал той же частоты, полученный в результате смещения масштабной частоты с гетеродинной в смесителе 5. Фаза опорной частоты регулируется фазовращателем 4. При разности фаз опорного сигнала и сигнала с ФЭУ, равной 90 или 270°, индикатор 14 показывает нуль. Величина вводимой при этом фазовращателем задержки отсчитывается по счетчику 9. Счетчик цифровой, трехразрядный, барабанного типа, тысяча единиц его соответствует в зависимости от частоты модуляции 500, 50 или 5 м.

При измерении расстояния вначале фиксируют разность фаз с призмы начального

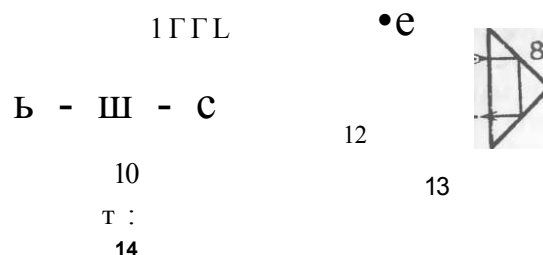


Рис. П1.44. Функциональная схема светодальномера ЕОК2000

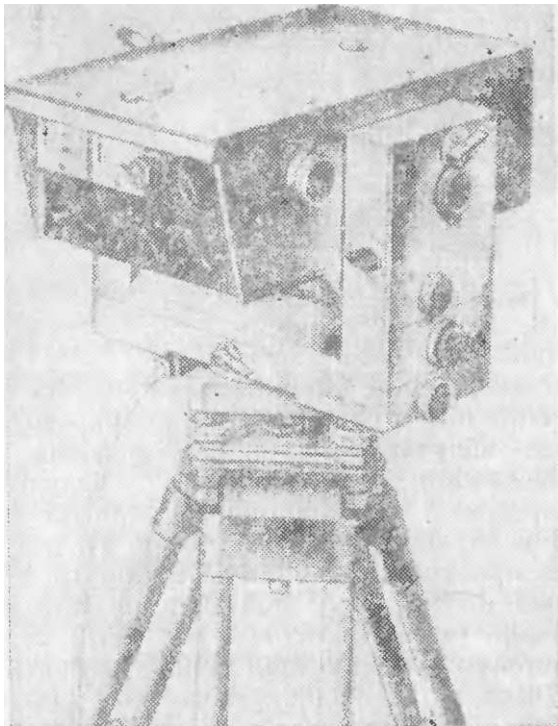


Рис. III.45. Светодальномер ЕОК2СОО

отсчета и сбрасывают счетчик на нуль, а затем производят измерения на первой частоте, по которой определяют единицы и доли метра, после чего переходят к измерению на второй и третьей частоте, определяя десятки и сотни метров расстояния. Измерения на первой частоте повторяют со сдвигом сигнала по фазе на 180° .

Представление о конструкции прибора дает рис. III.45. Приемопередатчик на специальном трегере с кабелем для подключения к источнику питания устанавливается на нормализованном штативе. В Π -образном корпусе прибора, вращающемся вокруг вертикальной оси и имеющем механизмы наводки в горизонтальной и вертикальной плоскостях, на горизонтальной оси закреплен электрооптический блок. На рабочей панели блока расположены контрольно-измерительные приборы, ручки управления, окно счетчика и окуляр зрительной трубы. Объективом зрительной трубы является объектив приемного канала светодальномера. В передающий канал светодальномера при наводке прибора вводится лампа, освещающая отражатель. Комбинированный отражатель может включать одну, три и девять трипельпризм. Источник питания в комплект поставки не входит.

3. Маркшейдерские гирокомпасы

Маркшейдерские гирокомпасы предназначены для определения дирекционных углов сторон съемки гироскопическим способом и в настоящее время применяются для построения подземных опорных сетей, ориентирования и контроля подземной съемки, обеспечения проходки горных выработок встречными забоями, а также при других маркшейдерско-геодезических работах в шахтах и на поверхности, связанных с ориентированием.

В отличие от других наземных * гирокомпасов маркшейдерские гирокомпасы имеют взрывобезопасное исполнение, сравнительно невысокую точность ($30''$ - $90''$) и высокую производительность (продолжительность определения Ю-г-20 мин), небольшую массу и габариты (доставка к месту работы и эксплуатация осуществляются бригадой из 2—3 человек), ограниченный рабочий диапазон температур (от -10 до $+40^\circ\text{C}$) и автономное (независимое от шахты) питание. Эти особенности маркшейдерских гирокомпасов обусловлены условиями их эксплуатации в шахтах, опасных по газу и пыли.

В маркшейдерской практике применяются одnogирoскопные маятниковые гирокомпасы, главная ось которых совершает прецессионные колебания относительно положения равновесия, совпадающего при отсутствии моментов внешних сил с плоскостью астрономического меридиана в точке установки гирокомпаса.

Разработка отечественных маркшейдерских гирокомпасов вот уже в течение 30 лет ведется только во ВНИМИ. С начала появления первого маркшейдерского гирокомпаса М-1 ВНИМИ были разработаны и получили практическое применение 12 типов гирокомпасов:

три в обычном исполнении — М-2, МУГ-2 и М-3 с жидкостным подвесом и электромагнитным центрированием, применявшиеся в 1951—1959 гг. для ориентирования шахт;

четыре во взрывобезопасном — МВ1, МВ2, МВ2М, МВШЗ и один в обычном исполнении — МГ с жидкостным подвесом и центрированием на шпильке, применявшиеся в 1959—1969 гг. для ориентирования и контроля подземной съемки;

один в обычном исполнении — МТ1 с торсионным подвесом и следящей системой,

* В отечественной литературе как синоним применяется название гиротеодолит, в зарубежной — встречается ряд названий.

$$\begin{array}{ccccccc} \text{И} & \text{\$} & \text{O} & \text{O} & \text{\textcircled{D}} & \text{O} & \wedge \\ \text{К} & \text{TO} & \wedge & \text{CO} & \text{CЧ} & \text{Ю} & \text{—} \\ & \text{M} & & \text{M} & & & \end{array}$$

й, к и см ком сч ю —
3 со см сч о о.

[illegible]
$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\mathbf{q}}} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mathbf{q}} = \mathbf{0}$$
$$\begin{array}{ccccccc} \text{S} & & & & & & \\ \text{O} & & & & & & \\ \text{OH} & & & & & & \\ \text{O}_2 & & & & & & \\ \text{K} & & & & & & \end{array}$$
[illegible][illegible]
$$\frac{3}{x} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial K} - C - I + \alpha \wedge \circ H + \beta$$
[illegible]

H
 0
 X
 3
 X

a
 и
 и
 и

S
 ga
 £

9
 M

W J
 Gi

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial u}{\partial r} \right) \right) = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial v}{\partial r} \right)$$

5 HOK

5 X
3 k
X
4
3

9
S
C
W

[illegible][illegible]

I
K
X
X
O
H

Cu
a
x

2
a

B
2
2

B
B
9
c

O
F
C
O
O
H
S
H
a

C
O
I
H
B
H
H
a
s

С. 5

33atSS

[illegible]

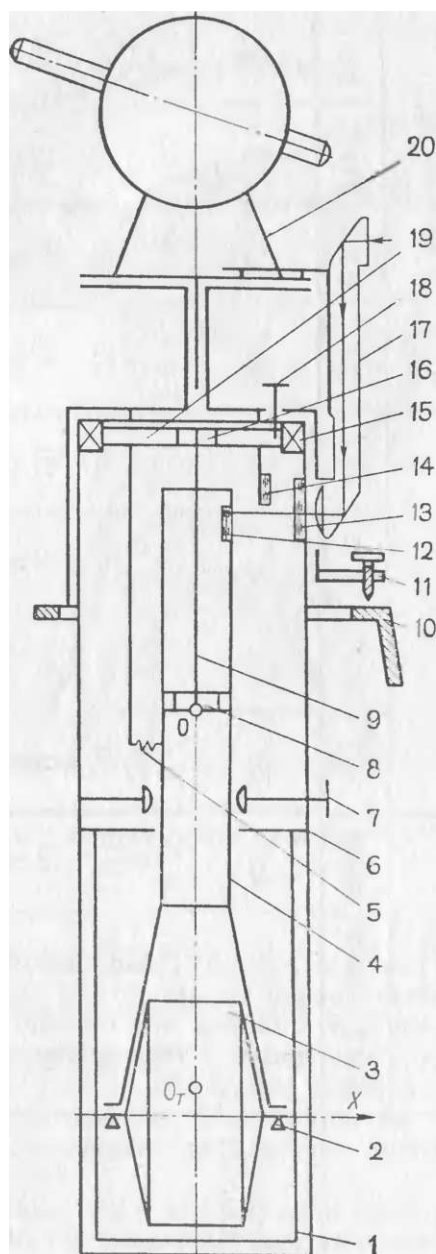


Рис. III.46. Принципиальная схема устройства гирокомпаса с торсионным подвесом: /Ц /^ магнитный экран; 2 — устройство для горизонтирования оси гирокомпаса; 3 — гиромотор; 4 — полая цилиндрическая стойка; 5 — маломомектныЯ проводник; 6 — корпус; 7 — арретир; g — нижний зажим ленты; 9 — лента; 10 — штатив; 11 — трегер; 12 — зеркало; 13 — плоско-параллельное стекло; 14 — зеркало платы; 15 — подшипник; 16 — верхний зажим ленты; 17 — автоколлимационная труба; 18 — поворотное устройство; 19 — плата; 20 — теодолит

позволяет создавать относительно простые и технологичные в изготовлении и эксплуатации, точные и надежные giroкомпасы. Поэтому на ближайшее время она остается наиболее перспективной.

Гирокомпас с торсионным подвесом (рис. П 1.46). Чувствительный элемент (ЧЭ)

гирокомпаса — гиromотор, закрепленный на полой цилиндрической стойке с зеркалом и подвешенный на ленте. Нижний зажим ленты связывается с ЧЭ, верхний зажим — с вращающейся в подшипниках платой, имеющей зеркало, позволяющее определять угол поворота платы относительно ЧЭ. Электропитание к гиromотору подводится тремя маломоментными проводниками. Один конец каждого проводника закреплен на ЧЭ, второй — на плате. Устройствами ось гирокомпаса X приводится в горизонтальное положение, а центр тяжести O_T совмещается с вертикальной осью Z . ЧЭ вместе с магнитным экраном помещается в корпусе.

Для производства работ гирокомпас при помощи трегера устанавливается на штативе. При разарретированном ЧЭ и вращающемся гиromоторе ЧЭ совершает прецессионные гармонические колебания, закручивая при этом ленту. Для исключения влияния момента кручения на положение равновесия ЧЭ необходимо, выставляя ленту в нулевое (незакрученное) положение, тем или иным способом поворачивать плату вместе с верхним зажимом торсиона синхронно с движением ЧЭ. Поворот производится наблюдателем (ручное слежение) или следящей системой (автоматическое слежение). Можно определять положение равновесия ЧЭ при закрученном на небольшой угол торсионе и вводить в результат поправку за закручивание, определяя ее из наблюдений свободных (при невращающемся роторе) и прецессионных колебаний (при вращающемся роторе), используя для наблюдений зеркала на ЧЭ и корпусе гирокомпыа. Наблюдения производятся автоколлимационной трубой теодолита через плоскопараллельное стекло. В гирокомпые MBT2 наблюдения ведутся при закрученном подвесе. Автоматическое слежение имеют гирокомпы MT1 и ГИ-Б2, все остальные имеют ручное слежение.

Маркшейдерский гирокомпас с торсионным подвесом состоит из трех основных блоков:

гирископического (гироблока) для определения направления меридиана в точке установки гирокомпаса, состоящего из гиromотора, ЧЭ, торсионного подвеса, токоподвода маломоментными проводниками, арретира, магнитного экрана, блокировочного устройства и взрывобезопасного корпуса;

оптико-механического (измерительного) для измерения угла между направлением меридиана и исходной (или ориентируемой) стороной, состоящего из угломерного и ориентирующего устройства, подсветки, системы слежения и трегера;

электронного (блока питания) для разгона гиromотора по заданному режиму в пусковой период и питания в рабочий период, состоящего из преобразователя, системы приведения в меридиан, аккумуляторной батареи и взрывобезопасного корпуса.

В гироскопе МВТ4 электронный блок размещен в общем с гироскопом взрывобезопасном корпусе.

Гиromотор — асинхронный электродвигатель (рис. 111.47) обращенного типа (статор внутри ротора). Расположение статора внутри ротора позволяет получить достаточно большой кинетический момент при малых габаритах. Вращающаяся часть — ротор состоит из тяжелого обода 1 с беличьим колесом 2 и двух крышек 3. Неподвижная часть — статор состоит из пакета 8 с трехфазной обмоткой 4. Три провода 5 обмотки выведены наружу через полую часть оси 6, вокруг которой в подшипниках 7 вращается ротор.

Взрывобезопасность в сочетании с портативностью обуславливается применением в маркшейдерских гироскопах экономичных (потребляющих мощность 2—3 Вт) гиromоторов с небольшим кинетическим моментом (250—2000 г·см·с), массой (150—600 г) и габаритами (диаметр описанной вокруг гиromотора сферы 20—60 мм), малым временем разгона (1—3 мин). Точность и достаточно большой срок службы (более 800 пусков) достигаются за счет выбора гиromоторов с небольшой угловой скоростью (не более 18 000 об/мин), уровне вибрации (до 0,5 г), динамической неуравновешенностью ($-B-10$ мг/см) и температурной разбалансировкой (-20 мг/см на рабочий диапазон). Питание гиromотора — трехфазный ток напряжением 18–30 В и частотой 250—400 Гц. Такие параметры имеют малогабаритные гиromоторы серийно выпускаемых авиационных гироскопических приборов (ГМА-2,5, ГУА-2Д, ГМА 0,4Т и др.).

Чувствительный элемент — совокупность узлов и деталей, расположенных вместе с гиromотором таким образом, что их общий центр тяжести смещен по вертикали относительно центра объема или центра подвеса, благодаря чему ЧЭ имеет маятниковый момент и, будучи подвешен и центрирован тем или иным способом, совершает прецессионные колебания около направления меридиана. С увеличением маятникового момента уменьшаются период колебаний и соответственно время, затрачиваемое на определение положения равновесия ЧЭ. Это может быть достигнуто как за счет увеличения массы ЧЭ, так и за счет выбора рациональной формы и конструкции

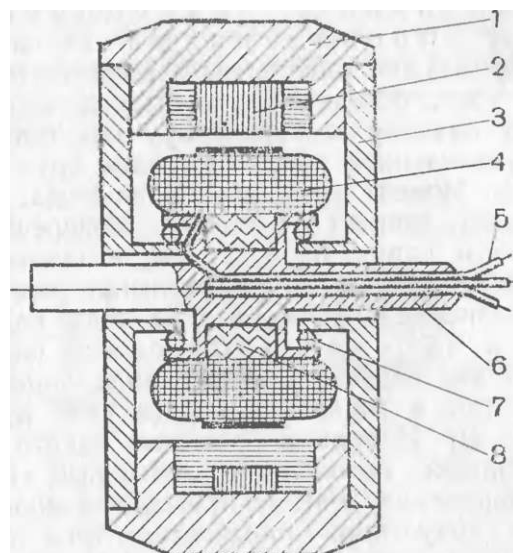


Рис. 111.47. Устройство асинхронного гиromотора

ЧЭ (увеличения метацентрической высоты). Масса и габариты ЧЭ гироскопа с торсионным подвесом определяются в основном гиromотором.

Торсионный подвес и центрирование ЧЭ осуществляются на ленточных растяжках из специальных сплавов, имеющих высокую механическую прочность и сравнительно небольшой момент кручения. Подвес состоит из одной или нескольких лент, закрепленных в двух зажимах: верхний — в корпусе гироскопа, нижний — в ЧЭ. Момент кручения пропорционален площади поперечного сечения, обратно пропорционален длине ленты и зависит от отношения ширины ленты к длине (оптимальное отношение при одноленточном подвесе 8—12, при многоленточном — 20–30). Сечение ленты выбирается минимальным выдерживающим массу ЧЭ с двух-трехкратным запасом прочности. При той же прочности момент кручения подвеса можно существенно уменьшить за счет увеличения числа лент в подвесе (до 4—5). Дальнейшее увеличение числа лент не приводит к заметному уменьшению момента кручения подвеса, а только усложняет технологию его сборки. Длина подвеса определяется конструктивными соображениями.

Большое значение для обеспечения точности гироскопа имеют стабильность механических свойств и величина остаточных деформаций при эксплуатации гироскопа в широком диапазоне температур.

В гироскопах МВТ2 и МВТ4 и гироскопах МВБ4 подвес состоит из двух-трех лент из сплава К40НХМВ длиной 10 см, шириной 0,1 мм и толщиной 0,01 мм. Запас прочности двукратный.

Токоподвод маломоментными проводниками из специальных сплавов, допускающих высокую плотность тока, обеспечивает непосредственный подвод питания к гиromотору без потерь, но с увеличением общего момента кручения подвеса. Момент кручения токоподвода, как и подвеса, зависит от площади поперечного сечения и длины проводников, а также от их расположения и закрепления относительно подвеса. Каждая фаза тока подводится к ЧЭ раздельно. Проводники располагают как вертикально (в виде спирали, дуги), так и горизонтально (в виде дуги, буквы S). Иногда в качестве одного из проводников используют ленточный подвес. Поперечное сечение проводника определяется допустимой плотностью тока (ток сгорания должен быть в 1,5—2 раза больше пускового). Из-за нагрева и деформации проводников при прохождении тока момент кручения токоподвода изменяется и является наиболее нестабильной частью общего момента кручения подвеса. Для повышения стабильности момента кручения токоподвода необходимо до постановки его в прибор произвести отжиг проводников при токе, близком к предельному.

В маркшейдерских гирокомпасе токоподвод состоит из трех-шести ленточных растяжек из магниевой бронзы (по одной-две в каждой фазе) длиной 35-40 мм. Ленточные растяжки расположены горизонтально (на различной высоте) в виде полуокружностей таким образом, чтобы момент кручения токоподвода одной фазы по возможности компенсировал момент кручения другой. Внешний конец растяжки закреплен на корпусе прибора, внутренний — на ЧЭ, как можно ближе к торсиону (для снижения величины момента кручения).

Арретир ослабляет натяжение подвеса и закрепляет ЧЭ в однообразном положении относительно корпуса гирокомпаса, предохраняя ЧЭ, торсионный подвес и токоподвод от деформаций и механических повреждений в нерабочем положении и при транспортировках.

Магнитный экран. Изменение земного магнитного поля в точках установки гирокомпаса на поверхности и в шахте достигает до 3 Э и обусловлено насыщенностью современной шахты электроэнергией, механизмами, металлической крепью, рельсовыми путями и т. п. Ротор гиromотора в магнитном поле намагничивается, взаимодействует с полем, и положение равновесия ЧЭ изменяется. Изменение при прочих равных условиях пропорционально напряженности магнитного поля, обратно про-

порционально кинетическому моменту гиromотора и достигает значительных величин (1° и более). Суточные вариации земного магнитного поля и магнитные бури не влияют на гирокомпас.

Если гиromотор заключен в облегающий его со всех сторон магнитный экран, то напряженность магнитного поля внутри экрана резко (на порядок или более) уменьшается. Надежность защиты характеризуется отношением напряженностей внешнего и внутреннего магнитных полей, называемым коэффициентом экранирования. Различают коэффициент экранирования в горизонтальном (K_H) и вертикальном (K_Z) направлениях (отношения соответственно горизонтальных и вертикальных составляющих внешнего и внутреннего полей). Степень их влияния на гирокомпас различная. Коэффициенты экранирования рассчитывают на максимальное изменение магнитного поля и выбирают таким образом, чтобы остающееся внутреннее поле не влияло на точность гирокомпаса.

Магнитный экран изготавливают из железоникелевых сплавов — пермаллоев марок 79НМ и 80НХС с высокой начальной магнитной проницаемостью. После изготовления экран проходит термическую обработку (отжиг). Экран может быть одно-, двух- и многослойным. Коэффициент экранирования повышается с увеличением толщины материала экрана, количества слоев и уменьшается с увеличением объема экрана, числа отверстий и их площади. При эксплуатации имеет место естественное старение экрана — уменьшение коэффициента экранирования со временем. Особенно резко уменьшается защитное действие экрана при ударах и деформации. Проверка эффективности защитного действия экрана в лабораторных условиях производится в кольцах Гельмгольца, в производственных условиях — путем сравнения значений поправки гирокомпаса или гироскопического азимута одной и той же стороны, получаемых в магнитных полях напряженностью до 3 Э.

Взрывобезопасный корпус и блокировочное устройство обеспечивают безопасность при работе гирокомпаса в шахтах, опасных по газу и пыли. Блокировка не позволяет включить блок питания, если не подсоединен гирокомпас, и отсоединить его, если не выключен блок питания.

Ориентирующее устройство представляет собой два зеркала (на ЧЭ и на корпусе гироблока) и автоколлимационную трубу, жестко соединяемую с алидадой теодолита (рис. 111.48), используе-

мого в качестве угломерного устройства. Автоколлимационная труба состоит из окуляра, объектива и сетки. Со стороны окуляра сетка закрыта диафрагмой. Луч света от источника через призму проецирует биссектор верхней части сетки на зеркало ЧЭ. Если визирная ось трубы примерно перпендикулярна плоскости зеркала, то отраженное от зеркала изображение сетки — освещенный прямоугольник с биссектором — проектируется в нижнюю часть сетки (ход лучей показан стрелками). Так как зеркало движется вместе с ЧЭ, то движется и биссектор (показано стрелкой). Наблюдатель, вращая алидаду с автоколлимационной трубой вслед за движущимся биссектором, держит его в поле зрения трубы. В момент реверсии прямоугольник с биссектором останавливается и наблюдатель микрометрическим винтом алидады вводит нижний штрих в биссектор. После того как отраженное изображение начало движение в обратном направлении, берут по лимбу отсчет N_1 , соответствующий первой точке реверсии ЧЭ (I положение). Аналогично поступают при второй точке реверсии (II положение), характеризуя ее отсчетом по лимбу N_2 и т. д. Как видно из рис. II 1.48, размах колебаний ЧЭ соответствует углу поворота зеркала между точками реверсии и углу поворота алидады и равен разности отсчетов $N_1 - N_2$ по лимбу угломерного устройства.

Полупроводниковый преобразователь преобразует постоянный ток напряжением 30–36 В и частотой 400–450 Гц, обеспечивает разгон гиromотора по заданному режиму, стабильность переменного напряжения и частоты при разряде аккумуляторной батареи.

Аккумуляторная батарея гироскопов MBT2 и MBT4 состоит соответственно из 10 и 12 последовательно соединенных никель-кадмиевых герметичных щелочных аккумуляторов емкостью 3,5 Ач и 0,9 Ач (ЮКНГ3.5 и 12ЦНКО, 9У2) и обеспечивает питание гироскопа без замены батарей в течение 15–8 пусков.

Гироскоп MBT2 (рис. II 1.49 и II 1.50) получил в настоящее время широкое применение в горном деле. Он предназначен для построения подземных опорных сетей, но пригоден для любых маркшейдерско-геодезических работ, связанных с ориентированием.

Гироблок и измерительный блок гироскопа для работы устанавливаются в трегере на штативе, а при транспортировке — в футляре.

Чувствительный элемент расположен во взрывобезопасном корпусе гироблока и пред-

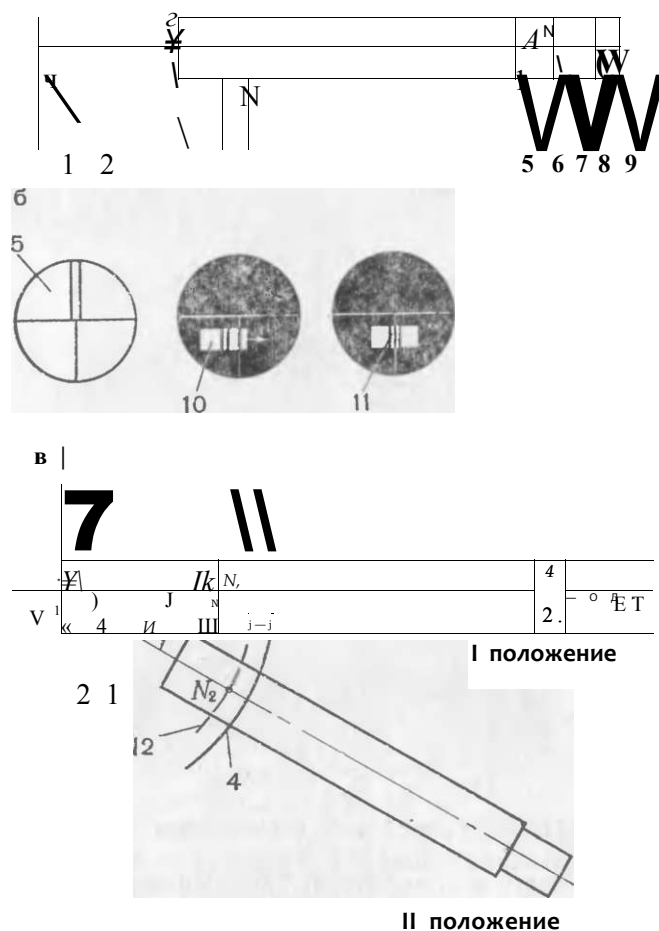


Рис. 111.48. Ориентирующее устройство измерительного блока:

1 — ЧЭ; 2 — зеркало на ЧЭ; 3 — объектив; 4 — алидада измерительного блока; 5 — сетка; 6 — диафрагма; 7 — призма; 8 — лампочка; 9 — окуляр; 10 — отраженное изображение биссектора (освещенный прямоугольник); 11 — неподвижный штрих; 12 — лимб измерительного блока

ставляет собой полую штангу, в нижней части которой закреплен гиromотор, в средней — внутренние концы проводников токоподвода, в верхней — зеркало для наблюдений за колебаниями ЧЭ и нижний зажим торсионного подвеса. При работе ЧЭ находится в подвешенном состоянии, в нерабочем положении — закреплен арретиром, рукоятка которого выведена наружу. В нижней части корпуса гироблока расположен магнитный экран, в средней — закреплены внешние концы проводников токоподвода, в верхней — вилка штепсельного разъема, верхний зажим подвеса и плоскопараллельное стекло, через которое ведутся наблюдения. Верхняя (зеркальная) часть стекла служит зеркалом для определения положения корпуса гироблока. Гироблок вставляется во внутренний корпус трегера, запирается блокировочным ключом и вместе с внутренним корпусом, на

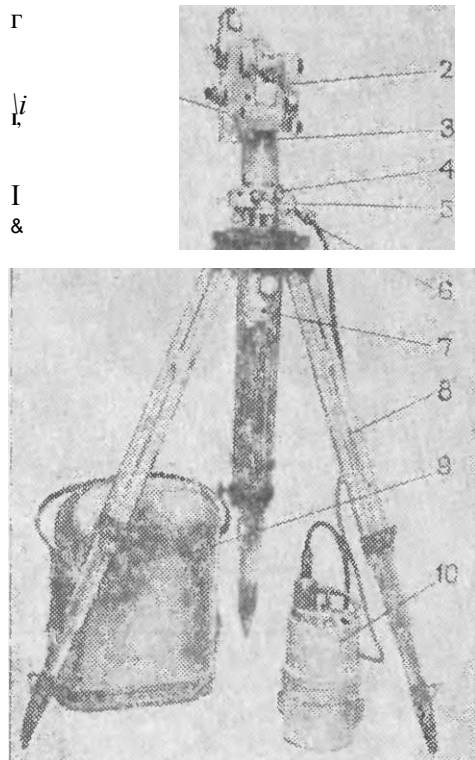


Рис. 111.49. Общий вид гирокомпаса MBT2:

1 — автоколлимационная труба; 2 — измерительный блок; 3 — зажимной винт измерительного блока; 4 — зажимной винт трегера; 5 — трегер; 6 — микрометричный винт трегера; 7 — гироблок; 8 — штатив; 9 — футляр; 10 — блок питания

котором закреплены коллектор и призма ориентирующего устройства, бесконечным микрометричным винтом может вращаться наблюдателем вокруг вертикальной оси или закрепляться вместе с корпусом зажимным винтом во внешнем (неподвижном) корпусе трегера.

Измерительный блок зажимным винтом закреплен в гнезде верхней части внутреннего корпуса трегера и представляет собой оптический теодолит Т5 с размещенной в стойке автоколлимационной трубой и осветителем для подсветки поля зрения трубы и лимбов. Пучок света лампочки проектирует верхнюю часть сетки через две прямоугольные призмы и объектив, призму и плоскопараллельное стекло на зеркало ЧЭ и на зеркало корпуса гироблока. Наблюдателю через окуляр в поле зрения автоколлимационной трубы на фоне шкалы виден средний пунктирный штрих нижней части сетки нитей и два отраженных биссектора — движущийся, отраженный от зеркала на ЧЭ, и неподвижный, отраженный от зеркала на корпусе гироблока.

Трехфазный ток от блока питания, включаемого блокировочным ключом, по кабелю

через кабельный ввод, щетки внешнего корпуса трегера поступает на коллектор и через штепсельный разъем гироблока и проводники токоподвода — в обмотку статора гиромотора.

Блок питания гирокомпаса состоит из полупроводникового преобразователя и батареи герметичных аккумуляторов, заключенных в общий взрывобезопасный корпус.

Гирокомпас MBT4 (рис. 111.51 и 111.52) — более совершенный маркшейдерский прибор для построения подземных опорных сетей, применяемый в горном деле. В отличие от MBT2 гирокомпас MBT4 представляет собой конструкцию в однокорпусном исполнении. Впервые в одном приборе, устанавливаемом на штативе, объединяются необходимые для работы гироблок и измерительный блок. По конструктивным соображениям блок питания — преобразователь и аккумуляторная батарея размещены вместе с гироблоком в общем взрывобезопасном корпусе. Это стало возможно за счет применения высокоэкономичного гиромотора.

В отличие от зарубежных гиротеодолитов и гиронасадок в гирокомпасах MBT2 и MBT4 применен многоленточный подвес, приведение в меридиан в период разгона, гироблок связан не с алидадой, а с лимбом. Благодаря этому гирокомпасы MBT2 и MBT4 имеют ряд существенных эксплуатационных преимуществ:

не требуется предварительного точного ориентирования корпуса гирокомпаса, ось гирокомпаса при грубом предварительном ориентировании (до 30°) приходит в меридиан с необходимой точностью (1-2°);

нет необходимости в следящей системе, усложняющей гирокомпас и увеличивающей его массу и габариты, в непрерывном слежении за движением ЧЭ в пуске, усложняющим эксплуатацию (слежение производится только при разгоне гиромотора);

все дополнительные измерения (примыкание, определение углов закручивания подвеса) и вычисления производятся между точками реверсии.

Эксплуатация гирокомпасов MBT2 и MBT4. На каждой точке установки гирокомпаса на поверхности и в шахте определяется гироскопический азимут исходной или ориентируемой стороны (рис. II.53). Определение гироскопического азимута стороны состоит из шести последовательно выполняемых операций: подготовки гирокомпаса к работе, наблюдений свободных колебаний и вычисления места нуля подвеса, приведения в меридиан, наблюдений прецессионных колебаний и вычисления места нуля гирокомпаса с одновременным измерением при-

Рис. 111.50. Устройство гирокомпаса МВТ2:

1, 3 — защитные стекла; 2 — лампа под* светки; 4 — зеркало подсветки; 5, 6 — призмы подсветки; 7 — окуляр; 8 — сетка; 9, 11 — призмы автоколлимационной трубы; 10 — объектив; 12 — вертикальная ось измерительного блока; 13 — призма ромбическая; 14, 24 — зажимы подвеса; 15 — регулировочное устройство подвеса; 16 — подвес; 17 — защитное стекло; 18 — зеркало ЧЭ; 19 — шкала трегера; 20 — щетки коллектора; 21 — кабельный ввод; 22 — стопор зажима подвеса; 23, 25, 33, 34 — детали арретира; 26 — блокировочный ключ; 27, 41, 46 — детали блокировки; 28 — соединительное устройство; 29 — зажимной винт трегера; 30 — токоподводящий штырь; 31 — корпус гироблока; 32 — ЧЭ; 35 — магнитный экран; 36 — гиromотор; 37 — центрировочный крючок; 38, 39 — фиксатор и рукоятка арретира; 40 — арретир; 42 — лента токоподвода; 43 — контактная колодка; 44 — подвижное кольцо штатива; 45 — накидная гайка; 47 — пружина; 48 — подъемный винт; 49 — коллектор; 50, 53 — неподвижный и вращающийся корпус трегера; 51, 52 — микрометричное устройство трегера; 54 — зеркало корпуса; 55 — штепсельный разъем; 56 — штифт; 57 — шкала; 58, 59 — неподвижный и движущийся биссектор

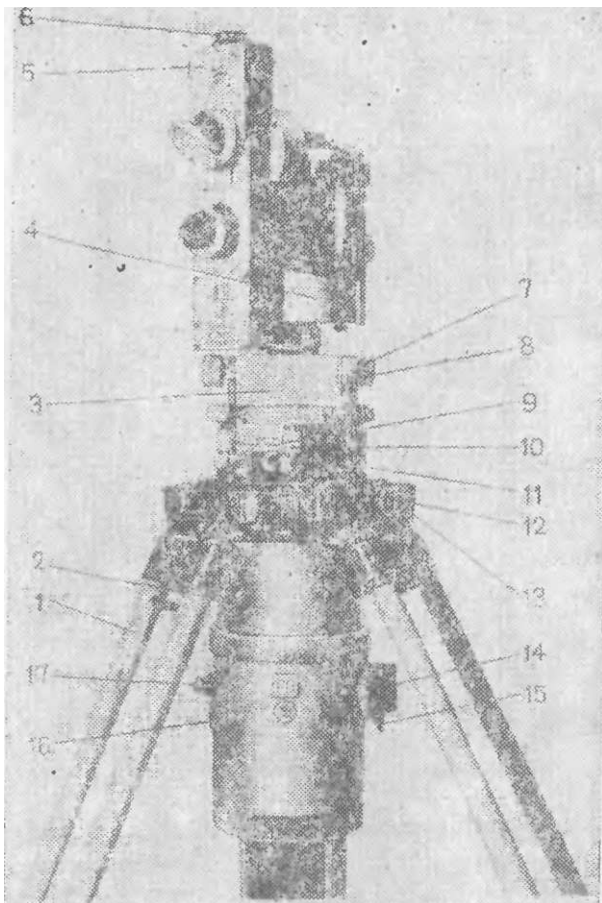


Рис. 111.51. Общий вид гироскопа А1ВТ4:

1 — штатив; 2 — гироскоп; 3 — трегер; 4 — измерительный блок; 5 — батарея подсветки; 6 — рукоятка включения подсветки; 7 — микрометрический винт трегера; 8 — зажимной винт трегера; 9 — шкала трегера; 10 — подъемный винт; 11 — соединительное устройство; 12 — зажимная рукоятка; 13 — центрировочный винт; 14 — рукоятка арретира; 15 — рукоятка переключателя режимов работы; 16 — стопорная планка; 17 — кнопка лампы

мычного направления и места корпуса, вычисления поправки за закручивание подвеса и гироскопического азимута стороны, подготовки гироскопа к повторному пуску или транспортировке на другую точку установки.

Для подготовки к работе гироскоп вынимают из футляра, устанавливают на штативе, подключают к электроблоку, центрируют и нивелируют, как обычный теодолит, и ориентируют на север с точностью ± 20 — 30° .

Разарретировав ЧЭ и уменьшив амплитуду колебаний, совмещают неподвижный биссектор с любым (удобнее кратным 10) делением шкалы (отсчет n_k) и, записав начальный отсчет по шкале трегера, наблюдают по шкале в поле зрения автоколлимационной

трубы четыре последовательные точки реверсии (отсчеты n_{1y} , n_{2y} , n_3 и y_4) свободных колебаний и вычисляют место нуля подвеса — отсчет n_0 соответствующий положению равновесия свободных колебаний ЧЭ:

$$\begin{aligned} n_0 &= n_1 + n_2 + n_3 + n_4 \\ n_0 &= \frac{n_1 + 2n_2 + n_3}{2} + n_4 \end{aligned} \quad (11.28)$$

Включив питание, вращают гироскоп микрометрическим винтом трегера и в течение 2 мин следят за движущимся биссектором, совмещая его с местом нуля подвеса. Прерывая отслеживания через 50—60 с (в зависимости от широты) переключают гироскоп с пускового режима на рабочий. Выбранным режимом разгона обеспечивается приведение оси гироскопа в меридиан через 2 мин с точностью 1 — 2° .

После окончания отслеживания закрепляют зажимной винт трегера, записывают конечный отсчет по шкале и наблюдают автоколлимационной трубой четыре последовательные точки реверсии прецессионных колебаний ЧЭ, характеризуемые отсчетами N_1 , N_2 , N_3 и N_4 по лимбу гироскопа.

Между точками реверсии дважды (при двух кругах) по лимбу гироскопа измеряют примычное направление N' и N'' , дважды — ориентирное направление, характеризующее место корпуса N'_k и N''_k и вычисляют средние значения N и N_k .

Положение равновесия прецессионных колебаний ЧЭ характеризуется местом нуля гироскопа — отсчетом N_0 по лимбу гироскопа, вычисляемым по формулам:

$$\begin{aligned} N_0 &= \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{4} \\ N &= \frac{N_1 + 2N_2 + N_3}{2} + N_4 \end{aligned} \quad (11.29)$$

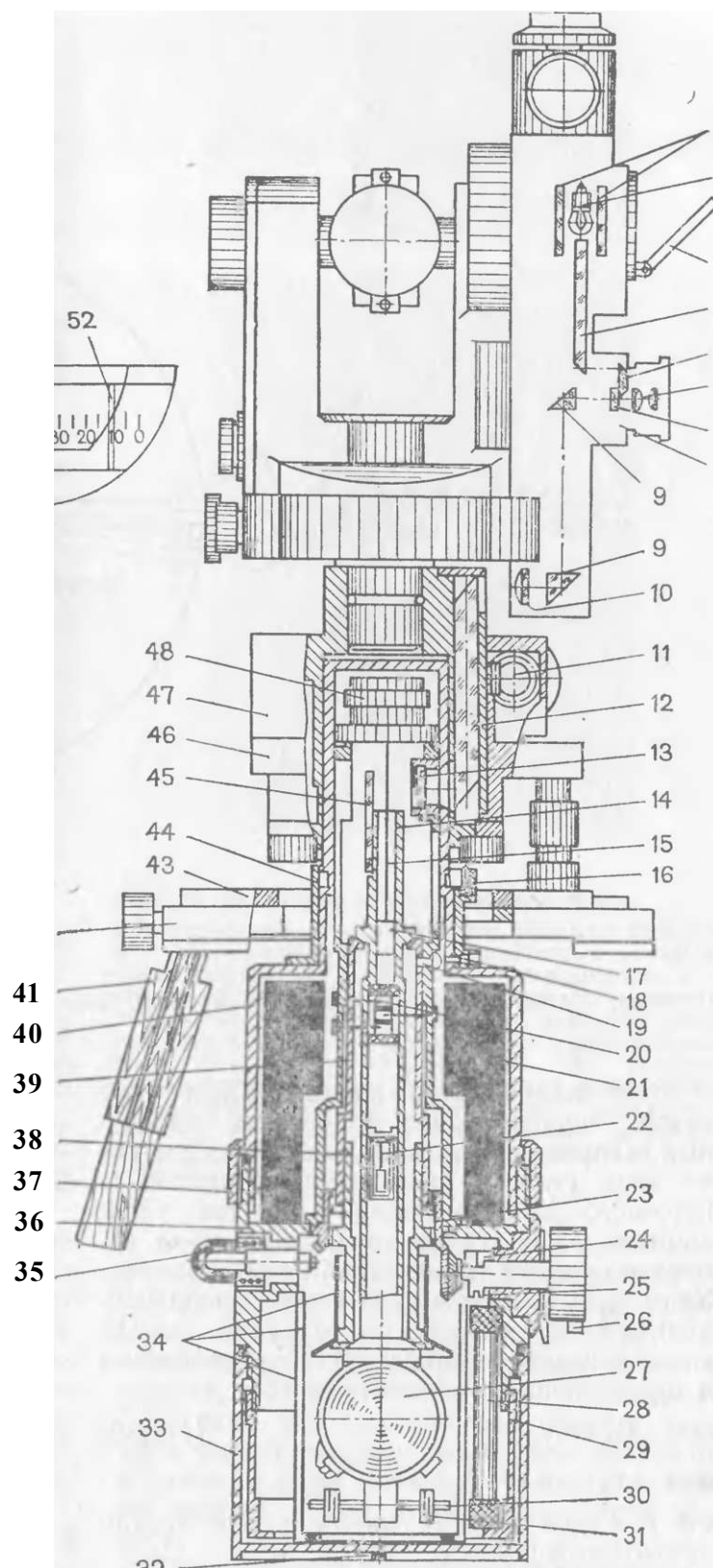
Гироскопический азимут Γ стороны, как видно из рис. 111.53, вычисляется по формуле

$$r = N - N_0 + e, \quad (11.30)$$

$$e = \frac{\Phi_k - \Phi_r}{4} \quad \text{поправка за закручивание.} \quad (11.31)$$

Рис. 111.52. Устройство гироскопа МВТ4:

1 — защитное стекло; 2 — лампа подсветки; 3 — зеркало подсветки; 4, 5 — призмы подсветки; 6 — окуляр; 7 — сетка; 8 — автоколлимационная труба; 9 — призмы прямоугольные; 10 — объектив; 11 — механизм поворота трегера; 12 — призма ромбическая; 13 — зеркало корпуса; 14 — стойка; 15 — подвес; 16 — фиксатор; 17, 48 — нижний и верхний зажимы подвеса; 18, 19, 44 — выступ, штырь и втулка блокировки; 20 — токоподвод; 21 — преобразователь; 22, 31 — верхний и нижний демпферы; 23, 26, 38, 39 — шестерня, фиксатор и гайки арретира; 24 — переключатель режимов работы; 25 — кулачок переключателя; 27 — гиросузел; 28 — батарея; 29, 32 — крепление батареи; 30 — балансирующий груз; 33, 40 — нижняя и верхняя крышки гироскопа; 34 — магнитный экран; 35 — пружина кнопки; 36 — корпус гироскопа; 37 — накидная гайка; 41, 42 — ножка и головка штатива; 43 — плата головки штатива; 45 — зеркало ЧЭ; 46, 47 — неподвижный и вращающийся корпус трегера; 49 — шкала; 50 — неподвижный биссектор; 51 — средний штрих; 52 — движущийся биссектор



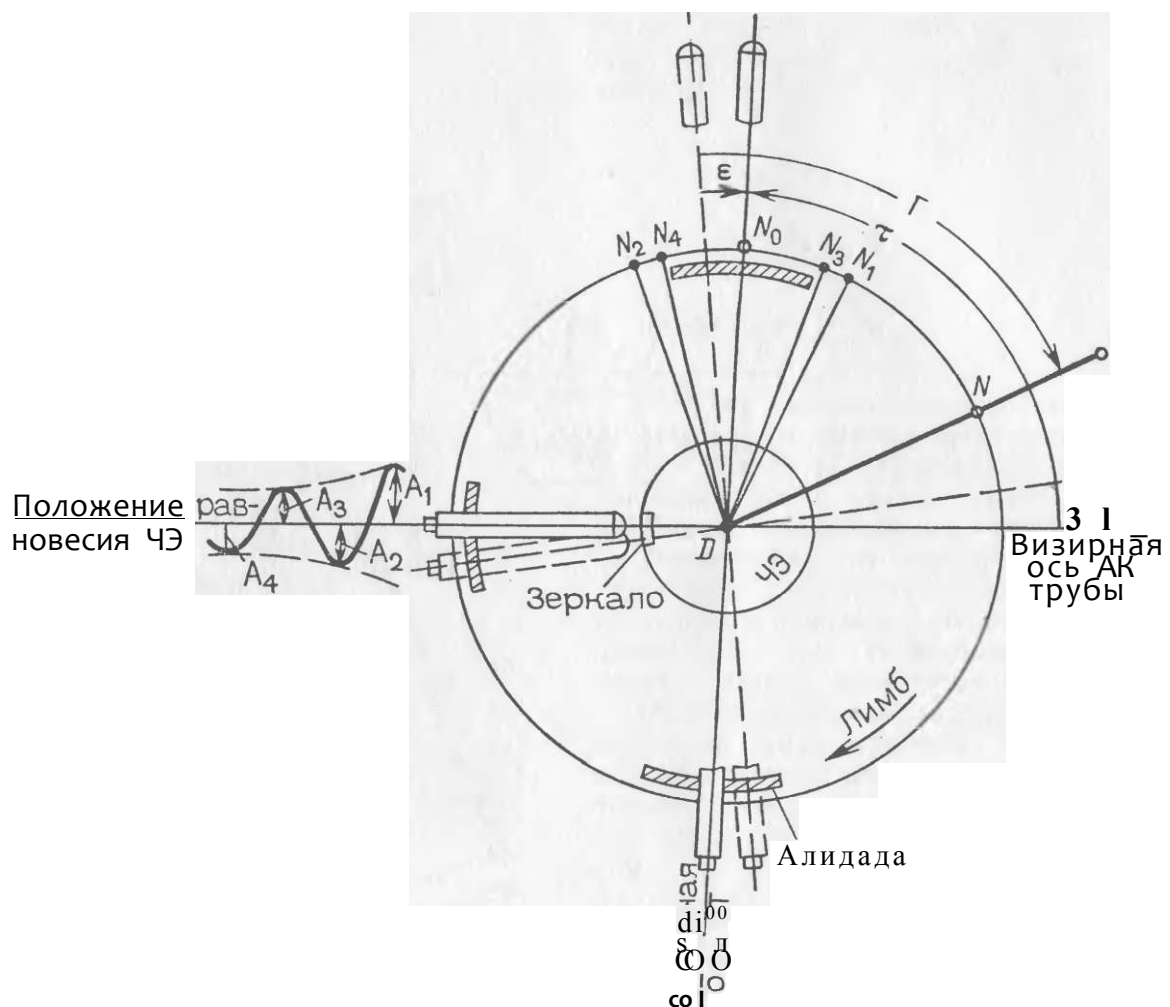


Рис. П1.53. Определение гироскопического азимута стороны гироскопасами MBT2 и MBT4

Угол закручивания подвеса равен углу между положениями равновесия свободных и прецессионных колебаний и состоит из двух углов — угла закручивания из-за неточного ориентирования корпуса гироскопаса и угла закручивания из-за изменения нулевого положения подвеса $\Gamma_{\text{Э}}$. Углы и равны углам между перпендикулярами к зеркалам на корпусе и на ЧЭ (в положении равновесия) при свободных и прецессионных колебаниях ЧЭ

$$\Delta_k = \quad (П1.32)$$

$$(\llcorner - \text{Лк}) t,$$

где t — цена деления шкалы в поле зрения автоколлимационной трубы.

Добротность D зависит от широты места ориентирования. Для широты 60° добротность указана в паспорте гироскопаса. Она может быть пересчитана на любую другую широту и проверена экспериментально.

После вычисления гироскопического азимута и сравнения результатов с установленными допусками арретируют ЧЭ и выключают электропитание. Не ранее чем через 10 мин (время выбега гироскопатора), можно начинать второй пуск (изменив положение корпуса) или готовить прибор к транспортировке (укладывать в футляр).

Гиробуссоль MBБ4 и ее эксплуатация *. Гиробуссоль MBБ4 (рис. П1.54 и П1.55) предназначена для повседневных маркшейдерских работ, связанных с ориентированием, и состоит из гироэлектронного и измерительного блоков. Для работы гиробуссоль устанавливается в трегере на серийном штативе.

Гироэлектронный блок (гироблок) состоит из чувствительного элемента, полу-

* Описание гиробуссоли дано инж. А. В. Лавровым.

проводникового преобразователя и аккумуляторной батареи 12ЦНК 0,9, размещенных во взрывобезопасном корпусе. ЧЭ — полая штанга, в нижней части которой расположен гиromотор и две двенадцатигранные зеркальные призмы измерительного блока, в средней — токоподвод, в верхней — нижний зажим торсионного подвеса. В верхней части корпуса гироблока расположен верхний зажим подвеса, в средней — арретир и шкала для определения положения корпусного зеркала, в нижней — магнитный экран и корпусное зеркало.

На внешнюю поверхность корпуса гироблока выведены рукоятки арретира, включения преобразователя, ручного привода корпусного зеркала и гнездо ключа блокировочного устройства, а также закреплены индикатор разряда батареи и шкала счета граней.

Измерительный блок состоит из двух двенадцатигранных зеркальных призм, повернутых друг относительно друга на 15° , корпусного зеркала и двухканальной зрительной трубы.

Автоколлимационный канал трубы состоит из общего с визирным каналом окуляра, сетки-шкалы и фотообъектива. Визирный канал трубы состоит из окуляра, сетки-шкалы, зеркала для изменения рабочего канала трубы, оптической системы, включающей в себя объектив, фокусирующее устройство, две преломляющие призмы и зеркало для наведения по вертикали.

На внешнюю поверхность измерительного блока выведены рукоятки закрепительного винта, фокусировки и наведения зрительной трубы по вертикали, переключателя рабочих каналов зрительной трубы и ручного привода гироблока, обеспечивающего вращение его относительно измерительного блока вокруг вертикальной оси, а также закреплены подсветка, визир и индекс шкалы счета граней.

При работе визирного канала трубы пучок света, отражаясь от зеркала, проходит через оптическую систему и отражается от зеркала наведения по вертикали (ход пучка на рис. 111.55 показан стрелками). В поле зрения окуляра трубы, как показано на этом рисунке, видна только средняя шкала сетки, по которой снят отсчет, соответствующий направлению на второй пункт стороны. Цена деления Г.

При работе автоколлимационного канала трубы зеркало выводят из поля зрения, пучок света проектирует градусную шкалу сетки через фотообъектив на многогранную зеркальную призму и корпусное зеркало. В поле зрения окуляра видны три шкалы:

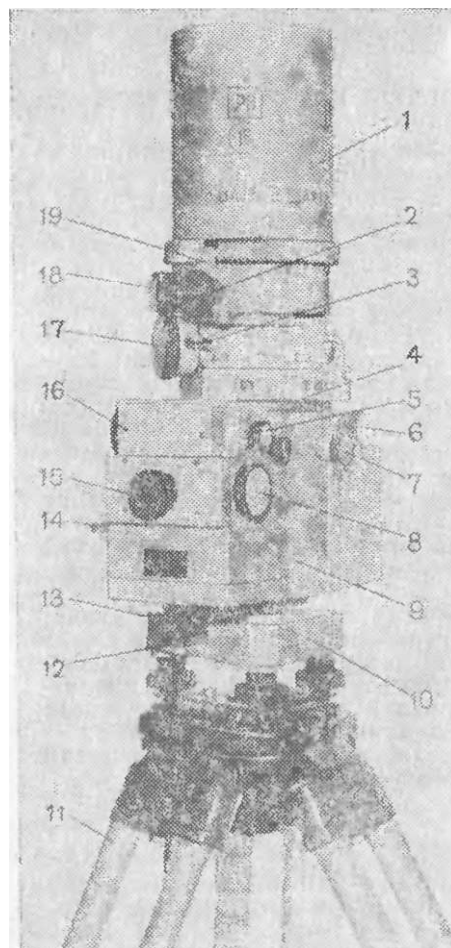


Рис. 111.54. Общий вид гиروبуссоли МВБ4:

1 — гироблок, 2 — индикатор разряда батареи, 3 — ключ блокировочного устройства, 4 — шкала счета граней, 5 — выключатель подсветки, 6 — рукоятка ручного привода гироблока, 7 — закрепительный винт гироблока, 8 — рукоятка переключателя каналов трубы, 9 — измерительный блок, 10 — трегер, 11 — штатив, 12 — закрепительный винт трегера, 13 — рукоятка фокусировки зрительной трубы, 14 — визир, 15 — окуляр трубы, 16 — подсветка, 17 — рукоятка арретира, 18 — рукоятка включения преобразователя, 19 — стопорная планка

неподвижная — отсчетная (цена деления $2'$), расположенная в средней части поля, верхняя — движущаяся, отраженная от рабочей грани призмы, и нижняя — неподвижная, отраженная от корпусного зеркала. Градусные штрихи верхней шкалы являются индексами при наблюдении свободных и прецессионных колебаний, градусные штрихи нижней — при определении места корпуса.

Определение гироскопического азимута стороны гиروبуссолью (рис. П1.5) МВБ4 состоит из тех же операций, выполняемых в том же порядке, что и при определении гироскопическим МВТ2. Однако при подго-

Рис. III.55. Устройство гироскопа МВБ4:

1 — гироскоп; 2 — аккумуляторная батарея; 3 — подвес; 4 — преобразователь; 5 — токоподвод; 6 — рукоятка включения преобразователя; 7 — ЧЭ; 8 — арретир; 9 — рукоятка арретира; 10 — ключ блокировочного устройства; 11 — механизм ручного привода гироскопа; 12 — гироскоп; 13 — измерительный блок; 14 — зеркало для наведения трубы по вертикали; 15 — оптическая система зрительной трубы; 16 — рукоятка для наведения трубы по вертикали; 17 — закрепительный винт трегера; 18 — многогранные зеркальные призмы; 19 — зеркало для изменения канала трубы; 20 — окуляр трубы; 21 — шкала трубы; 22 — фотообъектив автоколлимационной трубы; 23 — корпусное зеркало; 24 — подсветка; 25 — выключатель подсветки; 26 — индекс шкалы счета граней; 27 — шкала счета граней; 28 — шкала корпусного зеркала; 29 — механизм и рукоятка ручного привода корпусного зеркала; 30 — магнитный экран; 31 — индикатор разряда батареи; 32 — нижний зажим подвеса; 31> — верхний зажим подвеса

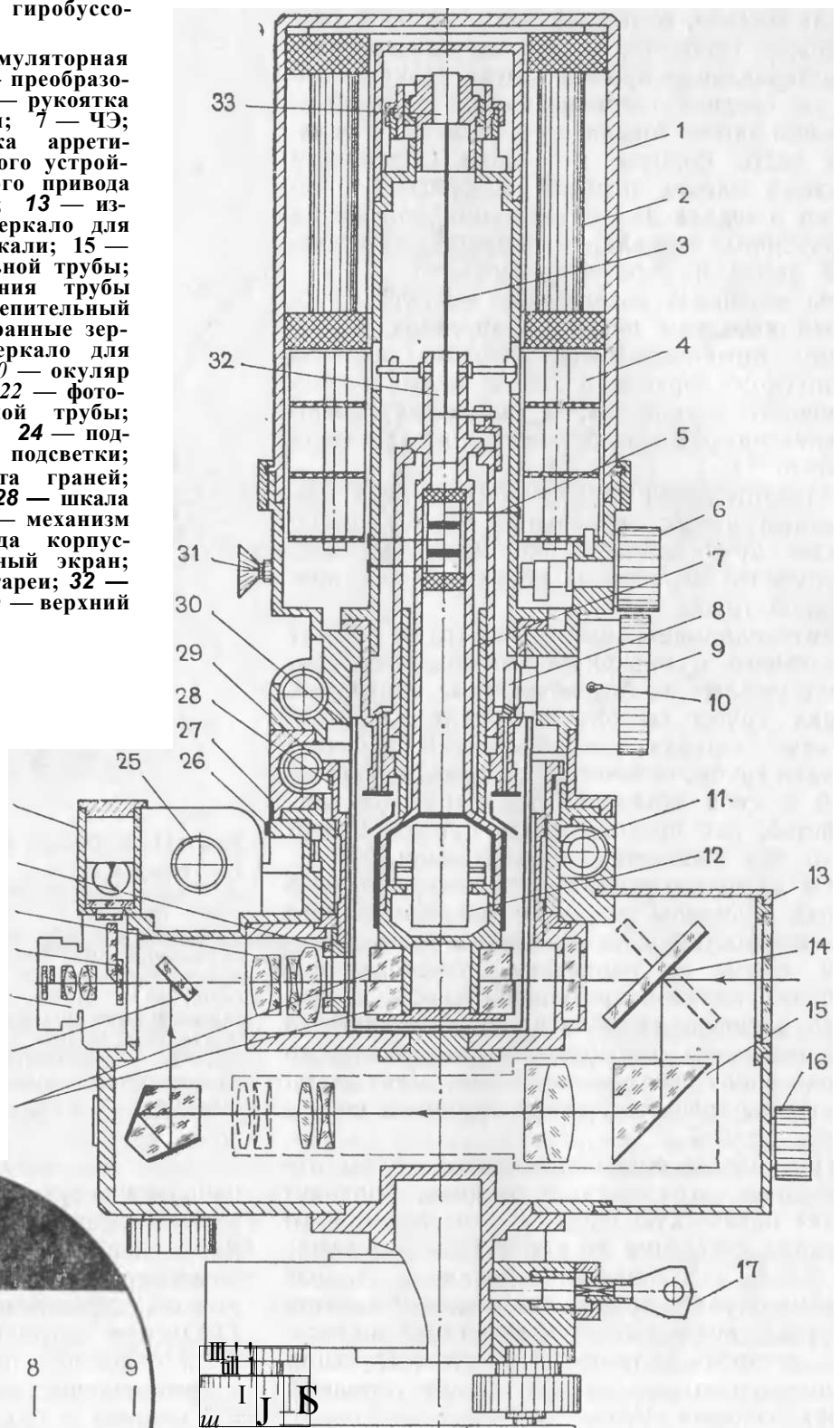


Рис. 111.56. Определение гироскопического азимута стороны гиробуссолью МВБ4:

C_r — гироскопический меридиан; DF — ориентируемая сторона; $3T_0$ и AT_0 , $3T$ и AT — фактическое положение визирных осей визирной и автоколлимационной трубы соответственно на нулевой и рабочей гранях призмы; I — окуляр; II и V — положение равновесия перпендикуляра к рабочей и нулевой граням призмы; III и VII — соответственно автоколлимационная и визирная труба; IV — многогранная зеркальная призма; VI — неотклоненное положение оси визирной трубы на нулевой грани

товке гиробуссоли к работе выполняются две дополнительные операции — ориентирование измерительного блока (открепляется винт трегера и визирная ось трубы наводится на второй пункт стороны) и согласование номера грани на шкале корпусного зеркала со шкалой счета граней (поворотом рукоятки ручного привода корпусного зеркала). Первая операция производится до грубого ориентирования гироблока, вторая — после. Уменьшение амплитуды свободных колебаний достигается совмещением в момент реверсии ЧЭ одинаковых отчетов по верхней и нижней шкалам, видимым в поле зрения автоколлимационного канала трубы.

Гироскопический азимут Γ_6 стороны, ориентируемой гиробуссолью, как видно из рис. 111.56, вычисляется по формуле

$$\Gamma_6 = e - \tau + N_{rp} +$$

(II.33)

где v — поправка за закручивание подвеса; τ — конструктивная постоянная измери-

тельного блока (угол между визирными осями автоколлимационной и визирной трубы); $A^{\wedge}p$ — угол между перпендикулярами к нулевой грани многогранной зеркальной призмы и к рабочей, по которой ведутся наблюдения прецессионных колебаний ЧЭ (берется по паспорту или равняется kN_{mj} где k — число граней между нулевой гранью и рабочей включительно); N_m — угол между перпендикулярами к двум смежным граням (для гиробуссоли МВБ4 $B_{ш} = 15^\circ$); yV_0 — отсчет по шкале автоколлимационного канала трубы, соответствующий положению равновесия ЧЭ (место нуля гироскопа); d , $n_{ш}$, t — соответственно отсчет по шкале визирного канала трубы, количество делений шкалы и цена половины деления в угловой мере.

Если значение Γ_6 представить в виде

$$\Gamma_6 = N_{rp} + nt - N_0 + 8 + (J \wedge q \text{ p i l}) ,$$

то выражение в скобках для гиробуссоли МВБ4 будет величиной постоянной (см. гл. X, п. 4). Эта величина входит в поправку гироскопа и в гироскопический азимут ориентируемой стороны с разными знаками

и не влияет на значение дирекционного угла. Поэтому формулы для вычисления гироскопического азимута Γ стороны, а также поправки ϵ за закручивание подвеса при ориентировании гиробуссоли МВБ4 и гироскомпасами МВТ2 и МВТ4 аналогичны

$$r = N - N_0 + 8, \quad (\text{II } 1.34)$$

где $N = N_{rp} + tit$ — примычное направление. (111.35).

4. Маркшейдерские звуколокаторы

В звуколокационных измерениях используется явление отражения звука от препятствия, расположенного на пути его распространения и возвращения в район расположения звуколокатора. На рис. III.57 показана упрощенная функциональная схема звуколокатора. Генератор возбуждает излучающий преобразователь //, который генерирует в среде локации упругие колебания. Одновременно генератор посылает на регистратор сигнал, фиксирующий момент начала распространения звуковых колебаний в среде локации. Звуковые колебания, дойдя до объекта измерения, отражаются и, пройдя измеряемое расстояние в обратном направлении, воспринимаются приемным преобразователем II. В последнем упругие колебания преобразуются в электромагнитные, которые после усиления фиксируются, отмечая момент приема упругих колебаний, отраженных звуколокатором. Измеряемое расстояние

$$l = \frac{v}{2} (t_2 - t_1) \quad \text{с, м, (} \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{с} \text{)}$$

где v и l_2 — пути прохождения звука в среде локации, м; t_1 и t_2 — моменты времени излучения и приема звука звуколокатором, с; At — временной интервал, за который

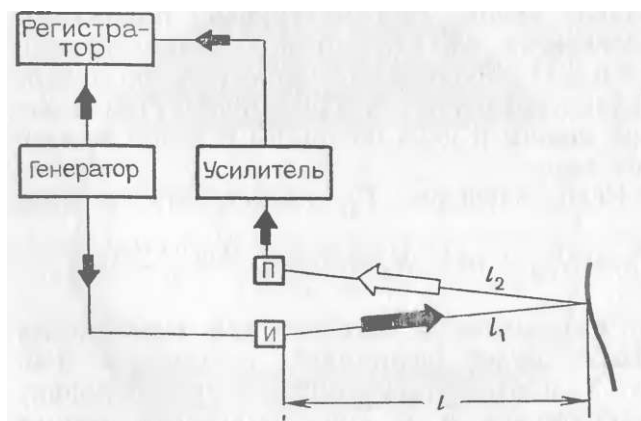


Рис. III.57. Функциональная схема звуколокатора

звук дважды проходит измеряемое расстояние, с; c — скорость распространения упругих колебаний в среде локации, м/с.

При известной скорости распространения звука в среде локации звуколокационные измерения могут быть осуществлены при импульсном и при непрерывном излучении звуковых колебаний. При этом методы измерения временного интервала At определяют принципиальную сущность построения дальномерных звуколокационных систем, конструкторское и схемное решение которых может быть самым разнообразным.

Маркшейдерские звуколокаторы представляют собой импульсные звуколокационные системы с временной модуляцией и демодуляцией. В этих системах посылка в среду локации звуковых импульсов с определенным периодом повторения рассматривается как модуляция по времени, а процесс измерения временного интервала At — как временная демодуляция. Практически временная демодуляция осуществляется сравнением временного сдвига с каким-либо другим показателем, изменение величины которого во времени известно. Если изменение выбранного показателя A временной демодуляции k выражается уравнением

$$A = kt(K), \quad (\text{III } 3.7)$$

где t — время, с; k — коэффициент, характеризующий изменение A во времени к/с, то приращение функции (III.37), равное $\Delta A \approx k \Delta t$ (k), следует рассматривать как меру временного интервала, а следовательно, и измеряемого расстояния, масштабированного в единицах времени.

Синхронизатор определяет частоту следования импульсов в системе и синхронизирует одновременную работу блоков временного модулятора A и демодулятора B (рис. 111.58). Электрические импульсы, период повторения которых обычно несколько превышает максимальное значение At , подаются на импульсный модулятор и одновременно на временной дискриминатор для формирования начального отсчета измерения временного сдвига At .

Импульсный модулятор, синхронизированный с генератором частоты повторения (синхронизатором), формирует импульс нужной формы, заставляющий срабатывать генератор несущей частоты. В последнем формируется высокочастотный импульс, огибающая которого должна (по возможности) воспроизводить форму модулирующего импульса. Высокочастотный импульс возбуждает излучающий преобразователь $Я$, в котором его энергия преобразуется в энер-

гию упругих колебаний, распространяющихся в среде локации.

Упругий импульс, отражаясь от объекта измерения В, воспринимается приемным преобразователем Я, в котором энергия упругих колебаний преобразуется в энергию электрического импульса. Пройдя приемный усилитель, электрический импульс подается на временной дискриминатор демодулятора системы Б.

Во временном дискриминаторе производится сопоставление временных сдвигов принятого импульса и стандартного электрического сигнала, вырабатываемого дискриминатором. Сигнал дискриминатора поступает на регистратор, шкала которого масштабируется в единицах расстояния.

Основные достоинства системы: однозначность результатов измерения, определяемая однозначностью измерения временного сдвига Δt в зависимости от расстояния в течение периода повторения; возможность одновременного измерения расстояний до нескольких объектов, расположенных на различных расстояниях от звуколокатора; возможность получения большой мощности излучения при сравнительно малой потребляемой мощности, что обусловлено импульсной передачей энергии в среду локации за время, малое по сравнению с общим временем измерения.

Недостатки системы: дискретность ряда звуколокационных измерений, обусловленная импульсной подачей энергии в среду локации; сравнительно низкая точность измерения из-за трудности фиксации начальных моментов посылки и приема упругих импульсов по причине несовершенства формы огибающей высокочастотного импульса.

Помимо рассмотренного способа определения временного интервала Δt находят применение методы частотной и фазовой модуляции и демодуляции, а также комбинированные — из трех основных (временная, фазовая и частотная).

По условиям применения маркшейдерские звуколокаторы можно разделить на три группы: для работы в воздушной среде, жидкой среде и в донных отложениях естественных и искусственных водоемов.

Маркшейдерские звуколокаторы для работы в воздушной среде. В эту группу входят звуколокаторы, разработанные для маркшейдерского контроля и съемок глубоких вертикальных рудоспусков, недоступных вертикальных или крутых очистных камер, карстовых полостей в горном массиве, вскрытых буровыми скважинами с поверхности.

Звуколокационный профиль рудоспусков ЗПР-2 раз-



Рис. 111.58. Блок модулятора и демодулятора

работай и изготовлен Ленинградским горным институтом им. Г. В. Плеханова. Звуколокационная съемка локатором ЗПР-2 позволила осуществить оперативный и полный контроль состояния рудоспусков Алмалыкского горно-обогатительного комбината, непосредственная съемка которых не могла быть осуществлена.

Локатор ЗПР-2 выполнен в переносном исполнении. Комплект состоит из электроакустического блока, опускаемого в рудоспуск; подъемного устройства с механизмом подвески электроакустического блока; регистрирующей аппаратуры. Электроакустический блок с регистрирующей аппаратурой соединен кабелем.

Подъемное устройство и регистрирующая аппаратура устанавливаются в устье рудоспуска. Электроакустический блок, состоящий из генератора электрических импульсов и двух магнитострикционных вибраторов, подвешивается на стальной ленте подъемного устройства и опускается в рудоспуск. Механизм подвески имеет градусный лимб, по которому задается направление звукового луча относительно створа лент. Створ ленты ориентируется обычной привязкой к пунктам рабочего обоснования, а глубина спуска электроакустического блока определяется счетчиком глубин.

Таблица III.14

Техническая характеристика звуколокатора для работы в воздушной среде

Тип, изготовитель	Назначение	Эксплуатационные данные			
		Среда локации	Дальность действия; погрешность измерения	Способ регистрации результатов	Производи* тельность
УЗП-3, СССР	Съемка шахтных стволов и технических скважин большого диаметра по вертикальным профилям	Шахтная атмосфера	Глубина съемки до 1000 м, измеряемая дальность до 8 м; ± 20 мм	Автоматический электроискровой самописец с электротермической бумагой. Система координат — прямоугольная	
ЗПР-0, СССР	Съемка глубоких вертикальных рудоспусков по вертикальным профилям и горизонтальным сечениям	Шахтная атмосфера при запыленности до 800 мг/м^3 и влажности до 98%	Глубина съемки до 600 м, измеряемая дальность до 25 м; $\pm 2\%$ U	Визуальный по шкале электронно-лучевого осциллографа. При съемке горизонтальных сечений углы разворота вибратора — визуально по шкале указателя	900 м профиля в час
ЗПК, СССР	Съемка недоступных вертикальных или крутопадающих очистных камер по горизонтальным сечениям	То же	Глубина съемки до 70 м, измеряемая дальность до 50 м; $\pm 2\%$ I_t	Автоматический перьевой самописец в полярной системе координат с автоматической магнитной ориентацией сечений. Масштабы: 1 : 200, 1 : 400	Одно горизонтальное сечение за 6 мин

Тип, изготовитель	Назначение	Эксплуатационные данные			
		Среда локации	Дальность действия; погрешность измерения	Способ регистрации результатов	Производительность
Сфера, СССР	Дистанционная съемка очистных камер по вертикальным, горизонтальным или наклонным сечениям с возможностью подвеса акустической системы на металлической ленте или установке на штативе	Шахтная атмосфера при запыленности до 800 мг/м^3 и влажности до 98%	Глубина съемки до 100 м, измеряемая дальность от 1,5 до 50 м; $\pm 2\%$ I_t	Автоматический перьевой самописец в полярной системе координат. Масштабы: 1 : 200, 1 : 500	Одно сечение любого направления за 6 мин
Зонд, СССР	Дистанционная съемка камер, вскрытых буровой скважиной диаметром 170—200 мм, по горизонтальным сечениям	Шахтная атмосфера с повышенной влажностью и токсичностью, с перепадами температур от -30 до $\pm 80^\circ \text{C}$	Глубина съемки до 1500 м, измеряемая дальность от 1,5 до 50 м; $\pm 2\%$ I_t	То же	Одна полная съемка камеры за 9—10 ч
Пульсар, СССР	Измерение глубины взрывных скважин при открытых и подземных способах разработки месторождений полезных ископаемых	Шахтная атмосфера	Пределы измеряемых расстояний от 5 до 60 м; возможный диаметр скважин от 60 до 220 мм; $\pm 1\%$ U	Визуальный по круговой шкале проблескового регистратора	Время съемки одной скважины в веере 30—35 с

Техническая характеристика звуколокаторов для работы в жидкой среде

Тип, страна	Назначение	Эксплуатационные данные			
		Среда локаций	Дальность действия; погрешность измерения	Способ регистрации результатов	Производительность
Нутромер, США	Съемка подземных хранилищ нефтепродуктов и сжиженных углеводородных газов, сооружаемых методом скважинного выщелачивания	Промышленные рассолы и нефтепродукты	Глубина съемки до 600 м, измеряемая дальность до 150 м; $\pm 5\%$ //, $\tau_a = \pm 2^\circ$	Фото с экрана электронно-лучевого осциллографа с магнитным ориентированием осциллограмм	
Контур, СССР	Съемка подземных хранилищ нефтепродуктов и камер выщелачивания через буровые скважины с поверхности	То же	Глубина съемки до 1200 м, измеряемая дальность до 100 м; $\pm 5\%$ R_h $\tau_a \pm 2^\circ$	Фото на киноплёнку с экрана электронно-лучевого осциллографа с магнитным ориентированием осциллограмм	Одно горизонтальное сечение за 1 мин
Донецк, СССР	Съемка и маркшейдерский контроль проходки шахтных стволов и технических скважин, проводимых бурением	Техническая вода и глинистые буровые растворы	Глубина съемки до 1000 м, измеряемая дальность до 10 м; $\pm 2\%$ R_{it} $\tau_a = \pm 2^\circ$	Блок-диаграмма ствола на ленте перьевого самописца с автоматическим магнитным ориентированием горизонтальных сечений. Система координат — двойная (полярная и прямоугольная). Масштабы: горизонтальный — 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50, 1 : 100, вертикальный — 1 : 50, 1 : 200	Одно горизонтальное сечение за 1,5 мин

Зонд-1, СССР	Съемка подземных хранилищ нефтепродуктов и камер выщелачивания через буровые скважины с поверхности	Водные растворы солей и нефтепродукты	Глубина съемки до 1500 м, измеряемая дальность от 0,3 до 150 м; $\pm 2\%$ R_i , $m_a = \pm 2^\circ$	Фото с экрана электронно-лучевого осциллографа с магнитным ориентированием осциллограмм. Имеет выход на ПАСК-8	Одно горизонтальное сечение за 6 мин
RSB, ФРГ	То же	То же	Глубина съемки до 1800 м, измеряемая дальность от 0,5 до 150 м	Киносъемка с экрана электронно-лучевого осциллографа с магнитным ориентированием осциллограмм	
Галит, СССР	Съемка камер выщелачивания и подземных хранилищ нефтепродуктов, эксплуатируемых через буровые скважины с поверхности. Измерения возможны как в старых камерах, так и через стальную колонну эксплуатационных труб	Промышленные рассолы и нефтепродукты	Глубина съемки до 1500 м, измеряемая дальность от 2 до 200 м; $\pm 1,5\%$ Y , $m_a = \pm 2^\circ$	Автоматический перьевой самописец в полярной системе координат с магнитным ориентированием эограмм. Масштабы: 1 : 250, 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000	Одно горизонтальное сечение за 2 мин
Шахтер, СССР	Маркшейдерский контроль проходки и съемка шахтных стволов, проходимых бурением, по горизонтальным сечениям и вертикальным профилям	Техническая вода и глинистые буровые растворы	Глубина съемки до 1000 м, измеряемая дальность до 8 м; $\pm 2\%$ R_h $m_a = \pm 2^\circ$	Автоматический перьевой самописец в полярной системе координат и ПАСК-8. Масштабы: горизонтальный — 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50, 1 : 100; вертикальный — 1 : 50, 1 : 100, 1 : 200, 1 : 500	Одно горизонтальное сечение за 2 мин, 100 м профиля стенок ствола за 3 мин

Упругие импульсы излучающего вибратора, дойдя до стенки рудоспуска, отражаются и воспринимаются приемным вибратором, в котором они преобразуются в электрические импульсы. Последние передаются по кабелю в регистрирующую аппаратуру. Отсчеты измеряемых расстояний (ось спуска электроакустического блока — стенка рудоспуска) производятся оператором визуально по масштабной шкале на экране электронно-лучевого осциллографа. Наблюдение сигналов на экране осциллографа позволяет не только отсчитывать расстояния в заданных точках, но и контролировать визуально рельеф рудоспуска по направлению профилирования с фиксацией локальных нарушений.

Основные технические данные ЗПР-2

Среда локации	Шахтная атмосфера при запыленности до 800 мг/м ³ и влажности до 98%
Диапазон измеряемых расстояний, м	0,2—25
Максимальная глубина профилирования, м	350
Погрешность измерения расстояний, %	±2
Погрешность ориентирования профиля, градус	±0,5
Производительность, м профиля в час	200

Основные сведения о других звуколокаторах подобного назначения приведены в табл. 111.14.

Маркшейдерские звуколокаторы для работы в жидкой среде. В эту группу входят звуколокаторы, разработанные для маркшейдерского контроля и съемок камер выщелачивания соли через буровые скважины с поверхности, подземных хранилищ нефтепродуктов и сжиженных углеводородных газов, шахтных стволов и технических скважин большого диаметра, проводимых бурением.

Звуколокационная станция «Луч» разработана и изготовлена Ленинградским горным институтом им. Г. В. Плеханова.

Станция «Луч» состоит из наземной измерительной части, скважинного снаряда и спуско-подъемного оборудования, смонтированных на каротажной станции АЭКС-1500. Спуско-подъемное оборудование использовано из этой же станции. Скважинный снаряд на каротажном кабеле опускают в камеру через колонну эксплуатационных труб, поднятых до проектного уровня

съемки. Акустическая система, находящаяся в звукопрозрачной оболочке скважинного снаряда, имеет два самостоятельных приемноизлучающих преобразователя. Излучение одного из них, направленное вертикально вниз по оси спуска снаряда, проходит через калибраторное устройство и дает информацию о скорости распространения звука и концентрации рассола на горизонте съемки, а также о расстоянии до дна камеры. Второй преобразователь, вращающийся вокруг своей вертикальной оси, осуществляет измерение расстояний до стенок камеры. Сигналы от своих преобразователей передаются по кабелю в наземную часть станции, где результаты измерений фиксируются регистраторами. Станция имеет два регистратора. Основной регистратор — автоматический перьевой самописец с полярной системой записи горизонтальных сечений камеры в масштабах 1 : 100, 1 : 200, 1 : 500, 1 : 1000. Второй регистратор — осциллографический с фотоприставкой. Ориентация снимаемых сечений автоматическая — по сигналу магнитного датчика, расположенного в скважинном снаряде.

Основные сведения о других звуколокаторах подобного назначения приведены в табл. 111.15.

Основные технические данные станции «Луч»

Среда локации	Промышленные рассолы любой концентрации
Диапазон измеряемых расстояний, м	0,3—150
Максимальная глубина спуска скважинного снаряда, м	1500
Диапазон измеряемых скоростей звука, м/с	1000—2000
Погрешность измерения радиусов камеры, %	±2
Погрешность измерения скорости звука, %	±1,5
Погрешность измерения плотности рассола, г/см ³	±0,015
Погрешность ориентирования сечений камеры	±2°
Время съемки одного сечения камеры, мин	6

Маркшейдерские звуколокаторы для работы в горных выработках, пройденных в донных отложениях водоемов. В эту группу входят звуколокаторы, разработанные для маркшейдерского контроля и съемок горных

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

ческую систему в вертикальной плоскости. На самописце в этом случае фиксируются расстояния от акустической системы до поверхности забоя (или борта) и оперативные отметки, показывающие угол поворота.

Комплект МГЗ (помимо стационарной установки на драге) может быть использован с облегченным забортным устройством и

Основные технические данные звуколокатора МКЗ

Среда локации	Вода, пульпа и водонасыщенные рыхлые отложения
Дальность действия	В воде и пульпе от 0,5 до 60 м с одновременной фиксацией мощности рыхлых отложений до 5 м (илов до 10 м)
Число стационарно установленных акустических систем	8
Погрешность измерения, %	±2
Производительность, м профиля в час.	До 2000

Список литературы

1. Новый прибор для съемки камер выщелачивания соли через буровые скважины/В. Б. Аранович, А. А. Гурич, В. Н. Карцев — В сб.: Маркшейдерское дело и геодезия. Вып. 2, ЛГИ им. Г. В. Плеханова, 1976, с. 80—87.
2. Малый светодальномер 2СМ-2 и результаты его испытаний/С. В. Аскеров, А. А. Беднягин, А. И. Захаров и др. — Геодезия и картография, 1977, № 8, с. 53—58.
3. Светодальномер МСД-1М/Ю. Н. Водеников, И. М. Лифшиц, Б. Т. Литвинюк и др. — Геодезия и картография, 1974, № 5, с. 19—21.
4. Воронков И. #, Ашмев Н. М. Гирское ориентирование. М., Недра, 1973.
5. Генике Л. Л., Ларин Б. А., Назаров В. М. Геодезические фазовые дальнометры. М. Недра, 1974.
6. ГОСТ 2386—73. Ампулы уровней.
7. ГОСТ 10529—70. Теодолиты. Типы. Основные параметры и технические требования.
8. ГОСТ 20063—74. Теодолиты. Методы испытаний и поверки.
9. ГОСТ 15114—69. Телескопические системы. Визуальный метод определения предела разрушения.
10. ГОСТ 16740—71. Подставки для геодезических приборов.
11. ГОСТ 10528—76. Нивелиры. Технические условия.
12. ГОСТ 11158—76. Рейки нивелирные. Технические условия.
13. ГОСТ 22549—77. Дальнометры двойного изображения. Общие технические условия.
14. Федоров Б. Д., Коробченко Ю. В. Основы геодезии и маркшейдерского дела. М., Недра, 1978.
15. ГОСТ 10812—74. Тахеометры. Типы. Основные параметры. Технические требования.
16. ГОСТ 11897—66. Штативы для геодезических инструментов.
17. ГОСТ 11898—66. Угломеры-тахеометры маркшейдерские. Типы. Основные параметры.
18. ГОСТ 7502—69. Рулетки измерительные металлические.
19. ГОСТ 20778—75. Кипрегель номограммный.
20. ГОСТ 21830—76. Приборы геодезические. Термины и определения.
21. ГОСТ 16263—70. ГСИ. Метрология. Термины и определения.
22. Лазерные геодезические приборы в строительстве/В. В. Грузинов, В. И. Нванишев, В. А. Коугия и др. М., Недра, 1977.

одной акустической системой для съемки подводной части дражного полигона. В этом случае звуколокатор устанавливается на подручных плавательных средствах и обеспечивается автономным источником питания.

Основные сведения о других звуколокаторах подобного назначения приведены в табл. П1.16.

23. Гурич А. А., Таранов А. Э. Маркшейдерская съемка шахтных стволов, проходимых бурением. — Горный журнал, 1976, № 9, с. 28—31.
24. Гусев Н. А. Маркшейдерско-геодезические приборы и инструментальное дело. М., Углетехиздат, 1958.
25. Гусев Н. А. Маркшейдерско-геодезические инструменты и приборы. М., Недра, 1968.
26. Елисеев С. В. Геодезические инструменты и приборы. М., Недра, 1973.
27. Захаров А. И. Новые теодолиты и оптические дальнометры. М., Недра, 1978.
28. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М., Недра, 1964.
29. Звуколокационная съемка горных выработок Д. А. Казаковский, А. А. Гурич, Г. А. Кротов и др. М., Недра, 1973, с. 248.
30. Казаковский Д. Л., Белолоиков Л. Н., Кротов Г. Л. Маркшейдерское дело. 2-е изд. М., Недра, 1970.
31. Котлов А. Ф. Современные геодезические инструменты. М., Высшая школа, 1968.
32. Кочетов Ф. Г. Нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования. М., Недра, 1969.
33. Лавров В. Н. Применение малогабаритного гирокомпаса МВТ2 для построения подземных опорных маркшейдерских сетей. — Труды ВНИИ, 1969, № 75, с. 184—195.
34. Леонтович В. Г. Уход за геодезическими инструментами. Киев, изд-во Академии архитектуры УССР, 1953.
35. Миронович М. И. Краткий каталог-справочник по маркшейдерско-геодезическим приборам. М., Недра, 1972.
36. Оглоблин Д. Н., Рейзенкинд И. >7. Новые маркшейдерские приборы. М., Недра, 1967.
37. Оглоблин Д. Н., Музыкантов В. К. Гирокомпасы в маркшейдерском деле. Киев, Техника, 1970.
38. Пащенко В. З. Радио- и светодальномеры. М., Недра, 1972.
39. Рытое А. В. Спиридонов А. И. Геодезические приборы для крупномасштабных топографических съемок. М., Недра, 1977.
40. Синицин В. А. Отражатель и дальность действия маркшейдерского светодальномера. — Труды ВНИИ, № 87, с. 62—68.
41. Справочник по маркшейдерскому делу/Под ред. А. Н. Омельченко, 3-е изд. М., Недра, 1973.
42. Таранов А. Э. Маркшейдерский лазеромер шахтных стволов. — Горный журнал, 1975, № 6, с. 31—33.
43. Федоров Б. Д. Маркшейдерско-геодезические приборы. М., Недра, 1971.

Триангуляция и трилатерация

1. Маркшейдерско-геодезические опорные сети

Геометрической основой для производства всех маркшейдерских, геологических, геодезических и топографических работ, проводимых для обеспечения деятельности горного предприятия, служат: государственные геодезические сети, сети сгущения и съемочное обоснование, развиваемые методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии, нивелирования и аналитической фотограмметрии в соответствии с действующими общеобязательными инструкциями.

Для обеспечения инженерных работ, в том числе и некоторых маркшейдерских задач, требующих специфического построения сети или особо высокую точность, строятся сети специального назначения по программе, разрабатываемой для каждого отдельного случая.

Главная геодезическая основа — государственная геодезическая сеть СССР, развиваемая в соответствии с «Основными положениями о государственной геодезической сети СССР» и «Инструкцией о построении государственной геодезической сети СССР» (М., «Недра», 1966) методами триангуляции, трилатерации и полигонометрии и подразделяющаяся на сети 1, 2, 3 и 4 классов.

Координаты и высоты геодезических сетей вычисляются в принятых в стране системах координат в проекции Гаусса и в Балтийской системе высот.

2. Сети сгущения

Сети сгущения по классификации 1962 г. — сети местного значения. Они создаются в соответствии с «Инструкцией по топографической съемке в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500» издания 1973 г., «Технической инструкцией по производству маркшейдерских работ» издания 1973 г., «Инструкцией по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства» из-

дания 1974 г. и «Инструкцией по полигонометрии и трилатерации» издания 1976 г. Эти сети, как правило, развиваются на основе пунктов государственной геодезической сети путем перехода от общего к частному (от высшего разряда к низшему), увеличивая плотность пунктов геодезической сети для создания возможности выполнения съемок крупных масштабов и непосредственного решения маркшейдерских задач. Плотность геодезической основы в городах, прочих населенных пунктах и на промплощадках должна быть доведена сетями сгущения не менее чем до 4 пунктов на 1 км², а на незастроенных территориях — до 1 пункта на 1 км².

При отсутствии пунктов государственной геодезической сети для обоснования геометрической основы маркшейдерских работ и производства съемок разрешается создание самостоятельной геодезической сети. При условии, если площадь участка съемки в масштабе 1 : 5000 не превысит 500 км² или в масштабе 1 : 2000 не превысит 100 км², можно ограничиться созданием самостоятельной геодезической сети сгущения, развиваемой методами триангуляции, трилатерации и полигонометрии.

Геодезические сети сгущения (сети местного значения) подразделяются на триангуляции 1 и 2 разрядов (по классификации 1962 г. — аналитические сети 1 и 2 разрядов), трилатерации и полигонометрии 1 и 2 разрядов.

Исходными пунктами для развития сетей сгущения 1 разряда служат пункты государственной геодезической сети 1—4 классов, а сетей 2 разряда — пункты государственной геодезической сети и сетей сгущения 1 разряда. Триангуляция и трилатерация 1 и 2 разрядов развиваются в виде сетей, цепочек треугольников и вставок отдельных пунктов и групп пунктов (рис. IV.1).

Краткая характеристика триангуляций и трилатераций, развиваемых для обеспечения маркшейдерских работ, городского, поселкового,

Таблица IV.1

Характеристика геодезических сетей

Элементы характеристики	4 класс	1 разряд	2 разряд
Длина сторон треугольников, км	1—5	0,5—5	0,25—3
Число треугольников в цепочке		До 10	До 10
Длина цепи треугольников	10	5	3
<i>Триангуляция</i>			
Средняя квадратическая погрешность угла по невязкам треугольника	2"	5"	10"
Невязка в треугольнике	< 8"	< 20"	< 40"
Предельная относительная погрешность выходной (базисной) стороны	1 : 100 000	1 : 50 000	1 : 20 000
Предельная относительная погрешность стороны в наиболее слабом месте	1 : 50 000	1 : 20 000	1 : 10 000
<i>Трилатерация</i>			
Предельная относительная погрешность измерения сторон	1 : 40 000	1 : 20 000	1 : 10 000

промышленного и сельского строительства, приведена в табл. IV.1. При этом наименьшее значение угла треугольника сплошной сети составляет 20° , а связующего в цепочке — 30° .

Горизонтальные направления в триангуляции 1 и 2 разрядов измеряются круговыми приемами теодолитами Т2, Т5 с соблюдением допусков, приведенных в табл. IV.2. В порядке исключения допускается использование тридцатисекундных теодолитов с измерением углов способом повторений двумя приемами по три повторения в триангуляции 1 разряда

и по два повторения в триангуляции 2 разряда. Незамыкание горизонта не должно превышать соответственно $8''$ V_n и $15''$ $I/\sim p$ (p — число углов, замыкающих горизонт). Элементы центрирования и редукции (при внецентренной установке) определяются графически, аналитически или непосредственным замером перед началом наблюдений горизонтальных направлений и после их окончания.

Таблица IV.2

Измерение направлений в триангуляции 1 и 2 разрядов

Показатели	Т2 и равноценные		Т5 и равноценные	
	1 разряд	2 разряд	1 разряд	2 разряд
Число приемов	3	2	4	3
Замыкание горизонта	8"	8"	12"	12"
Колебания направлений из разных приемов	8"	8"	12"	12"

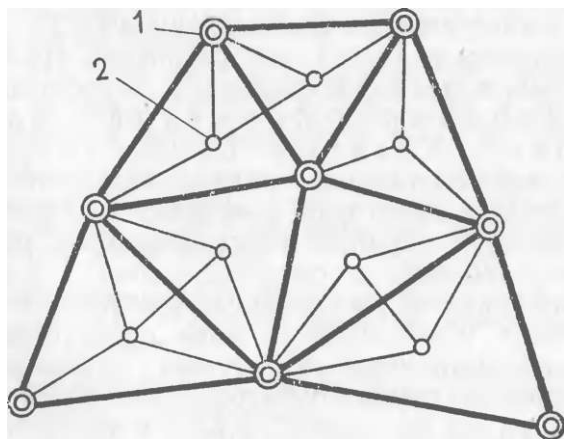


Рис. IV.1. Схема сгущения сети вставками:
/1— исходные пункты, 2 — вновь определяемые пункты

3. Съемочное обоснование

Съемочным обоснованием геодезическую основу доводят до плотности, обеспечивающей непосредственное выполнение съемок. Положение точек съемочного обоснования, как правило, определяют одновременно как в плане, так и по высоте.

Съемочное обоснование строят на основе пунктов маркшейдерско-геодезической сети всех классов и разрядов. Съемочные сети состоят из основных пунктов и определяемых в дополнение к ним съемочных точек. Средние квадратические погрешности положения основных пунктов съемочной сети по отношению к ближайшим пунктам обоснования не должны превышать 0,1 мм в масштабе плана в открытых районах и 0,15 мм — в лесных районах. Средние квадратические погрешности положения пунктов съемочной сети, предназначенных для периодической съемки карьеров, не должны превышать 0,2 м по отношению к ближайшим пунктам опорной маркшейдерской сети.

Основные пункты съемочных сетей определяют методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии, засечек Дурнева и др. При использовании методов триангуляции и трилатерации основные пункты определяются построением цепей треугольников, центральных систем, геодезических четырехугольников, вставок в углы, в треугольники и других типовых фигур, опирающихся на пункты маркшейдерско-геодезической опорной сети, а также посредством различных вставок и засечек одиночных пунктов и нескольких пунктов совместно. Длины сторон треугольников составляют от 0,15 до 3 км.

Углы в треугольниках (или горизонтальные направления) измеряют теодолитами Т15, Т20 и равноточными им двумя круговыми приемами или соответствующим числом повторений, а более точными теодолитами Т5 и другими — одним круговым приемом. Невязки в треугольниках не должны превышать Γ , при длине сторон менее 200 м — $\Gamma 30''$.

Длину базисных сторон измеряют инварными или стальными проволоками, рулетками и лентами, длинномерами АД-1, светодальномерами ТД-2, КДГ-3, СТ-62 и другими мерными приборами, эталонируемыми с относительной ошибкой не более 1 : 40 000. Длину стороны измеряют дважды. Разность между результатами двух измерений не должна превышать 1 : 5000.

Длину сторон при трилатерационном методе построения съемочных сетей измеряют

оптическими дальномерами, стальными лентами, проволоками и другими приборами, компарируемыми с относительной погрешностью не более 1 : 10 000. Расхождение между результатами двух измерений не должно превышать 1 : 2000—1 : 1500.

Результаты измерений уравнивают упрощенными способами.

Съемочные точки определяют засечками, проложением теодолитных ходов, построением сеток, проложением тахеометрических ходов при тахеометрической съемке, графическими способами при мензульной съемке и другими методами.

4. Засечки

При определении координат отдельных пунктов триангуляционным и трилатерационным методами широко используют засечки: прямую, боковую, обратную (задача Потенота), обратную по двум данным пунктам и вспомогательной точке (задача Ганзена), полярную по горизонтальному и вертикальному углам, полярную линейно-угловую, линейную, линейную по двум вертикальным углам и пространственную линейную.

Основные элементы вычисления различных засечек — решение треугольника по заданной стороне и двум углам, решение треугольника по трем заданным сторонам и вычисление координат второй точки по заданным координатам первой точки, расстоянию и дирекционному углу. В маркшейдерской практике все вычисления ведутся на плоскости проекции Гаусса.

Решение треугольника по двум углам A и B и стороне c (рис. IV.2) выполняют по следующим формулам:

$$C = 180^\circ - (A + B); \quad m - c: \sin C; \\ a = m \sin A; \quad b = m \sin B. \quad (IV. 1)$$

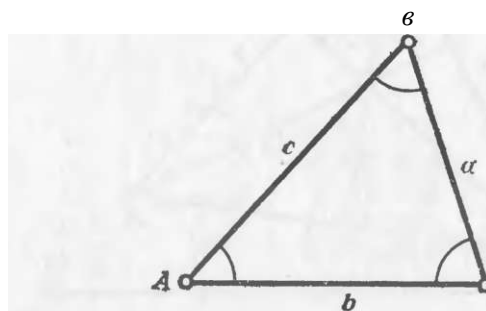


Рис. IV.2. Треугольник триангуляции

Таблица III.14

Решение треугольников по теореме синусов

Вершина	Углы треугольника	Синусы углов	Длина сторон	Сторона
C	89° 37' 21",8	0,9999784	4087,535	C
A	38° 10' 45",8	0,6181257	2526,665	a
B	52° 11' 52",4	0,7901324	3229,764	b
E	180° 00' 00"	4087,623	-	m

Пример решения приведен в табл. IV.3. Решение треугольника выполнено с помощью таблиц натуральных значений синусов. Аналогичным образом решают треугольники и с помощью таблиц логарифмов.

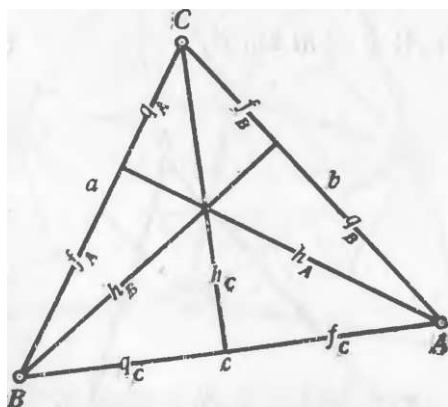
Решение треугольника по трем заданным сторонам — решение линейного треугольника может быть⁴ выполнено по одному из 11 приведенных комплектов формул (IV.2—IV.12). Обозначения: измеренные или данные длины сторон треугольника a, b, c , противолежащие им искомые углы A, B, C (рис. IV.3), площадь треугольника P , радиус круга r , вписанного в треугольник, высоты треугольника h , проекции двух сторон треугольника на третью сторону p и q с соответствующими значками, полупериметр треугольника $p = (a + b + c) : 2$ и полусумма квадратов длин сторон $p_2 = (a^2 + b^2 + c^2) : 2$.

Формулы решения линейных треугольников:

$$\cos A = \frac{p_2 - a^2}{bc} \quad \cos B = \frac{p_2 - b^2}{ac}$$

$$\cos C = \frac{p_2 - c^2}{ab} \quad (IV.2)$$

X
Л



X

Рис. IV.3. Треугольник трилатерации

$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

$$\cos B = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}$$

$$\cos C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$$

(IV.3)

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{2p(p-a)}{bc} \\ \frac{2p(p-b)}{ac} \\ \frac{2p(p-c)}{ab} \end{array} \right.$$

(IV.4)

$$\frac{A}{2} = \frac{p(p-a)}{bc}$$

$$\frac{B}{2} = \frac{p(p-b)}{ac}$$

$$\frac{C}{2} = \frac{p(p-c)}{ab}$$

(IV.5)

$$\frac{A}{2} = \frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}$$

$$\frac{B}{2} = \frac{(p-a)(p-c)}{p(p-b)}$$

$$\frac{C}{2} = \frac{(p-a)(p-b)}{p(p-c)}$$

(IV.6)

$$\frac{A}{2} = \frac{(p-b)(p-c)}{bc}$$

$$\frac{B}{2} = \frac{(p-a)(p-c)}{ac}$$

$$\frac{C}{2} = \frac{(p-a)(p-b)}{ab}$$

(IV.7)

$$\frac{A}{2} = \frac{r}{p-a}$$

л В г

$$\operatorname{tg} \frac{C}{2} = \frac{p-c}{p-a}$$

$$\sin A = \frac{2P}{be}$$

$$\sin B = \frac{2P}{ac}$$

$$\sin C = \frac{2P}{ab}$$

В формулах (IV.8) и (IV.9):

$$p = \frac{(p-a)(p-b)(p-c)}{r}$$

$$P = rp = Vp(p-a)(p-b)(p-c) \quad (\text{IV.9a})$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{he}{b} &= \frac{b\delta}{c} \\ \frac{hc}{a} &= \frac{hA}{c} \\ \frac{h_A}{b} &= \frac{h\delta}{a} \end{aligned} \right\}$$

(IV. 10)

$$\frac{fc}{b} \sim \frac{Яв}{c}$$

$$\cos B = \frac{Яс}{a} - \frac{JB}{a} = \frac{ЯА}{b}$$

(IV.11)

$$\left. \begin{aligned} \frac{he}{b} &\sim \frac{h_B}{c} \\ \frac{h_A}{b} &\sim \frac{he}{c} \\ \frac{fA}{b} &\sim \frac{Яс}{c} \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{h_B}{fB} = \frac{hA}{cA}$$

(IV. 12)

В формулах (IV. 10), (IV.И) и (IV. 12):

$$fc = \frac{P2-a^2}{c}$$

$$Яс = P2-b^2 - c - fc$$

$$fA = \frac{P2-b^2}{a}$$

(IV.13)

$$ЯА = \frac{P2-C^2}{a} - a - fA$$

(IV.8)

$$h^2 = Vc^2 - f_A^2 = Vb^2 - q^2_A$$

(IV.14)

$$\frac{Pi}{b} = c^2$$

Яв

$$\frac{2P}{6}$$

(IV.15)

В табл. IV.4 приведен пример решения треугольника по формулам (IV.2).

Решение по формулам (IV.2) имеет некоторое преимущество по сравнению с решением по формулам (IV.4), так как хотя число вычислительных операций одинаково, но при вычислении по формулам (IV.4) приходится иметь дело с большим количеством значащих цифр. Наиболее целесообразно было бы применение формул (IV.6) при наличии таблиц квадратов тангенсов половинных углов. Пример решения треугольника по формуле (IV.6) приведен в табл. IV.5.

Вычисление координат определяемого пункта С при двух заданных пунктах А и В (рис. IV.4), после решения треугольника, производят по формулам:

$$XC = X_a + bXAC = X_a + b \cos T_{AC} =$$

$$= X_A + b \cos (T_{AB} + A);$$

$$Yc = Y_A + A YAC = Y_A + b \sin T_{AC} =$$

$$= Y_A + b \sin (T_{AB} + A). \quad (\text{IV. 16})$$

Таблица IV.4

Решение линейных треугольников

a	a ²	2526,665	6 394 036
b	b ²	3229,764	10 431 375
c	c ²	4087,535	16 707 942
-	2P ₂	-	33 523 353
-	P2	-	16 761 676
be	P2 - a ²	13 201 773	10 377 640
ac	p ₂ - b ²	10 327 832	6 330 301
ab	P2 - c ²	8 160 532	53 734
cos A	A	0,7860793	38° 10' 45 ¹⁰ / ₈
cos B	B	0,6129361	52° 1Г52",4
cos C	C	0,0065846	89° 37' 21",8

Таблица III.14

Решение линейного треугольника по формулам (IV.6)

a	$(P - a)$	2526,665	2395,317
b	$(P - b)$	3229,764	1692,218
c	$(P - c)$	4087,535	834,447
$2p$	P	9843,964	4921,982
$P(P - a)$	$(P - b)(p - c)$	И 789 707	1 412 066
$P(P - b)$	$(P - a)(p - c)$	8 329 067	1 998 765
$P(P - c)$	$(P - a)(p - b)$	4 107 133	4 053 399
$tg * 4 -$	A	0,1197711	38° 10' 45",8
$tg * 4$	B	0,2399747	52° И' 52",4
$tg * 4 -$	C	0,9869169	89° 37' 21 ",8

Для контроля координаты пункта C вычисляют второй раз, исходя от данного пункта B :

$$\begin{aligned} X_C &= X_B + \Delta X_{BC} = X_B + \Delta \cos T_{BC} = \\ &= X_B + a \cos (T_{BA} - B); \end{aligned} \quad (IV. 17)$$

$$\begin{aligned} Y_C &= Y_B + \Delta Y_{BC} = Y_B + \Delta \sin T_{BC} = \\ &= Y_B + a \sin (T_{BA} - B). \end{aligned}$$

Пример вычисления координат пункта приведен в табл. IV.6.

Прямая засечка. На двух данных пунктах A и B (см. рис. IV.4) измерены два горизонтальных угла A и B между данными направлением AB (BA) и направлениями на определяемый пункт C . Вычисление координат определяемого пункта можно выполнить путем решения треугольника (табл. IV.3) и вычисления координат (табл. IV.6).

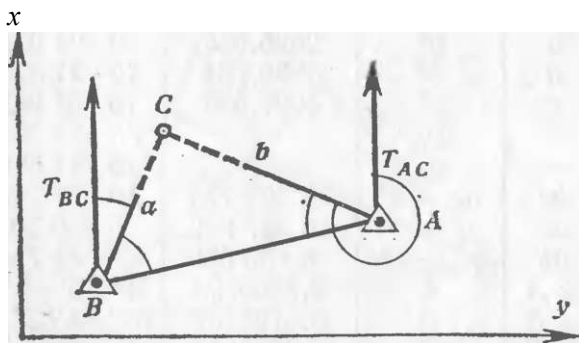


Рис. IV.4. Прямая засечка

Координаты пункта C можно вычислять и не решая треугольника по формулам:

$$X_C = \frac{X_A \operatorname{ctg} B + X_B \operatorname{ctg} A + (Y_A - Y_B)}{\operatorname{ctg} A + \operatorname{ctg} B} \quad (IV. 18)$$

$$Y_C = \frac{Y_A \operatorname{ctg} B + Y_B \operatorname{ctg} A - (X_A - X_B)}{\operatorname{ctg} A + \operatorname{ctg} B}$$

где аргументами являются углы треугольника A и B .

По измеренным углам можно определить дирекционные углы $T_{AC} = T_{AB} + A$; $T_{BC} = T_{BA} - B$ и затем координаты точки C вычислить по формулам:

$$X_C = \frac{Y_A - Y_B - X_A \operatorname{tg} T_{AC} + X_B \operatorname{tg} T_{BC}}{\operatorname{tg} T_{BC} - \operatorname{tg} T_{AC}} \quad (IV. 19)$$

$$Y_C = X_C \operatorname{tg} T_{BC} - X_B \operatorname{tg} T_{BC} + Y_B$$

Для облегчения арифметических вычислений целесообразно по приведенным формулам вычислять не X_C и Y_C , а ΔX_{BC} и ΔY_{BC} (или ΔX_{AC} и ΔY_{AC}). Целесообразно вычислять координаты $X_C = X_B + \Delta X_{BC}$ и $Y_C = Y_B + \Delta Y_{BC}$, принимая координаты точки B : $X_B = 0$ и $Y_B = 0$. В этом случае $X_C = X_A - X_B$ и $Y_C = Y_A - Y_B$.

Боковая засечка. Измеряют два горизонтальных угла L и C : один на данном пункте L (или B), другой на определяемом пункте C (см. рис. IV.4). Координаты определяемого пункта C вычисляют так же, как и при прямой засечке.

Таблица III. 11

Вычисление координат (решение прямой задачи)

A	β	A	β
C	c	C	c
T_{AB}	$T_{\beta A}$	$261^{\circ} 2' 26'',1$	$81^{\circ} 2' 26'',1$
$Z A$	$— Z \beta$	$+38^{\circ} 10' 45'',8$	$—52^{\circ} 1' 52'',4$
T_{AC}	$T_{\beta c}$	$299^{\circ} 32' 1'',9$	$29^{\circ} 09' 33'',7$
Y_a	Y_b	$8\ 612\ 804,031$	$8\ 608\ 762,912$
$A Y_{AC}$	$A Y_{BC}$	$—2\ 810,026$	$+1\ 231,093$
Y_c	Y_c	$8\ 609\ 994,005$	$8\ 609\ 994,005$
X_A	X_B	$6\ 924\ 326,710$	$6\ 923\ 712,463$
DX_{AC}	$BX_{\beta c}$	$+1\ 592,209$	$+2\ 206,456$
X_C	X_c	$6\ 925\ 918,919$	$6\ 925\ 918,919$
$\sin T_{AC}$	$\sin T_{\beta c}$	$0,8700408$	$0,4872402$
B	a	$3\ 229,764$	$2\ 526,665$
$\cos T_{AC}$	$\cos T_{\beta c}$	$0,4929798$	$0,8732680$

Обратная засечка по трем данным пунктам (задача Потенота). На определяемой точке D измеряют углы α и β между направлениями на три пункта A , B и C (рис. IV.5). Существует очень много формул для решения этой задачи. Приводим один из возможных вариантов:

$$T_a = T_{ab} + (a - 90^{\circ});$$

$$T_{\beta} = T_{\beta c} + (90^{\circ} - \beta - a);$$

$$R_a = S_{AB} \operatorname{cosec} a;$$

$$= S_{BC} \operatorname{cosec} (\beta - a); \quad (IV.20)$$

$$AY_a = R_a \sin T_a;$$

$$AY_{\beta} = R_{\beta} \sin$$

$$AX_a = R_a \cos T_a;$$

$$AX_{\beta} = R_{\beta} \cos T_{\beta}; \quad (IV.21)$$

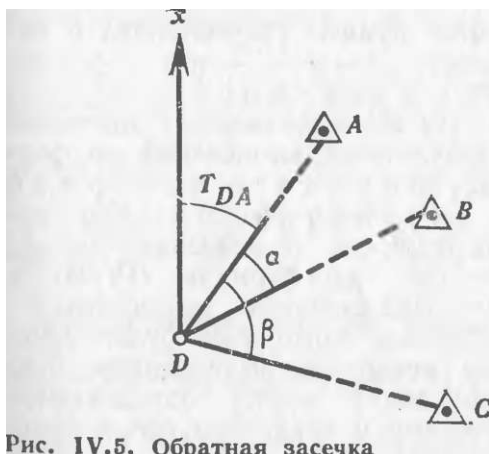


Рис. IV.5. Обратная засечка

$$AK = AY_a - AK_{\beta};$$

$$k = -AX : AY;$$

$$N = AX_a + AY_{\beta}k;$$

$$AX_{BD} = N : (1 + k);$$

$$AY_{bd} = AX_{\beta} - k \cdot AX_{BD};$$

$$X_D = X_B + AX_{\beta} - k \cdot AX_{BD};$$

$$Y_D = Y_B + AY_{\beta} - k \cdot AY_{BD}. \quad (IV.22)$$

Обратная засечка — по двум данным пунктам и вспомогательной точке (задача Ганзена). Измерено четыре угла 1, 2, 3, 4 на двух определяемых пунктах C и D между направлением CD и направлениями на два данных пункта A и B (рис. IV.6). Координаты пунк-

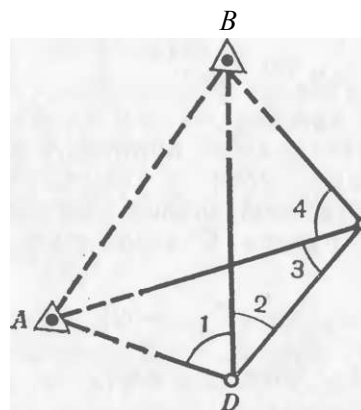


Рис. IV.6. Задача Ганзена

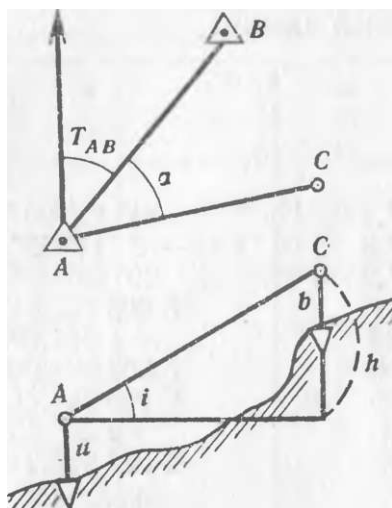


Рис. IV.7. Полярная засечка

тов A и B могут быть вычислены с помощью условной (произвольной) системы координат.

Полярная засечка — по горизонтальному и вертикальному углам. На данном пункте A (рис. IV.7) измерен горизонтальный угол a между данным направлением AB и направлением на определяемый пункт C , а также вертикальный угол i (угол наклона) с точки L на точку C (или с точки C на точку L). Отметки точек L и C , H_A и H_C известны из геометрического нивелирования. Вычисляют дирекционный угол $TAC = TAB + a$ и горизонтальное расстояние

$$S^{\wedge}C = (c - H_A - u_A + b_c) \operatorname{ctg} i = h \operatorname{ctg} i, \quad (IV.23)$$

где u_A — высота инструмента; b_c — высота веши.

Координаты пункта C (см. табл. IV.6) вычисляют по формулам

$$K_C = \begin{matrix} S_{LC} \cos T_{AC} \\ + \\ S_{AC} \sin T_{AC} \end{matrix} \quad (IV.23a)$$

Полярная засечка — линейно-угловая. На данном пункте L измерены горизонтальный угол a (верхняя часть рис. IV.7) и горизонтальное расстояние $S^{\wedge}C$. Координаты пункта C вычисляют по формулам

$$\begin{aligned} x_C &= x_A + S_{AC} \cos(T_{AB} + a) \\ y_C &= y_A + S_{AC} \sin(T_{AB} + a) \end{aligned} \quad (IV.24)$$

Линейная засечка. Измерены два расстояния a и b от определяемого

пункта C до данных пунктов A и B (см. рис. IV.3). Вычисление координат определяемого пункта можно вести в такой последовательности: решить линейный треугольник (см. табл. IV.4 или IV.5) и вычислить углы треугольника L , B и C , затем вычислить координаты (см. табл. IV.6).

Координаты определяемого пункта C можно вычислять и не решая треугольника, исходя из пункта L , * по формулам

$$= + f r \cos T_{AB} - h_c \sin T_{AB} \quad (IV.25)$$

$$y_C = y_A + l_C \sin T_{AB} + h_c \cos T_{AB}$$

Те же координаты, исходя из пункта B , вычисляют по формулам

$$= - y_C \cos T_{AB} - h_c \sin T_{AB} \quad (IV.26)$$

$$y_C = \sim y_C \sin T_{AB} + h_C \cos T_{AB}$$

$$f c = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2c}$$

$$y_C = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2c} = c - f r$$

$$\sin T_{AB} = \frac{Vb - VA}{c}$$

$$\cos T_{AB} = \frac{XB - XA}{c} \quad (IV.27)$$

Высоте треугольника h_c придается знак плюс, если точка C расположена справа от линии LB , и знак минус, если точка C расположена слева от линии AB (или, что то же самое, справа от линии BA). Под точками L и B понимаются данные пункты, под точкой C — определяемый.

Обозначаются пункты треугольника в последовательности $L-B-C$ по ходу часовой стрелки.

Формулы (IV.26) считаются контрольными для результатов вычислений по формулам (IV.25), но полного контроля они не обеспечивают. При допущении погрешности в значениях h_c $\sin T_{AB}$ $\cos T_{AB}$ формулы (IV.25) и (IV.26) дадут тождественные результаты.

Более надежным контролем будет сравнение суммы квадратов вычисленных приращений координат между определяемой и данной точками с квадратом соответствующего расстояния.

Таблица III. 11

Решение линейной засечки

A		A	
C	β	C	β
X_C	Y_C	6 925 918,919	8 609 994,005
$\&X_{AC}$	$A Y_{AC}$	+ 1 592,209	—2 810,026
X_A	Y_A	6 924 326,710	8 612 803,031
X_B	Y_B	6 923 712,463	8 608 762,912
$(XB-XA)$	$(Y_B \sim Y_A)$	614,247	—4 041,119
a	$a : c$	2 526,665	0,6181390
b	$b : c$	3 229,764	0,7901496
c	$(a : c)^2$	4 086,535	0,3820958
	$(b : c)^2$	0,1211203	0,6 243 364
1 ^a VI			
$f = 0,5 + k$	h'	0,6211203	0,4884117
$\Gamma (x\beta \sim X_A)$	$\Gamma (Y\beta - Y_A)$	—381,521	—2 510,021
$-h' (YB - Y_A)$	$BI (X\beta - X_A)$	+ 1 973,730	—300,005
$D X_{BC} = X_C - X_B$	$\&Y\beta c = Y_C - Y_B$	+2 206,456	+ 1 231,093
$AX^2_{\beta c} + D Y^2_{\beta c}$	a^2	6 384 038	6 384 036

В табл. IV.7 приведен пример вычисления координат пункта С по приращениям координат с пункта А. В качестве контроля вычисляют сумму квадратов разностей координат пунктов С и Б, которая в пределах точности вычислений (несколько единиц седьмой значащей цифры) должна равняться a^2 . В табл. IV.7 в целях уменьшения объема и большего удобства вычислений определяемые элементы треугольника /с и h' выражены в единицах длины С. Тогда вместо уравнений (IV.25) имеем

$$= + f'c (x\beta - x_A) - h'c (Y\beta - Y_A)'$$

$$Y_C = Y_A + f'c (Y_B - Y_A) + h'c (x\beta - x_A)'$$

$$= 0,5 + k;$$

$$L_C = \wedge = /(|)^2 - (/c)^2 - (IV.28 >$$

Вместо формул (IV.26) имеем уравнения

$$= - c'c (x\beta - x_A) - h'c (Y_B - Y_A)'$$

$$Y_C = Y_B - Q'c (Y\beta \sim Y_A) + h'c (X_B - A_n);$$

$$= 0,5 - k \setminus$$

$$h'c - = (T')^2 - (Y_C)^2 \cdot (IV.29)$$

Имеются и Другие формулы, например Крюгера, Полевого и др.

Линейная засечка по двум вертикальным углам. С определяемого пункта С измерены два вертикальных угла на данные пункты А и В или с данных пунктов на определяемый. Отметки точек А, В и С известны из геометрического нивелирования. Горизонтальные расстояния определяют по формуле

$$S_{CA} = i^H A - H C - u_c + b_A) \quad l_{CA} =$$

$$= l_{CA}^{CX} * l_{CA}^*$$

$$B_{CB} = (u_{\beta} - u_c \sim u_c + b_B) \quad l_{CB} =$$

$$= H_{CB} \wedge l_{CB}$$

$$(IV.30)$$

аналогично полярной засечке по горизонтальному и вертикальному углам. Затем вычисляют координаты определяемого пункта аналогично линейной засечке.

А у*» О

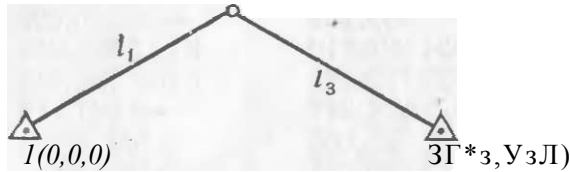


Рис. IV.8. Пространственная линейная засечка

Пространственная линейная засечка. Измерены три наклонные расстояния l_1 и l_3 от определяемого пункта Р до данных пунктов 1, 2, 3 (рис. IV.8). Углы наклона измеренных расстояний не очень малы (порядка 5° и больше). Начало координат перенесено в пункт 1, так что $x_1 = 0$, $y_1 = 0$, $z_1 = 0$; $x_2 = x_2$ (дан) — (дан) и т. д. Тогда координаты определяемого пункта x , y и z могут быть вычислены по формулам:

$$z = -A \pm \sqrt{A^2 - B};$$

$$y = -bz - k \quad (IV.31)$$

$$x = cz + r;$$

$$A = \{cr + bk\} : (1 + b^2 + c^2) \quad (IV.32)$$

$$B = (k^2 + r^2 - l^2) : (1 + b^2 + c^2);$$

$$a = \dots$$

$$\wedge = (Z_2^*3 - X_2^*3) \cdot a;$$

$$\& = (i: x_3 - x_2/3) : a;$$

$$' = \quad (IV.33)$$

$$\wedge \approx 0,5 (l^2 - l^2 - x^2 - ?! - zf);$$

$$/3 = 0,5 (l^2 - l^2 - x^2 - \wedge - z^2);$$

$$/i = /J \text{ (изм)} - 2 (z - z_x) + b \wedge p;$$

$$if = \text{ (изм)} - 2 (z - z_2) (b_x + b_2)_{2-p};$$

$$4 = /2 \text{ (изм)} - 2 (z - z_3) (b_r + b_2)_{3-p}; \quad (IV.34)$$

В последних трех уравнениях поправочный член $2 (z - z_j) (b_x + b_2)_{i-P}$ мал по сравнению с If , в поправочных членах z — приближенное значение высоты определяемой точки. Поправки b_x и b_2 — малые величины

и могут выбираться из таблиц; — поправка за кривизну Земли; b_2 — поправка за масштаб в проекции Гаусса:

$$b_1 = d^2 : 2rf; \quad b_2 = (z - z_0) y^2 : 2R \quad (IV.35)$$

где R — средний радиус кривизны в точке, находящейся примерно в центре фигуры засечки; y — ордината той же точки, отсчитываемая от осевого меридиана; d — горизонтальное проложение расстояния. В большинстве случаев маркшейдерской практики поправками b_x и b_2 можно пренебречь, т. е. считать, что $b_x = 0$ (изм.).

Координаты x , y и z определяемого пункта Р можно вычислить методом последовательных приближений. В условиях маркшейдерской практики применение метода последовательных приближений целесообразнее, чем использование конечных формул, приведенных выше. Вычисления ведутся не в условной, а в принятой в данном районе системе координат. Получая каким-либо путем (графически с плана) приближенные координаты определяемого пункта x , y и z , вычисляют расстояния (выч) до трех данных пунктов ($i = 1, 2, 3$) и составляют три уравнения

$$afix + bfiy + cfiz + o_i = 0, \quad (IV.36)$$

где b_x , b_y , b_z — поправки к приближенным координатам определяемого пункта:

$$CL \& - X - X_j,$$

$$bi = y - ya \quad Ci = z - Zi$$

$$w \quad 1 \quad \text{(изм)} \}. \quad (IV.37)$$

Решив эти уравнения, получим b_x , b_y , b_z и

$$X = x + b_x,$$

$$Y = y + b_y$$

$$Z = z + b_z.$$

Целесообразнее вместо уравнений (IV.36) решать нормальные уравнения поправок (IV.38)

$$[aa] b_x + [ab] b_y + [ac] b_z + [aw] = 0;$$

$$[ab] b_x + [bb] b_y + [be] b_z + [bw] = 0;$$

$$[ac] b_x + [be] b_y + [ce] b_z + [cw] = 0, \quad (IV.38)$$

$$[ac] b_x + [be] b_y + [ce] b_z + [cw] = 0,$$

где

$$[aa] = a^2 + a^2 + a^2$$

$$[ab] = a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 \text{ и т. д.}$$

Решая нормальные уравнения, получают те же значения поправок $\bar{b}_x$, $\bar{b}_y$, $\bar{b}_z$, что и при решении уравнения (IV.37). В этом случае несложно произвести оценку точности, воспользовавшись формулами способа наименьших квадратов.

Уравнения, аналогичные уравнениям (IV.36), можно написать в другой форме

$$a\bar{b}_x + b\bar{b}_y + c\bar{b}_z + w = 0,$$

где

$$b_t = (y_t - Y) - h \quad (IV.39)$$

$$w = I_c(\text{выч}) - I_c(\text{изм});$$

$\bar{b}_x$, $\bar{b}_y$ и $\bar{b}_z$, как и в уравнении (IV.36), — поправки к приближенным координатам определяемого пункта. Решив уравнения (IV.39), получим поправки $\bar{b}_x$, $\bar{b}_y$, $\bar{b}_z$.

Целесообразно вместо уравнений (IV.39) составить нормальные уравнения поправок

$$[a'a'] \bar{b}_x + [a'b'] \bar{b}_y + [a'c'] \bar{b}_z + [a'w'] = 0$$

$$[a'b'] \bar{b}_x + [b'b'] \bar{b}_y + [b'c'] \bar{b}_z + [b'w'] = 0$$

$$[a'c'] \bar{b}_x + [b'c'] \bar{b}_y + [c'c'] \bar{b}_z + [c'w'] = 0.$$

(IV.40)

Решив эти уравнения, получим поправки к приближенным координатам определяемого пункта. Арифметически проще вычислять коэффициенты a , b , c и w , а не a' , b' , c' и w' .

При наличии более трех данных пунктов и соответствующего числа измеренных расстояний / получим более трех уравнений (IV.36) или (IV.39), в правых частях которых в этом случае вместо нулей необходимо поставить поправки:

V (в формулу (IV.36) и VI — в формулу (IV.39).

Таблица IV.8

Пространственная линейная засечка. Исходные данные

Пункт	X	Y	Z	/ (изм)	/ (выч)
1	11 502,61	5998,61	316,24	2233,73	2221,45
2	10 496,38	3004,22	421,12	2241,93	2234,73
3	13 004,07	2001,32	552,62	2062,67	2073,25
4	14 501,02	4511,45	454,82	2072,26	2082,37

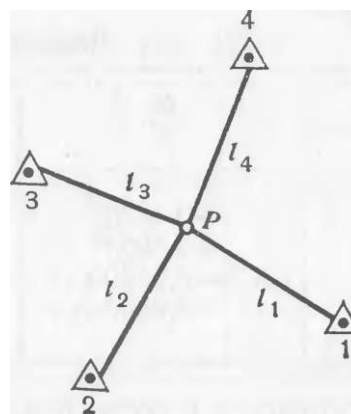


Рис. IV.9. Схема засечки

Для решения уравнений (IV.36) или (IV.39) следует применять способ наименьших квадратов, т. е. необходимо составление и решение нормальных уравнений поправок. При составлении нормальных уравнений нужно учитывать веса уравнений погрешностей. Для уравнения (IV.39) веса равны $A: t^2$, а для (IV.36) — $(k: t)^2$ (Л': Второй множитель $A: 1$ вызван искусственным приемом составления уравнения (IV.36), где в качестве измеряемых величин принята $\sim 1/t$ вместо I . [см. выражения (XIV.65)—(XIV.70)].

Пример вычисления пространственной линейной засечки (рис. IV.9). Измерены равноточно четыре наклонные расстояния от определяемого пункта P до данных пунктов 1, 2, 3 и 4. Приближенные координаты определяемого пункта получены с плана графически и приняты равными $x = 12\,488$ м, $y = 4008$ м, $z = 280$ м. Исходные данные, измеренные и вычисленные длины приведены в табл. IV.8.

В табл. IV.9 приведены четыре уравнения погрешностей, отвечающие четырем изме-

Таблица III. 11

Параметрические уравнения поправок

Сторон а	$\frac{b^*}{a'}$	$\frac{b^*}{b'}$	$\frac{b^*}{c'}$	w'
	+0,4435	—0,8964	-0,0162	— 12,28
	+0,8913	+0,4492	-0,0631	—7,20
	—0,2489	+0,9682	-0,0352	+ 10,58
	—0,9669	—0,2416	-0,0841	+ 10,11

ренным расстояниям и составленные в соответствии с уравнением (IV.39).

Если бы было произведено только необходимое число измерений длины трех сторон l_2 и l_3 , то поправки к приближенным координатам следовало бы получить путем решения первых трех уравнений (первых трех строк) (см. табл. IV.9). Можно непосредственно решить эти уравнения или по ним составить и решить три нормальных уравнения поправок. В результате решения получены следующие значения поправок: $b_x = +12,12$; $t_x = \pm 2,4t$; $b^* = -7,74$; $m_y = \pm 1,4t$; $S_z = \pm 2,0$; $m_z = \pm 37,2t$.

учтя все четыре уравнения (табл. IV.9), составляя по ним и решая три нормальные уравнения поправок, получаем такие значения поправок:

$$b_x = +12,16; \quad \Delta x = \pm 0,72t; \quad b^* = -7,72; \\ m_y = \pm 0,7m; \quad \Delta z = +2,58; \quad m_z = \pm 9,2m.$$

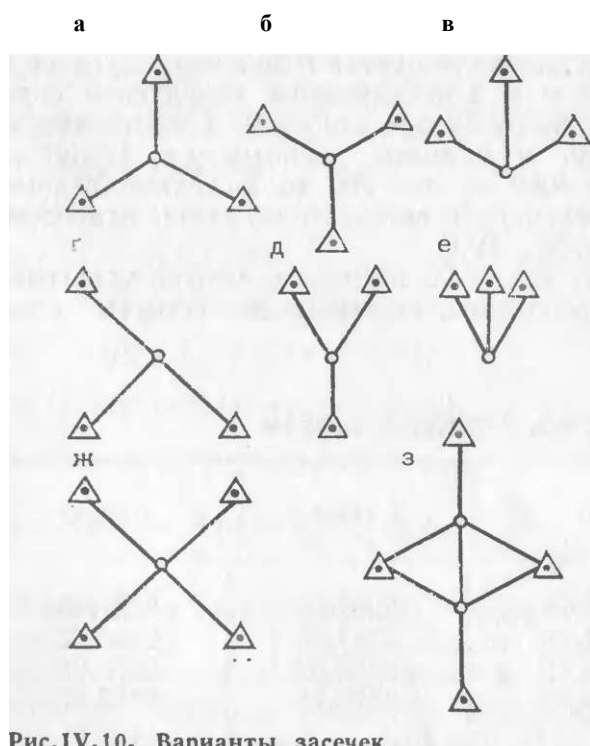


Рис. IV.10. Варианты засечек

Здесь, как и выше, t — средняя квадратическая погрешность измерения длин сторон. В результате уравнительных вычислений получено $[и] = 0,00044$ и формально $t = \sqrt{[и]} = 0,021$ м, что хорошо согласуется с априорной погрешностью измерения длин, но значение $t = \pm 0,021$ нельзя использовать для оценки функций, так как оно получено ненадежно, при минимальном числе избыточных измерений — степеней свободы $r = 1$.

Некоторое примерное представление о возможной точности определения координат пунктов методом пространственной линейной засечки дает характеристика нескольких геометрически правильных схем построений вставок пунктов. На рис. IV.10 кружками показаны определяемые пункты, треугольниками — заданные тремя координатами пункты маркшейдерско-геодезической сети, сплошными линиями — измеренные расстояния. Вставки по схемам IV.10, а, б, в, г, д, е не имеют избыточных измерений; вставки по схемам IV.10, ж, з, имеют по одному избыточному измерению. Считая длины всех сторон измеренными равноточно со средней квадратической погрешностью t , и принимая высоты всех данных пунктов равными (одинаковыми), получаем формулы для вычисления средних квадратических погрешностей координат определяемого пункта

$$m_z = Am \operatorname{cosec} t; \\ m_x = Bm \sec i; \\ m_y = Cm \sec t. \quad (IV.41)$$

Формулы имеют однородный вид, и для разных фигур, изображенных на рис. IV.10, отличаются только числовыми значениями коэффициентов A , B , C . Символом i обозначен угол наклона измеряемых линий. В каждой фигуре (в силу принятых условий) углы наклона измеряемых линий будут одинаковыми (за исключением рис. IV.10, з). В табл. IV.10 приведены значения коэффи-

Таблица III. 11

Значения коэффициентов Л, Б и С для фигур рис. IV. 10

Коэффициенты формул	а	б	в	г	д	е	ж	з
$L = m_z : m \operatorname{cosec} i$	0,58	0,58	1,70	0,76	0,6	7,9	0,50	0,58
$B = m_x : m \sec i$	0,82	0,82	2,20	1,00	1,4	8,7	0,71	0,69
$C = m_y : m \sec i$	0,82	0,82	0,82	1,00	1,4	1,4	0,71	0,82

циентов Л, В и С формул для различных фигур рис. IV. 10.

Фигуры IV. 10, а, б, ж, з дают наилучшие результаты, фигура IV. 10, е — наихудшие, хотя конструкция ее с позиции триангуляционного и трилатерационного методов равноценна конструкции фигуры IV. 10, д, так же как и конструкция фигур IV. 10, б и IV. 10, в, а погрешности m_z и m_x в этих конструкциях отличаются друг от друга почти в 3 раза.

5. Оценка точности засечек

Эллипс погрешностей. Точность положения определяемого пункта по отношению к исходным пунктам, положения которых считаются безошибочными, наиболее полно характеризуется эллипсом погрешностей. Такой эллипс, построенный с использованием средних квадратических погрешностей, называется средним эллипсом погрешностей. Эллипс — геометрическое место точек с одинаковой плотностью вероятности. Максимальную плотность имеет центр эллипса. По мере удаления от центра плотность вероятности точек уменьшается. Вероятность нахождения определяемого пункта внутри среднего эллипса погрешностей равна 0,3935, вероятность нахождения определяемого пункта вне среднего эллипса погрешностей 1 — 0,3935 — 0,6065. Для эллипса с удвоенными полуосями вероятность нахождения определяемого пункта внутри эллипса составит 0,8647, с утроенными 0,9889 и с учетверенными 0,99966. Имея средний эллипс погрешностей, построенный в выбранном масштабе (рис. IV.И), получаем среднюю квадратическую погрешность положения определяемого пункта по любому направлению. Погрешность положения пункта по данному направлению будет равна

расстоянию от центра эллипса до педальной кривой или эвольвенты (кривая, похожая на восьмерку), по соответствующему направлению.

П е д а л ь н а я к р и в а я — геометрическое место точек пересечения направлений, проведенных через центр с перпендикулярами к этим направлениям, касательными к эллипсу.

П о г р е ш н о с т ь а б с ц и с с ы определяемого пункта M_x соответствующая погрешности положения пункта по направлению, параллельному оси абсцисс, численно будет равна расстоянию от центра эллипса до педальной кривой по направлению ОХ. Можно получить M_x и не имея педальной кривой. Для этого проводим направление через точку О параллельно оси абсцисс и чертим касательную к эллипсу, одновременно перпендикулярную к проведенному направлению. В пересечении получаем точку К, которая лежит на педальной кривой. Расстояние О/С, измеренное в масштабе эллипса, будет численно равно M_x . Аналогичным образом можно получить M_y . По -

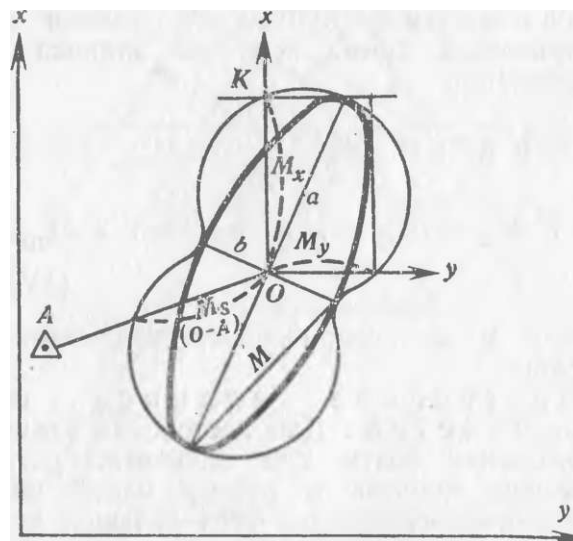


Рис. IV. 11. Средний эллипс погрешностей

грешность расстояния между пунктами О и Л — M_s (О—Л), считая положение пункта Л безошибочным, будет равна расстоянию от центра эллипса до pedalной кривой по направлению ОА.

Погрешность дирекционного угла направления ОА будет равна погрешности положения пункта по направлению, перпендикулярному ОЛ, деленной на расстояние ОЛ, и т. п. Наибольшее значение из погрешностей положения места определяемого пункта $M_{\text{тах}}$ равно большой полуоси эллипса. Минимальная погрешность положения места $M_{\text{тщ}}$ равна малой полуоси эллипса.

Погрешность положения пункта по направлению, дирекционный угол которого равен T ,

$$M_T = V a^1 \cos^2 (T - 0) + b^2 \sin^2 (T - 6), \quad (\text{IV.42})$$

где 6 — дирекционный угол большой полуоси a .

Среднее арифметическое значение из модулей всех радиусов-векторов pedalной кривой $M_{\text{ср}}$ равно среднему квадратическому из максимальной и минимальной погрешностей

$$(\text{IV.42a})$$

Характеристика точности положения пункта с помощью эллипса погрешностей наиболее полная, но в достаточной мере громоздкая, особенно если сравнивать точность нескольких пунктов.

В качестве приближенной (условной) меры точности определения пункта часто применяется одно число — средняя погрешность положения пункта M , равная геометрической сумме полуосей эллипса погрешностей:

$$= Vm^2 + M^2 y = Yc^2 + 4 \quad 2 \quad M_{\text{ср}}, \quad (\text{IV.43})$$

где si d — сопряженные полу диаметры эллипса.

Построение эллипса погрешностей. Для построения эллипса необходимо знать три элемента: размер большой полуоси a , размер малой полуоси b и дирекционный угол большой полуоси θ (или какие-либо другие три параметра). Элементы эллипса и средняя погрешность

положения пункта M могут быть вычислены по формулам:

$$a^2 = tri^* \frac{[aa] + [bb] + 2 [ab] \operatorname{cosec} 29}{2 ([aa] [bb] - [ab] [ab])} \cdot$$

$$\sim m \frac{2 \frac{[aa] + [bb] - 2 [ab] \operatorname{cosec} 29}{2 ([aa] [bb] - [ab] [ab])}}{2 ([aa] [bb] - [ab] [ab])} \cdot \quad (\text{IV.44})$$

$$\operatorname{tg} 28 = \frac{-2 [ab]}{([aa] - [bb])}$$

$$M^2 a^2 + N^2 = m^2 F \frac{[aa] + [bb]}{[aa] [bb] - [ab] [ab]}$$

где $[aa]$, $[ae]$, $[bb]$ — коэффициенты нормальных уравнений поправок (см. уравнение триангуляций и трилатераций параметрическим способом). Если координаты определяемого пункта получают путем уравнивания параметрическим способом, то числовые значения всех элементов приведенных формул вычисляют в процессе составления нормальных уравнений поправок.

При определении пункта по двум измеренным величинам эллипс погрешностей можно легко построить, используя линии положения измеряемых величин и U_2 и их средние квадратические погрешности $p_{\pm} = m_1 : g_1$ и $n_2 = m_2 : g_2$ (где m_1 и m_2 — средние квадратические погрешности измеряемых величин $U_{\pm}$ и U_2 , g_1 и g_2 — модули градиентов измеряемых величин). На рис. IV.12 через определяемую точку проведены линии положения измеряемых величин u_1 и U_2 . Угол пересечения линий положений равен φ . От линий положений в обе стороны отложены в подходящем масштабе средние квадратические погрешности линий положений n_1 и n_2 . При этом получаем две полосы, которые, пересекаясь, образуют параллелограмм. Стороны параллелограмма — сопряженные диаметры эллипса погрешностей:

$$d - tii' \sin \phi; \quad c - n_2 \setminus \sin \phi. \quad (\text{IV.45})$$

Построенный параллелограмм дает некоторое представление о точности определяемого пункта. Вероятность того, что определяемый пункт находится внутри параллелограмма, образованного средними квадратическими погрешностями (рис. IV.12), равна произведению доверительных вероятностей средних квадратических погрешностей $(0,6827)^2 = 0,4661$. Если ширину полос увеличить вдвое (откладывать от линий положений в обе стороны по $2p$), то вероятность нахождения определяемого пункта внутри параллелограмма с удвоенными сторонами

будет равна $(0,9545)^2 = 0,9111$, с утроенными сторонами 0,9946, с учетверенными 0,99988. Четыре точки полученного параллелограмма принадлежат эллипсу погрешностей, который вписывается так, что стороны параллелограмма являются касательными к эллипсу, а полухорды, образуемые линиями, проведенными параллельно сторонам параллелограмма, равны друг другу. При некотором навыке эллипс погрешностей легко и достаточно точно вписывается от руки на глаз в построенный параллелограмм.

Линии положений и градиенты. Каждую величину (азимут, угол, расстояние и т. п.), измеренную для определения положения пункта, можно представить в виде изолинии — линии равных значений $U(X, Y) = \text{const}$ (рис. IV. 13). Вблизи определяемого пункта изолинию можно заменить касательной — линией положения. Градиент линии положения g направлен перпендикулярно линии положения в сторону перемещения линии положения при возрастании функции и равен изменению функции при перемещении линии положения параллельно самой себе на единицу $g = \text{пред} (AU : \Delta n)$ при $\Delta n \rightarrow 0$ (где AU — приращение функции; Δn — соответствующее перемещение линии положения).

Если известна средняя квадратическая погрешность функции m , то среднюю квадратическую погрешность линии положения n вычисляют по формуле $n = m : g$. Распределение случайных погрешностей линии положения подчиняется тому же закону, что и распределение случайных погрешностей измеряемой функции, т. е. в подавляющем большинстве случаев нормальному закону.

Измеряемую функцию U можно представить как полосу, где линия положения, отвечающая измеренному значению U , — линия с наибольшей плотностью вероятности $\rho(b) = \text{шах}$, совпадает с осью этой полосы. Линии, отстоящие от U на $+n$ и на $-n$, ограничивают полосу, в пределах которой с вероятностью 68% находится определяемая точка. Вероятность нахождения определяемой точки вне этой полосы равна 32%. Если ширину полосы удвоить ($+2n$, $-2n$), то вероятность нахождения определяемой точки внутри этой полосы (пунктирные линии на рис. IV. 13) будет равна 95%, вероятность нахождения вне полосы 5% и т. д. Для определения места нужны две линии положения. В пересечении этих линий и будет находиться наиболее вероятное положение места, вернее, точка с наибольшей плотностью вероятности.

Линии положений и градиенты измеряемых вели-

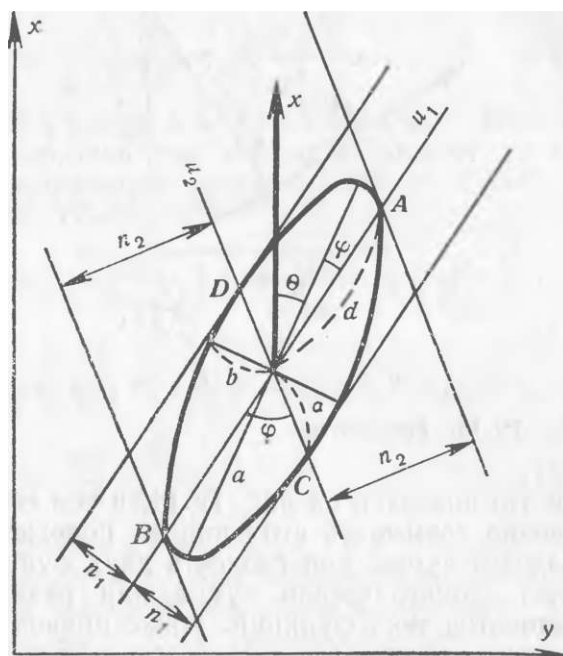


Рис. IV. 12. Построение эллипса погрешностей

чин. При графических построениях, связанных с использованием линий положений и градиентов, принято на одном чертеже совмещать схему расположения исходных и определяемых пунктов в сравнительно мелком масштабе (1 : 200 000—1 : 10 000). Построения по определению погрешностей, поправок и т. п. следует вести в крупном масштабе (1 : 100—10 : 1), а построение градиентов, если это требуется, — в подходящем масштабе. При этом градиент функции g надо поворачивать на 90° по часовой стрелке,

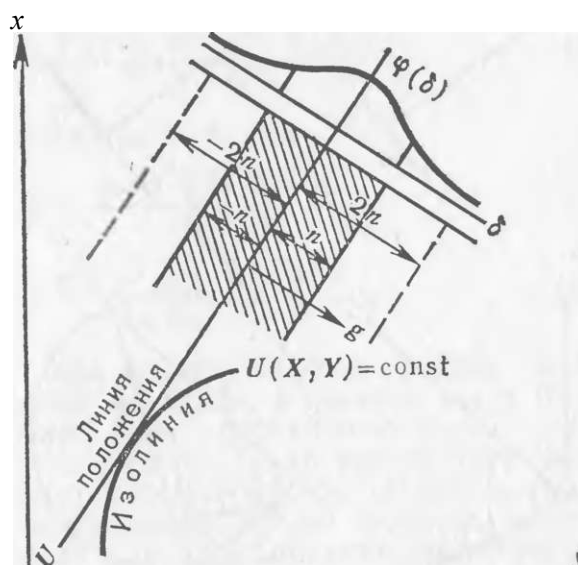


Рис. IV. 13. Линия положения

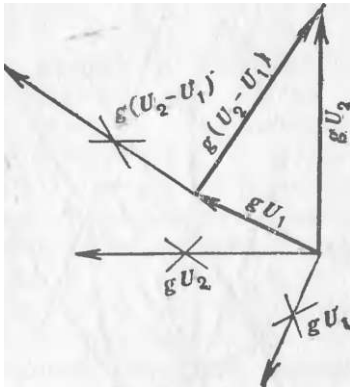


Рис. IV.14. Градиенты

как это показано на рис. IV.14, и тем самым условно совмещать его с линией положения. Градиент суммы или разности двух функций равен геометрической сумме или разности градиентов этих функций. Ниже приводятся значения градиентов и способы построения линий положения функций, измеряемых при определении пунктов засечками.

Расстояние между определяемым и исходным пунктами (рис. IV.15). Линия положения перпендикулярна направлению между пунктами. Градиент $g = 1$ (ненаименованная величина) направлен от исходного пункта к определяемому. На рис. IV.15, а в соответствии с принятой методикой градиент повернут на 90° .

Вертикальный угол. Линия положения перпендикулярна направлению между пунктами (рис. IV.15, б). Градиент

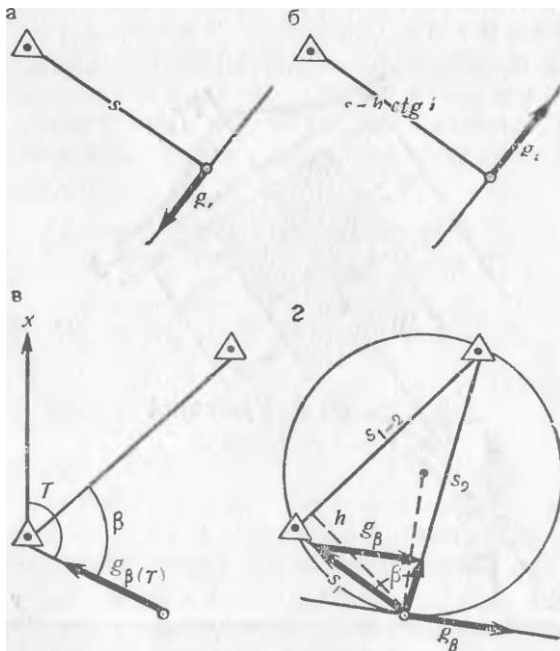


Рис. IV.15. Градиенты измеряемых функций

направлен от определяемой точки на исходную

$$g = p \sin 2i: 2s = p \sin^2 i: h,$$

где i — вертикальный угол (угол наклона); $s = h \operatorname{ctg} i$ — расстояние между пунктами; h — превышение между пунктами. Если измеряется зенитное расстояние, то градиент, направлен в противоположную сторону — от исходной на определяемую точку.

Угол, измеряемый на исходном пункте между исходным направлением и направлением на определяемый пункт (угол p на рис. IV.15, в) дирекционный угол (азимут), измеряемый на исходном или на определяемом пункте, направления, измеряемые на исходном или определяемом пунктах. Линия положения совпадает с направлением между исходным и определяемым пунктами. Градиент, повернутый на 90° по часовой стрелке, направлен от определяемого пункта на исходный. Модуль градиента

$$f = p : s,$$

где p — коэффициент для перевода погрешности измерения угла в радианную меру; s — расстояние между определяемым и исходным пунктами. В зависимости от выбранных единиц измерения градиент имеет различное наименование. Наиболее часто градиент выражают в 7м или в 7дм, в этом случае $p = 206265''$, а s выражают в метрах или в дециметрах.

Угол, измеряемый на определяемом пункте (угол P на рис. IV.15, г), следует рассматривать как разность двух направлений — правое минус левое. В соответствии с этим градиент угла (3 получается как геометрическая разность градиентов направлений, построенных в подходящем масштабе. Линия положения измеренного угла P проходит через определяемый пункт и параллельна направлению gr . Модуль градиента

$$\% = p s_1^2 : s_2^2 = P \sin p : L,$$

где h — высота треугольника; s_{12} — расстояние между данными пунктами; и s_2 — расстояния от определяемого до данных пунктов (см. рис. IV.15, з). Линия положения является касательной в определяемой точке к окружности, проведенной через определяемую и данные точки. Градиент направлен к центру окружности.

Средняя погрешность положения пункта, определяемого засечкой. При определении

пункта по любым двум измеренным независимым величинам h_1 и U_2 средняя погрешность положения пункта

$$M = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{f^2 c^2 + d^2} =$$

$$\sin \phi \sqrt{f^2 c^2 + d^2} = \sin \phi \cdot X$$

X

$$- / (- \Gamma O \checkmark - \Gamma -) " - (" \bullet \ll .$$

где ϕ — угол пересечения линий положений; m_1 и m_2 — средние квадратические погрешности измеренных величин; g_1 и g_2 — градиенты измеряемых величин (функций координат определяемого пункта); h_1 и h_2 — высоты инверсионного треугольника; p_1 и p_2 — средние квадратические погрешности линий положений.

Ниже приводятся частные формулы, полученные из вышеприведенной.

Л и н е й н а я з а с е ч к а . Измерены две стороны треугольника h_1 — s_1 , $U_2 = s_2$,

$$Af = \frac{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}{\sin \phi} \text{ или } M = \frac{h_1 \sqrt{m_1^2 + m_2^2}}{h_1} + \frac{t_1}{h_1} \quad (IV.47)$$

Если $m_1 = m_2 = m$, то

$$M = \frac{m \sqrt{2}}{\sin \phi} = \frac{s_2 m \sqrt{2}}{h_1} = \frac{s_2 m \sqrt{2}}{h_0} \quad (IV.48)$$

где h_x — высота треугольника, образованного определяемым и данными пунктами, опущенная на сторону s_1 ; h_2 — высота того же треугольника, опущенная на сторону s_2 .

П р я м а я з а с е ч к а . Измерены два угла L и B при данных пунктах (см. рис. VI.4),

$$M = \frac{\sqrt{m_A^2 B^2 + \text{trip} C i^2}}{p \sin \phi} = \frac{\sqrt{m^2 b^2 + m^2 a^2}}{p \sin (180^\circ - A - B)} \quad (IV.49)$$

Если $m_A = m_B = m$, то

$$M = \frac{m \sqrt{a^2 + b^2}}{p \sin \phi} = \frac{m \sqrt{a^2 + b^2}}{p \sin (L + B)} = \frac{b_m \sqrt{a^2 + b^2}}{p h_a} = \frac{a m \sqrt{a^2 + b^2}}{p h} \quad (IV.50)$$

Если $a = b = s$, то

$$M = \frac{ms \sqrt{2}}{p \sin 2L} = \frac{ms \sqrt{2}}{p h} \quad (IV.51)$$

О б р а т н а я з а с е ч к а . Измерены равноточно два соприкасающихся угла на определяемой точке $\angle LO\checkmark$ и $\angle DC$ (см. рис. IV.5),

$$p \sin \phi = \frac{DC}{AC} \quad (IV.52)$$

Если $s_{DA} = s_{DB} = s_{DC} = s$ и $s_{AB} \sim s_{BC} \sim s$, то

$$M = \frac{ms' \sqrt{2}}{p \sqrt{2} \sin \phi} \quad (IV.53)$$

Б о к о в а я з а с е ч к а . Измерен угол L (или угол B) при данном пункте и угол C при определяемом пункте (см. рис. IV.4),

$$M = \frac{p \sin \phi}{\sqrt{2}} = \frac{s_{AB}}{\sqrt{2}} \quad (IV.54)$$

П о л я р н а я з а с е ч к а . 1. Измерены a — горизонтальный угол и s — длина стороны AC (см. рис. IV.7 верхняя часть)

$$(IV.55)$$

2. Измерены a — горизонтальный угол и g — вертикальный угол (см. рис. IV.7), известно превышение h , $s = h \operatorname{ctg} t$,

$$M = \frac{s \sqrt{(m_a \sin 2t)^2 + (2mj)^2}}{p \sin 2i} = \frac{\sqrt{(m_a s \sin^2 i)^2 + (mjh)^2}}{p \sin^2 i} \quad (IV.56)$$

Если $m_a = m_i = m_t$ то

$$M = \frac{ms \sqrt{4 + \sin^2 2i}}{p \sin 2i} = \frac{mVh^2 + (s \sin^2 i)^2}{p \sin^2 i} \quad (IV.57)$$

Для оценки точности пунктов, определяемых засечками, с успехом могут быть использованы графики-номограммы. На рис. IV.16, а даны линии равных значений средних погрешностей положения пункта M определяемого прямой засечкой с пунктов L и B . При этом принято расстояние между данными пунктами $s_{AB} = 1$ км, а погрешности измерения углов $t\checkmark = 1''$. Значения M'

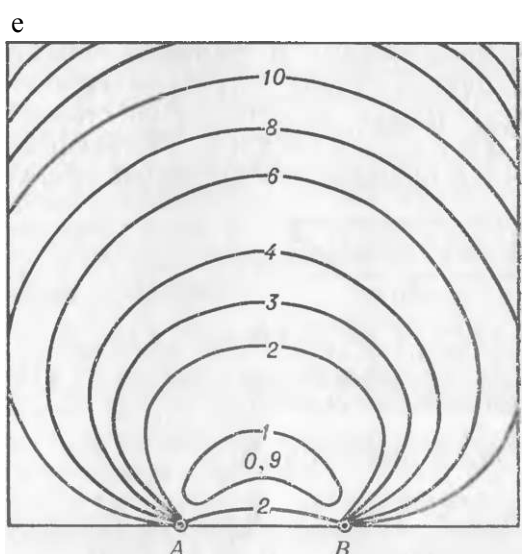
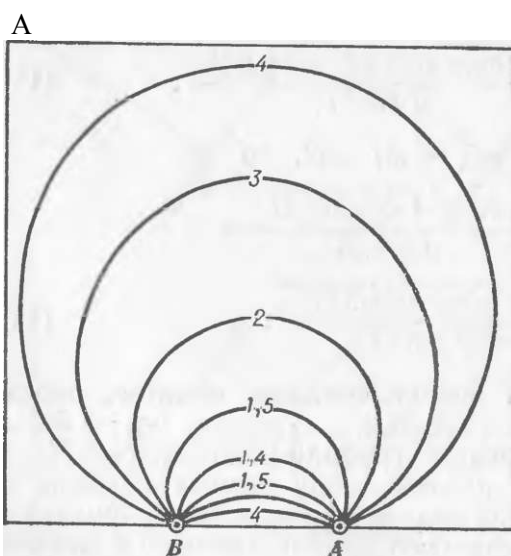
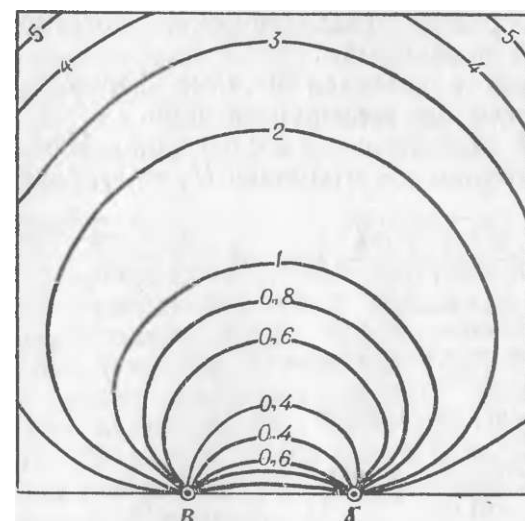
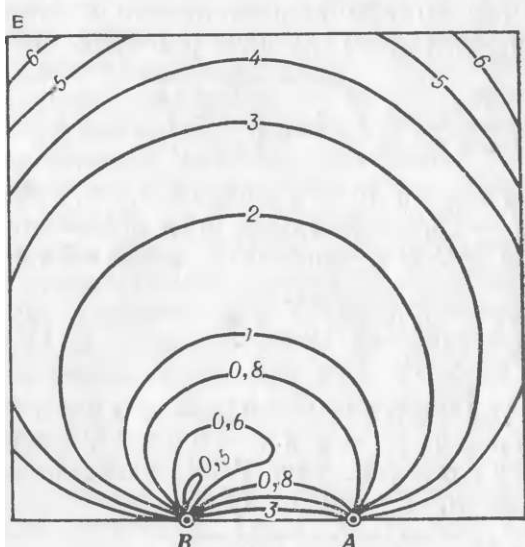
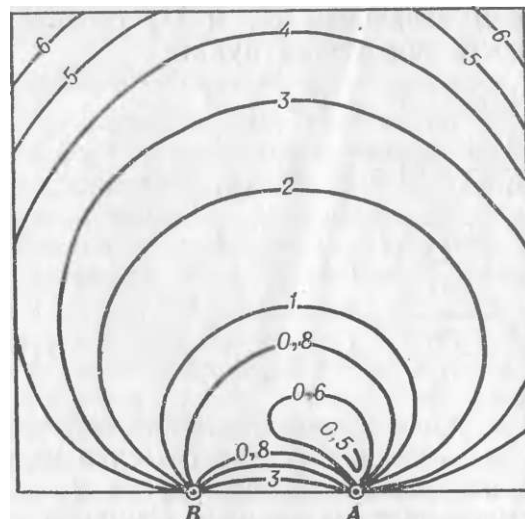
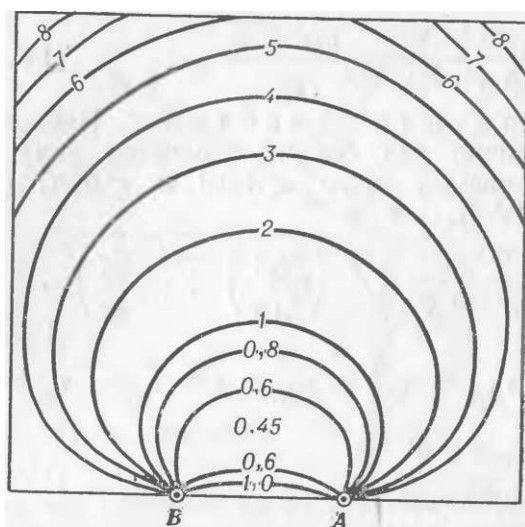


Рис. IV,16. Номограммы для оценки точности определяемых пунктов:
 а — прямой засечкой; б и в — боковой засечкой; г — треугольником (измерены три угла); д — «линейной засечкой» (равноточные измерения); е — то же (неравноточные измерения)

выражены в сантиметрах. Для вычисления M следует значение измеренного угла A отложить у точки A вправо от линии AB , а измеренный угол B отложить у точки B влево от линии BA . В пересечении проведенных линий получим положение определяемого пункта. Сняв с графика отсчет M' в точке построенного положения пункта, умножив его на длину стороны AB в километрах, и на среднюю квадратическую погрешность измерения углов в секундах, получим среднюю квадратическую погрешность положения определяемого пункта M (см) = M'_{SAB} (км)тф. Например, при $s_{AB} = 0,88$ км, $\tau^{\wedge} = \pm 5''$ и $M' = 1,3$ получим $M = 1,3 \cdot 0,88 \cdot 5 = 5,7$ см. С помощью этого же графика можно решить обратную задачу. Узнав расстояние $s_{AB} = 1,37$ км и запроектировав на карте положение определяемого пункта (пусть $A = 45^\circ$ и $B = 60^\circ$), можно определить необходимую точность измерения углов, если пункт предполагается определить прямой засечкой и средняя квадратическая погрешность положения пункта M не должна превысить ± 6 см. Отложив на рис. IV. 16, a углы A и B , построив положение определяемого пункта и сняв с графика значение (для указанных значений углов A и B , $M' = 0,58$ см), можно написать равенство $6 = 0,58 \cdot 1,37 \cdot \tau^{\wedge}$, откуда $\tau^{\wedge} = \pm 7,6''$, т. е. для принятых условий средняя квадратическая погрешность измерения углов не должна превышать $7'',6$. Этого можно достигнуть, приняв методику измерения углов, рекомендуемую для триангуляции 1 разряда $\tau^{\wedge} = \pm 5''$.

Аналогичные графики построены для боковой засечки, когда измерен угол на данном пункте A и на определяемом (рис. IV.16, б) и когда измерен угол на данном пункте B и на определяемом (рис. IV. 16, в)

Для случая, когда измеряют все три угла треугольника и координаты определяемого пункта вычисляют по уравненным углам (исправленным каждый на одну треть невязки треугольника), среднюю квадратическую погрешность положения определяемого пункта получают с помощью рис. IV. 16, г.

Для линейной засечки график средних погрешностей построен в двух вариантах. На рис. IV. 16, д дают линии равных значений средних погрешностей положения определяемого пункта M' , считая измеренные длины равноточными $m_s(BC) = m_s(AC) = 1$ см и принимая $s_{AB} = 1$ км. При известных s_{BC} и $\tau^{\wedge}$ например $s_{AC} = 1,42$ км, $Sg^{\wedge} = 1,11$ км и $\tau_s =$

$= \pm 5$ см, наносится определяемый пункт на рис. IV. 16, д, для чего откладываются от точек A и B измеренные расстояния в масштабе $1 \text{ км} = AB$ и снимается с графика значение $M' = 1,9$. Тогда $M = M' \tau_s = 1,9 \cdot 5 = \pm 9,5$ см. На рис. IV. 16, е дано M' , считая, что длины измеряют с одинаковой относительной погрешностью (AC): $S_{AC} = m_s(BC)$: $S_{BC} = 1$: 100 000, т. е. с погрешностью 1 см на 1 км измеряемого расстояния при $s_{AB} = 1$ км. Для этого варианта M (см) — $= M' m_s$ (см/км). Если погрешности измеряемых длин s_{AC} и s_{BC} подчиняются закону

$$m_s = \pm (\tau] \text{ (см)} + w_s \text{ (см)} \cdot 10^{-5}),$$

то средняя погрешность положения определяемого пункта составит

$$M = VM] + M] + M_2 M_2,$$

где $M_2 = M[\tau]$, $M_2 = M'_2 w]$ и $M[\tau]$ и M'_2 — значения погрешностей, снятые с рис. IV. 16, д, е.

6. Использование контрольных измерений

При определении пунктов засечками помимо измерения необходимых для решения задачи двух величин U_x и U_2 как правило, измеряют третью величину U_3 . Из трех измеренных величин выбирают две, дающие наилучшее решение, и вычисляют координаты определяемого пункта X , Y . Контроль целесообразно осуществлять сравнением измеренного значения третьей величины U_3 со значением той же величины, вычисленной с использованием полученных координат определяемого пункта $U'_3 = f(X, Y)$. Вычисляемая разность $\Delta U_3 = U_3 - U'_3$ должна находиться в допустимых пределах.

Для уточнения координат X , Y целесообразно использовать третье измерение U_3 (в этом случае безразлично, по какой паре измеренных величин вычислять X , Y). Наиболее просто это можно осуществить посредством упрощенного графического уравнивания. По координатам строят схему, на которую наносят определяемый и данные пункты. Через определяемый пункт проводят линии положений, использованных для вычисления координат измерений U_x и U_2 . Затем вычисляют «счислимое» значение $C/3$, перемещение третьей линии $\Delta n_3 = (U_3 - 0\%) : g_3$ и проводят линию положения U_3 . Для этого с учетом знака Δ/g_3 и направления градиента g_3 откладывают Δn_3 в подходящем крупном

масштабе (1 : 100 — 1 : 1) от изображений определяемого пункта. Внутри полученного треугольника погрешности намечают «уравненное» положение определяемого пункта, измеряют поправки к координатам b_x и b_y в масштабе построения A/g_3 и вычисляют уравненные координаты определяемого пункта $X_{ур} = X + b_x$, $Y_{ур} = Y + b_y$.

Наиболее точно значения координат определяемого пункта получают уравниванием, описанным в гл. XIV, п. 3. Практикуемое двукратное вычисление координат определяемого пункта по трем измеренным величинам и взятие среднего значения их может не улучшить, а ухудшить точность координат одного из возможных вариантов решения.

Выбор наилучшей комбинации измеряемых величин. Если имеется возможность для определения пункта измерить более трех величин, то из них выбирают такие три величины, измеряя которые можно получить положение пункта с наибольшей точностью и надежностью. Для этого в масштабе строят схему положения данных пунктов и на нее наносят примерное положение определяемого пункта. На эту схему наносят градиенты (линии положений) всех возможных величин и выбирают для измерения три величины, имеющие наибольшие градиенты, пересекающиеся под углами, близкими к 50—90°.

Таким образом, можно выделить благоприятные комбинации измеряемых величин для наиболее точного определения пункта. Для выбора же наивыгоднейшей комбинации необходимо обратиться к критерию точности определения положения пункта. В этом вопросе нет единого общепринятого мнения. Наиболее часто за критерий точности принимают: 1) среднюю погрешность положения пункта $M = 1/\sqrt{a^2 + b^2}$, 2) максимальную

погрешность положения пункта a — большую полуось эллипса погрешностей или 3) площадь эллипса погрешностей πab . Выбор наивыгоднейшего варианта будет зависеть от принятого критерия точности. Например, для прямой засечки (см. рис. IV.4) наивыгоднейшей комбинацией будет $A = B - 35^\circ 16'$, если за критерий точности принимать M ; $A = B - 45^\circ$, если за критерий точности принимать a ; $A - B = 30^\circ$, если за критерий точности принимать площадь эллипса погрешностей.

Список литературы

1. *Высшая геодезия*/В. Г. Зданович, А. Н. Белоликов, Н. А. Гусев и др. М., Недра, 1970.
2. *Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР*. М., Недра, 1966.
3. *Инструкция по производству топографо-геодезических работ при геологической съемке и разведке*. М., Недра, 1964.
4. *Инструкция по полигонометрии и трилатерации*. М., Недра, 1976.
5. *Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500*. М., Недра, 1973.
6. *Инструкция по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного, сельскохозяйственного городского и поселкового строительства СН 212—73*. М., Стройиздат, 1974.
7. *Строительные нормы и правила СНиП П1-2-75. Геодезические работы в строительстве. Правила производства и приемки работ*, М., Стройиздат, 1976.
8. *Никифоров Б. И. Новый способ вставки пунктов (пространственная линейная засечка). Маркшейдерское дело в социалистических странах*, М., Недра, 1964.
9. *Справочник геодезиста*/Под ред. В. Д. Болышакова и Г. П. Левчука. М., Недра, 1975.
10. *Техническая инструкция по переводу съемочного обоснования и подземных съемок в систему координат 1942 г.* М., Углетехиздат, 1953.
11. *Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ*. Л., Недра, 1973.
12. *Центры и реперы государственной геодезической сети СССР*. М., Недра, 1973.

1. Общие сведения

Полигонометрический метод построения плановой геодезической сети заключается в проложении на местности ходов (полигонов) с измерением горизонтальных углов на пунктах хода и длины сторон, в определении координат пунктов и применяется на застроенных и лесных участках самостоятельно или в сочетании с методом триангуляции.

Достоинства метода полигонометрии — хорошая приспособляемость к условиям местности, возможность применения разных способов измерения длины сторон, отсутствие необходимости установки на пунктах высоких знаков. Недостатки — обеспечение пунктами узкой полосы местности, отсутствие жестких связей между соседними пунктами и большой объем линейных измерений.

Геодезическая сеть, создаваемая методом полигонометрии, строится в виде отдельных ходов и систем ходов, опирающихся на исходные пункты.

Отдельные ходы (полигоны) бывают висячие, замкнутые и разомкнутые, а по форме вытянутые и ломаные.

Висячий ход начинается от исходных пункта и стороны и на конце не примыкает к исходным данным. Для контроля такой ход прокладывается дважды. Число определяемых пунктов в висячих ходах ограничивают двумя-тремя.

Замкнутый ход строится в виде многоугольника, опирающегося на один исходный пункт и имеющего одну ориентированную сторону. Ввиду неполного контроля определения координат пунктов отдельные замкнутые ходы применяют только в съемочных сетях.

Разомкнутый ход на концах примыкает к исходным пунктам и сторонам и является более надежным.

Системой называется группа ходов одного разряда точности, пересекающихся в узловых точках и уравниваемых совместно. Если в системе преобладают замкнутые ходы, она называется системой полигонов: свободной — при наличии одного исходного пункта и одной исходной

115>

стороны и несвободной — при большем числе исходных пунктов и сторон.

Если в системе преобладают незамкнутые ходы, она называется системой с узловыми точками (пунктами). Могут быть системы с одной, двумя и большим числом узловых точек. Системы с узловыми точками, как правило, опираются на большее число исходных пунктов, чем системы полигонов.

Метод полигонометрии используется при построении государственной геодезической сети — полигонометрии 1—4 классов, геодезических сетей сгущения — полигонометрии 1 и 2 разрядов, специальной полигонометрии и при построении съемочной сети — теодолитных ходов.

Методом полигонометрии строятся все подземные маркшейдерские сети, опорные — подземная полигонометрия и съемочные — подземные теодолитные ходы. Термин полигонометрия применяется для названия опорных и специальных маркшейдерско-геодезических сетей, создаваемых рассматриваемым методом. Требования к этим сетям определяются классом, разрядом и назначением полигонометрии.

Полигонометрия 1, 2, 3 и 4 классов (табл. V.1) служит для определения пунктов государственной геодезической сети, строится взамен триангуляции и трилатерации тех же классов и в дополнение к ним при условии технико-экономической целесообразности.

Ходы полигонометрии 1 класса образуют замкнутый полигон с периметром 700—800 км или составляют звенья полигона геодезической сети 1 класса в сочетании с триангуляцией (рис. V.1).

Полигонометрия 2 класса строится внутри полигонов триангуляции или полигонометрии 1 класса в виде сети замкнутых полигонов с периметрами 150—180 км.

Пункты полигонометрии 3 и 4 классов определяются относительно пунктов сетей высших классов проложением одиночных ходов или построением систем с узловыми пунктами. Самостоятельные сети полигонометрии 3 и 4 классов в виде свободных систем полигонов строятся для обоснования за-

Таблица III. 11

Характеристика полигонометрии 2, 3 и 4 классов

Класс полигонометрии	Длина сторон хода, км	Максимальное число сторон в ходе	Средняя квадратическая погрешность измерения		Допустимая относительная невязка хода
			углов	сторон	
1	8—30	12	$\pm 0''{,}4$	1 : 400 000	—
2	5—18	6	$\pm \Gamma{,}0^{**}$	До 8 км ± 4 см, свыше 8 км 1 : 200 000	
3	3—10	6	$\pm \Gamma{,}5^{**}$	До 5 км ± 5 см, свыше 5 км 1 : 100 000	—
4	0,25—2,00 и более *	15	$\pm 2''{,}0^{**}$	До 1 км ± 3 см, свыше 1 км 1 : 40 000	

* При использовании светодальномеров.

** По угловым невязкам в ходах и полигонах.

строенных территорий площадью соответственно 50—200 и 5—50 км².

Полигонометрия 1 и 2 разрядов (табл. V.2) развивается в порядке сгущения государственной геодезической сети

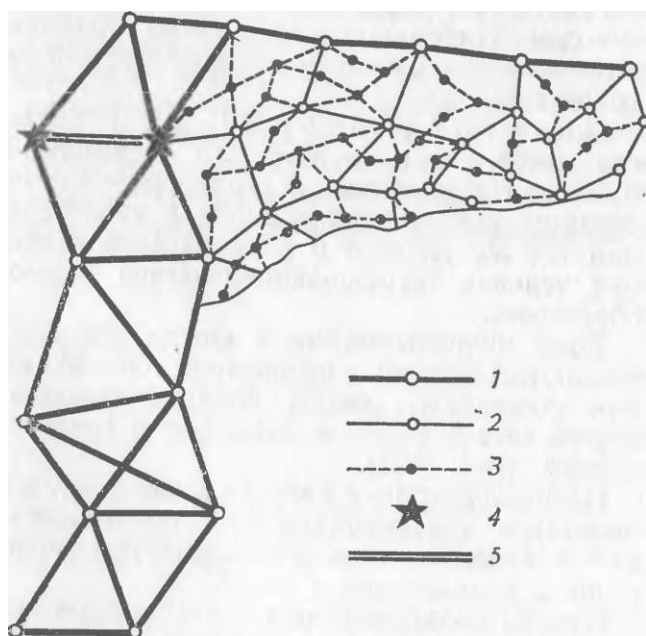


Рис. V.1. Схема развития полигонометрии 1, 2, 3 классов:

1 — триангуляция или полигонометрия 1 класса; 2 — полигонометрия 2 класса; 3 — то же, 3 класса; 4 — астрономический пункт; 5 — базисная сторона

в виде отдельных ходов и систем с узловыми пунктами, а также строится самостоятельно на застроенных и других территориях площадью от 2,5 до 5 км². Она используется для обоснования топографической съемки в масштабах 1 : 5000 — 1 : 500, для обеспечения разбивочных работ при жилом, промышленном, шахтном строительстве и для решения других инженерных задач.

В маркшейдерском деле полигонометрия 1 разряда применяется также для определения подходов пунктов к шахтам, а полигонометрия 2 разряда — для проложения ходов от подходов пунктов к шахтным стволам при соединительной съемке.

Полигонометрия специального назначения — создается для решения сложных инженерных задач. Требования к ней разрабатываются в каждом отдельном случае.

Пункты ходов полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов закрепляются долговременными, а на незастроенных территориях — частично временными центрами (знаками). Долговременными грунтовыми центрами или стенными знаками закрепляются группы пунктов (не менее чем по три пункта подряд), а также все узловые пункты. Описание полигонометрических центров и знаков разных типов дано в руководстве [5] и инструкции [8]. Временными центрами служат железные трубы и стержни длиной 0,5—1,0 м, забитые в твердый грунт и окопанные канавкой.

Таблица III. 11

Характеристика полигонометрии 1 и 2 разрядов

Разряд полигонометрии	Предельная длина хода, км		Предельный периметр полигона, км	Длина сторон хода, км	Максимальное число сторон в ходе	Средняя квадратическая погрешность измерения угла	Допустимая относительная невязка хода
	отдельного	между узловыми точками					
1	5	3	15	0,12—0,80*	15	$\pm 5''^{**}$	1 : 10 000
2	3	2	10	0,08—0,35 *	15	$\pm 10''^{**}$	1 : 5 000

* При использовании светодалномеров длина сторон и ходов может быть увеличена.

** По угловым невязкам в ходах и полигонах.

2. Составление проекта полигонометрии

Проект расположения ходов составляют на топографической карте. Проект полигонометрии 4 класса (на застроенных территориях) и полигонометрии 1 и 2 разрядов удобно составлять на карте масштабов 1 : 10 000 — 1 : 25 000, а полигонометрии высших классов — на картах более мелких масштабов.

На карту наносят все имеющиеся пункты триангуляции и полигонометрии. Первыми проектируют ходы высших классов. В них указывают отдельные пункты, отмечают узловые точки систем, способы примыкания к исходным пунктам и направлениям. Ходы проектируют по возможности прямолинейными по участкам местности, удобным для угловых и линейных измерений. Следует предусмотреть удобство примыкания к пунктам проектируемой сети ходов съемочного обоснования. На строительных, промышленных площадках и в поселках полигонометрию проектируют с учетом возможности выполнения на ее основе разбивочных и съемочных работ. При необходимости (в дополнение к проекту расположения пунктов на карте) выполняют предварительный расчет погрешностей определения пунктов в слабых местах сети.

В записке к проекту указывают способы закрепления пунктов, методику угловых и линейных измерений, комплект инструментов, способ обработки измерений, сроки выполнения работ и сметную стоимость.

3. Полевые работы

Полевые работы включают рекогносцировку сети, закрепление пунктов, угловые и линейные измерения, а также привязочные работы.

Рекогносцировка заключается в осмотре местности, выборе мест расположения пунктов в ходах и способов их закрепления, в установлении видимости между смежными пунктами. В необходимых случаях выполняют расчистку линий от кустарников и завалов. В процессе рекогносцировки возможно уточнение отдельных частей проекта и отнесение пунктов в сторону, например из-за наличия заболоченного участка или из-за особенностей рельефа местности.

Горизонтальные углы в полигонометрии 4 класса измеряют оптическими теодолитами Т1, Т2, а в полигонометрии 1 и 2 разрядов — теодолитами Т2, Т5 и другими, им равноценными. В качестве визирных целей применяются визирные марки. Углы измеряют, как правило, а на участках ходов с короткими сторонами обязательно по трехштативной системе, при которой подставка на штативе устанавливается над центром (с точностью до 1 мм) один раз, а в нее попеременно вставляется своей осью передняя визирная марка, теодолит и задняя марка. На пунктах, где число направлений превышает два, применяется способ круговых приемов, на пунктах же с двумя направлениями — способ измерения отдельного угла, при котором алидаду в одном приеме вращают по ходу часовой стрелки, а в другом — против хода. Перед каждым приемом алидаду несколько раз поворачивают в направлении

КИНВОХЭ МЭБХ БДС	КИН ЭЛГДЕН ИЭБХ БР	КП	Среднее	КЛ	Среднее	КП-КЛ-2С	Угол	Схема направлений
		0° 00' 00"	43",0	180° 02' 46" 47	43",0	0° 03' 15"	00° 00' 00"	51 (передняя)
		0° 00' 00"	29",5	348° 53' 36" 36	29",5	168° 54' 03"	168° 50' 50"	50
		0° 00' 00"	30",0	270° 03' 36" 35	30",0	90° 04' 03"	90° 00' 00"	49 (задняя)
		0° 00' 00"	19",0	78° 54' 22" 24	19",0	258° 54' 51"	258° 00' 00"	

предстоящего вращения. Программа наблюдений в одном приеме следующая:

1. Визирование на заднюю марку и установка поворотом лимба отсчета 0°00' — 0°05'; уточнение визирования и взятие отсчетов при двух смещениях барабана оптического микрометра (теодолиты Т1, Т2).

2. Визирование на переднюю марку и взятие отсчетов.

3. Перевод трубы через зенит, визирование на переднюю марку и взятие отсчетов.

4. Визирование на заднюю марку и взятие отсчетов.

Действия 1 и 2 составляют первый, а 3 и 4 — второй полуприем.

При переходе от одного приема к другому лимб переставляется на угол $\Delta = \frac{180^\circ}{p}$, где p — число приемов, которыми нужно измерять углы хода.

В табл. V.3 приведен образец записи результатов измерения угла на пункте полигонометрии 1 разряда двумя приемами теодолитом Т2, а в табл. V.4 — число приемов и допуски при измерении углов и направлений разными теодолитами в полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов.

Длину сторон в полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов измеряют, как правило, светодальномерами СМ-3, ЕСЖ-2000, МСД-1М, ТД-2 и другими. В последнее время начинает внедряться отечественный дальномер 2СМ-2. Светодальномеры СМ-3 и ЕОК-2000 применяются в полигонометрии 4 класса с длиной сторон 1,5—2,0 км и в полигонометрии 1 и 2 разрядов. Дальномер МСД-1М пригоден для всех указанных видов работ, однако по своим характеристикам его предпочтительно применять в ходах с укороченными сторонами. Светодальномер ТД-2 используется главным образом в полигонометрии 4 класса, заменяющей триангуляцию. По числу используемых образцов и объему измерений светодальномеры СМ-3 и ЕОК-2000 являются основными. Светодальномером СМ-3 линии в полигонометрии 4 класса измеряют тремя приемами, а в полигонометрии 1 и 2 разрядов соответственно двумя и одним. Один прием состоит из 8 отсчетов по шкале фазовращателя на каждой из 3-х частот модуляции. При этом четыре отсчета берутся при положении 0° дискретного переключателя фазы и четыре отсчета — при положении 90°. В обоих положениях два отсчета начальных и два отсчета на дистанцию. При этом один из них соответствует положению 0° фазовращателя, а другой — положению 180°. Разность отсчетов при двух положениях фазовращателя не должна отличаться от 180° более чем на 2°. Разность между средними

Таблица III. 11

Допуски и число приемов при измерении углов

Инструменты	Расхождение углов в полуприемах	Расхождение углов в приемах	Колебание 2С	Расхождение между результатами наблюдений на начальное направление и колебание направлений в приемах, приведенных к общему нулю	Число приемов в полигонометрии		
					4 класса	1 разряда	2 разряда
T1 OT-02 T2, TheolO T5	6" 8" 0\2	5" 8" 0',2	8" 12"	5" 8" 12"	4 6	2 *, 3 ** 3 *, 6 **	2 * 2 4 **

* Для обоснования топографической съемки.

** На застроенных территориях и промплощадках.

значениями фазы при двух положениях дискретного переключателя не должна быть более 6°. Отсчеты по шкале фазовращателя берут с точностью 1°. Измерения на всех частотах модуляции считаются равноточными. Окончательный результат выводится как среднее из трех значений расстояний. Максимальное расхождение расстояний на отдельных частотах модуляции не должно превышать 5 см в полигонометрии 4 класса, 6 см — в полигонометрии 1 разряда и 8 см — в полигонометрии 2 разряда.

Светодальномером ЕОК-2000 линии в полигонометрии 4 класса и 1 разряда измеряются двумя полными приемами, а в полигонометрии 2 разряда — двумя неполными приемами. Полный прием включает в себя четыре отсчета по счетчику фазовращателя. Два из них точные, взятые на первой масштабной частоте на фазе «О» и фазе «Л» и два грубые, взятые на фазе «О» на второй и третьей частотах для разрешения многозначности. Неполный прием состоит из трех отсчетов, взятых только на фазе О на всех масштабных частотах. Запрещается производить измерения при уровне сигнала более 100 делений шкалы контрольного прибора и менее 50 делений шкалы нуль-индикатора. При измерениях следует всегда следить за наличием сигнала, в особенности в момент установки стрелки нуль-индикатора в нулевое положение. При сбросе показаний счетчика необходимо убедиться в его установке строго в нулевое положение. Между точными отсчетами в приеме вне зависимости

от вида работ допускается разброс 6 делений счетчика фазовращателя (3 см). Расхождение результатов из отдельных приемов в полигонометрии 4 класса и 1 разряда не должно превышать 5 делений (2,5 см), а в полигонометрии 2 разряда — 10 делений (5 см) счетчика фазовращателя.

Светодальномером МСД-1М линии полигонометрии 1 и 2 разрядов измеряются одним приемом, а полигонометрии 4 класса — двумя приемами. В сложных условиях (повышенная или пониженная температура, повышенная влажность, сильные посторонние засветки, малые уровни сигнала) объем наблюдений увеличивается на один прием во всех видах работ. Прием состоит из двух отсчетов по шкале оптической линии задержки на каждой из трех масштабных частот. Один отсчет берется на фазе «0», другой — на фазе «Л». При расхождении отсчетов более чем на 5 мм их повторяют. При измерениях уровни сигнала с дистанции и оптической линии задержки выравниваются с погрешностью в одно деление шкалы индикатора. Запрещается производить измерения при слабых уровнях сигнала и недостаточной чувствительности фазоизмерительной схемы. Не следует измерять линии на отражатель, проектирующийся на яркий фон (горящую лампу, освещенный снег). В этих случаях и в солнечную погоду за отражателем устанавливается черный экран. Расхождения между линиями, полученными на отдельных масштабных частотах в приеме, не должны превышать 15 мм. Окончательное значение

длины линии находится как среднее из трех значений, полученных на отдельных масштабных частотах.

При измерении сторон полигонометрии светодальномерами ЕОК—2000, СМ-3 и МСД-1М влажность воздуха не измеряется. Температура и давление во время наблюдений измеряются один раз на одном из концов линии. Поправки определяются по таблицам, номограммам и простейшим формулам. Перед началом работ на объекте и в конце их находятся постоянные приборов и измеряются частоты модуляций.

Измерение сторон в полигонометрии 4 класса, заменяющей триангуляцию, дальномером ТД-2 рекомендуется выполнять в сумерки, ночью и в пасмурную погоду при удовлетворительной видимости. Линии длиной до 3,5 км можно измерять и при солнечной погоде с экраном за отражателем. Критерий допустимости условий — возможность установления расстояния между точками равенства световых потоков не более 0,2 величины измерительного цикла.

Перед началом работ частота кварцевого генератора должна быть установлена в номинале с погрешностью до 0,2 Гц. Перед наблюдением прибор должен быть прогрет в течение 10—15 мин (в зависимости от окружающей температуры и длины линии). Метеорологические элементы измеряются на обоих концах линии до и после наблюдений, а поправки на метеоусловия вводятся по формулам. Для наблюдений выбирают 4 минимума, расположенные по краям диапазона генератора возможно ближе к калибровочным точкам. Каждый минимум наблюдают пятью приемами. Прием состоит из четырех отсчетов по шкале генератора: двух — левой точки равенства и двух — правой. Отсчеты по шкале генератора берут с точностью до 0,1 деления. Уход калибровочных точек в течение наблюдений каждого минимума не должен превышать двух делений, а стрелка контрольного прибора преобразователя не должна отклоняться от красной риски более чем на 0,2 деления. Дробные части чисел волн не должны превышать 0,2, а максимальное расхождение расстояний, полученных на отдельных минимумах, должно лежать в пределах 10—15 см на расстояниях 2—5 км соответственно. По окончании работ на объекте проверяют частоту кварцевого генератора. Отклонение ее от номинала не должно превышать 0,2 Гц.

В отдельных случаях длина сторон полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов измеряется инварными проволоками из базисных приборов БП-3, БП-2 или стальными проволоками. Для измерения линий полиго-

нометрии 1 и 2 разрядов могут быть применены дальномеры типа АД, стальные рулетки и параллактический метод. В полигонометрии 2 разряда, кроме того, используются редуцированные тахеометры типа ТП и Редта. Комплект инструментов для измерения линий проволоками состоит из одной или двух 24- или 48-метровых проволок, инварной ленточки и стальной рулетки для измерения «остатков», двух блочных станков типа Витрама, двух десятикилограммовых гирь, двух лотаппаратов со штативами, 15—20 штативов с целиками, термометра-праща, тросика для расстановки штативов по линии, нивелира с двусторонней рейкой.

Перед измерением линии проволокой над центрами устанавливаются лотаппараты, затем вместо одного из них в подставку на штативе вставляется теодолит и выполняется расстановка штативов с целиками по створу линии на расстояниях 24 м $\pm$ 4 см, отмеряемых тросиком, после чего лотаппарат снова становится в подставку.

При измерении длины пролетов методом отсчетов проволока подвешивается на блочные станки и натягивается гирями. Отсчеты по передней П и задней 3 шкалам берутся при трех сдвигах проволоки против крестиков на целиках с точностью до 0,1 мм, при этом колебание П—3 не допускается более чем на 1 мм. Для определения поправок за наклон пролетов целики нивелируются по двусторонним рейкам с отсчетами по средней нити.

Температура воздуха измеряется для инварных проволок два раза на линии, а для стальных мерных приборов — на каждом пролете. Перед полевым периодом и по его завершении проволоки, ленточки и рулетки компарируются на стационарных компараторах. В процессе работы не реже одного раза в месяц и в случаях, когда было возможно изменение их длины, проволоки проверяются на полевом компараторе длиной 120, 240 м, сооружаемом в районе работ. Концы полевого компаратора закрепляют мощными грунтовыми центрами. Длину его определяют методом отсчетов со сдвигом шкал шестикратным измерением двумя или тремя инварными проволоками — три или два измерения «прямо» и три или два — «обратно».

Проверка рабочей проволоки производится путем четырехкратного измерения ею длины компаратора также методом отсчетов со сдвигом шкал. Изменение в ее длине между смежными проверками не должно превышать 0,3 мм для 24-метровой проволоки.

Длину сторон в полигонометрии 4 класса измеряют двумя проволоками в одном на-

правлении или одной проволокой в прямом и обратном направлениях методом отсчетов при трех сдвигах проволоки.

В полигонометрии 1 разряда стороны измеряются одной проволокой в одном направлении также с применением метода отсчетов (3 сдвига).

В полигонометрии 2 разряда стороны измеряются одной проволокой в одном направлении методом фиксации, при котором на целиках укрепляются пластинки размером 5X3X1 см и на них последовательно карандашом отмечаются штрихи, фиксирующие передний конец проволоки, в то время, как другой конец ее совмещен со штрихом, отмеченным ранее на пластинке заднего штатива. При этом концами проволоки, определяющими ее длину, считаются нулевые штрихи шкал, или штрихи 4-го сантиметра.

При измерении методом фиксации отсчеты по шкалам проволок не берутся, а в журнале ведется запись номеров пролетов, температуры и длины «остатков». После окончания измерения линии выполняется нивелирование целиков. Длина «остатков» при измерении линий проволоками всеми способами измеряется стальной рулеткой (в полигонометрии 4 класса может быть применена инварная ленточка) методом отсчетов со сдвигом рулетки три раза.

Стальной рулеткой по кольям с натяжением ее динамометром могут измеряться стороны полигонометрии 2 разряда. Сила натяжения применяется такая же, как и при определении длины рулетки на компараторе. Провешивание кольев производится по теодолиту. Длину пролетов назначают несколько меньшей, чем длина рулетки. Расхождение между тремя парами отсчетов П—3, берущихся с точностью до 1 мм, в полигонометрии 2 разряда не должно превышать 3 мм. Стороны хода измеряют рулеткой в прямом и обратном направлениях. Температуру воздуха измеряют на каждом пролете. Головки целиков нивелируются. Измерение рулеткой по асфальту и другой ровной поверхности может быть произведено по почве с фиксацией концов пролетов штрихами, ножами и т. п.

Измерение линий длиномером типа АД производится в полигонометрии 1 разряда двумя приемами и в полигонометрии 2 разряда — одним приемом.

Программа действий в одном приеме следующая:

1. Измерение температуры воздуха.
2. Совмещение фиксатора дальномера с нулем передней шкалы и взятие начального отсчета по длиномеру.
3. Прокатка мерного диска по проволоке, ранее натянутой между точками, огражда-

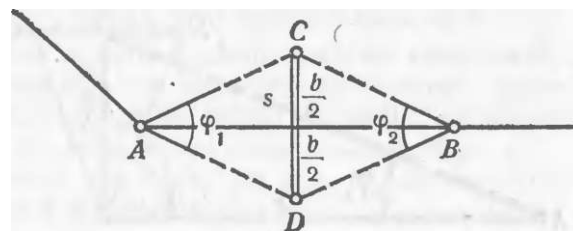


Рис. V.2. Симметричное звено (параллактический метод)

вающими измеряемую линию; совмещение фиксатора прибора с нулем задней шкалы, взятие отсчета по длиномеру.

4. Освобождение мерного диска и взятие одновременно отсчетов по шкалам с фиксацией их положения относительно концов измеряемой линии.

5. Повторное измерение температуры.

6. Смещение шкалы на 3—4 см и (без изменения положения длиномера) измерение длины линии в обратном направлении.

Отсчеты по шкалам и длиномеру берутся с точностью до 1 мм, температура воздуха измеряется с точностью до 1° С. Допустимое расхождение результатов измерения длины линии между полуприемами в полигонометрии 1 разряда составляет 1 : 7000, в полигонометрии 2 разряда — 1 : 5000, а между приемами — 1 : 10 000 (полигонометрия 1 разряда). Для измерения длиномером линий длиной более 250 м они предварительно разделяются на секции.

На участках местности с неблагоприятными условиями для использования подвесных мерных приборов и в других случаях стороны в ходах полигонометрии 1 и 2 разрядов могут быть определены из параллактических звеньев, имеющих вид вытянутого ромба или треугольника. Горизонтальные углы между сторонами хода (длинными диагоналями ромбических звеньев) измеряются обычным порядком.

На рис. V.2 изображено симметричное ромбическое звено $ABCD$, в котором посередине линии $AB = s$, перпендикулярно ей, расположен базис B_y в свою очередь разделенный линией AB пополам. Длина базиса принимается равной или кратной длине 24-метровой инварной проволоки и измеряется этой проволокой. На пунктах A и B теодолитами T_2 , $TheoI$ или другими им равноточными инструментами четырьмя приемами измеряют параллактические углы φ_1 и φ_2 , величина которых должна быть не менее 8° в полигонометрии 1 и не менее 4° в полигонометрии 2 разряда.

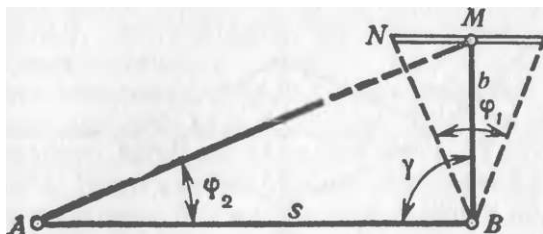


Рис. V.3. Сложное звено (короткобазисный параллактический метод)

Длина стороны хода вычисляется по формуле

$$s = b \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \frac{b^2}{s^2} \right), \quad (V.1)$$

где b и s — горизонтальные проекции соответственно базиса и определяемой стороны.

Относительная средняя квадратическая погрешность определения стороны

$$\frac{m_s}{s} = \frac{m_b}{b} \sqrt{1 + \frac{b^2}{s^2}} \quad (V.2)$$

Например, при относительной погрешности измерения базиса $\frac{m_b}{b} \sim 1 : 50\,000$, $\phi_x = \phi_2 = 5^\circ$ и при средней квадратической погрешности измерения параллактических углов $m_\phi = 1''$ относительная погрешность $\frac{m_s}{s}$ получится равной $1 : 20\,000$.

В стесненных условиях строительных и промышленных площадок, в населенных пунктах и т. п. применяют короткобазисный параллактический метод измерения линий в полигонометрии 1 и 2 разрядов.

На рис. V.3 показано сложное параллактическое звено, состоящее из простого звена BNQ и параллактического треугольника AMB . В простом звене базисом служит жезл $NQ = l$ длиной 2—3 м, установленный на штативе в точке M перпендикулярно и симметрично к линии MB . Параллактический

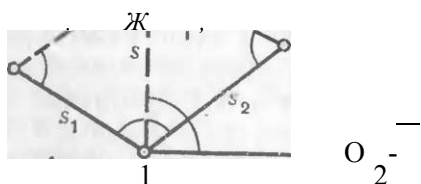


Рис. V.4. Схема привязки полигонометрического хода к пункту триангуляции, расположенному на крыше здания

угол ϕ_x измеряют на точке B . При этом определяемая сторона $MB = b$ в свою очередь является базисом в треугольнике AMB , в котором для вычисления длины стороны s измеряют параллактический угол ϕ_2 и при базисный угол γ .

Для вычисления b и s пользуются формулами

$$b = s \cdot \sin \phi_2$$

Относительная погрешность

s

$$(V.4)$$

Стороны полигонометрии 2 разряда можно также измерять дальномером двойного изображения Редта. Длина горизонтального положения стороны

$$s = C/g - As. \quad (V.5)$$

Коэффициент дальномера C определяется на компараторе, длина которого должна быть измерена с точностью не ниже $1 : 20\,000$. Рейки устанавливают на концах компаратора. Примерно посередине на линии ставят прибор Редта и по рейкам берут отсчеты n_1 и n_2 . Прибор по линии створа устанавливают (не менее) 10 раз со взятием каждый раз отсчетов.

$$C_i = \frac{\Delta_{\text{компаратора}}}{i_x - i_2} \quad \text{а его}$$

среднее значение

$$C_{\text{ср}} = \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{n} \quad (V.6)$$

Стороны полигонометрического хода длиной менее 170 м измеряют дважды с установкой рейки на одном конце, а дальномера — на другом. Каждый отсчет n по рейке берут при двух-трех смещениях барабана оптического микрометра. Стороны большей длины измеряют при двух установках Редта вблизи середины линии, так же как и при определении C . Поправку As в формуле (V.5) отсчитывают в сантиметрах по шкале на кожухе вертикального круга тахеометра.

Расхождение двух измерений стороны хода не должно превышать $1 : 5000$. Точность измерения длины сторон дальномером Редта,

как и всех дальномеров двойного изображения, во многом зависит от точности совмещений штрихов верньера и основной рейки с помощью барабана оптического микрометра, поэтому требуются предварительные упражнения наблюдателя в совмещении штрихов.

Привязки или примыкания полигонометрических ходов к исходным пунктам могут быть непосредственными с измерением примычных сторон и углов и усложненными, если исходный пункт находится на крыше здания или в удалении. Привязку хода к исходному пункту на крыше здания производят «снижением» пункта — определением длины и дирекционного угла стороны s от пункта на крыше до пункта полигонометрии (рис. V.4). Для этого строят два треугольника, близких к равнобедренным, в которых s — общая сторона. Для ее определения измеряют стороны s_1 и s_2 и углы при вершинах. Дирекционный угол стороны определяют измерением примычного угла γ . Привязка к удаленным исходным пунктам может быть произведена определением положения конечного пункта полигонометрии относительно исходных геодезическими засечками.

4. Обработка результатов измерений

Для определения координат пунктов полигонометрической сети по завершении полевых работ выполняют поверку полевых журналов, вычисление средних значений горизонтальных углов из приемов, обработку результатов полевого компарирования мерных приборов, вычисление проекции длины сторон, обработку результатов привязки ходов, оценку точности измерений, уравнивательные вычисления, вычисление координат пунктов и составление каталога, оценку точности уравниваемых величин.

Поверка полевых журналов заключается в тщательном просмотре записей и повторении всех вычислений. Исправленные величины записывают чернилами над зачеркнутыми ошибками. Для углов на пунктах полигонометрии, измеренных несколькими приемами, вычисляют средние значения.

По результатам каждого полевого компарирования рабочей проволоки или рулетки вычисляют поправку A_k к номинальной длине мерного прибора, которую целесообразно относить к температуре компарирования прибора на стационарном компараторе.

Поправка

$$A_k = \frac{O}{\kappa} \frac{D'}{s_p}, \quad (V.6)$$

где ξ_k — длина полевого компаратора; D_p — среднее значение длины того же компаратора, полученное из четырех измерений мерной проволокой; p — число уложений проволоки или рулетки в полевом компараторе.

Длина компаратора при одном измерении рабочей проволокой

$$\xi' = \xi / \kappa + 2(\gamma - 3) s_p + \xi^{A'} / \kappa + \quad (V.7)$$

а рулеткой по кольям на весу

$$(V.8)$$

Проекция длины сторон полигонометрических ходов вычисляют по формулам:

при измерении проволокой методом отсчетов

$$D = n / \kappa + n A_k / \kappa + \xi (\gamma - 3) s_p + \xi d l_h +$$

при измерении проволокой методом фиксации

$$D = r - n l + n A l_k + l_h + l_t + r_0; \quad (V.10)$$

при измерении рулеткой

$$\alpha = E W - 3 > s_p + S + e d / \kappa; + A D_k. \quad (V.11)$$

Для приведения длины стороны D к поверхности относимости (к уровню моря или другому условному уровню) и к плоскости проекции Гаусса к длине D придают две поправки.

Поправка для приведения к поверхности относимости

$$D D h = - \Delta D; \quad (V.12)$$

поправка для приведения к плоскости проекции Гаусса

$$(V.13)$$

Приведенная длина стороны хода

$$s = D + A D_h + \Delta D_r. \quad (V.14)$$

В формулах (V.7)—(V.14) обозначено:

p — число полных пролетов в стопе хода;

Таблица III. 11

Вычисление длины стороны хода

Проволока № 1

Пролеты	($P - 3$) _{ср}	$D/\wedge$ мм	h мм	A/α мм	Примечание
115-1 1—2 2—3 3—4 4—5 5—6	+53,3 —26,8 +39,4 +28,3 —11,9 —40,5	+26° 2 +25° 8	 	+372 +811 +1125 —400 +1270 +2417	—2,90 —13,71 —26,38 —3,36 —33,63 —122,02
$\begin{aligned} Y_{ср} &= 275,0 \text{ м} \\ Y_{ср} &= 155,6 \text{ км} \\ &275-0 \quad 1 \text{ СС} \text{ О} \\ A_{\text{П О Н}} &= 6 \ 370 \ 000 \\ &= -6,2 \text{ мм} \\ A_{\text{П У Г}} &= (155,6)^2 - 155,3 \\ &2-6370* \\ &= +45,8 \text{ мм} \end{aligned}$					
Суммы	+41,8		+0,4	—202,0	
6—116	+11,4537 м	+25,5	+0,8	+290	—3,68
$= -0,1 \text{ мм}$					

$$r_0 = 11,4537 \text{ м} - 3,7 \text{ мм} - 0,1 \text{ мм} + 0,8 \text{ мм} = 11,4507 \text{ м}$$

$$D' = 6 \times 24 \text{ м} + 41,8 \text{ мм} + (0,27 \times 6) \text{ мм} + 0,4 \text{ мм} - 202,0 \text{ мм} = 143,8418 \text{ м.}$$

$$D = 143,8418 + 11,4507 = 155,2925 \text{ м.}$$

$$S = 155,2925 - 6,2 \text{ мм} + 45,8 \text{ мм} = 155,332 \text{ м.}$$

($P - 3$)_{ср} — среднее значение $P - 3$ из трех пар отсчетов на пролете;

$$b_{\text{н}} = - \frac{h^2}{2p} - \frac{h^4}{4T^2} \quad \text{поправка в длину пролета } \Gamma \text{ за}$$

A/α_t — поправки в длину пролета за температуру;

$r_0 = z + Ar_k + Ar_h + Ar_t$ — остаток, исправленный за компарирование, температуру и наклон;

ADk — * D — поправка в длину D за компарирование рулетки;

$Y_{ср}$ — средняя абсолютная высота или высота над поверхностью относимости стороны хода;

$\Gamma_{ср}$ — ордината средней точки стороны хода в системе координат Гаусса;

R — средний радиус Земли.

При вычислении длины сторон необходимо следить за тем, чтобы относительная разность двойных измерений каждой стороны не пре-

вышала предельной относительной невязки полигонометрического хода, установленной Технической инструкцией.

В табл. V.5 дан пример вычисления длины стороны полигонометрического хода 1 разряда, измеренной инварной проволокой № 1, имеющей уравнение

$$U = 24 \text{ м} + 0,27 \text{ мм} + 0,012 \text{ мм} (\angle - 20^\circ)$$

и рулеткой № 504 с уравнением

$$u = 20 \text{ м} - 0,16 \text{ мм} + 12,5 \cdot 10^{-6} / (t - 20^\circ).$$

Вычисление привязки полигонометрического хода к исходному пункту, расположенному на крыше здания, заключается в вычислении длины сторон S_1 и S_2 (см. рис. V.4), решении смежных треугольников и вычислении $S_{ср}$ и a_5 , после чего ход обрабатывают обычным порядком.

Уравнивание сетей полигонометрии в основном производят на ЭВМ по программам, составленным в соответствии со способом наименьших квадратов. Сети полигонометрии 1 и 2 разрядов, создаваемые на незначительных площадях (до 5 км²) для топографической

съемки масштабов 1 : 5000—1 : 500, допускается уравнивать упрощенным способом. Вопросы уравнивательных вычислений в полигонометрии рассмотрены в главе XIV.

Ниже приведены формулы для оценки точности положения пунктов в ходах полигонометрии.

1. Ломаный висячий ход при измерении сторон дальномерами

при измерении сторон проволоками, рулетками

Для вытянутого равностороннего висячего хода в формулах (V.15) и (V.16) следует учесть равенства

$$S = \langle S_j \quad S_g = \langle S.$$

2. Ломаный ход, в котором угловая невязка распределена поровну во все углы, при измерении сторон дальномерами

$$m^2 \quad (v-17)$$

при измерении сторон проволоками, рулетками

$$+ \quad + \quad (V-18)$$

В вытянутом равностороннем ходе после распределения угловой невязки

$$u \quad p^2 \quad t = \frac{c^2}{\Gamma_0} \frac{f_1 + 3}{\Gamma_0} \cdot$$

Средняя квадратическая погрешность дирекционного угла стороны хода после распределения угловой невязки

В формулах (V.15)—(V.19) обозначено:

M — средняя квадратическая погрешность положения конечного пункта хода;

Σ — средняя квадратическая погрешность измерения углов;

$p'' = 206 \, 265''$;

R_t — расстояние от конечного пункта хода до пункта I

m_s — средняя квадратическая погрешность измерения стороны s ;

$\sqrt{i}$ и X — коэффициенты случайного и систематического влияния при измерении длины сторон;

S_3 — длина замыкающей хода (от начального до конечного пункта);

S — длина вытянутого хода;

n — число сторон хода;

R_{n-1} — расстояние от пункта i до центра тяжести хода.

Величины t_r , Σ и m_s определяют в результате оценки точности измерений или (при предварительном расчете точности) берут из технических инструкций.

Список литературы

1. Инструкция о построении государственной геодезической сети Союза СССР. М., Геодезиздат, 1961.
2. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. Л., Недра, 1973.
3. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500. М., Недра, 1973.
4. Инструкция по полигонометрии и трилатерации. М., Недра, 1976.
5. Руководство по применению стенных знаков в полигонометрических и теодолитных ходах. М., Недра, 1972.
6. Высшая геодезия/В. Г. Зданович, А. Н. Белоликов, Н. А. Гусев и др. М., Недра, 1970.
7. Справочник геодезиста. М., Недра, 1975.
8. Инструкция по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства СН212—73. М., Стройиздат, 1974.

1. Общие сведения

Нивелирование — определение превышений между точками и высот точек местности. Оно производится для передачи высот в единой системе по территории страны, для обоснования топографических съемок, а также для высотного обеспечения строительных и других инженерных работ.

Способы нивелирования: геометрическое, геодезическое или тригонометрическое, барометрическое, гидростатическое, автоматическое. Они имеют различные назначения и точность.

Геометрическое нивелирование производится при помощи горизонтального луча визирования. Инструментами служат нивелир и рейки, вертикально устанавливаемые на точках. Различают геометрическое нивелирование из середины и вперед. При нивелировании из середины нивелир устанавливают на одинаковых расстояниях от задней и передней реек и по ним берут отсчеты a и b по средней нити трубы. Превышение на станции

$$h = a - b. \quad (\text{VI.1})$$

Это превышение будет свободно от влияния на отсчеты a и b погрешностей, вызванных непарallelностью визирной оси трубы с осью цилиндрического уровня глухого нивелира, негоризонтальностью визирной линии трубы нивелира с компенсатором, а также свободно от влияния на отсчеты по рейкам кривизны Земли и рефракции. Поэтому передачу высот на значительные расстояния производят проложением нивелирных ходов с определением превышений на станциях геометрическим нивелированием из середины.

Превышение h_{AC} между точками A и C при n станциях в ходе равно

$$h_{AC} = h_{AB} + h_{BC} + \dots + h_{AC} \quad (\text{VI.3})$$

Расстояния от нивелира до реек на станциях хода, а также допустимое неравенство расстояний указываются в Инструкции по нивелированию или определяются по специальному расчету.

При нивелировании вперед, которое применяется большей частью при съемочных работах для определения превышений между точкой стояния нивелира A и другими точками местности, измеряют высоту инструмента i (расстояние по вертикали от точки A до визирной оси трубы) и берут отсчеты $b, d, \dots$ по рейке, установленной в точках $B, Z, \dots$. Превышение между точкой A и, например, точкой B вычисляется по формуле

$$h = i - b. \quad (\text{VI.4})$$

Геометрическое нивелирование применяется при построении государственной нивелирной сети СССР (нивелирование I—IV классов), сетей сгущения (техническое нивелирование) и при производстве инженерно-строительных работ.

Геодезическое нивелирование производится при помощи наклонного луча визирования при наличии известного расстояния между точками. Оно выполняется инструментом с вертикальным кругом — теодолитом, тахеометром, кипрегелем и др. и применяется для определения высот пунктов в горных районах и при топографических съемках.

При **барометрическом нивелировании** на точках местности измеряют атмосферное давление (барометрами) и температуру воздуха. Превышение вычисляют по барометрическим формулам, устанавливающим зависимость между давлением воздуха и высотой места.

Этот способ дает меньшую точность определения высот точек, чем другие, но не требует видимости между точками, позволяет быстро получить результаты и поэтому находит применение при географических, геофизических и других исследованиях. Применение микробаронивелиров позволило повысить точность нивелирования. Имеются положительные опыты измерения такими приборами глубины отвесных горных выработок.

Гидростатическое нивелирование производят приборами, действующими по принципу сообщающихся сосудов. Его применяют для передачи отметок через водные препятствия, при наблюдениях за осадками сооружений, горных пород, для определения превышений между точками на сооружениях в стесненных условиях, а также для установки деталей на одинаковом уровне.

Простейший прибор — шланг, в концы которого вставлены открытые стеклянные трубки. При нивелировании шланг наполняют подкрашенной жидкостью. При этом трубки прикладывают в вертикальном положении к деталям сооружения. У более совершенных гидростатических нивелиров на концах шланга укрепляются специальные головки, позволяющие повысить точность фиксации уровня жидкости.

Автоматическое нивелирование производится нивелирами-автоматами, установленными на тележках, велосипедах, автомашинах. Оно применяется для составления предварительных профилей при трассировании сооружений. Работа ведется быстро, но точность ниже, чем при геометрическом нивелировании.

2. Нивелирование I—IV классов

Нивелирные сети I—IV классов составляют государственную нивелирную сеть СССР, являющуюся высотной основой топографических съемок и других геодезических работ, выполняемых для нужд народного хозяйства.

Сети нивелирования I и II классов, составляющие главную высотную основу, служат для установления Балтийской системы высот на территории страны и для решения научных задач (определения разности уровней воды в морях, вертикальных смещений земной коры и т. п.). Линии нивелирования I и II классов прокладывают в соответствии с программой, утвержденной Главным управлением геодезии и картографии (ГУГК) при Совете Министров СССР, по железным, шоссейным дорогам и другим транспортным коммуникациям. Нивелирование по всем линиям I класса и по некоторым линиям II класса повторяют не реже чем через 25 лет.

Сети нивелирования III и IV классов создаются для высотного обеспечения топографических съемок и решения инженерных задач. Они прокладываются внутри полигонов высших классов в виде отдельных ходов, опирающихся на концах на исходные реперы, или в виде систем с узловыми пунктами. Прокладывать «висячие» линии не

разрешается. Линии нивелирования всех классов закрепляют на местности постоянными знаками — грунтовыми, скальными или стенными реперами через 5—7 км, а в сейсмоактивных районах — через 2—3 км. На линиях I и II классов через 50—60 км дополнительно закладываются фундаментальные реперы.

Описание конструкции постоянных нивелирных знаков для разных условий местности (зон) дается в инструкции по нивелированию.

В северной зоне страны применяется репер, который состоит из железобетонного пилона с поперечным сечением 16 X 16 см и бетонной плиты (якоря). В верхней грани пилона зацементирована марка. Репер закладывается в пробуренную скважину или в котлован. Наружное оформление состоит из опознавательного знака с чугунной охранный плитой, устанавливаемого в 1 м от репера (плита должна быть обращена к реперу). Знак над поверхностью земли должен быть окрашен масляной краской яркого цвета. На столбе знака черной краской подписывается номер репера. Непосредственно над репером насыпается небольшой земляной курган. Схема закладки описанного грунтового репера изображена на рис. VI.1.

Стенной репер (рис. VI.2) закладывается в стену искусственного сооружения или в толщу скалы с обнаженной вертикальной поверхностью.

В дополнение к постоянным знакам в нивелирные ходы II, III и IV классов могут быть включены временные знаки — пункты плановой геодезической сети, деревянные столбы с якорями, врытые в землю, площадки на фундаментах зданий и другие местные предметы. Они используются при выполнении, съемочных и разбивочных работ.

Нивелирование всех классов производится при помощи реек, снабженных круглыми уровнями. Рейки устанавливают на костыли, забиваемые в грунт. На заболоченных участках при нивелировании III и IV классов рейки устанавливают на прочно забитые деревянные колья диаметром 10 см и длиной не менее 40 см с вбитыми в их торцы гвоздями с полусферическими головками. На таких участках рекомендуется применять нивелиры с компенсатором и под ножки штатива забивать колья. На станции нивелир защищают от солнечных лучей зонтом. Перед началом полевых работ нивелир и рейки подвергаются исследованиям и поверкам. В течение полевого периода основные поверки нивелира производятся не реже, чем через 15 дней работы, а установка уровней на рейках поверяется ежедневно.

Таблица VI 1.3

Характеристика нивелирования

Класс	Периметры полигонов, максимальная длина линий, км	Допустимые невязки в полигонах и по линиям	Увеличение трубы нивелира (не менее)	Цена деления уровня (не более)	Тип нивелира	Тип рейки, допустимые ошибки метровых и дециметровых интервалов, мм
I	—	—	44 ^x	12" на 2 мм	Н1, НБ, N1004	Штриховые инварные, ±0,1
II	—	d=5 мм JGL км	40 ^x	12" на 2 мм	НА—1, Н1, Н2, НБ, Ni004, Ni007	Штриховые инварные, ±0,2
III	150, в северных районах до 300	±10 мм 1 [^] L км	30 ^x	15" на 2 мм; 30" контактного уровня	НА—1, НПГ, НБ, НЗ, НС—3, N1007, NiB—3, 4, 5, 6	Штриховые, инварные и шашечные трехметровые двухсторонние, ±0,5

IV 50 ±20 мм V 1 км 25^x 25" на 2 мм; 30" — для контактного уровня НВ, НЗ, НГ, НС—3, NiB—3, 4, 5, 6 Шашечные трехметровые, ±1 мм

Характеристика нивелирования I, II, III и IV классов приведена в табл. VI. 1.

Н и в е л и р о в а н и е III класса выполняется участками — секциями длиной 20—30 км, кончающимися постоянными знаками. Каждая секция нивелируется в прямом и обратном направлениях. При переходе к обратному направлению рейки меняются местами.

Расстояния от нивелира до реек измеряют тросом, бичевой или другими способами. Нивелирование инструментами НА-1 и НПГ по инварным рейкам производится способом совмещения, а при работе с нивелиром без плоскопараллельной пластинки — взятием отсчетов по средней нити (для вычисления превышения) и по дальномерным нитям (для определения расстояний и дополнительно контроля отсчетов).

Программа наблюдений на станции при работе с нивелирами без плоскопараллельной пластинки следующая:

1) после установки нивелира по круглому уровню — визирование на черную сторону задней рейки, приведение элевационным винтом пузырька контактного уровня на середину и взятие отсчетов (1) — по средней нити и (2), (3) — по дальномерным нитям с записью отсчетов в полевой журнал (табл. VI.2);

2) визирование на черную сторону передней рейки, повторение действий п. 1 и взятие отсчетов (4), (5) и (6);

3) визирование на красную сторону передней рейки и (при пузырьке контактного уровня на середине) взятие отсчета (7) по средней нити;

4) визирование на красную сторону задней рейки, приведение элевационным винтом пузырька контактного уровня на середину и взятие отсчета (8) по средней нити.

Наблюдения на станции удовлетворительны, если выдерживаются два допуска!

I, II, III и IV классов

	Нормальная длина визирного луча на стан- ции, м	Неравенство расстояний от нивелира до реек и накоп- ление нера- венств по сек- ции, м	Минимальная высота визир- ного луча над подстилающей поверхностью, м	Допустимое расхождение превышений $\Delta_{пр-обр}$ секции; L — длина сек- ции, км	Примечание
	50	0,5; 1,0	0,8—0,5	$\pm 2 \text{ мм } V \text{ I км}$ $\pm 3 \text{ мм } V L \text{ км}$	—
	65—75 * 50 (Ni007)	1; 2	0,5—0,3	$\pm 5 \text{ мм } V \sim L \text{ км}$	* При хорошей видимо- сти и увеличении трубы нивелира 44 ^x

75—100 * 2; 5 0,3 $\pm 10 \text{ мм } V L \text{ км}$ * То же при увеличении
трубы 40^x

100—150 * 5; 10 0,2 * То же при увеличении
трубы 30^x

1) полусумма отсчетов (2) и (3) отличается от отсчета (1), а полусумма отсчетов (5) и (6) — от отсчета (4) не более чем на 3 мм;

2) превышения, вычисленные по отсчетам (1), (4) и (8), (7), взятым по черным и красным сторонам реек, расходятся не более чем на 3 мм с учетом разности высот нулей реек на красных сторонах. При перерывах в работе нивелирование заканчивают на постоянном или временном знаке, а при отсутствии их — на трех костылях или кольях, забитых в ямки глубиной 30 см. Две станции между этими костылями нивелируют по обычной программе до перерыва, а после перерыва нивелируют станцию между двумя последними костылями (кольями) или обе, если на последней станции обнаружено изменение превышения более чем на 3 мм. После выполнения нивелирования по секции сравнивают превышения из прямого и обратного ходов и устанавливают их допустимость (см. табл. VI.1).

Нивелирование IV класса производится в порядке сгущения сетей нивелирования высших классов для непосредственного обоснования топографической съемки и обеспечения инженерных работ, в частности для определения отметок реперов на шахтных, строительных площадках и др. Нивелирование IV класса выполняют в одном направлении.

Расстояния от нивелира до реек можно измерять шагами. При нивелировании берут отсчеты по средней нити (для вычисления превышений) и по одной из дальномерных нитей (для определения расстояний).

Порядок наблюдений на станции следующий:

1) установка оси вращения нивелира по круглому или цилиндрическому уровню;

2) визирование на черную сторону задней рейки и после приведения пузырька контактного уровня на середину элевационным винтом (нивелиры НВ, НЗ) или подъемным

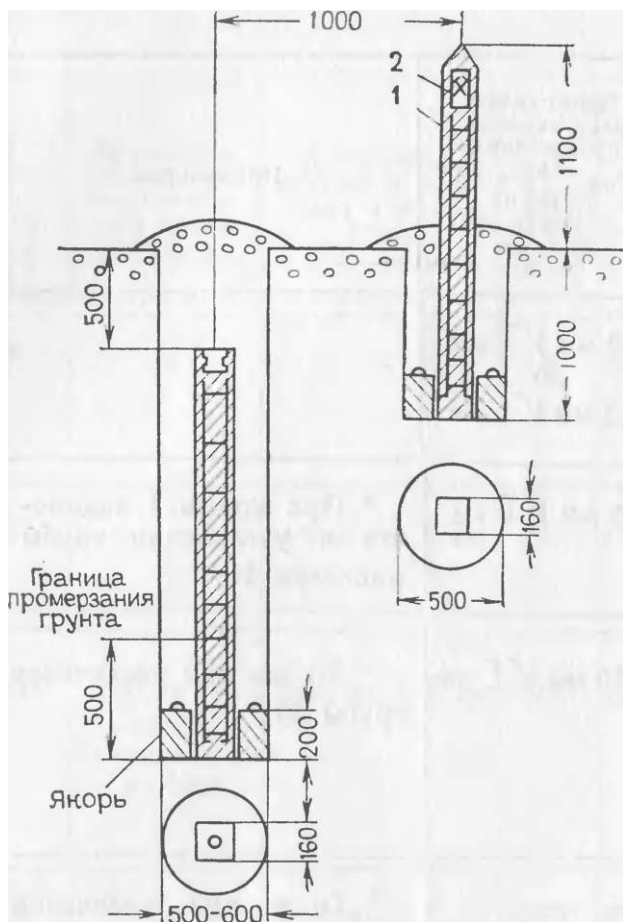


Рис. VI.1. Грунтовой репер нивелирования I, II, III, IV классов:
1 — опознавательный знак, 2 — охранный щит

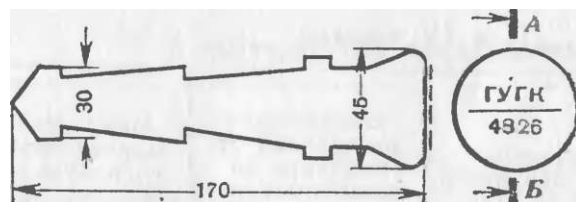


Рис. VI.2. Стенной репер (размеры показаны в миллиметрах)

винтом (нивелир НГ) — взятие отсчетов (1) по верхней и (2) по средней нитям с записью отсчетов в полевой журнал (табл. VI.3);

3) визирование на черную сторону передней рейки, повторение действий п. 2 и взятие отсчетов (3), (4);

4) визирование на красную сторону передней рейки и при пузырьке контактного уровня на середине взятие отсчета (5) по средней нити;

5) визирование на красную сторону задней рейки и после приведения пузырька контактного уровня на середину (см. п. 2) взятие отсчета (6) по средней нити.

При односторонних рейках нивелирование на станции производится при двух горизонтах с изменением высоты нивелира не менее чем на 10 см. При втором горизонте отсчеты берутся только по средней нити.

При нивелировании инструментом с компенсатором отсчеты по рейкам производятся после приведения нивелира в рабочее поло-

Таблица VI 2

Форма записи в журнал при нивелировании III класса

№ штатива и реек	Наблюдение по дальномерным нитям			1 Наблюдение по средней нити			Среднее превышение, мм
	Задняя рейка	Передняя рейка	Контрольные превышения	Задняя рейка	Передняя рейка	Превышение	
1	(2) 1639 (3) 2014	(5) 1778 (6) 2155	(11)—139 (12)—141	(1) 1826 (8) 6613	(4) 1966 (7) 6654	(14)—140 (15)—41	(19)—140,5
1—2 репер 516	(9) 375	(10) 377	(13)—2/—2	(16) 4787	(17) 4688	(18)—99	—
2	1800 2065	1974 2241	— 174 — 176	1932 6619	2107 6893	— 175 —274	— 174,5
2—1	265	267	—21—4	4687	4786	+99	—

Таблица VI.3

Форма записи в журнал при нивелировании IV класса

№ станции	Дальномер- ные расстоя- ния до реек	Отсчеты по рейке		Превышение	Среднее превышение. мм
№ пикетов		задний	передний		
1 Грунтовой репер 15—1	(7) 375 (8) 372	(1) 1285 (2) 1660 (6) 6347 (9) 4687	(3) 1158 (4) 1530 (5) 6317 (10) 4787	(11)+ 130 (12)+ 30 (14)— 100	(13) + 130
2	350 348	974 1324 6111 4787	910 1258 5943 4685	+ 6 6 + 168 — 102	+ 6 7
1—2					

жение по круглому уровню. Расхождение двух превышений i_1 (2)—(4) и h_2 = (6)—(5), вычисленных из отсчетов по средней нити по черной и красной сторонам реек или при двух горизонтах, не должно превышать 5 мм.

Перерывы в работе осуществляются (так же как и в нивелировании III класса) с допустимым расхождением превышений, измеренных на станции до и после перерыва — 5 мм.

Передачу высоты через водные препятствия (реку) шириной от 200 до 400 м можно выполнять по урезу воды, для чего на противоположных берегах прямолинейного участка реки со спокойным течением закладывают реперы, а вблизи уреза воды на линии, перпендикулярной направлению реки, выкапывают отводные каналы и по сигналу забивают в них по колу так, чтобы срезы кольев на противоположных берегах оказались одновременно точно на уровне воды. Эти колья сразу же соединяют нивелирными ходами с реперами на берегах. Превышение между реперами принимается равным сумме превышений по нивелирному ходу, составленному из двух ходов.

Нивелирование по урезу воды производят дважды с повторной забивкой кольев в канавах. Расхождение двух определений не допускается более 20 мм. В исключительных случаях нивелирование через препятствие может быть произведено зимой на льду с соблюдением требований инструкции.

Вычисления при нивелировании III и IV классов включают проверку полевых журналов, составление ведомостей превышений и предварительных высот и уравнивание ходов и систем.

Превышения между постоянными знаками исправляются поправками на среднюю длину 1 м реек.

Уравнивание нивелирного хода между исходными пунктами заключается в распределении с обратным знаком невязки в превышения между реперами пропорционально числу километров или штативов. Системы замкнутых полигонов уравнивают способом полигонов, а системы с узловыми точками — способами приближений или узлов. Имеются программы для обработки нивелировок на ЭВМ. В табл. VI.4 приведен пример уравнивания нивелирного хода IV класса.

Для решения инженерных задач на промышленных и строительных площадках, при съемке городов и т. п. допускается проложение линий нивелирования I, II, III и IV классов по особой программе, но с обязательной привязкой к государственной нивелирной сети. В этом случае требования к инструментам, методике наблюдений и допускам те же, что и при государственном нивелировании, но уменьшается длина ходов и увеличивается частота установки знаков на линиях. Периметры полигонов нивелирования II класса, покрывающие территорию города, не должны превышать 50 км (на незастроенной территории 80 км). Нивелирные знаки на линиях II класса закладываются не реже, чем через 2—3 км. Нивелирные сети III класса создаются внутри полигонов II класса, а в городах площадью 25—50 км² самостоятельно и состоят из основных линий и линий сгущения. Длина основных линий нивелирования III класса не должна превышать 10 км между узловыми точками на застроенных и 15 км на незастроенных территориях.

Таблица VI 1.3

Уравнивание нивелирного хода IV класса

№ пунктов	Расстояние, км	Превышения, м	Исправленные превышения, м	Абсолютные отметки, м
Марка 15 (III класс)		— 12		246,521
Репер 1	4,3	+ 12,471	+ 12,459	
Репер 2	6,2	— 17	+ 19,226	258,980
Репер 3	7,1	+ 19,243	— 19	278,206
Репер 40 (III класс)	5,4	+6,112	+6,093	284,299
		— 15	— 10,654	273,645
		— 10,639		

$$L = 23 \text{ км}; \quad \sum h = +27,187; \quad \sum \text{Я}_{\text{испр}} = +27,124; \\ = +27 \cdot 187 - (273 \cdot 645 - 246,521) = +63 \text{ мм}; \quad f_h_{\text{нп}} < +20 \text{ мм} \quad \sqrt{23} = 96 \text{ мм}.$$

Основные линии III класса нивелируются в прямом и обратном направлениях. Линии сгущения нивелирования III класса прокладываются внутри нивелирных полигонов II класса и полигонов, составленных основными линиями III класса. Они должны образовывать полигоны с периметром 15—25 км. Они (линии сгущения III класса) нивелируются в одном направлении. Длина нивелирных линий IV класса на городских территориях не должна превышать 2—4 км между пунктами нивелирования высших классов и 1—2 км — между узловыми точками. Периметры полигонов в городских сетях нивелирования IV класса не должны превышать 8—12 км.

Знаки (в основном стенные реперы) на линиях нивелирования III и IV классов на улицах и проездах закладываются не реже, чем через 200—300 м, на окраинах города — через 300—800 м, а на незастроенной территории — через 0,5—2,0 км. Стенные реперы могут быть заложены в каменные или железобетонные здания только через 3 года после окончания их постройки.

3. Техническое нивелирование

Техническое нивелирование применяется для определения высот пунктов геодезических сетей сгущения и точек съемочного обоснования при крупномасштабных топографических съемках, высот точек на объектах маркшейдерских съемок (устьев скважин, шурфов, обнажений горных пород и т. д.), при планировке площадей, определении объемов зем-

ляных работ, при изысканиях и строительстве инженерных сооружений. Это нивелирование широко применяют при строительстве линейных сооружений (дорог, каналов, линий электропередач и др.) с целью построения профилей и выполнения высотных разбивочных работ.

Ходы и системы технического нивелирования опираются на знаки нивелирования высших классов. Допускаются висячие ходы, прокладываемые дважды. Длина ходов определяется задачами нивелирования.

При крупномасштабной топографической съемке с сечением рельефа 1 м длина линий технического нивелирования между реперами высшего класса допускается не более 16 км, а длина висячего хода — не более 4 км. Невязки ходов не должны превышать $\pm 50 \text{ мм}/\sqrt{L}$ ИИ $\pm 10 \text{ мм}/\sqrt{L}$ (L — длина хода, км; p — число штативов в ходе), если на 1 км хода число штативов больше 25. Разность превышений в двойном висячем ходе не должна превышать $\pm 50 \text{ мм}/\sqrt{L}$.

Знаками в ходах могут служить стенные и грунтовые реперы облегченного типа, пункты плановой геодезической сети и местные предметы'. Применяются инструменты типа НС, НГ, НТ и другие технические нивелиры. Рейки — шашечные, с сантиметровыми делениями. При нивелировании их устанавливают на костыли или колья. Если на рейке нет круглого уровня, то отсчет (наименьший из видимых в трубу) берут при покачивании рейки в направлении на нивелир и от него. При отсчетах, меньших 2000 мм, рейку не качают.

Нивелирование для передачи отметки производят из середины при расстояниях от нивелира до реек не более 150 м. Программа наблюдений такая же, как и при нивелировании IV класса, но без отсчетов по дальномерным нитям. Расхождение двух превышений на станции не допускается более 5 мм. При нивелировании для построения продольного профиля трассы и поперечников проектируемого линейного сооружения выполняют работы по рекогносцировке трассы с закреплением столбами вершин углов поворота и измерением углов теодолитом; измерение сторон между вершинами углов поворота трассы с помощью дальномера, например ДНТ, или стальной мерной ленты.

Теодолитный ход, проложенный по оси трассы, называется магистралью. В необходимых случаях попутно с измерением сторон производят вставку закруглений в местах поворота трассы. Кроме того, необходимо произвести разбивку пикетажа, т. е. закрепления по оси трассы через 100 м пикетных точек и между ними плюсовых точек в местах перегиба скатов, пересечения трассы линиями дорог и т. п. Расстояния по пикетажу измеряют стальной лентой, углы наклона — эклиметром или теодолитом, поправки за наклон вводят в расстояния на местности со знаком плюс. Пикетную или плюсовую точку закрепляют двумя колышками — один забивают вровень с землей по оси трассы, а другой — не полностью, он служит сторожком. На сторожке у пикета пишут порядковый номер (начальная точка трассы — пикет 0), а у плюсовой точки со знаком плюс — расстояние до нее от предыдущего пикета. В пикетаж включают и углы поворота трассы. На участках с изрезанным рельефом и на косогорах разбивают перпендикулярно оси трассы поперечники на 15—30 м, на которых колышками отмечают точки перегиба скатов и измеряют между ними расстояния. Результаты разбивки пикетажа заносят в пикетажный журнал.

Съемку подробностей полосы местности вдоль трассы шириной около 50 м производят в основном способом перпендикуляров от линии трассы с использованием точек пикетажа. Контуры и местные предметы заносят в пикетажный журнал в принятом масштабе и изображают условными знаками.

Нивелирование точек пикетажа производят с разделением их на связующие и промежуточные точки. В качестве связующих, по которым отметку передают вперед по ходу с контролем, используют точки пикетажа через 200—300 м или иксовые точки, за-

крепляемые по мере надобности вбитым в землю колом. Расстояние до иксовых точек по пикетажу не измеряют. Превышение между задней и передней связующими точками измеряют из середины дважды. Затем берут отсчеты по черной стороне рейки, устанавливаемой последовательно на точки пикетажа, расположенные между связующими точками. Эти точки при нивелировании называют промежуточными и отсчеты на них записывают в графу нивелирного журнала под тем же названием. Точки на поперечниках нивелируют как промежуточные со станции, связанной отсчетами по рейке с одной из точек пикетажа на трассе. Образец записи в журнале нивелирования трассы приведен в табл. VI.5.

Отметки связующих точек вычисляют с помощью средних превышений на станциях, исправленных при уравнивании хода между исходными реперами. Отметки промежуточных точек $H_{пр}$ определяют через горизонт инструмента ГИ — отметку визирного луча на станции

$$\begin{aligned} \text{ГИ} &= \#_{\text{св. т}} + \Delta \text{СВ}_i \\ \#_{\text{пр}} &= \text{ГИ} - \langle \text{пр}, \end{aligned} \quad (\text{VI.5})$$

где $\#_{\text{св. т}}$ — отметка задней связующей точки; $\Delta \text{СВ}_i$ — отсчеты по рейке на задней связующей и промежуточной точках, взятые при одной высоте инструмента.

Построение продольного профиля и профилей поперечников осуществляется по данным из пикетажного и нивелирного журналов.

Для выразительности вертикальный масштаб профиля принимают в 10 раз крупнее горизонтального, например при горизонтальном масштабе нанесения точек пикетажа 1 : 10 000 вертикальный масштаб построения точек профиля берется равным 1 : 1000. В нижней части чертежа (рис. VI.3) размещают полосы шириной 1—1,5 см, в которых отмечают точки пикетажа и расстояния между ними, отметки земли (черные отметки), округленные до 1 см, подробности ситуации, характер грунтов, а после построения в верхней части чертежа профиля заносят проектные уклоны участков трассы и их длину, а также проектные (красные) отметки, вычисляемые с округлением до 1 см по формуле

$$H_i = H_{i-1} + i \Delta, \quad (\text{VI.6})$$

где H_i и $\#_2$ — проектные отметки соответственно предыдущей и последующей точек; i — проектный уклон между ними со знаком плюс или минус; d_{1-2} — расстояние между точками.

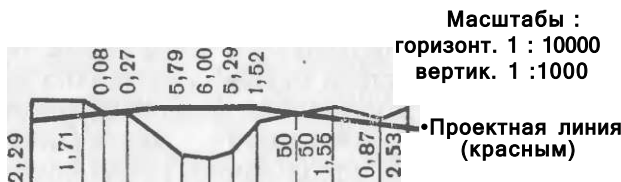
По проектным отметкам точек перегиба профиля наносят красную линию трассы,

Таблица VI.3

Журнал нивелирования трассы

№ станции	№ пикетов и плюсовых точек	Отсчет по рейке			Средний отсчет		Превышение		Горизонт инструмента	Абсолютные отметки, м
		задний	передний	промежуточный	задний	передний	+	-		
3	ПК—6	821			878				—	217,815
	ПК 7+53	935	1917 2035			1976		1098		216,717
4	ПК 7+53	1576			1634				218,409	216,717
	ПК—8	1692		1071			1152			217,338
	ПК 8+16		422	905		482				217,504
	ПК—9		542							217,869

-а возле нее для каждой точки пикетажа выписывают рабочую отметку $h = Y_{кр} - Y_{черн}$ выше линии, если она положительная, и ниже, если она имеет знак минус. Рабочие



Профиль

170 м



отметки указывают высоту подсыпки или срезки грунта на точках трассы.

Профили поперечников строят на отдельном листе бумаги один под другим с указанием пикетажа, на котором взят поперечник. Вертикальный масштаб принимается таким же, как и горизонтальный.

При работах на строительной площадке техническое нивелирование применяют для вынесения проектных отметок в натуру, нивелирование площади и многих других работ.

4. Геодезическое нивелирование

Для определения превышения h (рис. VI.4) измеряют зенитное расстояние z_x или вертикальный угол α_1 , высоту инструмента и высоту точки визирования h_2 . Кроме того, должны быть известны длина линии s между точками 1 и 2 и коэффициент земного преломления k . При двустороннем нивелировании углы z (α) и величины h измеряют на точках 1 и 2.

Длину сторон s определяют при построении плановой геодезической сети или измеряют непосредственно. Коэффициент k определяется в триангуляции вместе с измерением зенитных расстояний, в других случаях используется его среднее значение, равное 0,14.

Измерение зенитных расстояний производят в периоды четких изображений визир-

Рис. VI.3. Продольный профиль трассы

ных целей, отстоящих от восхода и захода солнца не менее чем на 2 ч. В триангуляции 3 и 4 классов z измеряют четырьмя приемами по средней нити и двумя приемами по трем нитям теодолитом с ценой деления отсчетного приспособления вертикального круга не более 10".

При зенитальной оцифровке вертикального круга (теодолиты ТТ 2/6, ТБ-1, Т2 и др.). зенитное расстояние в одном приеме

$$z = \frac{\text{КЛ} - \text{КП}}{2} = M_z - \text{КП} = \text{КЛ} - M_z, \quad (\text{VI.7})$$

где КЛ и КП — отсчеты по вертикальному кругу при двух положениях трубы, а M_z — $\frac{\text{КЛ} + \text{КП}}{2}$ — место зенита.

При отсчетах КЛ — $89^\circ 48' 08''$, КП = $270^\circ 14' 22''$, значения M_z и z равны:

$$M_z = \frac{89^\circ 48' 08'' + 270^\circ 14' 22''}{2} = 179^\circ 31' 15'';$$

$$z = \frac{89^\circ 48' 08'' - 270^\circ 14' 22''}{2} = -90^\circ 01' 15'';$$

$$= 360^\circ 01' 15'' - 270^\circ 14' 22'' = 89^\circ 46' 53''.$$

$$= 89^\circ 48' 08'' - 0^\circ 01' 15'' = 89^\circ 46' 53''.$$

Колебания z и M_z в отдельных приемах не должны превышать 15".

Вертикальные углы в геодезическом нивелировании измеряют триангуляционными теодолитами Т1, Т2, Т5 и другими для получения результатов повышенной точности и техническими теодолитами, а также кипрегелем при обосновании и производстве топографической съемки. При построении съемочной сети вертикальные углы измеряют при круге право и круге лево, а при съемке подробностей — при одном круге с предварительным определением места нуля МО.

Угол

$$a = \frac{\text{КП} - \text{КЛ}}{2} = \text{КП} - \text{МО} = \text{МО} - \text{КЛ}, \quad (\text{VI.8})$$

где

$$\text{МО} = \frac{\text{КП} + \text{КЛ}}{2}$$

Если отсчеты по вертикальному кругу

$$\text{КП} = 356^\circ 18' 30'' \text{ и } \text{КЛ} = 3^\circ 38' 30'',$$

то

$$\text{МО} = 359^\circ 57' 00'' + 360^\circ$$

$$= 359^\circ 58' 30'' = -0^\circ 01' 30'';$$

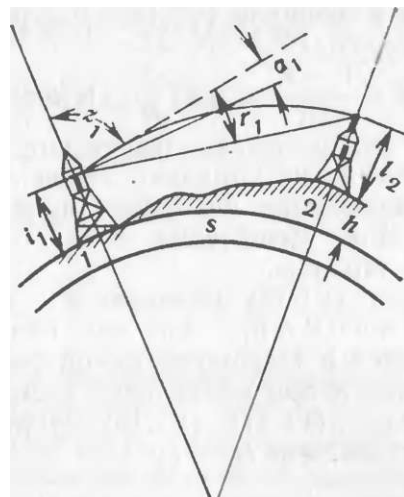


Рис. VI.4. Схема геодезического нивелирования

$$a = \frac{356^\circ 18' 30'' - 3^\circ 38' 30''}{2} = 356^\circ 18' 30'' - 359^\circ 58' 30'' = -0^\circ 01' 30'' = -3^\circ 40' 00''.$$

Формулы для вычисления превышений следующие:

при односторонних наблюдениях зенитных расстояний

$$h = s \operatorname{ctg} Z_1 - f - s^2 + i_x - l_2; \quad (\text{VI.9})$$

при двусторонних наблюдениях

$$h_{CP} = s \operatorname{tg} \frac{Z_2 - Z_1}{2} + \frac{l_1 + l_2}{2} + \frac{k + U}{p}, \quad (\text{VI.10})$$

при односторонних наблюдениях вертикальных углов

$$a = \operatorname{stg} a_1 + i_1 - f + 0.43 - J; \quad (\text{VI.11})$$

при определении наклонного расстояния D дальномером с горизонтальной рейкой

$$h = D \sin a_x + n - l_2 + 0.43 \frac{r^2}{p}; \quad (\text{VI.12})$$

при определении расстояний нитяным дальномером по вертикальной рейке (пренебрегая поправкой $0.43 \frac{s^2}{p}$)

$$h = l (Cn + q) \sin 2a_1 + h - l_2. \quad (\text{VI.13})$$

В формулах (VI.9) и (VI.10) s — расстояние между пунктами 1 и 2, приведенное к поверхности квазигеоида, оно определяется в триангуляции или трилатерации, в формуле (VI.11) s — горизонтальная проекция

стороны; в формуле (VI. 12) D — наклонная длина стороны.

Члены $s^2 \frac{1}{2R} \kappa$ и $0,43 \frac{s^2}{R}$, в которых R — средний радиус Земли, выражают поправку в превышении на кривизну Земли и рефракцию (искривление визирного луча в атмосфере). Для вычисления этой поправки имеются таблицы.

Формула (VI. 13) называется тахеометрической, так как она широко применяется в тахеометрической съемке. Ею пользуются и при мензуральной съемке.

Формулы (VI. 11)—(VI. 13) упрощаются, если $s < 300$ м:

$$h = s \operatorname{tg} \alpha; \quad (\text{VI. 14})$$

$$h = D \sin \alpha; \quad (\text{VI. 15})$$

$$h = (Cn + q) \sin 2\alpha_x. \quad (\text{VI. 16})$$

В таком виде формулу (VI. 16) применяют при съемке подробностей для определения высот реечных точек. Величину $s \operatorname{tg} \alpha$ формул (VI. 11) и (VI. 14) определяют по таблицам Савицкого, а величину $\frac{1}{2}(Cn + q) \sin 2\alpha_x$ формул (VI. 13) и (VI. 16) — по тахеометрическим таблицам. Точность геодезического нивелирования ниже, чем геометрического. Уже при $s > 6$ км погрешность определения h превышает $\frac{1}{3}$ м и быстро растет с увеличением s из-за невозможности надежно определить величину коэффициента земного преломления.

В ходах геодезического нивелирования при построении съемочной сети топографической съемки допустимую невязку подсчитывают по формулам

$$|A| < \pm 20 \text{ см} \quad \text{VI} \quad (\text{VI. 17})$$

(L — длина хода)
или

$$|L| < \pm (4y - 1) > \text{см} \quad (y \text{ в } 10^8) \quad (\text{VI. 18})$$

где $|L|$ — периметр хода, выраженный в сотнях метров; p — число сторон хода.

5. Барометрическое нивелирование

Атмосферное давление на точках местности измеряют барометрами-анероидами, микробаронивелирами МБНП, ОМБ, МБ и др. Микробарометры имеют увеличенный анероидный блок, поступательное перемещение которого преобразуется в угловое. Отсчеты

по шкале давления берут с помощью оптического микрометра более точно, чем у анероида. Для контроля показаний анероидов и микробарометров применяют ртутный барометр.

Ежегодно рабочие приборы исследуют в лаборатории и к каждому из них дается свидетельство, позволяющее приводить показание барометра к атмосферному давлению B на широте 45° и на уровне моря.

Превышение вычисляют по полной барометрической формуле, применяемой при геофизических и других исследованиях,

$$h = (1 + \gamma_{\text{ср}}) X (1 + t_4 - t_1) X$$

$$X (1 - P \cos 2\phi) X$$

или по сокращенной формуле

$$h = W (1 + e_{\text{ср}}) l_{\text{ср}} \frac{A_1}{A_2}, \quad (\text{VI. 20})$$

применяемой при работах меньшей точности.

В этих формулах $N = 18\,400$; $e =$

ZI_0

$t_{\text{ср}}$ — средняя температура воздуха в точках 1 и 2; B_1 и B_2 — приведенное атмосферное давление в тех же точках; $\gamma = 0,377$; P — среднее давление водяных паров; ϕ — средняя широта; A_x — отметка точки 1; $R = 6371$ км. Величину h в соответствии с формулой (VI. 20) вычисляют по таблицам барометрических ступеней высот или по таблицам приблизительных альтитуд.

Барометрическое нивелирование производится способом замкнутых полигонов одним анероидом или, что значительно лучше, несколькими анероидами с опорой на одну станцию. При маршрутной съемке применяется способ передвижных станций и др.

Погрешности измерения превышений анероидами в среднем равны 2—3 м, микробаронивелирами 0,5—1,0 м. При неблагоприятных условиях они могут достигать более 5 м.

Список литературы

1. Гиршберг М. А. Геодезия. М., Недра, 1967.
2. Высшая геодезия/В. Г. Зданович, А. Н. Белолоков, Н. А. Гусев, и др. М., Недра, 1970.
3. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М., Недра, 1974.
4. Руководство по топографическим съемкам в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 1 : 500. Высотные сети. М., Недра, 1976.

Съемка земной поверхности

1. Общие положения

Съемка земной поверхности (топографическая съемка) производится с целью создания и обновления топографических карт и планов, широко используемых в народном хозяйстве и для обороны страны. По масштабам съемки подразделяются на мелко масштабные, в результате которых создаются топографические карты в масштабах 1 : 100 000, 1 : 50 000, 1 : 25 000, 1 : 10 000 и крупномасштабные, в результате которых создаются топографические планы в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500.

Крупномасштабные съемки подразделяются на основные и специализированные. На основные топографические планы наносятся, как правило, все объекты и контуры, предусмотренные действующими условными знаками, а рельеф на них изображается с точностью, установленной положениями по созданию планов [1].

Для решения конкретных задач могут создаваться специализированные топографические планы. На них допускается наносить не всю ситуацию местности, а только необходимую ее часть, применять нестандартное сечение, снижать или повышать точность изображения контуров и рельефа местности.

В горном деле топографические карты масштабов 1 : 100 000—1 : 10 000 используются для проектирования и ведения геологических исследований, в качестве топографической основы отчетных геологических карт при геологических съемках и поисках, при геологоразведочных работах, при предварительной разведке месторождений и для составления обзорных карт и схем.

Топографические планы масштаба 1 : 5000 используются при детальной разведке месторождений крупных размеров простого или средней сложности геологического строения, для разработки технических проектов горнодобывающих и обогатительных предприятий, при эксплуатации месторождений, в качестве основы для составления топогра-

фических и специальных планов и карт более мелких масштабов.

Топографические планы масштаба 1 : 2000 используются при детальной разведке месторождений крупных размеров простого и средней сложности геологического строения, расположенных в горной местности; при детальной разведке месторождений средних размеров простого и средней сложности геологического строения или месторождений крупных размеров, но сложного геологического строения; при детальной разведке месторождений малых размеров, а также месторождений средних размеров, но сложного геологического строения или месторождений с неправильной формой рудных тел; для проектирования и строительства жилых поселков при горных предприятиях; для решения горнотехнических задач при эксплуатации месторождений.

Топографические планы масштаба 1 : 1000 используются при детальной разведке месторождений малых размеров, а также месторождений средних размеров со сложным геологическим строением или с неправильной формой рудных тел; для разработки рабочих чертежей при проектировании и строительстве горнодобывающих и обогатительных предприятий.

Топографические планы масштаба 1 : 500 используются для составления генерального плана и рабочих чертежей многоэтажной капитальной застройки и подземных коммуникаций, для решения вертикальной планировки, составления планов существующих подземных сетей и сооружений, привязки зданий и сооружений к участкам строительства на застроенных территориях города.

В виде исключения топографические планы масштаба 1 : 500 используются для разработки рабочих чертежей при проектировании и строительстве горнодобывающих и обогатительных предприятий. Необходимость топографической съемки в масштабе 1 : 500 должна быть обоснована инженерными расчетами.

Съемки в масштабе 1 : 2000 и мельче на площади 10 км² и более производят пред-

приятия ГУГК- В остальных случаях съемки производятся ведомственными топографо-геодезическими (маркшейдерскими) организациями и службами. Разрешение на производство этих работ выдают территориальные инспекции Госгеонадзора ГУГК.

При топографической съемке в масштабе 1 : 5000 и крупнее система координат устанавливается по согласованию с органами Госгеонадзора. Координаты пунктов геодезического обоснования вычисляются в проекции Гаусса, как правило, в трехградусных зонах. Система высот для планов принимается Балтийская. В отдельных случаях при съемке небольших участков, удаленных от реперов государственного нивелирования, допускается принимать условную систему высот. Требования к номенклатуре и к разграфке планов изложены в главе XVI.

Топографические планы крупных масштабов характеризуются широкой номенклатурой контуров и предметов местности, деталей рельефа, изображаемых с необходимой точностью и подробностью. Подробный перечень объектов, подлежащих съемке и нанесению на план, приведен в действующих инструкциях.

Рельеф местности изображается горизонталями и условными знаками. Высота сечения рельефа устанавливается в зависимости от характера рельефа местности и назначения плана.

Применяемые высоты сечения рельефа приведены в табл. VI1.1.

На планах помещаются собственные названия населенных пунктов, улиц, железнодорожных станций, пристаней, лесов, песков, солончаков, вершин, перевалов, долин, балок, оврагов и других географических объектов.

Точность топографических планов характеризуется следующими показателями. Средние погрешности в положении на плане предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек съемочного обоснования не должны превышать 0,5 мм, а в горных районах 0,7 мм. На территориях с капитальной и многоэтажной застройкой ошибки во взаимном положении на плане точек близлежащих важных контуров (капитальных сооружений, зданий и т. п.) не должны превышать 0,4 мм. Средние погрешности съемки рельефа относительно ближайших точек геодезического обоснования не должны превышать по высоте V_4 принятой высоты сечения рельефа при углах наклона до 2° ; V_3 — при углах наклона от 2 до 6° на планах масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000, при углах наклона до 10° на планах масштабов 1 : 1000 и 1 : 500 и при сечении рельефа через 0,5 м на планах масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000. На лесных участках местности эти допуски увеличиваются в 1,5 раза. В районах с углами наклона свыше 6° для планов масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000 и с углами наклона свыше 10° для планов масштабов 1 : 1000 и 1 : 500 число горизонталей должно соответствовать разности высот, определенных на перегибах

Таблица VI1.1

Высоты сечения рельефа на топографических планах

Характеристика рельефа участка съемки	Сечение рельефа (м) при масштабе съемки			
	1 : 5000	1 : 2000	1 : 1000	1 : 500
Равнинный с углами наклона до 2°	0,5 1,0	0,5 1,0	0,5	0,5
Всхолмленный с углами наклона до 4°	1,0 2,0	0,5 1,0; 2,0	0,5	0,5
Пересеченный с углами наклона до 6°	2,0 5,0	1,0 2,0	0,5 1,0	0,5
Горный и предгорный	2,0 5,0	2,0	1,0	1,0

Примечание. Высота сечения рельефа через 0,25 м допускается при съемках асфальтированных территорий, спланированных площадок и нивелировании площадей. Необходимость такого сечения должна быть обоснована в техническом проекте (программе) работ.

скатов, а средние погрешности высот, определенных на характерных точках рельефа, не должны превышать V_3 принятой высоты сечения рельефа.

Точность планов оценивается по расхождениям положения контуров, высот точек, рассчитанных по горизонталям, с данными контрольных измерений. Предельные расхождения не должны превышать удвоенных значений, приведенных выше средних погрешностей, а их число не должно быть более 10% от общего числа контрольных измерений.

В необходимых случаях планы могут создаваться с точностью планов (карт) смежного более мелкого масштаба, например, планы масштаба 1 : 5000 могут быть созданы с точностью карт масштаба 1 : 10 000, а планы масштаба 1 : 2000 — с точностью планов масштаба 1 : 5000 и т. д. Такие планы рекомендуется создавать съемкой на увеличенных фотопланах, фотомеханическим увеличением и т. п. На них обязательно указывается методика их создания и точность съемки.

Специализированные топографические съемки могут выполняться с соблюдением иных требований, предусмотренных ведомственными инструкциями или согласованных с органами Государственного геодезического надзора.

Метод топографической съемки выбирается в зависимости от площади съемочного участка, масштаба съемки и характера местности. Основными методами съемки в масштабах 1 : 5000 и 1 : 2000 больших участков местности являются аэрофототопографические — стереофотограмметрический и комбинированный (съемка на фотопланах) методы. Методика их выполнения изложена в главе VIII.

Мензульная съемка в масштабах 1 : 5000 и 1 : 2000 применяется в случаях, когда нельзя выполнить аэрофотосъемку или когда она экономически нецелесообразна из-за малой площади участка съемки. Мензульная съемка применяется также для съемки местности в масштабах 1 : 1000 и 1 : 500 на незастроенных и малозастроенных участках. Тахеометрическая съемка применяется для съемки малых участков местности или для съемки трасс при линейных изысканиях.

Съемки могут выполняться и другими методами, если они обеспечивают требуемую точность и детальность создания топографического плана, например, методами горизонтальной и вертикальной съемки застроенных территорий, нивелирования площадей и т. п. Техничко-экономическое обоснование выбранного метода съемки приводится в техническом проекте работ.

2. Геодезическая основа

Геодезической основой топографических съемок масштабов 1 : 5000 и крупнее служат:

в плановом отношении — пункты государственной геодезической сети 1, 2, 3 и 4 классов, геодезических сетей сгущения 1 и 2 разрядов (по классификации геодезической сети СССР 1962 г. сети местного значения) и точки съемочных сетей;

в высотном отношении — реперы и марки государственной нивелирной сети 1, 2, 3 и 4 классов, пункты геодезических и съемочных сетей, высоты которых определены геометрическим нивелированием.

При съемках с сечением рельефа через 2 и 5 м в качестве высотной основы могут использоваться пункты, высоты которых определены тригонометрическим нивелированием.

Плотность пунктов государственной геодезической сети 1—4 классов, как правило, должна быть: для съемок в масштабе 1 : 5000 — 1 пункт триангуляции или полигонометрии на 20—30 км² и один репер нивелирования на 10—15 км²; для съемок в масштабе 1 : 2000 и крупнее — 1 пункт триангуляции или полигонометрии на 5—15 км² и один репер нивелирования на 5—7 км².

На застроенных и подлежащих застройке территориях городов плотность пунктов государственной геодезической сети должна быть не менее 1 пункта на 5 км². Для обоснования топографических съемок масштабов 1 : 5000 и крупнее и обеспечения инженерных работ, выполняемых в городах, рабочих поселках и на промышленных площадках, государственная геодезическая сеть сгущается построением геодезических сетей 1 и 2 разрядов.

Общая плотность государственной геодезической сети и геодезической сети сгущения для городских (поселковых) территорий, как правило, должна быть не менее: в застроенной части — 4 пункта триангуляции или полигонометрии на 1 км²; в незастроенной части — 1 пункт на 1 км².

Реперы и марки геометрического нивелирования должны располагаться так, чтобы на каждый лист масштаба 1 : 5000 приходилось не менее одного нивелирного знака.

Топографические съемки могут выполняться только на съемочном обосновании (за исключением городов), если на участке отсутствуют пункты государственной геодезической сети и если эти съемки в ближайшие годы не будут развиваться. Площадь таких съемок, как правило, не должна пре-

вышать для масштаба 1 : 5000 — 20 км²; для масштаба 1 : 2000 и крупнее — 10 км².

Непосредственной основой для производства съемки служат пункты съемочного обоснования. Общее число пунктов съемочного и геодезического обоснования должно быть не менее 4 пунктов на 1 км² при съемке в масштабе 1 : 5000, 10 пунктов в масштабе 1 : 2000, 15 пунктов в масштабе 1 : 1000.

При съемке застроенной территории число пунктов съемочного обоснования определяется техническим проектом.

Часть пунктов съемочного обоснования закрепляется постоянными центрами. Их число определяется из расчета, чтобы на каждый планшет съемки приходилось не менее трех пунктов при съемке в масштабе 1 : 5000, не менее двух пунктов — при съемке в масштабе 1 : 2000 и не менее одного пункта — при съемке в масштабе 1 : 1000.

Если съемка производится только на съемочном обосновании, то постоянными центрами закрепляется пятая часть пунктов. Центры пунктов съемочного обоснования закрепляются стандартными типами центров [2], конструкция которых может быть изменена в зависимости от местных условий.

Плановое съемочное обоснование. Предельные ошибки положения пунктов уравненного планового обоснования, в том числе плановых опознаков, относительно пунктов государственной геодезической сети и геодезических сетей сгущения не должны превышать на открытой местности и на застроенной территории 0,2 мм в масштабе плана и 0,3 мм — на местности с древесной и кустарниковой растительностью. На открытой и полуоткрытой местности плановое съемочное обоснование может создаваться методом триангуляции, построением несложных сетей треугольников, цепочек треугольников или вставок отдельных пунктов, определяемых

прямыми, обратными и комбинированными засечками. Методика определения пунктов методами триангуляции приведена в гл. IV.

Исходными сторонами могут служить стороны триангуляции 1 и 2 разрядов и полигонометрии, а также специально измеренные базисные стороны, погрешности которых не должны превышать 1 : 5000. Развитие сетей и цепочек треугольников, опирающихся на одну сторону (висячих), не допускается.

Вставка методом триангуляции более двух пунктов съемочного обоснования должна опираться не менее чем на две исходные стороны.

В цепочках треугольников не допускается более 20 треугольников при съемке в масштабе 1 : 5000, 17 треугольников при съемке в масштабе 1 : 2000 и 15 треугольников при съемке в масштабе 1 : 1000. Предельная длина цепочки или расстояние между исходными пунктами, на которые опирается цепочка, не должна превышать предельной длины теодолитного хода 1 разряда соответствующего масштаба съемки.

Геодезические засечки применяются при построении съемочного обоснования для съемок масштабов не крупнее 1 : 2000.

Прямая и комбинированная засечки производятся не менее чем с трех исходных пунктов. В комбинированной засечке используются прямые и обратные засечки. Углы между линиями засечек при определяемом пункте не должны быть менее 30° и более 150°.

Обратная засечка производится не менее чем по четырем исходным пунктам при условии, что определяемый пункт не находится вблизи окружности, проходящей через три исходных пункта.

В засечках расстояния от определяемого пункта до исходных не должны превышать 3 км при съемке в масштабе 1 : 5000 и 1,2 км при съемке в масштабе 1 : 2000.

На закрытых участках местности пункты съемочного обоснования определяются положением теодолитных ходов, которые по точности подразделяются на два разряда.

В самостоятельной сети теодолитные ходы образуют свободную систему полигонов или примыкают к пунктам из цепочек треугольников. Относительные невязки теодолитных ходов 1 разряда не должны превышать 1 : 2000, ходов 2 разряда — 1 : 1000. В ходах длиной менее 250 м абсолютные невязки не должны превышать 0,25 м.

Предельные длины теодолитных ходов между исходными пунктами не должны превышать величин, указанных в табл. VI 1.2.

В системах теодолитных ходов предельные расстояния от узловых точек до исходных пунктов и между узловыми точками должны быть на 30% меньше приведенных в таблице.

Таблица VII.2

Предельная длина (км) теодолитных ходов

Масштаб съемки	Застроенная и открытая территории		Местность закрыта раститель- ностью	
	ход 1 разряда	ход 2 разряда	ход 1 разряда	ход 2 разряда
1 : 5000	4,0	2,0	6,0	3,0
1 : 2000	2,0	1,0	3,0	1,5
1 : 1000	1,2	0,5	1,5	1,0

Длина линий в теодолитных ходах не должна быть более 350 м и менее 20 м.

Длина висячих ходов не должна превышать величин, приведенных в табл. VI 1.3.

На застроенной территории число линий в висячих ходах не должно быть больше трех, а на незастроенных — не больше четырех.

Стороны измеряются в прямом и обратном направлениях оптическими дальномерами, стальными лентами и рулетками, длинномерами типа АД, редуccionными тахеометрами ТП и Редта-002.

На полевом компараторе проверяется длина стальных лент и рулеток и коэффициенты оптических дальномеров.

Дальномерами ДН-04 и НР-06 (по ГОСТ 22549—77) длина сторон измеряется в одном направлении не менее чем двумя приемами. Расхождение между приемами не должно превышать 1 : 1000 длины, а между прямым и обратным результатами измерений — 1 : 1500.

При измерении длины лентой расхождение между двумя измерениями сторон не должно превышать 1 : 2000 в 1 разряде и 1 : 1000 во 2 разряде.

В измеренную длину стороны вводятся поправки за компарирование, если длина ленты отличается от нормальной более чем на 1 : 10 000; за наклон, если угол наклона мерного прибора превышает 1°,5 и за температуру, если температура воздуха при компарировании и измерении отличается более чем на 8° С.

В теодолитных ходах углы измеряются теодолитами точности не ниже Т20 одним приемом. При этом для теодолитов с двусторонними отсчетными приспособлениями между полуприемами лимб переставляется на 90°.

Угловые невязки ходов не должны превышать величины

$$/p = I' Vn,$$

где p — число измеренных углов в ходе. На исходных пунктах измеряется два примычных угла.

Теодолитные ходы уравниваются путем распределения угловых невязок поровну во все углы, а невязок по осям координат — по отдельным приращениям координат пропорционально длине сторон. Системы ходов уравниваются способами полигонов, узлов, эквивалентной замены или способом приближений.

Высотное съемочное обоснование. Высоты основных пунктов съемочной сети определяются из ходов технического нивелирования при съемке с высотой сечения рельефа через

Таблица VI 1.3

Длина (м) висячих ходов

Масштаб съемки	на застроенных территориях	на незастроенных территориях
1 : 5000	350	500
1 : 2000	200	300
1 : 1000	150	200

1 м и из ходов тригонометрического (геодезического) нивелирования — при съемке с высотой сечения рельефа более 1 м. Техническое нивелирование может применяться при большей высоте сечения рельефа, если это признано целесообразным.

В равнинной местности при съемке с высотой сечения рельефа 1 м и более высоты основных пунктов съемочной сети могут определяться из ходов, прокладываемых кипрегелем (теодолитом) с уровнем при трубе.

Длины ходов нивелирования (замкнутых и опирающихся на пункты нивелирования I—IV классов) приведены в табл. VI 1.4.

Предельная длина висячих ходов должна быть в два раза меньше величин, указанных в таблице.

Средние ошибки высот пунктов съемочного обоснования относительно ближайших реперов и марок нивелирования I—IV классов не должны превышать $1/10$ высоты сечения рельефа, принятой для съемки данного масштаба.

В ходах технического нивелирования превышения измеряются в одном направлении по односторонним рейкам (с измерением высоты инструмента) или по двусторонним рейкам, установленным на колья

Таблица VIIA

Длины ходов нивелирования при топографической съемке

Высота сечения рельефа	Длина ходов технического нивелирования, км	Длина ходов тригонометрического нивелирования, км
0,5	3	
1,0	10	—
2,0	15	2
5,0	—	5

Примечание. В необходимых случаях допускаются висячие нивелирные ходы, прокладываемые дважды.

или костыли. Расстояния от нивелира до реек допускаются равными до 150 м. Отсчеты по рейке берутся только по средней нити.

В ходах тригонометрического нивелирования углы наклона измеряются кипрегелем или теодолитом при двух положениях вертикального круга. Превышения определяют по сторонам хода в прямом и обратном направлениях. Длина сторон берется из данных построения плановой съемочной сети или (в случае отсутствия) дважды определяется по дальномеру. Расхождения между превышениями, измеренными дважды, не должны превышать 4 см на каждые 100 м расстояния. При расстояниях менее 250 м расхождения прямого и обратного превышений допускаются равными до 0,1 м.

Невязки замкнутых ходов и ходов между исходными пунктами не должны превышать величины:

при техническом нивелировании

$$\pm 5 \text{ см} / T;$$

при тригонометрическом нивелировании

$$\pm 20 \text{ см} / G,$$

где L — длина хода, км.

В ходах длиной менее 0,5 км невязки могут быть допущены в 2 раза большими.

Ходы технического и тригонометрического нивелирования уравниваются распределением невязки пропорционально длине сторон, по которым производилось нивелирование. Ходы технического нивелирования могут также уравниваться распределением невязки пропорционально числу штативов между пунктами.

Системы нивелирных ходов уравниваются способами полигонов, узлов, эквивалентной замены и приближений.

3. Мензуральная съемка

Мензуральная съемка состоит из работ по созданию геодезической сети и основных пунктов съемочной сети; подготовительных

Таблица VII.5

Требования к мензуральным ходам

Масштаб съемки	Максимальная длина хода, м	Максимальная длина линий, м	Максимальное число линий в ходе
1 : 5000	1000	250	5
1 : 2000	500	200	5
1 : 1000	250	100	3

работ к съемке, включающих подготовку планшета и инструментов; съемки ситуации и рельефа местности; камеральной обработки съемки; полевого контроля и приемки работ.

Геодезическая и съемочная сети создаются согласно требованиям, изложенным в главе IV. Планы должны удовлетворять требованиям п. 1.

Для изготовления планшетов применяют чертежную бумагу высшего качества, которую наклеивают на фанеру или алюминий. На планшете разбивается сетка координат через 10 см и наносятся пункты геодезической и съемочной сети, находящиеся не только внутри рамок, но и на полях планшета. Правильность нанесения пунктов по координатам проверяется измерением расстояний между ними. Разности этих расстояний, а также расстояния между углами рамок и линиями координатной сетки на планшете не должны отличаться от теоретических более чем на 0,3 мм.

У каждого геодезического пункта указывается его название и высота с округлением до 1 см. В журнале мензуральной съемки на специально отведенных страницах чернилами выписываются координаты и высоты опорных и съемочных пунктов.

Для предохранения планшета от загрязнения на время съемки его покрывают бумагой, которую подклеивают к мензуральной доске. Против съемочных и геодезических пунктов, а также в местах съемки в бумаге делают отверстия соответствующих размеров.

Перед началом съемки проверяют инструменты и изготавливают рейки с таким расчетом, чтобы коэффициент дальномера данного кипрегеля был равен 100.

Дополнительно к основным пунктам съемочной сети определяют съемочные точки, число которых устанавливается в зависимости от характера рельефа и контуров местности.

Съемочные точки определяются проложением мензуральных ходов, опирающихся на основные пункты съемочной сети, или проложением висячего хода для определения одной переходной точки. При съемке в масштабе 1 : 5000 съемочные точки могут определяться построением геометрической сети. При съемке в масштабе 1 : 5000 залесенной местности, бедной контурами, и в случае отсутствия магнитных аномалий съемочные точки разрешается определять проложением буссольных ходов длиной не более 600 м, линейная невязка которых не должна превышать 0,8 мм на плане.

Мензуральные ходы должны удовлетворять требованиям, приведенным в табл. VII.5.

Таблица VI 1.3

Предельные расстояния от инструмента до рек

Масштаб съёмки	Сечение рельефа, м	Максимальные расстояния (м) от инстру- мента до рек при съёмке			Максимальные расстояния между точками при съёмке рельефа, м
		четких контуров	нечетких контуров	рельефа	
1 : 5000	0	150	200	350	150
	2	150	200	350	120
	1	150	200	300	100
	0,5	150	200	250	75
1 : 2000	2,0	100	150	250	60
	1,0	100	150	250	50
	0,5	100	150	200	50
	1	80	100	200	40
1 : 1000	0,5	80	100	150	30

Относительная линейная невязка мензульного хода не должна превышать 1 : 200.

Длину сторон мензульных ходов определяют по дальномеру в прямом и обратном направлениях. Разность двух измерений линии не должна превышать 1 : 200. Линии «с углом наклона более 3° приводят к горизонту. Направление на следующую точку хода прочерчивается после тщательного ориентирования мензулы не менее чем по двум удаленным точкам. Высоты точек мензульного хода определяются тригонометрическим нивелированием, а при высоте сечения рельефа через 0,5 м — техническим нивелированием.

Высотная невязка хода не должна превышать:

при тригонометрическом нивелировании $f_n = \pm 4n$ см,

где n — число сотен метров в ходе;

при геометрическом нивелировании $f_n = 5$ см/т,

где L — длина мензульного хода, км.

Плановая и высотная невязки мензульных ходов распределяются пропорционально длине сторон. Съёмка подробностей с точек неуравновешенных ходов не разрешается.

При построении геометрической сети используется не менее трех исходных пунктов (геодезической сети и основных пунктов съёмочной сети). Каждая точка геометрической сети должна быть получена не менее чем тремя засечками (в том числе и с точек геометрической сети) под углами не менее 30° и не более 150°. Стороны треугольников погрешности не должны быть более 1 мм на плане. Длина сторон треугольников сети может достигать 500 м.

Высоты точек геометрической сети определяются тригонометрическим или техническим нивелированием.

Съёмка характерных точек ситуации и рельефа ведется в основном полярным способом. Погрешности центрирования мензулы не должны превышать 10 см при съёмке в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000 и 5 см — при съёмке в масштабе 1 : 1000.

На речные точки визируют при том положении круга кипрегеля, при котором производилось ориентирование планшета. Отсчеты при определении расстояний по рейкам берутся против крайних нитей сетки дальномера. Если углы наклона более 3°, то в измеренные расстояния вводят поправки за наклон.

Расстояния от инструмента до речных точек и между речными точками при съёмке контуров и рельефа не должны превышать величин, указанных в табл. VII.6.

При измерении расстояний оптическими дальномерами расстояния до рек при съёмке контуров могут быть увеличены в 2 раза.

При съёмке строений, имеющих сложную конфигурацию, определяют положение всех углов, а при прямоугольной форме строения — комбинируют измерения кипрегелем и обмеры рулеткой (лентой). Во всех случаях, когда это удобно, здания и сооружения, горные и геологоразведочные выработки и другие ответственные предметы, а также контуры местности снимают способом перпендикуляров в комбинации с засечками и полярным способом.

Горизонтали проводятся на планах везде, за исключением изображений полотна дорог, строений, сооружений, карьеров, скал, обры-

ВОВ и не должны пересекать рек, изображенных двумя линиями. Высоты пикетов вычисляются с точностью 0,01 м и подписываются на плане с округлением до 0,1 м. При сечении рельефа менее 1 м высоты пикетов подписываются с точностью до 0,01 м. Горизонтالي рисуют в поле методом визуальной интерполяции по речным точкам (пикетам). Рельеф изображают группами горизонталей, выражающими отдельные формы рельефа. Для наилучшего отражения рельефа в характерных местах проводят полугоризонтالي и вспомогательные горизонтали.

На планах подписываются отметки горизонталей и характерных точек местности, относительные высоты (глубины) отдельных форм рельефа и бергштрихами показывается направление скатов.

На планах масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000 должно быть подписано не менее пяти отметок характерных точек рельефа местности на каждый квадратный дециметр. Общее число подписываемых точек устанавливается в техническом проекте. На планах масштабов 1 : 1000 подписываются все определенные на местности отметки высот. Горизонтали плана должны быть согласованы с подписанными высотами, а рисунок горизонталей должен правильно и четко передавать геометрические формы рельефа местности.

При съемке элементов рельефа, изображаемых на плане условными знаками, необходимо по дну оврагов шириной на плане более 2 мм проводить горизонтали; обрывы с крутыми склонами, выемки, насыпи и т. п. показывать штрихами, а их подножия — пунктиром.

Изыртые места, карьеры, осыпи и т. п. характеризуются высотами, которые показываются на плане через каждые 25 мм. На планах указываются высоты устьев шахт, шурфов, скважин, полов основных зданий и сооружений, урезов воды рек, ручьев, каналов, озер, больших прудов, отметки пересечений рек и ручьев дорогами и тропами, ниже и выше плотин и водопадов, истоков и устьев рек и ручьев и т. п. Урезы воды рек и ручьев, которые определяются при двух положениях круга кипрегеля и записываются в журнал с отметкой даты их определения, показываются на плане через каждые 20 см.

На каждый планшет составляется калька высот. Если планшет не подвергается полевому вычерчиванию, то кроме кальки высот составляется калька контуров. Кальки составляются с разрывом между съемкой и их составлением не более трех дней. При сложном рельефе и малой контурности местности для планов масштабов 1 : 2000 и

1 : 1000 обе кальки разрешается совмещать.

Каждый планшет должен быть сведен по рамкам со смежными планшетами. Для этого берут полосу кальки шириной 10 см и на нее копируют прилегающие к рамке части плана местности соседних планшето, совмещая их с планшетом, для которого делается сводка. Обнаруженные при совмещении несовпадения контуров и горизонталей исправляют, смещая их так, чтобы они заняли среднее положение относительно изображений на сводимых планшетах. Расхождения в положении контуров и горизонталей не должны превышать двойной величины допусков, указанных в п. 1. В противном случае сводка должна проверяться на местности.

Согласованные положения контуров и горизонталей наносят на полосу кальки красной тушью, а затем переносят на планшеты, внося в них соответствующие изменения. На кальке (сводке) указывают дату ее составления, номенклатуру планшето, название рамок и фамилию исполнителя, подписавшего сводку.

Выкопировку с каждого планшета сводят по южной и восточной рамкам.

При сводках с уже изданными планами исправление производят только на планах новой съемки. Если обнаруживаются при этом недопустимые расхождения, то вопрос о сводке решает руководитель работы.

Каждый планшет съемки проверяют и принимают в поле, оформляя приемку актом. Контрольные пикеты наносят на кальку высот цветной тушью. При приемке работ руководствуются требованиями к точности; съемки, приведенными выше.

Планы вычерчивают с соблюдением условных знаков для соответствующего масштаба. Вычерчиванию должна предшествовать тщательная корректура планшето.

Оригиналы планов вычерчиваются следующими цветами: рамки, зарамочное оформление и контуры — черным, рельеф — коричневым, гидрография и солончаки — зеленым, значительные по площади водные пространства — голубым. Оригиналы планов вычерчиваются чистовым черчением. Если они предназначены для издания, то издательским черчением вычерчиваются синие оттиски, изготавливаемые с оригиналов, сделанных с помощью полевого черчения.

Вычерченные оригиналы съемки подвергаются корректуре и приемке. К каждому планшету прилагается формуляр планшета, калька высот и контуров, сводки по рамкам: (южной и восточной), корректурные листы.

Кроме того, к объекту съемочных работ прилагаются журналы съемки, журналы измерения углов и длин съемочной сети, жур-

налы вычисления координат и высот пунктов съемочной сети, картограмма расположения планшетов (на чертежной бумаге), схема геодезической и съемочной сети, пояснительная записка (технический отчет).

4. Тахеометрическая съемка

Тахеометрический способ съемки применяется как самостоятельно, так и в комбинации с другими способами, например с наземной стереофотограмметрической съемкой (для съемки «мертвых» пространств).

Геодезическое и съемочное обоснования создаются в соответствии с требованиями, изложенными в п. 2.

Взамен мензульных ходов прокладываются тахеометрические ходы с соблюдением требований, приведенных в табл. VI 1.5.

Рейки для тахеометрической съемки должны изготавливаться так, чтобы коэффициент нитяного дальномера был равен 100. На каждой станции определяется место нуля, а расстояния до реечных точек не должны превышать пределов, указанных в табл. VI 1.6. Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам берутся по одному нониусу. Отсчеты по горизонтальному кругу берутся по тому нониусу, по которому нуль лимба был совмещен с нулем алидады при ориентировании теодолита. Отсчеты по горизонтальному кругу округляют до 10'. После окончания работы на станции проверяют ориентировку теодолита. При этом отклонение контрольного отсчета по горизонтальному кругу от первоначального допускается не более тройной точности нониуса.

Для контроля съемки на каждой станции определяется несколько пикетов, расположенных на участках, заснятых со смежных станций. Густота пикетов должна быть большей, чем при мензульной съемке.

Одновременно с журналом тахеометрической съемки ведется абрис, на котором показываются контуры ситуации с пояснительной надписью или условными обозначениями, характерные места рельефа (тальвеги, водоразделы, перегибы скатов и т. п.), направления главных линий скатов, по которым следует интерполировать высоты пикетов при построении горизонталей.

Нумерация пикетов на абрисе должна совпадать с нумерацией их в журнале тахеометрической съемки.

Камеральная обработка тахеометрической съемки, кроме камеральных работ, выполняемых при мензульной съемке, включает накладку ситуации и проведение горизонталей рельефа.

При вычислении координат и высот тахеометрических ходов дирекционные углы округляют до G , а приращения, превышения и высоты — до 0,01 м. Угловые невязки тахеометрических ходов не должны превышать G , $5 \sqrt{n}$ (n — число измеренных углов) > а относительная невязка ходов не должна превышать 1 : 200 длины. Линейная и высотная невязки ходов распределяются пропорционально длине сторон.

После накладки ситуации и рисовки рельефа планшеты проверяются и принимаются в поле. Корректурa планшетов производится до и после вычерчивания.

5. Съемка застроенных территорий

Съемка застроенных территорий, как правило, должна производиться аэрофототопографическим методом на фотопланах. При отсутствии аэрофотосъемки можно выполнять съемку застроенных территорий на чистой основе.

Для съемки застроенной территории в масштабах 1 : 5000—1 : 500 число пунктов съемочного обоснования определяется рекогносцировкой. Съемка застроенной территории в масштабах 1 : 2000—1 : 500 состоит из горизонтальной, включающей съемку деталей фасадов и ситуации проездов, внутриквартальной ситуации и застройки, а также вертикальной (съемки рельефа). Горизонтальная съемка выполняется методом перпендикуляров (абсцисс и ординат), полярным методом, методом засечек и комбинированным методом — мензульной съемкой в сочетании с теодолитной и обмером зданий.

В городах и поселках с редкой застройкой съемка проездов и внутриквартальной ситуации в масштабе 1 : 2000 может производиться мензулой с аналитическим определением точек.

При съемке застроенных территорий в съемочных ходах лента укладывается на линии теодолитного хода между створными точками, намечаемыми при съемке в масштабе 1 : 2000 через 60 м, в масштабе 1 : 1000 через 40 м, в масштабе 1 : 500 через 20 м.

Створные точки на стороне теодолитного хода устанавливаются по теодолиту.

Длины перпендикуляров к сторонам ходов не должны превышать 8, 6 и 4 м при съемке в масштабе соответственно 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500. Более длинные перпендикуляры подкрепляются линейными засечками, длина которых не должна превышать 20 м.

При применении эскера длину перпендикуляров разрешается увеличивать до 60 м

Таблица VI 1.3

**Предельные расстояния
до контуров ситуации**

Метод определения расстояний и масштабы съемки	Расстояние до контуров ситуации, м	
	четких	нечетких
При измерении нитяным дальномером и масштабе		
1 : 2000	100	150
1 : 1000	60	100
1 : 500	40	80
При измерении лентой или оптическим дальномером и масштабе		
1 : 2000	250	300
1 : 1000	180	200
1 : 500	120	150

при съемке в масштабе 1 : 2000, до 40 м при съемке в масштабе 1 : 1000 и до 20 м при съемке в масштабе 1 : 500.

При комбинированном методе съемки определяются координаты углов капитальных зданий в процессе проложения ходов съемочного обоснования.

Съемка деталей ситуации производится при помощи мензулы с аналитическим определением точек, с измерением расстояний дальномером, стальной рулеткой или лентой, с обмером габаритов зданий рулеткой и составлением абриса.

При применении полярного и комбинированного способов съемки в масштабах 1 : 2000—1 : 500, а также при мензульной съемке в масштабе 1 : 2000 расстояния от инструмента до контуров ситуации не должны превышать величин, указанных в табл. VII.7.

Если полярные расстояния до твердых контуров превышают 120 м при съемке масштаба 1 : 2000, 60 м при съемке масштаба 1 : 1000, 30 м при съемке масштаба 1 : 500, то накладка их производится по координатам. При меньших расстояниях точки контура можно накладывать с помощью транспортира.

Измеренные для контроля расстояния на местности не должны отличаться от расстояний, определенных на плане, больше, чем на 60 см на проездах, 100 см в кварталах — при съемке в масштабе 1 : 2000; 30 см на проездах, 50 см в кварталах — при съемке в масштабе 1 : 1000; 20 см на проездах, 30 см в кварталах — при съемке в масштабе 1 : 500.

Съемка застроенных территорий в масштабе 1 : 5000 производится мензулой. При этом расхождения контрольных промеров с расстояниями, измеренными на плане, для наиболее важных контуров не должны превышать 0,8 мм, а для прочих предметов 1,2 мм в масштабе плана.

Съемка рельефа на застроенной территории производится мензулой с соблюдением требований, изложенных в п. 3. Она производится после накладки на план данных горизонтальной съемки.

6. Нивелирование площадей

Нивелирование площадей применяется как способ вертикальной съемки равнинных участков местности в сочетании с горизонтальной съемкой, когда требуется высокая точность съемки рельефа, для проектирования и производства вертикальной планировки территорий при строительстве и как способ съемки для определения объемов земляных работ.

Нивелирование площадей может производиться по квадратам, параллельным линиям, или по характерным линиям рельефа. При нивелировании по квадратам на местности разбивается сетка квадратов со сторонами 20 м при съемке в масштабах 1 : 1000 и 1 : 500 и 40 м — при масштабе 1 : 2000. При необходимости стороны квадратов могут быть уменьшены до Юм.

На местности в качестве основных пунктов съемочного обоснования разбиваются вершины основных квадратов со сторонами 200—400 м, которые заполняются квадратами со сторонами 100, 40 и 20 м. Вершины основных квадратов закрепляются как пункты съемочной сети и их положение определяется положением теодолитных ходов и техническим нивелированием с соблюдением требований п. 2. Нивелирование вершин заполняющих квадратов выполняется по двум сторонам рейки и опирается на точки нивелирования основных квадратов. Отсчеты при повторных наблюдениях связующих точек после окончания работы на станции не должны отличаться от первоначальных более чем на 5 мм.

При нивелировании площадей по параллельным линиям и по характерным линиям рельефа параллельно идущие нивелирные ходы должны быть связаны между собой перемычками не реже, чем через 600 м при съемках в масштабах 1 : 1000 и 1 : 500 и через 1000 м — при съемке в масштабе 1 : 2000.

Расстояния между нивелирными ходами не должны превышать 600 м при съемке

в масштабах 1 : 1000 и 1 : 500, 1000 м при съемке в масштабе 1 : 2000.

В обе стороны от нивелирных ходов разбиваются поперечники через 20 м при съемке в масштабах 1 : 1000 и 1 : 500 и через 40 м при съемке в масштабе 1 : 2000.

Длины поперечников не должны превышать 300 м при съемке в масштабах 1 : 1000 и 1 : 500, 500 м при съемке в масштабе 1 : 2000.

При большей длине поперечников концы их привязываются к смежным ходам и связываются между собой.

По поперечникам разбивается пикетаж через 20 м при съемке в масштабах 1 : 1000 и 1 : 500 и через 40 м при съемке в масштабе 1 : 2000. Кроме того, на нивелирных ходах и на поперечниках определяются плановые точки в местах перегибов рельефа, а также дополнительные точки между поперечниками.

Одновременно с разбивкой пикетажа по нивелирным ходам и поперечникам с помощью ленты (рулетки) и эккера производится съемка ситуации и составляется абрис.

Составленные в карандаше планшеты проверяются в поле, корректируются и вычерчиваются чистовым черчением.

В результате окончания полевых и камеральных работ представляются к сдаче материалы, как и при других способах съемки.

Список литературы

1. Основные положения по созданию топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500. М., ГУГК, 1970.
2. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500. М., Недра, 1973.
3. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. JL., Недра, 1971.

1. Общие сведения

Фотограмметрия изучает способы определения размеров пространственного положения объекта по его изображению на фотографических снимках. Наиболее широко фотограмметрия применяется для составления топографических карт и планов местности. Различают аэрофототопографическую и наземную стереофотограмметрическую съемку. Последнюю называют также фототеодолитной съемкой. В настоящее время карты и планы в масштабах до $1 : 5000$ составляют почти исключительно методом аэрофототопографии. Эти методы применяют также и при составлении топографических планов в масштабах $1 : 2000$ и крупнее. Наземная стереофотограмметрическая съемка в основном применяется для картирования горных районов и маркшейдерской съемки открытых горных выработок.

В последние годы фотограмметрия в горной промышленности нашла также применение для документации и съемки подземных горных выработок, определения деформаций зданий, сооружений и металлоконструкций, а также при решении ряда других задач горного дела.

Одиночный снимок. Лучи, проходящие через объектив фотографической камеры, образуют на фотографической пластинке изображение объекта в центральной проекции. Совокупность лучей, образующих изображение объекта, называют связкой проектирующих лучей. Центр проекции — задняя узловая точка объектива.

План по одиночному снимку можно получить с помощью обратного проектирования. Для этого необходимо знать элементы ориентирования снимка относительно центра проекции и элементы ориентирования связки проектирующих лучей в пространстве в момент съемки. Эти элементы называют соответственно элементами внутреннего и внешнего ориентирования снимка.

Элементы внутреннего и внешнего ориентирования аэрофотоснимка и фототеодолитного снимка одинаковы. К ним относятся (рис. VII.1.1) координаты x_0 и y_0 главной точки снимка в системе координат Oxy и расстояние f от главной точки снимка до задней узловой точки объектива, которое называется фокусным расстоянием снимка. В качестве главной точки принимается основание перпендикуляра, опущенного на плоскость снимка из центра проекции. Луч, совпадающий с этим перпендикуляром, называется главным лучом связки. Положение связки проектирующих лучей в пространстве однозначно определяют три линейных и три угловых элемента ориентирования.

В качестве элементов внешнего ориентирования аэрофотоснимка обычно принимают (рис. VIII.2) координаты X_s , Y_s , z_s центра проекции; продольный угол α наклона снимка между проекцией главного луча на плоскость $SX'Z'$ и осью Z' ; поперечный угол β между проекцией главного луча на плоскость $SX'Z'$ и главным лучом; угол κ в плоскости снимка между осью x снимка и следом плоскости, проходящей через главный луч S_0 параллельно оси OX геодезической системы координат.

Для снимка наземной стереофотограмметрической съемки линейные элементы внешнего ориентирования принимают те же, что и для аэрофотоснимка. Угловые элементы внешнего ориентирования принимают иными, а именно: α — дирекционный угол главного луча связки; β — угол наклона главного луча к горизонту; κ — угол поворота снимка в его плоскости (этот угол равен углу между осью xx снимка и прямой, образованной в результате сечения снимка горизонтальной плоскостью).

Масштаб изображения плоской горизонтальной местности на горизонтальном аэрофотоснимке можно определить по формуле $1 : M = f : H$, где f — фокусное расстояние снимка; H — высота фотографирования.

В аэрофототопографии имеют дело не с горизонтальными, а с плановыми сним-

ками, углы наклона которых относительно горизонтальной плоскости не превышают 1—3°. Координаты точек планового снимка и направления на нем искажаются за счет наклона снимка и рельефа местности.

Погрешности координат точек снимка за счет углов наклона приблизительно выражаются формулами

$$\Delta x; \Delta y = \frac{f}{h} \cos \alpha \quad (\text{VIII.1})$$

Смещение изображения точки на снимке за счет рельефа, т. е. вследствие того, что положение точки по высоте не совпадает с плоскостью, относительно которой определяется высота фотографирования, составляет

$$\Delta h = \frac{r h}{\sim 7 \Gamma'} \quad (\text{VIII.2})$$

где Γ — расстояние от данной точки до главной точки снимка; h — превышение точки над плоскостью, относительно которой определяется высота фотографирования.

Изображение точки смещается радиально по направлению, соединяющему главную точку снимка и данную точку. Причем при положительном значении h смещение направлено от главной точки, а при отрицательном — к главной точке снимка.

Масштаб планового снимка не является одинаковым для всей площади снимка. Однако современное оборудование обеспечивает съемку, при которой средние углы наклона не превышают 20'. В этом случае для работ, не требующих высокой точности, снимок горизонтальной местности можно использовать в качестве плана, масштаб которого определяется как отношение длин соответствующих отрезков на снимке и на местности.

Стереопара. Стереозрение — способность человека воспринимать объемную картину при рассматривании объекта обоими глазами.

Если перед глазами поставить два фотоизображения одного и того же объекта, полученные с различных точек, то можно увидеть объемное изображение объекта, которое называют стереоскопической моделью, или просто моделью объекта. Взаимно перекрывающиеся снимки, которые образуют модель, называют стереопарой.

Базис фотографирования — расстояние между центрами проекции. Идентичные точки местности на обоих снимках

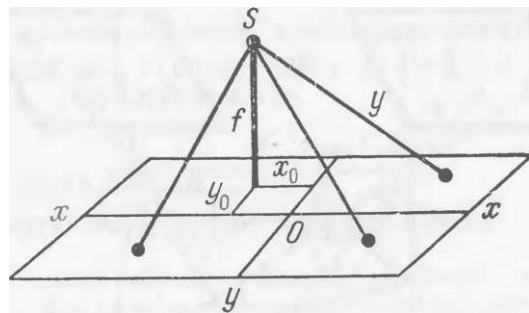


Рис. VIII.1. К определению элементов внутреннего ориентирования

и лучи, их образующие, называют соответственными. На рис. VIII.3 изображены: S_x и S_2 — центры проекции; B — базис фотографирования; A, B, C, D — точки на объекте; $L5_x, L5_2$; BS_2 — пары соответственных лучей; a_1, a_2, b_1, b_2 — пары соответственных точек.

Если один из центров проекции, например S_2 , перенести, не нарушая ориентировки связки принадлежащих ему лучей вдоль базиса в положение S_1 , то в пересечении соответственных лучей получим модель, масштаб которой определится соотношением

$$(\text{VII } 1.3)$$

где b — новое расстояние между центрами проектирования.

С помощью специальных приемов и приборов модель можно измерить и изобразить графически.

Взаимное ориентирование снимков — процесс установки пары снимков во взаимное положение, которое имело место

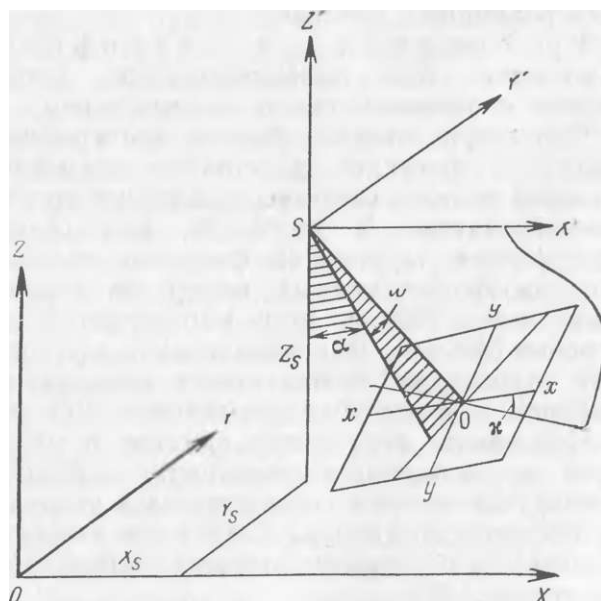


Рис. VIII.2. К определению элементов внешнего ориентирования

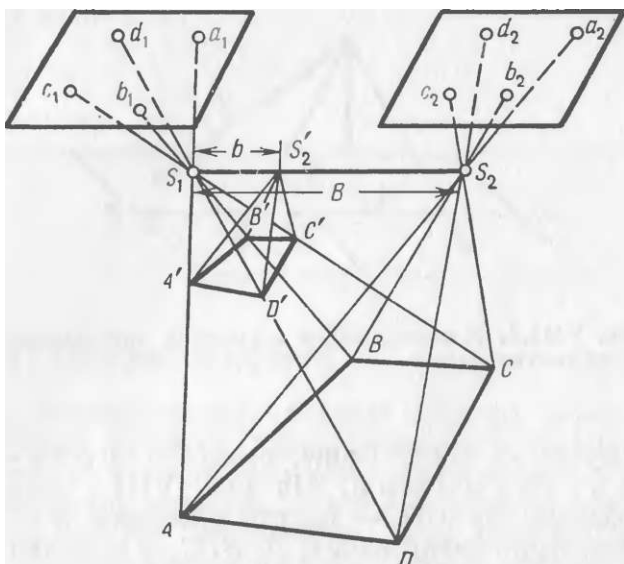


Рис. 111.3. Элементы стереопары

при съемке. В результате взаимного ориентирования все соответственные лучи стереопары одновременно пересекутся и образуют модель, подобную местности.

Приведение модели к заданному масштабу и ориентирование ее в системе геодезических координат называется **внешним ориентированием модели**.

2. Комбинированный метод аэрофототопографической съемки

При комбинированном методе съемки контурная часть плана создается камерально с помощью одиночных аэрофотоснимков, а рельеф снимают в поле мензулой. Метод применяют главным образом при картировании равнинных районов.

Требования к аэрофото-съемке при комбинированном методе можно в основном свести к следующему.

Параметры съемки (высота фотографирования и фокусное расстояние съёмочной камеры) должны отвечать назначению составляемой карты. В частности, при съемке застроенных территорий фокусные расстояния аэрофотосъёмочных камер не должны быть менее 200 мм (при многоэтажной застройке 350 мм). При съемке мало застроенной территории съемка может выполняться камерой с фокусным расстоянием 100 мм.

Продольное перекрытие снимков в маршруте и поперечное перекрытие смежных маршрутов должно соответствовать технологии составления карты. Чаще всего взаимное продольное перекрытие задается равным 60%, поперечное 30%.

Фотоплан, создаваемый из горизонтальных снимков, масштаб которых приведен

к масштабу карты, — основа для составления¹ карты (плана) при комбинированном методе. Приведение плановых снимков к горизонтальным и их масштаба к масштабу плана называется **трансформированием**.

Для трансформирования каждый снимок должен быть обеспечен четырьмя точками с известными координатами, которые называют трансформационными точками.

Координаты трансформационных точек можно получить из полевых геодезических измерений или из сгущения геодезической сети способом пространственной фототриангуляции. Сеть пространственной фототриангуляции может быть построена аналитически (с измерением снимков на стереокомпараторе и последующим вычислением на ЭВМ) или на универсальном фотограмметрическом приборе.

Трансформирование снимков выполняют чаще всего оптико-механическим способом на фототрансформаторе (рис. VII 1.4), устройство которого обеспечивает построение на

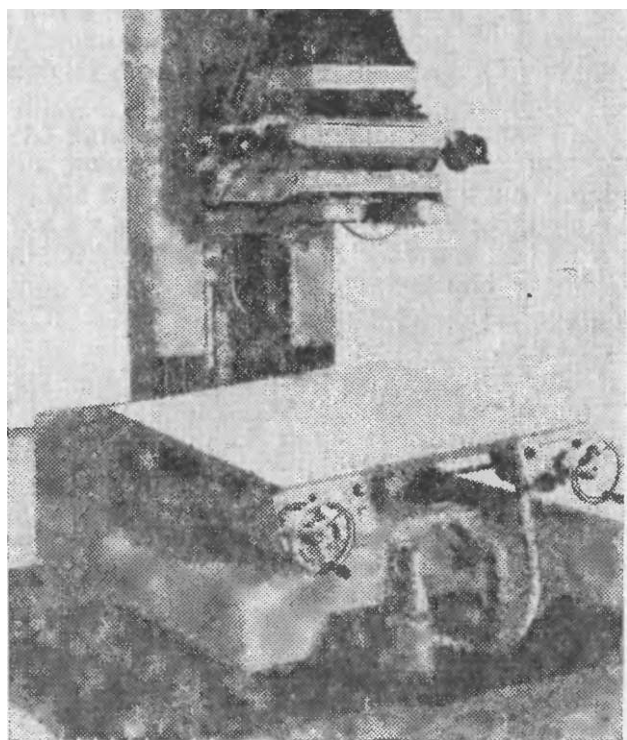


Рис. VIII.4. Фототрансформатор Е-4 (Вильд, Швейцария).

экране прибора изображения, практически свободного от искажений за наклон снимка. Для трансформирования снимок, на котором предварительно наколоты трансформационные и центральная точки, укладывают в кассету трансформатора, а опорную планшечку с теми же точками — на экран прибора.

Задача трансформирования состоит в том, чтобы добиться одновременного совмещения проекций точек снимка с одноименными точками на опорной планшечке. Чтобы исключить влияние рельефа, в положение трансформационных точек необходимо ввести поправки за рельеф (формула VIII.2).

Среднюю плоскость трансформирования выбирают так, чтобы погрешности за рельеф не превышали установленного допуска. В противном случае выполняют трансформирование по зонам, для каждой из которых устанавливают свою высоту проектирования. По завершении трансформирования на место опорной планшечки укладывают фотобумагу, производят экспонирование трансформированного изображения и получают снимок-план.

Для изготовления фотоплана точки, использованные при трансформировании, наносят на планшет. На снимках, на месте этих точек, пробивают пуансоном отверстия и укладывают каждый снимок на планшет так, чтобы векторы несовмещения центров отверстий с соответствующими точками планшета были минимальными и направлены в разные стороны. Уложенные снимки разрезают по серединам перекрытий и рабочие части приклеивают к планшету. Оригиналы планшетов неудобны для работы в поле, поэтому с них изготавливают репродукции на матовой бумаге, наклеенной на алюминиевую подложку.

Контурную часть плана можно составить также путем оптико-графического трансформирования, которое выполняют с помощью одиночного проектора. Изображение снимка при этом не фотографируют, а перерисовывают для составления графического плана.

Дешифрирование снимков, т. е. опознание на них элементов ситуации, при съемке в крупных масштабах выполняют в основном в камеральных условиях с использованием эталонных снимков, отдешифрированных в поле.

Для съемки рельефа на фотоплане опознают надежный контур и над ним устанавливают мензулу. Ориентируют планшет (фотоплан) по отчетливо распознаваемым контурам. Расстояния по рейке определяют только до точек, которые нельзя опознать на фотоплане. Число пикетов при съемке рельефа на фотоплане суще-

ственно сокращается, так как представляется возможным рассматривать рельеф на фотоплане стереоскопически.

3. Воздушная стереотопографическая съемка

В отличие от комбинированного метода при воздушной стереофототопографической съемке контурную часть и рельеф плана получают непосредственно по снимкам в камеральных условиях. План составляется на универсальном приборе, к наиболее распространенным из них относятся стереограф Дробышева и стереспроектор Романовского (СССР), стереометрограф и топокарт (ГДР), автограф Вильда (Швейцария). Универсальный прибор обеспечивает высокую точность составления плановой и высотной части. Оператор видит обрабатываемый участок объемно, что существенно повышает достоверность составляемого плана.

Для обработки на универсальном приборе каждая стереопара должна быть обеспечена по углам тремя опознаками, координаты которых определяют обычно методом пространственной фототриангуляции. Процесс обработки снимков на приборах такого типа заключается в следующем. Фотоснимки укладывают в проекционные камеры и устанавливают фокусные расстояния, исправленные на деформации фотоснимков, и приближенный базис фотографирования, рассчитанный с учетом выбранного масштаба картирования и технических возможностей прибора. Угловыми и линейными перемещениями камер и изменением длины базиса добиваются взаимного ориентирования снимков и геодезического ориентирования модели. Для уточнения масштабирования модели используют один-два отрезка между точками с геодезическими координатами на основе, которая укладывается на координатограф прибора.

При составлении плана оператор, действуя штурвалами X , Y , Z прибора, совмещает стереоскопически измерительную марку прибора с поверхностью модели и, не отрывая, ведет ее по контуру выбранного объекта. При этом план контура автоматически зарисовывается на основе. Для рисовки горизонталей на счетчике Z устанавливают заданную высотную отметку и, совмещая стереоскопически измерительную марку с поверхностью, действуя штурвалами X и Y ведут марку по поверхности. Горизонталы зарисовываются на основе автоматически.

Разработаны и используются также системы почти полностью автоматического составления планов, о чем будет сказано в п. 5.

4. Наземная стереофотограмметрическая съемка

Как метод картирования наземная стереофотограмметрическая съемка в нашей стране используется почти исключительно для съемки открытых горных выработок.

При съемке этим методом фотографирование выполняется непосредственно с земной поверхности с двух точек базиса фотографирования. Фотокамера снабжена устройством для ориентирования ее относительно базиса и уровнями, что обеспечивает установление ее оптической оси в наперед заданное положение.

Два снимка одного и того же участка местности, полученные с концов съемочного базиса, составляют стереопару. В зависимости от положения снимков при фотографировании различают пять основных видов (случаев) съемки: нормальный, равноотклоненный (скошенный), равнонаклонный, конвергентный и общий (произвольный). Для топографической съемки используют два первых вида.

В нормальном виде съемки (рис. VII.1.5) главные лучи обоих снимков горизонтальны и перпендикулярны базису, а оси xx снимков горизонтальны; в равноотклоненном — главные лучи горизонтальны и параллельны между собой, но составляют с базисом некоторый угол, отличающийся от 90° , а оси снимков горизонтальны.

В фототеодолитной съемке принята правая система координат $OxYfZ\&$, где началом является центр проекций левого снимка, ось Yf совпадает с проекцией главного луча снимка на горизонтальную плоскость, ось $A'f$ горизонтальна и перпендикулярна оси Yf , а ось $Z\&$ направлена вверх.

Зависимость между фотограмметрическими координатами точек местности и координатами их изображений на снимках при нормальном виде съемки выражается формулами

таими их изображений на снимках при нормальном виде съемки выражается формулами

$$P = \frac{f}{p} \cdot$$

$$\chi = \frac{B}{f} \cdot \quad (VIII.4)$$

где Xf , Yf , $Z\&$ — фотограмметрические координаты определяемой точки; B — длина горизонтальной проекции базиса фотографирования; f — фокусное расстояние фототеодолита; x_{ll} — координаты определяемой точки на левом снимке; p — продольный параллакс определяемой точки, равный разности координат x точки на левом и правом снимках ($p = x_1 - x_2$).

Зависимость между фотограмметрическими координатами точек местности и их фотокоординатами на снимках при равноотклоненном виде съемки выражается формулами:

$$Y\& = -y \left(\frac{B}{f} x + j - B_v y \right), \quad (VIII.5)$$

$$x\phi = y\phi - j = (x^b X + -j^b Y) ;$$

где $Bx = B \cos \phi$; $By = B \sin \phi$; ϕ — угол отклонения главного луча снимка от перпендикуляра к базису (угол скоса); x_2 — координата определяемой точки на правом снимке.

Составление планов горных выработок выполняется с помощью универсальных фотограмметрических приборов, на которых автоматически решаются формулы (VII.1.4) и (VIII.5).

Модель, построенная на универсальном приборе, не является строго подобной местности. Для ее исправления и ориентирования относительно геодезической системы координат каждая стереопара должна быть обеспечена опорными точками. Процесс исправления модели посредством устранения невязок на опорных точках между фотограмметрическими и геодезическими координатами (перечисленными в фотограмметрическую систему) называют **корректированием модели**.

Описание приборов и порядок выполнения работ при наземной стереофотограмметрической съемке изложены ниже применительно к съемке открытых горных выработок.

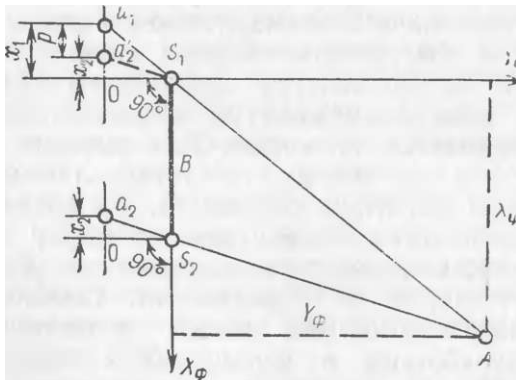


Рис. VIII.5. Нормальный вид съемки

5. Аэрофотосъемка разрезов

Воздушная стереотопографическая съемка — один из наиболее эффективных методов съемки разрезов. Преимуществами ее по сравнению с классическими методами являются: малый объем полевых работ (как правило, большую часть геодезического обоснования можно использовать многократно); точность определения объема горной массы выше, чем при тахеометрической съемке; время на составление плана открытых горных работ существенно сокращается; обеспечивается полная безопасность при производстве работ.

Аэрофотоснимки крупного масштаба — носители ценной информации о состоянии горных работ, расположении машин и оборудования в разрезе и т. д. Использование этой информации позволяет руководящему персоналу более оперативно влиять на производственный процесс.

Аэрофотосъемка используется также для получения различных крупномасштабных топографических планов в границах экономической заинтересованности предприятия (например, планов отвального хозяйства, планов подлежащих рекультивации земель, трасс энергопередач и трубопроводов, складов полезного ископаемого и др.).

Кроме того, материалы аэрофотосъемки можно использовать для сгущения съемочного обоснования на разрезе и прилегающей к нему территории методом фототриангуляции.

Наиболее целесообразно применять аэрофотосъемку при наличии нескольких, близко

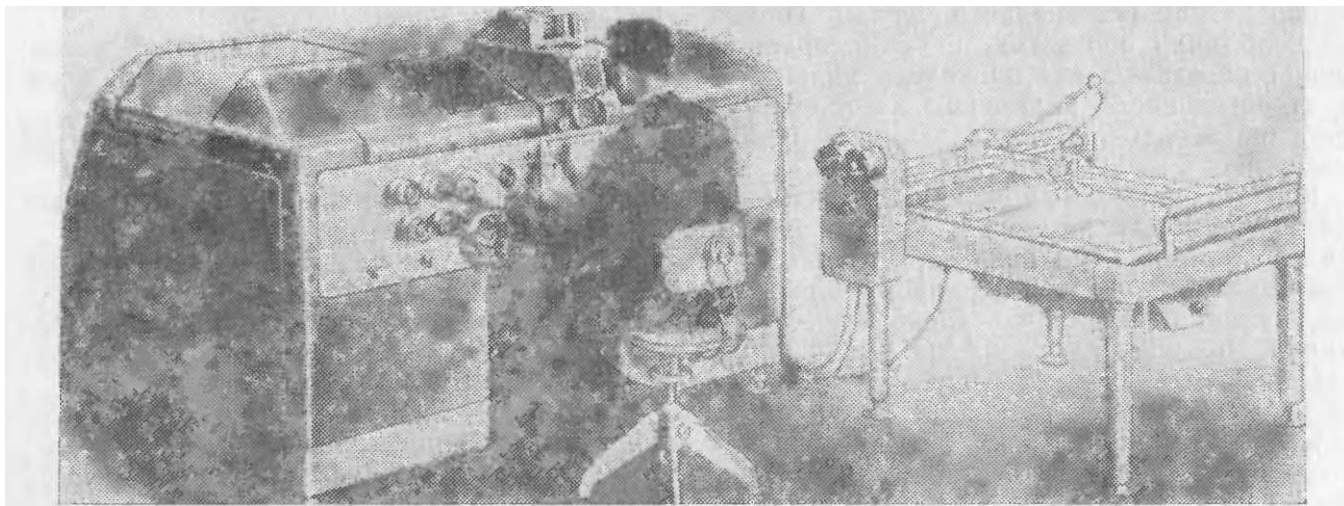
расположенных разрезов. Это снижает стоимость летносъёмочных работ и позволяет полно и равномерно загрузить обрабатывающие приборы.

Для составления и пополнения планов разрезов используют универсальные фотограмметрические приборы с координатографом: из отечественных приборов — СПР-3М, из зарубежных — стереометрограф (рис. VII 1.6), автограф Вильда, топокарт и др.

Подготовительные работы, съемки и камеральная обработка снимков при аэрофотосъемке разрезов имеют некоторые специфические особенности.

При выборе параметров аэрофотосъемки масштаб фотографирования устанавливают в зависимости от скорости подвигания фронта работ за время, прошедшее с момента последней съемки. Если это подвигание составляет менее 30 м, то масштаб фотографирования принимают равным 1 : 10 000, если более 30 м, то 1 : 10 000 — 1 : 15 000.

Фокусное расстояние аэрофотоаппарата выбирают в зависимости от глубины разреза и масштаба фотографирования. При глубине разреза до 300 м и масштабах фотографирования 1 : 10 000 — 1 : 15 000 необходимая точность составления плана обеспечивается, если фотографирование выполнено аэрофотоаппаратом с фокусным расстоянием 90—100 мм. Для более глубоких разрезов фокусное расстояние камеры должно быть 140—200 мм. Продольное перекрытие снимков обычно принимают равным 80%, что позволяет для обработки отбирать стереопары, лучше обеспеченные опознаками.



Тис. VIII.6. Стереометрограф



Рис. VIII.7. Типовые схемы расположения опознаков:

а — при одном маршруте; б — при двух маршрутах

Иногда бывает полезно проектировать дополнительный залет в более крупном масштабе, например 1 : 5000. Такие снимки, будучи увеличенными, дают подробную характеристику проводимых в разрезе работ.

Полевые работы заключаются в плано-высотном обеспечении стереопар постоянными и дополнительными опознаками. На рис. VIII.7 показаны типовые схемы расположения опознаков при условии использования одного и двух маршрутов.

Постоянные опознаки располагают вдоль съемочного маршрута на бортах разреза, дополнительные (при двух и более съемочных маршрутах) — внутри разреза. Дополнительные опознаки можно получать методом фототриангуляции (камеральным путем). Проект расположения опознаков, а также ориентиров, необходимых для прокладки маршрутов и своевременного включения аэрофотоаппарата, рекомендуется составлять на фотосхеме масштаба 1 : 20 000—1 : 25 000.

Каждый постоянный опознак необходимо маркировать для надежного его распознавания на снимке. Установлено, что наиболее благоприятная форма маркировочного знака — крест с разрывом в точке пересечения линий. Размеры знака в натуре должны быть таковы, чтобы на снимке длина штриха была не менее 0,2 мм, а толщина 0,03 мм. Условия наблюдения опознака на модели улучшаются, если он возвышается над поверхностью земли.

Плановое положение опознаков определяют с точностью, принятой для пунктов съемоч-

ной сети, высотное — с точностью технического нивелирования. Это позволяет использовать пункты маркшейдерской съемочной сети в качестве контрольных и для уточнения внешнего ориентирования модели.

Фотографирование разреза. Для аэрофото-съемки можно использовать самолеты лётно-съемочных отрядов и авиацию специального назначения. При организации периодической съемки следует ориентироваться на малые самолеты типа Ан-2.

Время дня, наиболее подходящее для фотографирования, выбирают в зависимости от облачности, глубины разреза, его ориентировки относительно стран света. Важно снять разрез так, чтобы по возможности меньше откосов и нижних бровок уступов оказалось в тени. Например, разрез вытянутой формы, ориентированный с юга на север, желательно фотографировать в середине дня. Даже неглубокие разрезы, расположенные в северных районах страны, также желательно снимать в полдень при высоком стоянии солнца. Благоприятным для съемки, является наличие сплошной высокой облачности. В этом случае на снимках хорошо прорабатываются все необходимые детали.

Фотографировать разрез можно отечественными камерами АФА-ТЭ или АФА-41 с размером кадра 18X18 см, а также камерами MRB («Карл Цейсс», ГДР) с размером кадра 23 X 23 см, которые при прочих равных условиях обеспечивают захват более широкой полосы при съемке одним маршрутом, что существенно повышает производительность труда при составлении плана.

Для проявления и сушки фильмов удобно использовать специальное оборудование.

Камеральная обработка снимков разреза может иметь многоцелевое назначение:

- пополнение или составление плана горных выработок;
- определение объема выемки горной массы;
- составление увеличенных снимков, фотосхем и фотопланов;
- составление планов отдельных участков в масштабах 1 : 2000—1 : 500;
- сгущение съемочного обоснования методом фототриангуляции и пр.

Для пополнения планов горных выработок наиболее подходящим является стереометрограф, который обеспечивает составление плана горных выработок разреза любых параметров.

Оператор проводит измерительную марку обычно только по новым бровкам уступов, при этом на планшете бровки рисуются автоматически. При достаточном опыте оператор с помощником за смену могут обработать до 4 стереопар, т. е. пополнить план на

территорию разреза размером 2Х4 км (при аэрофотосъемке в масштабе 1 : 10 000).

В последнее время в различных зарубежных странах разработаны технологии автоматического пополнения (составления) планов.

- Сущность такой технологии заключается в следующем. К фотограмметрическому прибору подключается автоматическое устройство регистрации координат точек модели.
- Оператор ведет измерительную марку вдоль бровки уступа (на модели), при этом на перфоленту или магнитную ленту через определенные расстояния или интервалы времени автоматически регистрируются пространственные координаты точек бровки. Запись обрабатывается на ЭВМ, которая пополняет цифровую модель разреза, вычисляет объемы и готовит данные для составления плана с помощью графопостроителя, на котором все операции по составлению плана (разбивка и оцифровка координат сетки, зарамочное оформление планшета, рисовка элементов ситуации и рельефа и др.) выполняются автоматически по командам приданного ему электронного управляющего устройства.

Цифровая модель разреза, которая необходима для функционирования описанной выше системы автоматического пополнения планов и подсчета объемов выемки, записывается на магнитной ленте и вместе с информацией, полученной со снимков, может быть очень полезной при организации АСУ.

Увеличенные снимки, фотосхемы и фотопланы горных разработок и окружающей территории являются весьма полезным материалом для выполнения разного рода проектных работ, при прокладке ЛЭП, для определения приближенного объема выемки, а также могут использоваться в виде наглядного материала при принятии разного рода оперативных решений.

6. Наземная стереофотограмметрическая съемка разрезов

Наземная стереофотограмметрическая съемка (стереосъемка) нашла применение для составления планов горных выработок сравнительно недавно, после того, как фирма «Карл Цейсс» начала выпускать стереоавтограф 1318. Применение стереосъемки почти полностью исключает необходимость выполнения полевых работ, что само по себе весьма важно, в особенности для районов с суровыми климатическими условиями. Работа маркшейдера по съемке в основном переносится в камеральные условия и становится более комфортной. Эффективность применения сте-

реосъемки зависит от условий расположения разреза и системы разработки. В общем случае эффективность тем выше, чем больше расстояния между бортами и чем меньше базисов используют при съемке. Применение стереосъемки на разрезах с бестранспортной системой разработки обычно нерационально: она может оказаться полезной только при прямолинейном фронте работ.

Простота технологического процесса съемки и обработки снимков, надежность и стабильность работы оборудования обеспечивают высокую производительность наземной стереосъемки, которая при правильной организации труда существенно превосходит производительность тахеометрической съемки. При этом надежно обеспечивается высокая точность составления плана и определения объемов выемки. Важным обстоятельством является обеспечение полной безопасности при выполнении работ.

Стереосъемку на разрезах используют также для документации оползней, наблюдения за деформацией бортов, документации их геологического строения, а также для съемки породных отвалов.

Ниже кратко описаны основные работы при стереосъемке разрезов.

Некоторые моменты технологии (секторы охвата съемкой, углы скоса, предельные отстояния дальних уступов, корректирование модели по высоте) изложены применительно к фотокамере Photoe 19/1318 и стереоавтографу 1318, которые наиболее распространены в практике работ в нашей стране.

Съемочные работы. Съемке предшествует составление проекта работ, который удобно составлять на плане масштаба 1 : 5000.

Основные требования к расположению базисов фотографирования и опорных точек можно свести к следующему. Базисы желательно размещать так, чтобы снимаемые уступы находились ниже или на уровне съемочных станций; их располагают с расчетом съемки разреза на минимальное число стереопар. Съемку проектируют как нормального, так и равноотклоненного видов, углы отклонения не следует принимать более 40°, лучше ограничиваться углами 31°,5.

На рис. VII.1.8 и VII.1.9 приведены схемы расположения базисов, характерные для различных систем разработки полезного ископаемого. При подвигании одного борта разреза и внешнем отвалообразовании базис располагают на неподвижном борту разреза (рис. VIII.8, а); при разработке с внутренним отвалообразованием базис располагают так, как показано на рис. VIII.8, б.

Если расстояние от породного отвала до рабочих уступов мало (например, при бес-

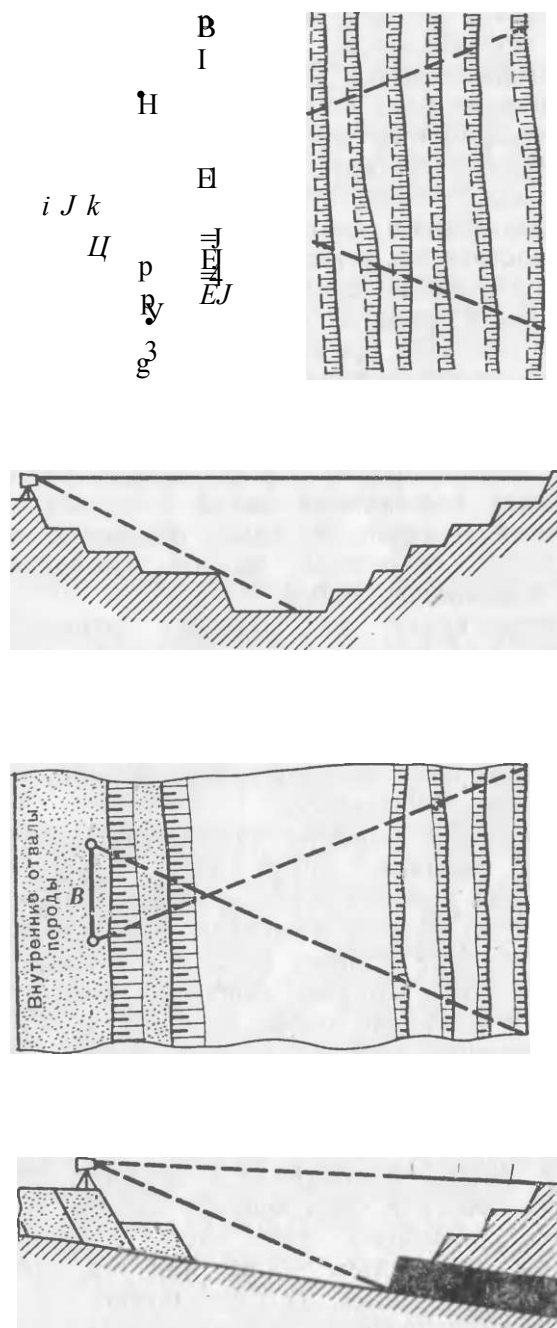


Рис. VIII.8. Схемы съемки при подвигании одного борта разреза:
а — с внешним отвалообразованием; б — с внутренним отвалообразованием

транспортной системе), место расположения базиса следует выбирать так, чтобы можно было снимать вдоль фронта работ (рис. VIII.9).

Базисные и опорные точки, если они рассчитаны на длительное использование, необходимо выбирать в местах, где обеспечивается их сохранность, и надежно закреплять.

Максимальное отстояние дальнего уступа от базиса ограничивается конструкцией об-

рабатывающего прибора и масштаба плана. При составлении плана в масштабе 1 : 1000 максимальное отстояние можно принять равным 2000 м. Если ширина экскаваторной заходки превышает 13 м, то план может составляться в масштабе 1 : 2000. При этом максимальное отстояние разрешается увеличить до 3000 м.

Величину $F_{\min}$ принимают равной 4В для нормального вида съемки и 3В — для равноотклоненного. Длину базиса фотографирования (в зависимости от назначения съемки) определяют по одной из приведенных ниже формул.

Если выполняют дополнительную съемку, при которой определяют объем выемки по каждой отдельной заходке, то рекомендуется использовать формулу

$$B = \frac{U_d}{2 / d_{\text{мрт}} \min} \quad (\text{VIII. 6})$$

где U_d — расстояние по оси Уф от центра проектирования до объекта съемки — отстояние, м; f — фокусное расстояние камеры, мм; d — ширина заходки, м; m_u — заданная средняя квадратическая погрешность определения объема заходки, %;

$$\wedge \min = \cos \phi - \frac{X_o}{\sin \phi}$$

(здесь ϕ — угол скоса; x_2 — максимальное значение координаты x на" правом снимке).

Для стандартного скоса при съемке фото-теодолитом Photoe 19/1318 $\wedge \min = 0$ »7-

Если съемка предназначена для составления плана разреза заново (разовая съемка) или для определения объема выемки горной массы за длительный период, то рекомендуется расчет базиса выполнять по формуле

$$B = 15 \frac{U_d}{M \text{ft} \min} \quad (\text{VIII. 7})$$

где M — знаменатель масштаба составления плана.

Для ближнего плана стереопары, не поддающегося обработке с основного базиса, выбирают дополнительный базис, левая точка которого совпадает с левой точкой основного базиса. Стереопару, полученную с дополнительного базиса, обеспечивают опорными точками, определяемыми как пикетные точки при обработке основной стереопары.

Для определения сектора охвата съемкой на каждой станции выполняют построения,, показанные на рис. VIII. 10.

Зона съемки — заштрихованная часть сектора. Во избежание ргзрьшов в съемке-

необходимо предусматривать взаимное перекрытие стереопар, получаемых со смежных базисов.

Наземная стереосъемка с основных базисов не всегда обеспечивает полный охват разреза: некоторая его часть 10—20% может попасть в мертвую зону и остаться незаснятой. Досъемку в этом случае выполняют с дополнительных (временных) базисов или тахеометрическим способом. Необходимые съемочные точки определяют камерально (как пикетные точки) попутно с обработкой стереопары, граничащей с мертвой зоной.

При выборе опорных точек необходимо руководствоваться следующим: число и расположение опорных точек на стереопаре должно быть достаточным для устранения искажений обрабатываемой части модели; опорные точки должны располагаться за контуром разреза, максимальные отстояния при этом ограничиваются лишь возможностями обрабатывающего прибора; не следует внутри разреза выбирать опорные точки, которые требуют полевого определения, если это не диктуется особыми условиями съемки.

Наиболее распространены два варианта геодезического обеспечения стереопары:

1) координаты левой точки базиса фотографирования и его длина известны. Для обеспечения корректирования модели необходимо иметь на дальнем плане стереопары три опорные точки (точки 1, 2, 3 на рис. VIII.И);

2) координаты левой точки базиса фотографирования не определены, длина базиса измерена. Для корректирования модели необходимо иметь четыре опорные точки (1, 2, 3, 4 на рис. VIII.11).

Для дополнительных съемок рекомендуется выбирать первую из приведенных схем, так как при расположении точек по второй схеме ближняя (четвертая) точка неизбежно попадает на рабочий борт разреза.

Если обрабатывается не вся площадь стереопары, а ее часть, то возможны отклонения от этих схем. Например, если обрабатывается только средняя часть стереопары, то отпадает необходимость в опорных точках 2 и 3; если обрабатывается одна левая или правая половина стереопары, то отпадает необходимость в опорной точке 2 или 3.

Для повышения точности составления плана опорные точки маркируют. Марку можно изготовлять из фанеры, жести или другого материала в виде щитка, окрашенного в цвет, создающий высокую контрастность с фоном, на который марка проектируется.

При разовой съемке в качестве опорных точек можно использовать местные предметы. Опорные точки и левая съемочная точка

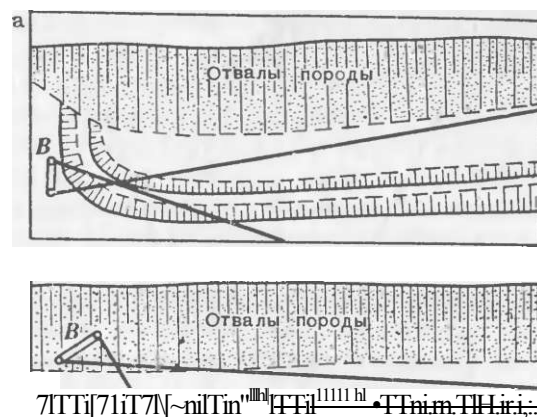


Рис. VII.9. Схема съемки при бестранспортной системе разработки

базиса геодезически определяются как пункты съемочной сети. Погрешность измерения базиса не должна быть более 1 : 2000.

Фотографирование выполняют на специальные пластинки для фототеодолитной съемки. При их отсутствии используют репродукционно-штриховые пластинки. Перед зарядкой кассет фотопластинки следует проверить на плоскостность, негодные (со стрелкой прогиба более 0,05 мм) — отбраковать. Фотографирование можно начинать с любой точки базиса. Устанавливают фототеодолит на точке, измеряют высоту инструмента и выясняют необходимость смещения объектива по высоте. Для этого открывают крышку матового стекла, снимают с объектива колпачок и рассматривают изображение объекта на матовом стекле. Если нижняя или верхняя часть участка съемки не помещается в пределах кадра, то смещением объектива добиваются появления этой части участка в поле

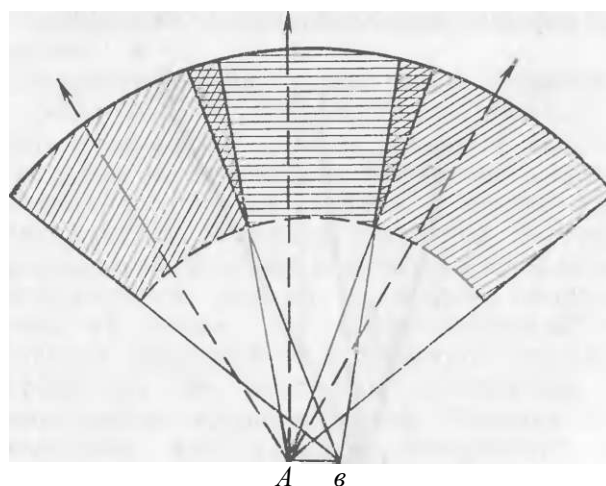


Рис. VIII.10. Сектор охвата съемкой

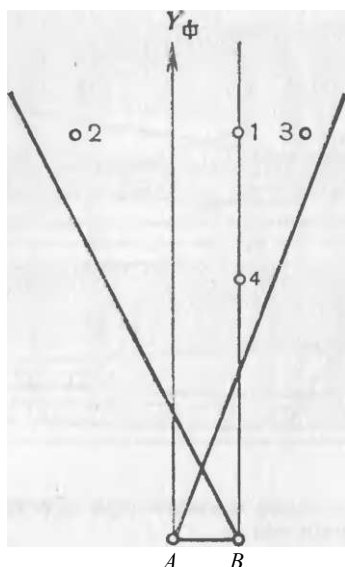


Рис. VIII.11. Схема расположения опорных точек

зрения. В случае необходимости производят съемку при двух положениях объектива.

Фотографировать желательно в солнечную погоду или при наличии легкой высокой облачности. Необходимо избегать съемки против солнца, так как это обычно приводит к неудовлетворительному качеству негативов.

Камеральные работы при наземной стереосъемке подразделяются на пять этапов: подготовку основы, построение модели, установку основы на координатографе, корректирование модели, составление (пополнение) плана.

Основу для корректирования рекомендуются изготавливать из малodeформирующегося материала — пластика или плотной чертежной бумаги. При корректировании по трем точкам на основу наносят координатную сетку, опорные точки 1, 2, 3 и левую точку фотографирования (рис. VIII.12). Точку фотографирования соединяют с опорными точ-

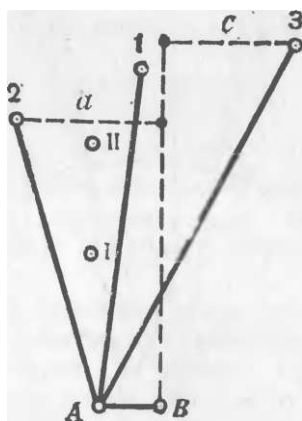


Рис. VIII.12. Основа при корректировании по трем точкам

ками тонкими прямыми линиями. Если основа с нанесенной точкой фотографирования не размещается на столе координатографа, то взамен точки фотографирования наносят установочные точки а и б (рис. VIII.13).

Координаты этих точек вычисляют по формулам:

$$X_a = X_A + Y_{\phi} \cos a, \quad (VIII.8)$$

$$Y_a = Y_A + Y_{\phi} \sin a,$$

где X_A , Y_A — координаты левой точки фотографирования; Y_{ϕ} — заданное отстояние установочной точки; a — дирекционный угол главного луча левого снимка; ρ — угол скоса.

Значения Y_{ϕ} выбирают с таким расчетом, чтобы одна точка размещалась на ближнем плане стереопары, а вторая — на дальнем.

При корректировании по четырем точкам на основу наносят точки 1, 2, 3, 4.

При корректировании по координатным счетчикам обрабатывающего прибора (без основы) координаты опорных точек необходимо перевычислить в фотограмметрическую систему

$$X_{\phi} = (Y - Y_{Si}) \cos a_z - (X - X_{Si}) \sin a_x; \quad |$$

$$\Delta \Phi = (x - x_{Si}) \cos a_z - (Y - Y_{Si}) \sin a_x; \quad |$$

$$(VII.9)$$

где X , Y — геодезические координаты опорных точек; X_s , Y_s — координаты левого конца базиса фотографирования; a_x — дирекционный угол главного луча левого снимка.

Для построения модели снимкодержатель устанавливают на световой пульт, укладывают на него негатив эмульсией вниз и центрировочными винтами совмещают координатные метки со штрихами опорного стекла.

На индикаторах фокусных расстояний плановых и высотных линеек устанавливают

$$\Gamma'' \quad a \quad o \quad o \quad l$$

$$02$$

$$L. \quad -^b L. \quad 1$$

$$I$$

$$I$$

$$I$$

$$лА$$

Рис. VIII.13. Основа с установочными точками при корректировании по трем точкам

значения f левого и правого снимков, на компенсаторах смещения объектива ставят отсчеты, соответствующие фактическому смещению объектива при съемке.

Базисные составляющие b_x , b_y , b_z устанавливают в зависимости от выбранного масштаба модели. Значения их (в мм) вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned} b_x &= -\frac{1000}{M} \cos(\bar{p}); & b_y &= -\frac{1000}{M} \sin(\bar{p}) \cdot \tan(\bar{q}) \\ &1000 \text{ Л ТТ} & & \end{aligned} \quad (\text{VIII. 10})$$

где B — горизонтальное проложение базиса фотографирования; M — знаменатель масштаба модели; ΔH — превышение центра проекции правого снимка над левым.

Установка основы на координатографе.

Если левая точка базиса нанесена на основу (см. рис. VIII.12), то при возможно меньшем значении Уф монокулярно совмещают левую измерительную марку прибора с изображением точки 3 на левом снимке. Каретки координатографа отключают от ходовых винтов, марку микроскопа координатографа совмещают с точкой А базиса и вновь подключают ходовые винты. Штурвалом Х уточняют совмещение левой измерительной марки с изображением точки 3 на снимке, а перемещением основы (или микроскопа) вновь добиваются совмещения марки измерительного микроскопа с точкой А. Затем перемещают мостик отстояний в дальнее положение, совмещают левую измерительную марку с изображением опорной точки 3 и поворачивают основу вокруг базисной точки А до пересечения марки микроскопа прямой А—3. Последовательными приближениями добиваются, чтобы при наведении левой измерительной марки на опорную точку 3 в ближнем и дальнем положениях мостика отстояний марка установочного микроскопа находилась на прямой, соединяющей точку А и точку 3, после чего отключают координатограф от стереоавтографа. Вращением штурвала устанавливают на счетчике Уф отсчет 100,00 мм, совмещают левую измерительную марку прибора с одним из вертикальных осевых штрихов снимкодержателя, а марку установочного микроскопа координатографа — с левой точкой базиса. Подключают координатограф к прибору, проверяют и, если необходимо, уточняют совмещение.

Заменяют установочный микроскоп координатографа иглой. Вращая штурвал прибора, ставят на счетчике последовательно отсчеты 200,00 мм и 250,00 мм и накалывают

на планшете соответствующие этим отсчетам точки (I и II на рис. VIII.12). Заменяют иглу на установочный микроскоп и отключают координатограф от прибора.

Вращением штурвала устанавливают на его счетчике Уф отсчет, равный 150,00 мм, совмещают марку установочного микроскопа с точкой II на планшете и подключают координатограф к прибору.

При повторных установках основы ориентирования и центрировку ее можно выполнить по точкам I и II (см. установку по точкам а и Б).

Если левая точка базиса на основу не нанесена, то ориентирование и центрирование основы выполняются по установочным точкам а и Б (см. рис. VIII.13). Для этого устанавливают на счетчике Уф отсчет K_b , соответствующий установочной точке на ближнем плане. Значение отсчета вычисляют по формуле

$$U_b = \frac{1000}{M} \Gamma \phi_b \quad (\text{VIII.11})$$

где U_b — фотограмметрическая координата установочной точки.

При отключенном координатографе наводят левую измерительную марку на один из вертикальных осевых штрихов снимкодержателя и закрепляют штурвал Х стопорным винтом. Марку микроскопа координатографа совмещают с установочной точкой на планшете и подключают координатограф к прибору. Затем устанавливают на счетчике У вычисленный отсчет для установочной точки на дальнем плане (точка а на рис. VIII.13) и, поворачивая планшет вокруг точки b_t , добиваются совмещения марки микроскопа с точкой а на основе.

При корректировании по четырем точкам установка планшета как операция не выделяется, она осуществляется одновременно с процессом корректирования модели по точкам 1 и 4.

Корректирование. Если после установки основы измерительную марку прибора совместить с опорными точками модели и нанести эти точки на основу, то будут иметь место невязки, устранение которых — задача корректирования. Невязки считаются положительными, если точка, полученная по модели, располагается дальше и правее опорной точки на основе. При корректировании по отсчетам координатных счетчиков невязки определяют по разностям измеренных и вычисленных координат точек. Невязку ΔH вычисляют как разность измеренных на приборе H_f и определенных геодезически H_g значений отметок опорных точек.

Корректирование в направлении оси Уф по трем точкам с применением основы выполняют следующим образом. Измерительную марку прибора стереоавтографа наводят на изображение опорной точки 1 модели и замечают положение микроскопа координатографа относительно опорной точки 1 на основе. Затем штурвалами X и Y прибора совмещают центр микроскопа с точкой. Несовмещение марки прибора с точкой на модели по оси Уф устраняют смещением правой пластинки вдоль оси xx, если невязка $AU < C/2$ мм, и винтом конвергенции, если невязка $AU > C/2$ мм.

Штурвалами прибора марку микроскопа совмещают с точкой 2 на основе. Несовмещение марки прибора с точкой на модели устраняют изменением составляющей B_y . После этого микроскоп совмещают с точкой 3. Если невязка AU_3 превышает допустимую, то вычисляют поправку

$$\{a + \Delta c\} \quad (\text{VIII.12})$$

где / — фокусное расстояние камеры фото-теодолита, мм; B_x — отсчет по шкале B_x прибора; N — отношение знаменателя масштаба модели к знаменателю масштаба плана; a и c — расстояния от правой оси соответственно до точек 2 и 3 (см. рис. VIII.13).

Штурвалом Y устанавливают на счетчике отсчет

$$Y_0 = f - b_y,$$

где b_y — отсчет по шкале B_y прибора, мм.

Затем совмещают правую измерительную марку с изображением любой четкой точки на правом снимке и берут отсчет по счетчику X. Алгебраически суммируют с этим отсчетом поправку B_x и устанавливают на счетчике X новое значение. Сход марки прибора с точки устраняют смещением правой пластинки вдоль оси xx и вновь повторяют корректирование по всем точкам.

Для корректирования по оси Xф марку прибора последовательно наводят * на все опорные точки и вычисляют среднее значение невязки AX_{cp} . Стереоскопически совмещают марку с одной из опорных точек и штурвалом X устанавливают марку так, чтобы величина невязки была равна AX_{cp} . Смещением левого снимка вдоль оси монокулярно совмещают марку с точкой, а смещением правого снимка восстанавливают стереоскопическое совмещение марки.

Если базис фотографирования измерен, но левая его точка геодезически не определена,

то производят корректирование в плане по чегырем точкам с применением основы. Для этого стереоскопически совмещают марку прибора с точкой 4 модели и в этом положении центр микроскопа координатографа совмещают с точкой 4 на основе (см. рис. VIII.И). Стереоскопически совмещают марку с точкой 1 модели, разворачивают основу вокруг точки 4 до совмещения марки микроскопа с линией 4-1 и измеряют невязку AU_x на точке 1. По формуле

$$LU_5 = \frac{AU_x}{U} \quad (\text{VIII.13})$$

находят поправку и вводят ее смещением микроскопа координатографа центрирующими винтами. Затем вновь совмещают марку с точкой 4 и т. д. Корректирование по точкам 4 и 1 можно выполнять также последовательными приближениями, устраняя невязку на точке 1 изменением конвергенции, а на точке 4 — изменением составляющей B_y или смещением микроскопа координатографа.

Корректирование по точкам 2 и 3 в направлении оси Уф, а также по оси Xф выполняют, как указано выше.

При корректировании с использованием отсчетов координатных счетчиков на счетчике Y устанавливают вычислительную фотограмметрическую координату опорной точки. Перемещением кареток X и Z наводят марку на точку. Несовмещение AU устраняют так же, как и при корректировании по основе.

Невязки AX на опорных точках определяют как разности координат, снятых со счетшка X при наведении марки на точку и перевычисленных из геодезической системы. Поправку определяют и вводят так же, как и при корректировании с применением основы.

При корректировании модели по высоте по трем точкам на счетчике высот устанавливают масштаб модели, левый компенсатор смещения объектива фототеодолита устанавливают на нулевое значение. При ближнем положении мостика отстояний (отсчет Y_0) совмещают левую марку с правым осевым штрихом снимкодержателя и на счетчике высот устанавливают отсчет, соответствующий отметке объектива фототеодолита при съемке с левой точки. На левом компенсаторе смещения объектива вновь устанавливают величину смещения объектива фототеодолита, которое имело место при съемке, и совмещают марку

с опорной точкой 1. Вычисляют невязку ΔH_1 и поправку к счетчику высот

$$\Delta H_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_{it} \quad (\text{VIII. 14})$$

где Y_x — отсчет по счетчику Y при наведении марки на точку 1.

При зажатом стопоре счетчика высот поворотом установочного кольца увеличивают отсчет на счетчике на величину ΔH_x . На счетчике высот устанавливают отсчет, равный отметке опорной точки 1, и компенсаторами смещения объектива вновь совмещают марку с опорной точкой 1. Контроль корректирования по высоте осуществляют по точкам 2 и 3.

При корректировании по четырем точкам марку наводят на точку 4 (отсчет Y_4) и на счетчике высот устанавливают отсчет $\#_4$. Затем совмещают марку с точкой 1 и измеряют отметку точки 1. По невязке на точке 1 находят поправку в отсчет счетчика высот по формуле (VIII. 14), где вместо отсчета Y_0 используют отсчет Y_4 . Далее корректирование выполняют так же, как и при трех точках.

Составление (пополнение) планов горных выработок осуществляют с соблюдением требований технической инструкции по производству маршейдерских работ. В зависимости от сложности формы заходки и откоса на план наносят только бровки уступа или бровки и промежуточные горизонтالي.

Для нанесения на план криволинейного контура (например, бровки уступа) с помощью штурвалов X , Y и ножного диска перемещают марку по контуру, следя за тем, чтобы марка всегда была с ним стереоскопически совмещена. Для проведения горизонтали на счетчике прибора устанавливают ее отметку и счетчик закрепляют. Измерительную марку совмещают с рельефом и, действуя штурвалами X и Y , ведут марку так, чтобы она касалась рельефа, не отрываясь и не зарываясь в него.

Фототеодолит Photheo 19/1318. Оборудование для фототеодолитной съемки обычно поставляется в виде комплекта, в который входят фототеодолит, теодолит-тахеометр, базисная рейка длиной 2 м, три подставки, три сигнала, три шнуровых отвеса, 24 деревянные кассеты, три раздвижных штатива, полевое юстировочное устройство, юстировочный накладной уровень.

Фототеодолит (рис. VIII. 14) представляет собой фотокамеру с ориентирным устройством, укрепленным на ее верхней плоскости. На передней части камеры находится объек-

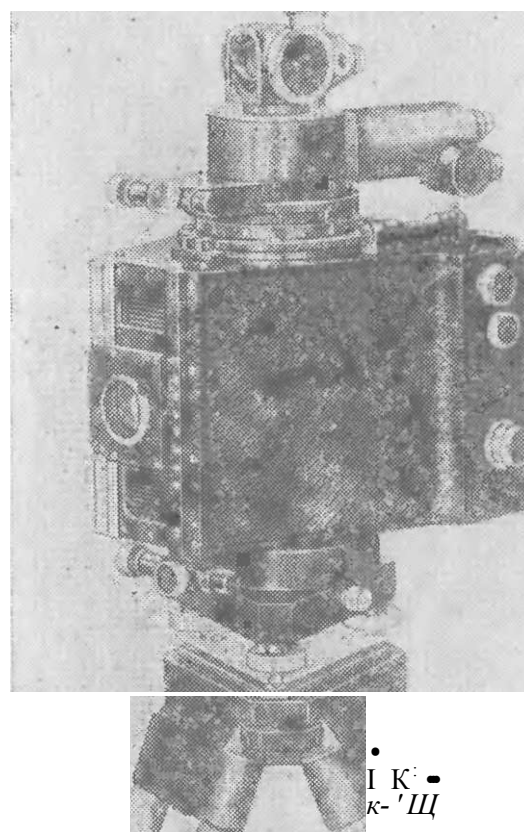


Рис. VIII. 14. Фототеодолит Photheo 19/1318

тив, а на ее заднем торце — металлическая прикладная рамка, к которой в момент фотографирования прижимается фотографическая пластинка. На прикладной рамке прикреплены четыре координатные метки, определяющие положение координатных осей снимка. Внизу слева на прикладной рамке укреплена пластинка с вырезанным на ней значением фокусного расстояния камеры, которое автоматически фиксируется на фотопластинке при ее экспонировании.

Объектив камеры с отверстием 1 : 25 имеет фокусное расстояние, близкое к 195 мм. Полезные углы изображения по горизонтали 48° , по вертикали (при центральном положении объектива) 34° . Объектив установлен на салазках и может перемещаться на 30 мм вверх и 45 мм вниз от центрального положения, что увеличивает угол изображения вверх до 25° , вниз — до 29° . Для сравнительно небольших разрезов, где отстояния до дальней границы съемки не превышают 1000 м, рекомендуется использовать съемочную фотокамеру УМК—10/1318 (рис. VIII. 15). В отличие от фототеодолита эта камера имеет фокусное расстояние 100 мм. Поэтому при

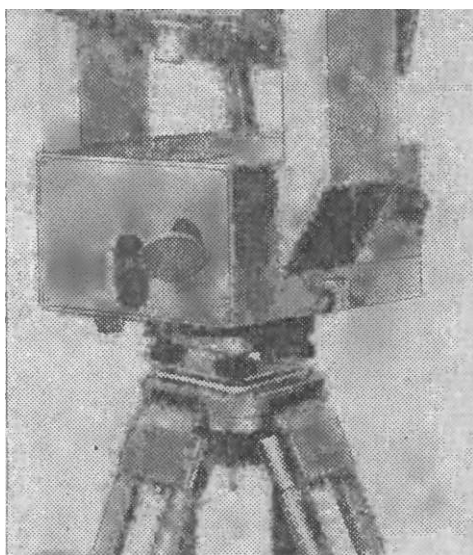


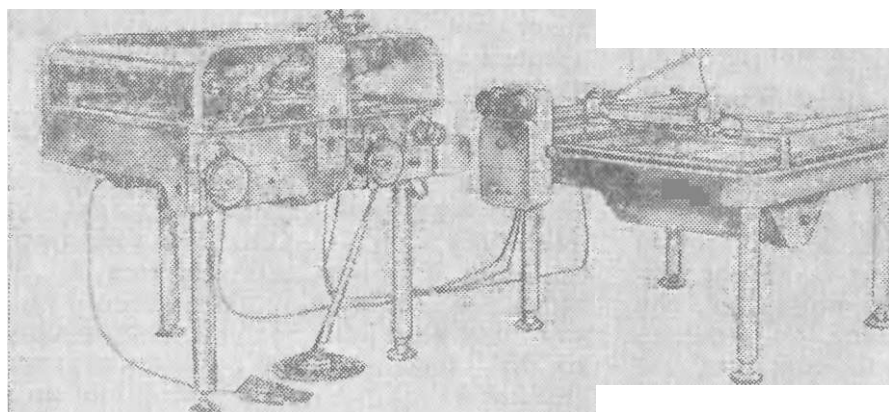
Рис. VIII. 15. Универсальная фотокамера UMK10/1318

сохранении размера фотопластины существенно увеличиваются полезные углы изображения и одна стереопара захватывает существенно большую площадь съемки. Эта камера, являясь универсальной, может использоваться также для съемки инженерных сооружений, элементов горнотранспортного оборудования и пр.

Стереоавтограф 1318 *EL* состоит из следующих основных узлов: станины с ногами, мостика отстояний с каретками X и Z , мостика линеек, кареток снимков, наблюдательной системы, измерительных устройств (счетчиков координат X , Y , Z), осветительных приспособлений, системы предупредительной сигнализации, блокирующих устройств. На рис. VIII. 16 изображен общий вид прибора, на рис. VIII. 17—вид сверху на развертывающийся механизм. Для передачи на координатограф движения мостика отстояний и кареток X и Z на приборе смонтированы три сельсина-датчика. В центральной части станины укреплены направляющие, по которым перемещается мостик отстояний. Эти направляющие параллельны оси Y прибора. Перпендикулярно этим направляющим установлена цилиндрическая направляющая кареток снимкодержателей.

К станине привинчена опорная плита мостика линеек, на которой укреплены оси поворота правой и левой плановых линеек. Плановые и высотные линейки могут поворачиваться на осях. Каждая линейка имеет два плеча — длинное и короткое, но все

г



ф

Рис. VIII. 16. Стереоавтограф 1318 *EL*

линейки устроены различно. Левая плановая линейка 9 (рис. VIII. 17) представляет собой единое целое, короткое ее плечо является продолжением длинного. Правая плановая линейка 10 состоит из двух частей, короткое плечо ее может поворачиваться относительно длинного, что дает возможность устанавливать необходимый угол конвергенции. Поворот осуществляется вращением микрометрического винта. Левая высотная линейка (на рис. VIII. 17 не видна) состоит из двух плеч, жестко соединенных друг с другом под прямым углом. Правая высотная линейка 3 состоит из двух частей, соединенных друг с другом ромбовидным четырехугольником так, что при повороте длинного плеча линейки на некоторый угол ее короткое плечо поворачивается на тот же угол в обратном направлении.

Короткие плечи высотных линеек соединены подвижными шарнирными сочленениями 11 соответственно с левым и правым суппортами наблюдательной системы, перемещающимися по пластине мостика линеек в специальных направляющих. Поэтому при повороте высотных линеек оба суппорта перемещаются в направлении оси z снимка, параллельной оси Y прибора. Короткие плечи плановых линеек соединены подвижными шарнирами с каретками правого и левого снимков.

Таким образом, измерительная марка наблюдательной системы может быть совмещена с любой точкой стереопары. Расстояния от осей вращения плановых и высотных линеек до осей вращения соответствующих ведущих роликов шарнирных соединений устанавливаются равными фокусным расстояниям обрабатываемых снимков. Установка производится с помощью микрометрических винтов с отсчетными устройствами 12, 13 и 20 индикаторного типа. Длинные плечи плановых линеек соединены с кареткой X , высотных линеек — с кареткой Z прибора. Обе каретки перемещаются независимо одна от другой по двум парам направляющих, расположенных на мостике отстояний 4. Ведущий ролик левой плановой линейки укреплен на каретке X неподвижно. Ведущий ролик правой плановой линейки укреплен на суппортах, перемещающихся по каретке X в направлениях осей X и Z . Перемещением суппортов устанавливают базисные составляющие B_x и B_y , величины перемещений отсчитываются на индикаторах 7 и 8.

Ведущий ролик левой высотной линейки укреплен неподвижно на каретке Z , а ролик правой высотной линейки — на суппортах B_y и B_z . Величины перемещений, соответ-

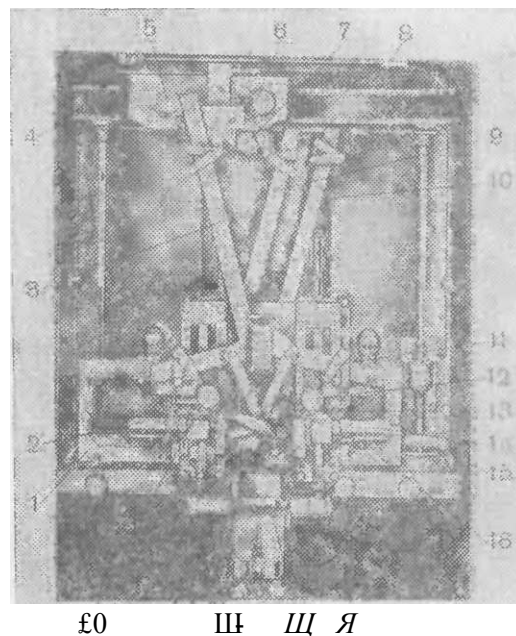


Рис. VIII. 17. Стереавтограф 1318 *EL*. Развертывающий механизм

ствующие базисным составляющим, отсчитываются на индикаторах 5 и 6.

Каретки снимков 1 и 16 представляют собой металлические рамки, которые могут передвигаться по цилиндрической направляющей 15 и поддерживающей линейке. Снимки освещаются электролампами, снабженными рефлекторами.

Наблюдательная система состоит из подвижной и неподвижной частей. Подвижные части системы 2 и 14 смонтированы на суппортах, перемещающихся по направляющим мостика линеек, а неподвижные — в бинокулярной головке 18. Они образуют изображения рассматриваемых снимков в фокальных плоскостях окуляров. В фокальные плоскости окуляров введены также светящиеся марки. При бинокулярном рассмотрении две марки сливаются в одну, с помощью которой измеряют модель. Яркость свечения марки регулируется реостатом. Резкость изображения марки достигается вращением окуляра, а снимков — вращением колец с насечкой на трубках подвижных частей наблюдательной системы.

Установка на приборе величины смещения объектива фототеодолита выполняется перемещением подвижных частей наблюдательной системы от руки и с помощью микрометрических винтов 17 и 19.

Измерительную марку совмещают с точками модели ручными штурвалами X , V и ножным диском. Штурвалы снабжены

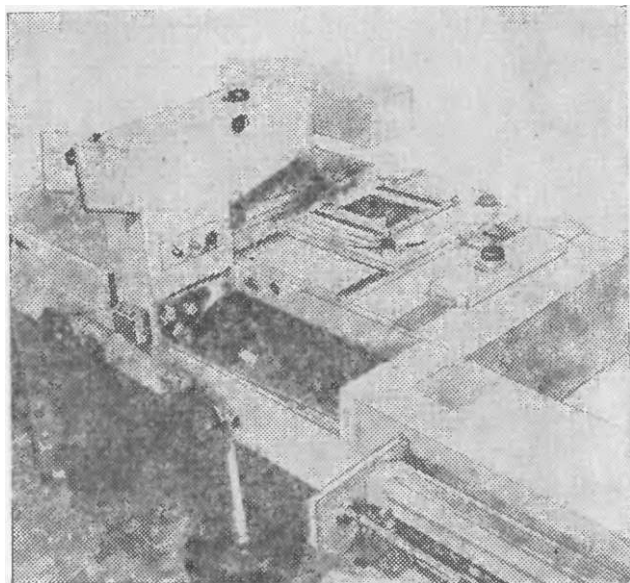


Рис. VIII. 18. Технокарт

переключателями скорости. При работе с координатографом рекомендуется использовать малую скорость. Переключение осуществляется путем вытягивания или утапливания штурвалов.

Координаты Хф, Уф, 1ф определяемых точек можно отсчитать по "счетчикам", расположенным на передней панели прибора. Счетчики Х и У показывают значение координат в миллиметрах в масштабе модели, счетчик высот показывает отметки точек непосредственно в метрах натуре.

Координатограф представляет собой металлический стол, на котором установлена рама со стеклянной пластиной для укладки основы или планшета. На раме укрепляется направляющая У, по которой перемещается мостик чертежного устройства. По направляющей мостика (перпендикулярной направляющей У) перемещается чертежное устройство. Мостик и чертежное устройство перемещаются с помощью ходовых винтов, связанных с прибором сельсинами. Координатограф снабжен двумя счетчиками.

Для предотвращения деформации и поломки частей прибор оборудован системой предупредительной сигнализации. О подходе подвижных частей прибора к предельному положению система предупреждает оператора звуковым сигналом, одновременно срабатывает блокирующее устройство, стопорящее соответствующий штурвал.

Технокарт (рис. VIII.18) — современный универсальный фотограмметрический прибор, предназначенный для обработки снимков наземной стереосъемки. Принципиальная

схема устройства и основные технические данные прибора близки к данным стереоавтографа 1318, поэтому здесь приводятся только некоторые его особенности. С целью большей универсальности диапазон фокусных расстояний, которые можно установить на приборе, расширен до 50—215 мм. На приборе можно обрабатывать фотоснимки размером до 23X23 см включительно. Прибор снабжен цифровыми счетчиками Хф, Уф, 7ф. Специальные устройства позволяют отключить счетчик или изменить направление его вращения. При желании каретки можно перемещать вручную, что особенно удобно при поверке прибора. В рабочем состоянии механизмы прибора закрыты защитными пластинами. Они легко сдвигаются и тогда открывается доступ к базисным составляющим, устройству конвергенции и ходовым винтам.

Технология корректирования модели и обработки снимков в основном та же, что и при работе на стереоавтографе 1318. Некоторые затруднения вызывает отсутствие компенсаторов углов наклона снимка, поскольку предусматривается, что съемка выполняется при строго горизонтальном положении главного луча снимка. С целью устранения этого недостатка ВНИМИ разработаны и изготовлены снимкодержатели, применение которых обеспечивает корректирование по высоте и облегчает выполнение ее в плане.

7. Примеры нетопографического применения фотограмметрии в горном деле

Как указывалось выше, фотограмметрия в горном деле используется не только для съемки открытых горных выработок, но также для съемки подземных выработок и пустот, для наблюдения за состоянием металлических конструкций транспортно-отвального оборудования и т. д. Ниже приведены некоторые примеры использования фотограмметрии.

Определение деформаций сооружений и деформаций горных пород на моделях. В зависимости от условий съемки и формы объекта фотографирование выполняют с одной или двух точек. В общем случае более точкой и надежной является стереосъемка (это относится также к определению деформаций плоских моделей). По краям, а при необходимости и по глубине объекта располагают опорные точки. При съемке модели (рис. VII 1.19) опорные точки располагают

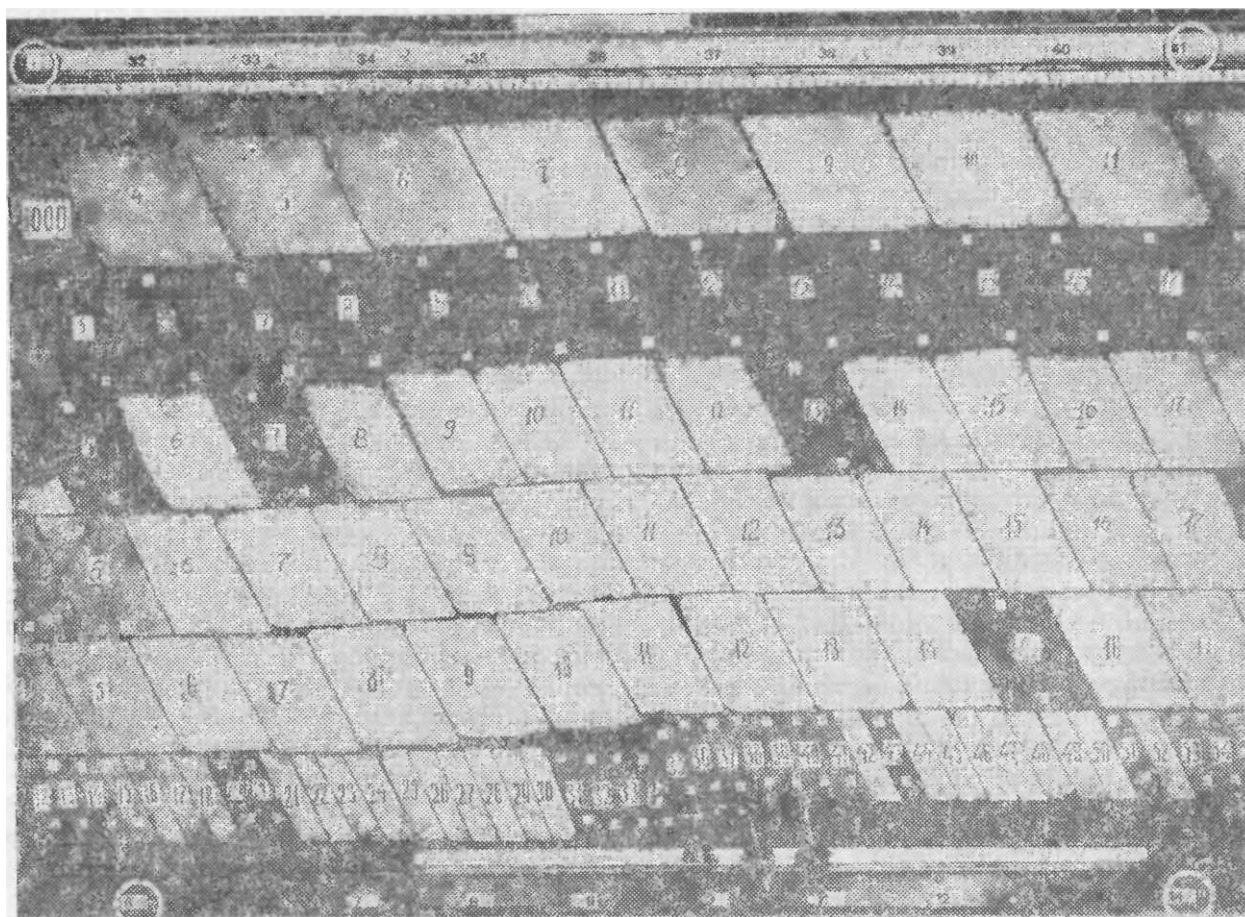


Рис. VIII. 19. К определению деформаций структурной модели

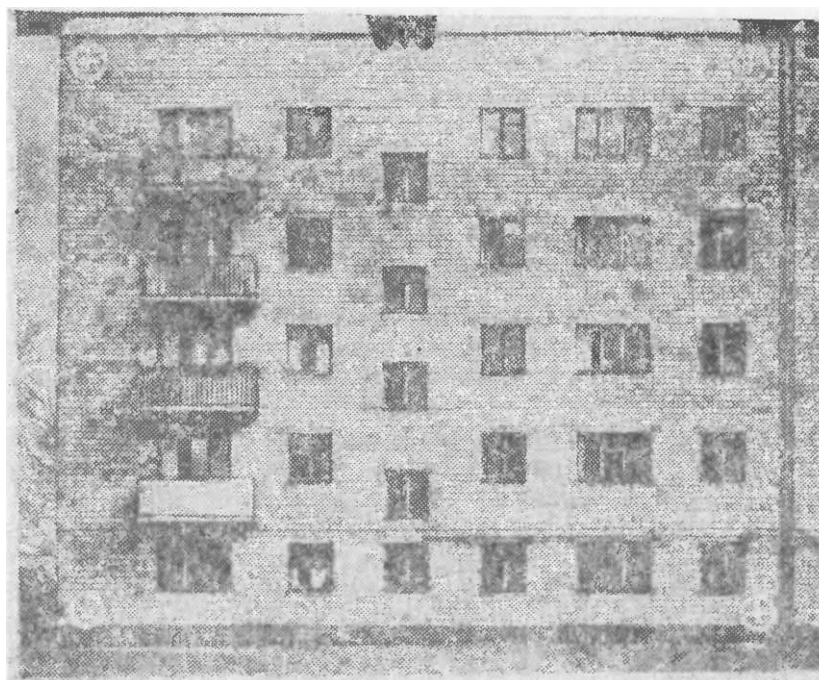


Рис. VI 11.20. К определению деформаций зданий

на неподвижных элементах стенда и их координаты используют во всех сериях наблюдений. Если снимается сооружение, то опорные точки располагают по его углам (рис. VIII.20), а координаты их определяют в условной системе пространственными засечками с базиса (для этого можно использовать базис фотографирования). Как опорные точки, так и точки, предназначенные для измерения на них деформаций, маркируют, что обеспечивает высокую точность определения деформаций. Наиболее выгодная форма марки — белый крест на черном фоне, или наоборот. Оптимальная толщина штриха маркировочного креста составляет $0,05 M$, мм (M — знаменатель масштаба съемки). Длина штриха должна быть в 12—15 раз больше. В зависимости от степени сложности задачи величины деформаций вычисляют с использованием настольных вычислительных машин или ЭВМ. Деформацию прогиба удобно считать, пользуясь настольной вычислительной машиной. Для определения деформации по нескольким параметрам нельзя обойтись без специальной программы обработки на ЭВМ, например программы [7], которая обеспечивает определение различных параметров деформации (прогиб, радиусы кривизны, наклоны объекта в трех плоскостях, относительное изменение длины отрезков и т. д.).

Предрасчет ожидаемых погрешностей m_x и m_z определяется по формуле

$$m_x = m_z = 0,008 A f_{\text{ср}}, \quad (\text{VI } 11.15)$$

где $M_{\text{ср}}$ — средний знаменатель масштаба съемки, а погрешность в направлении оси U_f по формуле

$$m_y = 0,008 \cdot f - M, \quad (\text{VII } 11.16)$$

где $U_{\text{ср}}$ — среднее расстояние от базиса до плоскости объекта съемки; B — базис фотографирования; f — фокусное расстояние съемочной камеры.

Определение деформаций металлических конструкций горно-транспортного оборудования. Обычно определяют только деформацию прогиба. С этой целью маркируют элементы конструкции, опорные точки располагают по ее краям. Съемку выполняют с одной точки, при этом фотографическую камеру располагают так, чтобы оптическая ось камеры была перпендикулярна снимаемой конструкции и проходила приблизительно через ее середину. Расстояние до объекта должно

быть таким, чтобы крайние марки на снимках изобразились не ближе 1 см от края, а масштаб съемки обеспечивал заданную точность определения деформации. Конструкции можно фотографировать под нагрузкой во время работы, если использовать фотокамеру УМК 10/1318. Снимок измеряется на стереокомпараторе. Стрела прогиба определяется относительно линии, соединяющей опорные (крайние) точки. Стрелы прогиба в натуре вычисляют по формуле $P = pM$, где p — длина отрезка, измеренная на снимке; M — знаменатель масштаба снимка. Последний можно определить как отношение расстояния между опорными точками в натуре к расстоянию на снимке.

Съемка поперечных сечений подземных выработок. Для съемки поперечных сечений подземных выработок используется метод светопрофиля, сущность которого заключается в следующем. Контур выработки на короткое время освещается и световой след фотографируется малоформатной камерой. Построение профиля осуществляется в камеральных условиях. Наиболее удачный прибор для съемки сечений создан в Пражском институте по исследованию руд (ЧССР). В качестве источника света в приборе использована кольцевая разрядная трубка, встроенная внутрь тороидальной линзы. Оптическая часть прибора заключена между двумя металлическими пластинами, на которых расположены гнезда для крепления легких металлических штанг с опорными точками на концах. Процесс съемки заключается в следующем. Рабочий монтирует на приборе штанги и, удерживая его в руках (для облегчения служат наплечные ремни) устанавливает его так, чтобы основная плоскость прибора располагалась по возможности вертикально и перпендикулярно к оси выработки. Фотографическая камера устанавливается с таким расчетом, чтобы на кадре размещался весь снимаемый контур, экспонирование выполняется в темноте при открытом затворе фотоаппарата. В результате вспышки образуется световая плоскость, создающая узкий и четкий след сечения выработки и одновременно освещающая опорные точки. Фотопленку обрабатывают, изображение контуров приводят к заданному масштабу и переносят на бумагу. Для этого используется фотоувеличитель с уложенной на его экран планшеткой, на которой в масштабе нанесено взаимное положение опорных точек. Одновременное совмещение изображения четырех опорных точек на снимке с одноименными точками на планшетке свидетельствует о правильности решения задачи.

Как указывается в работе [8], средняя погрешность расстояний между точками, расположенными на сечении размером 3X X3 м, не превосходит см, а средняя погрешность определения площади сечения — 1%. Производительность съемки при благоприятных условиях достигает 60 сечений в час.

В ЧССР этот метод широко используется в горном деле, а также при строительстве разного рода подземных инженерных сооружений. Прибор выпускается как для обычных, так и для взрывоопасных условий.

Список литературы

1. Лобанов А. Н. Аэрофототопография. М., Недра, 1971.

2. Фототеодолитная съемка в крупных масштабах./А. П. Трунин, И. И. Финаревский, С. В. Чистяков и др. М., Недра, 1978.

3. Методические указания по наземной стереофотограмметрической съемке карьеров. Л., ВНИМИ, 1970. (ротапринт).

4. Методические указания по аэрофотосъемке карьеров. Л., ВНИМИ, 1969 (ротапринт).

5. Методические указания по определению деформаций сооружений фотограмметрическим методом. Л., ВНИМИ, 1974. (ротапринт).

6. Методические указания по определению деформаций толщи горных пород на моделях фотограмметрическим способом. Л., ВНИМИ, 1974 (ротапринт).

7. Программа аналитической обработки измерений стереопары и снимка на ЭВМ «Минск-22(32)». Л., ВНИМИ, 1975 (ротапринт).

8. Я-Влчек. Метод световых сечений — разработка приборов и исследование их точности. — В сб. Маркшейдерское дело в социалистических странах.

VSB Ostrava, вып. 5. 1972, с. 383 — 395.

Маркшейдерские работы на разрезах

1. Назначение, виды и порядок выполнения маркшейдерских работ

Маркшейдерские работы на разрезах обеспечивают правильность разработки месторождений полезных ископаемых. Для этого маркшейдерская служба создает геометрическую основу съемочных работ в виде маркшейдерской опорной сети; производит съемку земной поверхности и горных выработок, составляет чертежи горной графической документации; переносит в натуру основные геометрические элементы горных выработок, транспортных путей и других объектов, предусмотренных проектом; контролирует соответствие объемов и темпов пройденных горных выработок и возведенных сооружений техническому проекту (паспорту) и календарному плану развития горных работ; периодически определяет объемы вынутых и взорванных пород и по этим данным контролирует данные оперативного учета и отчетные показатели предприятия по вскрыше и добыче полезного ископаемого, выполняет съемку отвалов полезного ископаемого на складах, подсчитывает остатки и контролирует по ним данные бухгалтерского учета; ведет учет движения запасов, потерь и разубоживания; подготавливает аналитические и графические материалы, необходимые для планирования горных работ, и принимает непосредственное участие в планировании горных работ; осуществляет наблюдение за устойчивостью бортов разреза; выполняет съемочные работы по обслуживанию буровзрывных работ и транспорта, по периодическому контролю за правильностью геометрических элементов горно-транспортных машин и оборудования.

Из перечисленных видов маркшейдерских работ основное значение имеют работы по построению опорной сети и съемке горных выработок. В результате выполнения этих работ создаются исходные аналитические данные и графические документы для выполнения всех других видов маркшейдерских работ.

На каждой стадии освоения месторождения маркшейдерские работы следует выполнять так, чтобы их результаты могли быть в наибольшей степени использованы на всех последующих стадиях. Прежде всего это должно относиться к таким работам, как создание опорной сети и съемка земной поверхности. Обычно для выполнения этих работ привлекают специализированные топогеодезические организации или подразделения. Для выполнения маркшейдерских работ в процессе строительства и разработки месторождения создается маркшейдерская служба.

2. Проектирование маркшейдерского обслуживания крупных предприятий

На крупных разрезах в результате прогресса в технике и технологии добычи угля и увеличения объема выемки горной массы увеличился объем маркшейдерских работ и усложнился их характер. Возникла необходимость перейти на более производительные способы выполнения маркшейдерских работ, которые требуют применения уникальных приборов, оборудования и улучшения организации маркшейдерской службы. Для того чтобы ускорить внедрение и освоение новых методов выполнения маркшейдерских работ в проектах новых и реконструируемых предприятий, следует предусматривать маркшейдерскую часть проекта, которая должна содержать описание способа маркшейдерской съемки и перечня приборов и оборудования, которыми должно быть обеспечено предприятие; требуемого помещения для установки приборов и оборудования; потребности в транспорте, источниках снабжения специальными материалами, принадлежностями и приборами; перечня видов и объемов маркшейдерских работ, которые должны выполняться маркшейдерской службой предприятия в течение всего периода разработки месторождения. Кроме того, должны быть определены штаты и организационная структура маркшейдерской службы; перечень видов и объемы маркшейдерских

работ, для выполнения которых проектом рекомендуется привлекать специализированные организации; источники финансирования этих работ.

При составлении перечня видов и объемов маркшейдерских работ учитываются принятые проектные решения по технологии разработки полезного ископаемого, горно-геологические и климатические условия. Штаты маркшейдерской службы устанавливаются в соответствии с примерной методикой определения числа сотрудников, приведенной в инструкции [1]. При этом следует принимать во внимание, что нормативы штатов в инструкции разработаны без учета периодического обновления планов земной поверхности и опорной маркшейдерской сети; маркшейдерского обеспечения рекультивации земель, проходки и обслуживания подземных дренажных и другого назначения горных выработок; маркшейдерского обслуживания забойных и магистральных конвейеров с большой протяженностью отдельных ставов, маркшейдерской периодической проверки основных геометрических элементов мощных горно-транспортных машин и оборудования.

При разработке проекта выполнения наиболее трудоемких и сложных видов работ, влияющих на маркшейдерские работы, руководствуются следующими рекомендациями.

Для разрезов, имеющих большие проектные или фактические размеры, значительную площадь, занятую отвалами, складами и другими объектами, земельными участками, подлежащими рекультивации, а также для группы разрезов, расположенных близко друг от друга, как правило, следует предусматривать применение воздушной и наземной стереофотограмметрической съемки. Последнюю следует предусматривать как дополнение к аэрофотосъемке, так и самостоятельно.

Для обеспечения съемочных работ предусматривают приобретение приборов и оборудования в соответствии с перечнем, приведенным в гл. VIII; помещение для установки стереофотограмметрических приборов и фотолaborаторий; штаты специализированной группы (лаборатории) по выполнению стереофотограмметрической съемки в соответствии с рекомендацией, приведенной в гл. VIII; обеспечение группы транспортом; аренду самолета (вертолета) соответствующего типа для производства аэрозлетов и объем лентосъемочных работ, учитывающий принятую периодичность съемки; организацию снабжения фотоматериалами для выполнения съемочных работ и обработки снимков.

При выборе способа определения объемов вынутой породы предпочтение следует отдавать применению взвешивающих устройств и организации на этой основе оперативного автоматизированного учета, который должен обеспечивать определение объема горной массы, вынутой сменной бригадой экскаватора за месяц, с погрешностью не более 5%. При годовой производительности разреза 1 млн. т и больше, а также при разработке пород с предварительным рыхлением взрывом на горную массу, оставленную от предыдущего взрыва, или при каскадном взрывании, если породы отгружают больше чем за месяц, применение взвешивающих устройств для учета добытого и реализованного полезного ископаемого и для оперативного учета объемов вынутых пород вскрыши обязательно.

Тип и количество взвешивающих устройств выбирают с учетом вида транспорта, грузоподъемности транспортных сосудов, числа направлений грузопотоков и объема выемки горной массы. Если организация взвешивания всей транспортируемой горной массы затруднительна, то в проекте предусматривают организацию оперативного учета на основе выборочного взвешивания. Выборочное взвешивание загруженных транспортных сосудов рассчитывают так, чтобы выборка представляла все бригады экскаватора и чтобы график выборочного взвешивания обеспечивал случайность выборки для каждой бригады. При автомобильном транспорте от каждой бригады экскаватора за смену предусматривают взвешивание не менее двух автосамосвалов каждой группы машин одинаковой грузоподъемности. При железнодорожном транспорте — не менее одного состава, укомплектованного из вагонов одинаковой грузоподъемности.

Возможна и другая выборка, рассчитываемая по формулам (IX.1) и (IX.2).

При автомобильном транспорте число загруженных автосамосвалов /г, которое необходимо направить для взвешивания от каждой экскаваторной бригады в течение месяца, вычисляется по формуле

где N — общее число автосамосвалов, загружаемых за месяц одной экскаваторной бригадой.

При железнодорожном транспорте на выборочное взвешивание направляют составы. Число составов t , подлежащих взвешиванию от каждой сменной экскаваторной бригады

в течение отчетного месяца, вычисляют по формуле

$$i \wedge \frac{J}{0,04J + 1} \quad (\text{IX.2})$$

где J — общее число составов, загружаемых за месяц одной экскаваторной бригадой.

В проекте предусматривают порядок определения массы порожних транспортных сосудов (тары). Тару определяют взвешиванием каждого сосуда до загрузки (после загрузки) по среднему значению, вычисленному по данным взвешивания не менее 20 порожних транспортных сосудов каждого типа, или по значению, которое подписывают на бортах транспортного сосуда при его изготовлении и после каждого ремонта. Контрольное взвешивание тары для проверки их средней массы предусматривается не реже одного раза в квартал.

В зависимости от характера пород вскрыши и полезного ископаемого в проекте предусматривают периодичное определение их плотности для вычисления массы отгруженных пород.

Если проектом предусмотрены организации оперативного учета на основе применения взвешивающих устройств и использование данных этого учета для оплаты труда и для ежемесячных отчетов о выполненных объемах работ, то при установлении штата маркшейдерской службы учитывают необходимость периодического контроля данных оперативного учета по маркшейдерской съемке. Не допускается возлагать на маркшейдерскую службу ответственность за организацию и достоверность данных оперативного учета.

При расчете штатов маркшейдерской службы, кроме годовых контрольных подсчетов для проверки достоверности отчетных данных разреза о выполнении плана, учитывают следующую периодичность контрольных подсчетов: при разработке пород с предварительным взрыванием на зачищенный откос уступа и при разработке с каскадным взрыванием, если взорванные породы отгружают больше чем за месяц, контрольный подсчет объема вынутых пород выполняют по блокам после завершения отгрузки пород. При разработке пород с предварительным рыхлением взрывом на неубранную горную массу, если взорванные породы отгружают больше чем за месяц, контрольный подсчет объема вынутых пород проводят за период между двумя съемками, выполненными перед каждым очередным взрывом.

При проектировании открытых складов полезного ископаемого предусматривают планировку площади и ее топографическую

съемку в масштабе не меньше 1 : 1000 с сечением рельефа через 0,25—0,5 м. При съемке площадки под склад предусматривают создание и закрепление на долговременную сохранность точек съемочного обоснования для периодической съемки отвалов с целью подсчета остатков полезного ископаемого на складе. Около съемочных точек предусматривают ограждения с предупредительными надписями об ответственности за их повреждения.

Складирование полезного ископаемого должно быть организовано так, чтобы часть отвала, подлежащая маркшейдерской съемке при контроле добычи в конце каждого отчетного месяца, не превышала 25% месячной добычи разреза. Если такая организация складирования невозможна или нецелесообразна по технологическим причинам, то предусматривают организацию учета поступления и отгрузки со склада полезного ископаемого по данным взвешивания.

Для закрытых складов и бункеров проектируют места, с которых было бы безопасно и удобно выполнять маркшейдерские измерения. На стеках или других частях склада наносят деления для визуального определения объема полезного ископаемого.

При составлении перечня и объемов маркшейдерских работ учитывают работы по определению плотности полезного ископаемого на открытых и закрытых складах.

3. Опорная сеть и съемочное обоснование

Маркшейдерская опорная сеть разреза состоит из пунктов государственной геодезической сети всех классов и сетей сгущения всех разрядов, создаваемых методами триангуляции, трилатерации или полигонометрии и из пунктов государственной нивелирной сети всех классов. По своей конструкции и точности построения плановая и высотная сети должны удовлетворять требованиям, изложенным в главах IV, V, VI.

Обычно опорная сеть создается на стадиях разведки месторождения, проектирования и строительства предприятия. При разработке месторождения (по мере развития горных работ) часть пунктов уничтожается и возникает необходимость периодически пополнять опорную сеть. Для выполнения этих работ, как правило, привлекаются специализированные топографо-маркшейдерские организации. В обязанности маркшейдерской службы горного предприятия входит планирование работ по пополнению или реконструкции сети, составление технических за-

даний специализированной организации, согласование технических проектов и приемка работ.

При вставке пунктов, предназначенных в качестве исходных для построения съемочной сети разреза, руководствуются следующими дополнительными требованиями. Пункты рекомендуется располагать в таких местах, откуда видна возможно большая территория, на которой ведутся горные работы. Общее число пунктов опорной сети должно обеспечивать определение в любом месте разреза пунктов съемочной сети принятым методом. Наружные знаки, как правило, не должны иметь редуций. В противном случае при изменении направлений на них с пунктов съемочной сети возникнет необходимость снимать редуции и вводить поправки в измеренные направления.

Съемочное обоснование разреза развивается на основе пунктов маркшейдерской опорной сети. Плотность и места расположения пунктов устанавливаются с учетом метода, масштаба съемки и удобства выполнения съемочных работ. При тахеометрической съемке пункты размещают на рабочих площадках уступов не реже, чем через 300 м при съемке в масштабе 1 : 1000 и не реже, чем через 400 м при съемке в масштабе 1 : 2000. При стереофотограмметрических методах съемки разрезов места расположения планово-высотных опознаков, базисных и опорных точек устанавливаются по проекту.

Координаты и высоты пунктов могут определяться геодезическими и фотограмметрическими методами.

Средняя квадратическая погрешность положения пунктов съемочной сети относительно ближайших пунктов маркшейдерской опорной сети не должна превышать 0,2 м при съемке в масштабе 1 : 1000 и 0,3 — при съемке в масштабе 1 : 2000.

Средняя квадратическая погрешность определения высот пунктов съемочного обоснования относительно ближайших пунктов опорной высотной сети не должна превышать 0,1 м.

Координаты пунктов съемочного обоснования определяются построением триангуляционных (аналитических) сетей (включая геодезические засечки, цепочки треугольников, центральные системы, четырехугольники и другие фигуры), проложением теодолитных ходов, полярным способом, способом прямоугольной сетки и другими способами, обеспечивающими требуемую точность определения положения пунктов.

Прямая и боковая засечки требуют наличия трех опорных пунктов. Углы при определяемом пункте должны быть не менее 30° и не

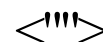
более 150°. Расстояния от пунктов маркшейдерской опорной сети до определяемого пункта при прямой и боковой засечках, а также при полярном способе и способе створных линий не должны превышать 1500 м при съемке в масштабе 1 : 1000 и 2000 м — при съемке в масштабе 1 : 2000.

При измерении углов соблюдают следующие требования. Если съемка выполняется в масштабе 1 : 1000 и расстояния до пунктов больше 1000 м, то теодолитами типа Т15 и ТЗО углы измеряют четырьмя приемами или двумя приемами при двух повторениях, а теодолитами большей точности — двумя приемами или двумя повторениями. Если съемка выполняется в масштабе 1 : 2000 и расстояния до пунктов больше 1000 м, то теодолитами типа Т15 и ТЗО углы измеряют двумя приемами или двумя повторениями, а теодолитами большей точности — одним приемом. При расстояниях до 1000 м и при съемке в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000 теодолитами типа Т15 и ТЗО углы измеряют двумя приемами или двумя повторениями, а теодолитами большей точности — одним приемом.

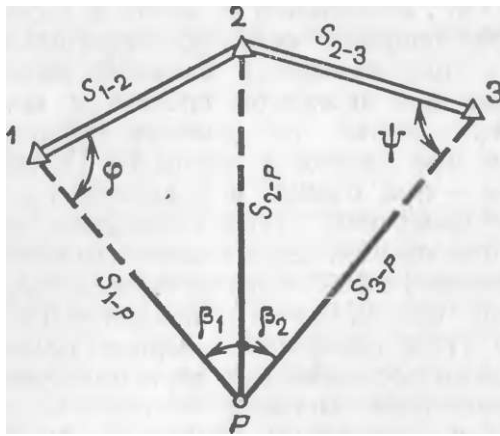
Обратная засечка требует, чтобы с рабочих площадок уступов была видимость на четыре пункта опорной сети. Допустимые расстояния от определяемого до опорных пунктов и формы засечки устанавливаются по расчету, задачей которого является заблаговременный выбор наиболее выгодно расположенных для обратной засечки четырех опорных пунктов. Для расчета используют сводный план разреза наиболее мелкого масштаба, например 1 : 5000. На плане выделяют участки рабочих площадок уступа, с которых имеется видимость на одни и те же пункты опорной сети. В средней части и на краях каждого участка намечают точки, из которых проводят направления на опорные пункты. Для каждой точки составляют варианты засечек наиболее выгодной формы, имея в виду, что сумма углов $\phi + \varphi_3$ (рис. IX.1) должна отличаться от 0 или 180° не менее чем на 30°. Вычисляют среднюю квадратическую погрешность (м) положения точки по каждому варианту засечки

$$M_p = \frac{m'_{PS_{2-P}}}{206 \sin (\phi + \varphi_3)} \cdot v$$

Х



где $M_p = 15''$ — средняя квадратическая погрешность измерения углов и $|3_2|$; s — длина стороны, км. Углы ϕ и φ_3 измеряют на плане



РисД1Х.1. Схема определения пункта обратной засечкой

с округлением до 1° , длины сторон s — до 0,1 км. Погрешность M_p вычисляют с помощью логарифмической линейки до 0,1 м. Значения $\sin(\phi + \alpha^1)$ округляют до второй цифры после запятой. Из вариантов засечек для одной точки выбирают два таких, у которых ошибки M_p имеют наименьшее значение.

Ошибки M_p вычисляют для всех точек, намеченных в пределах участка разреза. Сопоставляя эти ошибки, уточняют границы участков и опорные пункты, которыми следует пользоваться для определения пунктов съемочной сети. Результаты расчета оформляют в виде схем, на которых показывают, в каких местах и какие опорные пункты следует использовать. Эти схемы вклеивают в журнал измерения углов. По мере утраты опорных пунктов или видимости на них уточняют данные расчета для отдельных участков разреза.

Углы в обратных засечках измеряют так же, как и в прямых и боковых засечках, соблюдая следующие дополнительные требования. При способе круговых приемов измеряют четыре направления на исходные пункты с замыканием горизонта на начальные направления. По результатам измерений вычисляют направления на все исходные пункты, приведенные к начальному нулевому направлению. При измерении углов способом повторений независимо измеряют все четыре смежных угла между направлениями на исходные пункты. По окончании измерений производят уравнивание на станции измеренных углов путем распределения невязки во все измеренные углы (условие горизонта).

Координаты пунктов, определяемых способом обратных засечек, следует вычислять как среднее взвешенное значение, если средние квадратические погрешности поло-

жения пункта для каждого варианта засечки отличаются более чем в 2 раза.

Теодолитные ходы прокладывают между пунктами опорной сети или как замкнутые полигоны. В необходимых случаях допускается определять положение одного пункта висячим ходом из одной стороны длиной не более 300 м при съемке в масштабе 1 : 1000 и 400 м — при съемке в масштабе 1 : 2000. Длины ходов и допустимые невязки не должны превышать пределов, установленных инструкцией [1].

На исходных пунктах теодолитных ходов измеряют два примычных угла. Их сумма не должна отличаться от значения жесткого угла больше чем на Γ . Углы в теодолитных ходах измеряют теодолитами типа Т15 одним приемом с перестановкой лимба между полуприемами на 90° . Колебания значений углов, полученных из двух полуприемов, не должны превышать $45''$.

Линии измеряют (в прямом и обратном направлениях) лентами, рулетками, длиномерами, дальномерами дважды. Разность между двумя независимыми измерениями не должна превышать 1 : 1000. Разрешается длину линии определять косвенно или аналитически.

В измеренные длины вводят поправки за компарирование приборов, если по величине они превышают 1:10 000 длины линии; за разность температур при компарировании и при измерении, если эта разность превышает 5° , за провес проволоки (при измерении линий длиномером АД 1); за приведение линий к горизонту, если угол наклона линии превышает 1° .

Теодолитные ходы уравнивают упрощенным способом. Угловую невязку распределяют равномерно на все углы, а невязки по осям координат — пропорционально длине сторон.

Прямоугольную сетку как способ построения съемочного обоснования применяют при небольшой глубине разработки и при расположении разрезов на равнинных участках местности. Линии сетки ориентируют по направлению фронта горных работ. Длины сторон прямоугольников принимают из расчета удобства съемки горных выработок при минимальном числе пунктов. В натуре разбивают вершины основных прямоугольников сетки от пунктов опорной сети. Затем методом створов двумя теодолитами сгущают сетку до прямоугольников с проектными размерами сторон. При сгущении сетки длина визирного луча не должна превышать 800 м. Правильность разбивки прямоугольной сетки проверяют контрольным прошиванием диагоналей и сторон сетки. Нечет-

ными цифрами нумеруют по порядку одну систему параллельных линий и четными — перпендикулярную к ней другую систему параллельных линий.

На разрезах могут применяться и другие способы определения координат пунктов съемочного обоснования. По мере совершенствования электрооптических дальномеров найдет широкое практическое применение полярный способ определения координат пунктов.

Высоты пунктов съемочного обоснования определяют тригонометрическим или геометрическим нивелированием технической точности.

При тригонометрическом нивелировании вертикальные углы измеряют теодолитами с точностью отсчетных приспособлений вертикального круга не менее 30".

При использовании теодолитов типа Т2 и Т5 вертикальные углы измеряют одним приемом, а теодолитов типа Т15 или Т20 (при удалении пунктов более чем на 1000 м) — двумя приемами. Высоту инструмента и визирной цели измеряют с округлением до сантиметров.

При проложении теодолитных ходов превышения определяют в прямом и обратном направлениях. Расхождение прямого и обратного превышений для каждой линии хода не должно быть более 0,04/ см (где / — длина линии, м).

Невязки ходов тригонометрического нивелирования, проложенных между пунктами опорной сети, не должны превышать величины, вычисленной по формуле

$$f = \frac{V_n}{n}, \quad (\text{IX.4})$$

где / — невязка хода, см; / — длина хода, м; n — число линий хода.

При тригонометрическом нивелировании расстояние от исходных пунктов до определяемых не должно быть более 2000 м.

При определении пунктов геодезическими засечками тригонометрическое нивелирование выполняют в прямом и обратном направлениях или в одном направлении, но не менее чем с двух исходных пунктов.

Расхождение между двумя определениями высоты пункта или между прямым и обратным превышениями не должно быть более 0,03 см при расстояниях до 1000 м, 0,02/ см — при расстояниях более 1000 м (/ — расстояние между пунктами, м). Если число определений высоты пункта более двух, то отклонение любого определения от среднего арифметического значения не должно превышать ± 20 см.

При расстояниях от исходных пунктов до определяемых более 700 м в превышения вводят поправки за кривизну Земли и рефракцию.

4. Съемка горных выработок

Съемка разреза выполняется для составления и периодического пополнения планов и профилей горных выработок, отражающих рельеф и ситуацию земной поверхности в районе деятельности разреза, элементы геологического строения, горные выработки, их пространственное положение, состояние и динамику развития горных работ, вскрытие и технологию разработки месторождения. По точности и детальности изображения уступов маркшейдерская съемка должна обеспечить подсчет объемов вынутых и взорванных пород с погрешностями, допустимые значения которых вычисляются по формулам (IX.5) или (IX.6).

Съемку разреза и дополнительную съемку уступов выполняют следующими способами: стереофотограмметрическим, тахеометрическим, мензульным, способом перпендикуляров, а также комбинацией перечисленных способов.

Наземную и воздушную стереофотограмметрическую съемку следует применять для составления и пополнения планов горных выработок во всех случаях, когда возможно и целесообразно их организовать.

Тахеометрический способ применяют для съемки разрезов, когда технология разработки позволяет непосредственно по результатам съемки уступов определять объем вынутых пород вскрыши и полезного ископаемого в целике; для съемки малых по производительности разрезов; для съемки «мертвых» пространств при применении наземной стереофотограмметрической съемки; для контрольной съемки горных выработок при выборочной проверке их положения на плане и в других случаях, когда применение стереофотограмметрических способов нецелесообразно или когда их нельзя применять по не зависящим от предприятия причинам.

Мензульный способ, как правило, применяют для разовой съемки небольших по размерам разрезов с целью составления сводного плана горных выработок.

Способ перпендикуляров применяется для съемки простых вытянутых уступов, когда съемочную сеть удобно создавать в виде теодолитных ходов и прямоугольной сетки.

Съемку разреза и дополнительную съемку уступов выполняют в масштабе 1 : 1000 при ширине вынутого слоя по уступу за

период между двумя съемками не более 13 м, в масштабе 1 : 2000 — при большей ширине. Если требуется более крупное изображение, то планы горных выработок можно составлять в следующем, более крупном масштабе. На таких планах указывают масштабы плана и съемки.

На малых по производительности разрезах, для которых допустимые погрешности определения объемов вычисляются по формулам (IX.5) или (IX.6) и эти объемы меньше соответственно 20 и 45 тыс. м³, масштаб и методику съемки горных выработок и подсчета по ней объемов устанавливают из расчета обеспечения определения объема с погрешностью, не превышающей 10%. Периодичность дополнительной съемки устанавливается вышестоящей организацией с учетом технологии разработки и принятых способов определения объемов. Если оплату производят по маркшейдерским данным, то съемку уступов следует предусматривать не чаще одного раза в месяц. Как правило, съемку выполняют не ранее чем за 5 дней до конца месяца. Если объемы для оплаты труда определяют по оперативному учету, то съемка может выполняться с иной периодичностью. При разработке пород с предварительным рыхлением взрывом и многорядном расположении скважин съемка должна выполняться до и после взрывания каждого блока независимо от того, какие данные принимаются для оплаты труда и отчета о выполнении производственного плана за месяц.

Основными объектами съемки являются: (бровки уступов, съезды разрезных и других траншей, внутренние отвалы, навалы вскрышных пород на бортах разрезов и на уступах, взрывные выработки, линии откола при взрыве блоков, развалы, дренажные выработки, водоотливные средства, водоотводные канавы, устройства для сообщения между уступами, разведочные выработки и элементы геологического строения, устья разведочных выработок, характерные точки геологических обнажений на откосах уступов, контакты висячего и лежащего боков тела полезного ископаемого, тектонические нарушения, границы участков с различной зольностью углей или различными сортами руд, точки отбора проб и измерения мощности, выходы водных источников. К таким объектам относятся границы опасных зон (зоны пожаров, затопленных горных выработок, оползней, обрушений), транспортные пути в разрезе и на отвалах (ленточные конвейеры и переходы через них), внешние отвалы вскрышных пород, хвостохранилища и склады добытого полезного ископаемого, сооружения (эстакады, подъемники, подвесные канатные

дороги, электроподстанции, линии электропередач, установки электромеханизации, плотины, водоспуски, трубопроводы, помещения насосных и землесосных установок).

Тахеометрическую съемку выполняют так же, как это изложено в главе VII. Расстояние от инструмента до речной точки, как правило, не должно превышать 150 м при съемке в масштабе 1 : 1000 и 200 м — при съемке в масштабе 1 : 2000. При съемке теодолитом с увеличением зрительной трубы 25* и более расстояние от инструмента до речной точки не должно превышать 200 м при съемке в масштабе 1 : 1000 и 250 м — при съемке в масштабе 1 : 2000. Если средняя высота уступа (вынимаемого слоя) менее 3 м, то расстояние от теодолита до речной точки не должно превышать 150 м. Рейку устанавливают на всех характерных точках снимаемых контуров и поверхностей. Расстояние между речными точками при съемке в масштабе 1 : 1000 не должно превышать 20 м, если бровки уступов сложные и 30 м — если бровки вытянутые, близкие к прямолинейным. При съемке в масштабе 1 : 2000 эти расстояния не должны превышать 30 и 40 м соответственно, а при съемке прямолинейных бровок протяженностью 1 км и более расстояния между речными точками допускаются равными до 50 м.

При съемке поверхности взорванных пород в масштабе 1 : 1000 расстояние между речными точками не должно превышать 10 м, а в масштабе 1 : 2000 — 20 м.

Если мощность вынимаемого слоя 1 м и меньше, то среднее значение ее вычисляют по данным непосредственного замера мощности вынутаго слоя при эксплуатационном опробовании или по данным технического или тригонометрического нивелирования. В последнем случае расстояние между пикетами устанавливается опытным путем с учетом изменчивости мощности вынимаемого слоя. Средняя квадратическая погрешность определения средней мощности не должна превышать $\pm 1\%$.

Если по условиям безопасности приходится снимать только верхнюю бровку, то для определения высоты уступа на каждые 100 м длины определяется отметка не менее трех точек, расположенных на нижней площадке снимаемого уступа.

На каждой станции составляют эскизы, в которых отражают положение бровок и ситуации рабочих площадок. Результаты измерений, а также вычислений горизонтальных проложений и высот пикетов записывают в журнал тахеометрической съемки. Высоты и горизонтальные проложения округляют до дециметров. Погрешности накладки

пикетов на план не должны превышать 0,5 мм.

На планах горных выработок изображают контуры уступа, выписывают высотные отметки на верхней и нижней бровках и (при необходимости) отметки на рабочих площадках. Если снимают взорванные породы, то кроме видимых контуров уступа и характерных точек поверхности развала на план наносят последний ряд взрывных скважин, по которому устанавливают границу между массивом и взорванными породами.

Способ перпендикуляров применяют при съемке уступов несложной конфигурации и для определения координат отдельных точек. Съемку ведут от сторон прямоугольной сетки или теодолитных ходов. Ординаты не должны быть более 30 м. Ординаты длиннее 15 м строят при помощи эккера. Высоты точек определяют техническим нивелированием. Густота пикетов должна быть такой же, как и при тахеометрической съемке. При нанесении точек на план расстояния откладывают при помощи линейки с миллиметровой шкалой, перпендикуляры восстанавливают при помощи треугольника.

При съемке стереофотограмметрическими способами соблюдают требования, приведенные в гл. VIII.

Если откосы уступов имеют сложную форму, то кроме бровок на плане (по возможности) проводят горизонталь приблизительно в середине откоса или наносят границу осыпи и набирают на ней отметки. Если разработка производится с предварительным рыхлением пород взрывом при многорядном расположении скважин, то на план наносят устья взрывных скважин по контуру блока и линию закола (если она видна), верхнюю и нижнюю бровки уступа и горизонталь середины откоса. Поверхность взорванных пород изображают в горизонталях или в проекции с числовыми отметками. Горизонтالي проводят через 2,5—5 м, места определения высотных отметок обозначают точками, отметки округляют до 0,1 м.

Если объемы подсчитывают способом вертикальных сечений, то пикеты набирают в характерных местах поверхности взорванных пород вдоль линий сечений, предварительно нанесенных на план.

Контроль маркшейдерской съемки осуществляют периодической выборочной проверкой положений пунктов съемочного обоснования, контуров уступов и других важных объектов съемки, соблюдая при этом следующие требования.

Расхождения между положениями пунктов съемочной сети, левых точек базисов, опорных точек и плановых опознаков,

нанесенных на план по результатам контрольной и ранее выполненной съемки, не должны превышать удвоенных значений установленных средних квадратических погрешностей. Контрольные пикеты, набранные на бровках и на других контурах с четкими очертаниями, не должны отклоняться от положения этих контуров на плане горных выработок более чем на ± 1 мм при случайном характере отклонений. Разность между средней отметкой бровки, вычисленной не менее чем по 15 контрольным пикетам, и средней отметкой этой же бровки, определенной по плану горных выработок, не должна превышать $\pm 0,4$ м.

5. Определение объемов вынутых и взорванных пород

При выборе способа определения объемов руководствуются следующими положениями.

1. Если применяемые на разрезе технологические схемы разработки полезного ископаемого позволяют определять объем вынутых за месяц пород в целике непосредственно по маркшейдерской съемке, то объем можно определять как по съемке, так и по данным оперативного учета при условии, что данные оперативного учета по точности удовлетворяют требованиям инструкции [2].

2. При разработке пород с предварительным рыхлением взрывом на зачищенный откос уступа и отгрузке взорванных пород больше чем за месяц объем вынутых за месяц пород определяют по данным оперативного учета, точность которых должна удовлетворять установленным требованиям. Если применяемые на разрезе методы оперативного учета не обеспечивают установленной точности, то до перехода на более точные методы оперативного учета объемы вынутых за месяц пород можно определять по маркшейдерской съемке.

3. При разработке пород с предварительным рыхлением взрывом на горную массу, оставленную от предыдущего взрыва, или при применении каскадного взрывания, если горную массу отгружают больше чем за месяц, объем вынутых за месяц пород определяют только по данным оперативного учета, точность которых должна удовлетворять установленным требованиям. Если указанная выше точность не обеспечивается, то данные оперативного учета используют только для приведения объемов, определенных по маркшейдерским данным к началу и концу отчетного периода.

Допустимые погрешности определения по маркшейдерской съемке объемов вынутых

и взорванных пород установлены с учетом технологии разработки и не должны превышать следующих значений.

1. Если технология разработки позволяет определять непосредственно по маркшейдерской съемке уступов объем вынутых пород вскрыши (полезного ископаемого) в целике, то допустимая погрешность (в процентах) $\sigma_{V_{доп}}$ определения объема не должна превышать значения, вычисленного по формуле

$$\sigma_{V_{доп}} = \frac{1500}{V} \quad (IX.5)$$

где V — объем вынутых пород в целике, m^3 .

Формулой (IX.5) пользуются при объемах пород от 20 до 2000 тыс. m^3 .

Если объем больше 2000 тыс. m^3 , то принимают $\sigma_{V_{доп}} = 1\%$; если объем меньше

20 тыс. m^3 , то методика съемки горных выработок и вычисления объемов устанавливается с таким расчетом, чтобы погрешность $\sigma_{V_{доп}}$ не превышала 10%.

2. Если объем вынутых (взорванных) пород вскрыши и полезного ископаемого определяют в разрыхленном состоянии по маркшейдерской съемке и перевычисляют его в объем в целике через коэффициент разрыхления этих пород, то допустимая погрешность $\sigma_{V_{доп}}$ определения объема не должна превышать значения, вычисленного по формуле

$$\sigma_{V_{доп}} \sim \frac{2200}{V} \quad (IX.6)$$

где V — объем вынутых (взорванных) пород, приведенный к объему в целике. Формула (IX.6) используется при объемах от 45 до 2200 тыс. m^3 .

Если объем больше 2200 тыс. m^3 , то принимают $\sigma_{V_{доп}} = 1,5\%$; если объем меньше

45 тыс. m^3 , то методика съемки и вычисления объемов, а также определения коэффициента разрыхления устанавливается с таким расчетом, чтобы погрешность $\sigma_{V_{доп}}$ не превышала 10%.

Подсчет объемов по маркшейдерской съемке производится способами среднего арифметического, горизонтальных и вертикальных сечений, объемной палетки и другими способами, обеспечивающими необходимую точность. Способ подсчета выбирают с учетом технологии разработки полезного ископаемого и способа съемки горных выработок.

Способ среднего арифметического применяют для подсчета объема вынутых и взорван-

ных пород в случаях, когда непосредственно по съемке уступов можно определить объем в целике и когда верхняя и нижняя площадки уступа (или одна из них) в пределах заходки или другого подсчитываемого контура имеют поперечный уклон не более 0,015.

Способ горизонтальных сечений применяют, если уступ изображен на плане верхними и нижними бровками и промежуточным сечением (при стереофотограмметрической съемке), а также если взорванная горная масса или отвал изображены горизонталями.

Объем взорванных пород по тахеометрической съемке подсчитывают способом вертикальных сечений, по стереофотограмметрической съемке — одним из перечисленных способов (кроме среднего арифметического). Если взорванные породы изображены на плане в проекции с числовыми отметками и если заходка имеет неправильные сложные формы поверхностей, то объем можно подсчитывать способом объемной палетки.

Если дата съемки не совпадает с началом или концом отчетного периода, то объем вынутых пород вычисляют по формуле

$$V = V_u + V_K - V_{lu} \quad (IX.7)$$

где V — объем горных пород, принимаемый к учету, m^3 ; V_M — объем вынутых горных пород (определяется по маркшейдерской съемке), m^3 ; V_K — объем горных пород, вынутых за период между датой съемки и концом отчетного периода (принимается по данным оперативного учета), m^3 ; V_H — объем горных пород, вынутых за период между датой предыдущей съемки и началом отчетного периода (принимается по оперативным данным), m^3 .

Объемы по вскрыше и добыче полезного ископаемого определяют по маркшейдерской съемке уступов раздельно, если можно заснять контакты между породами вскрыши и полезным ископаемым. В противном случае по съемке подсчитывают общий объем вынутой горной массы и разделяют его на вскрышу и добычу пропорционально данным оперативного учета или по маркшейдерско-геологическим данным о соотношении между этими объемами за отчетный период.

Объемы способом среднего арифметического и горизонтальных сечений подсчитывают по формуле

$$V = \frac{S_B + S_H}{2} \cdot h_{cp} \quad (IX.8)$$

где V — объем экскаваторной заходки (слоя или блока), m^3 ; S_B , S_H — площади сечений соответственно по верхним или нижним бровкам (горизонталям слоя), m^2 ; h_{cp} — средняя высота заходки (слоя, блока), m .

При способе горизонтальных сечений общий объем подсчитывают, как сумму объемов отдельных горизонтальных слоев. Площади сечений измеряют планиметром, палеткой или вычисляют аналитически. Среднюю высоту заходки при способе среднего арифметического вычисляют по формуле

$$h_{\text{ср}} = \frac{E_{z_B}}{y_B} \quad \frac{E_{z_H}}{y_H} \quad (\text{IX.9})$$

где E_{z_B} и E_{z_H} — сумма отметок соответственно по верхним и нижним бровкам; y_B и y_H — число реечных точек (пикетов) по этим бровкам. Если площадки уступа имеют продольный уклон 0,04 и более, то пикеты выбирают через примерно одинаковые интервалы с таким расчетом, чтобы по верхним и нижним бровкам были зафиксированы начало и конец уклона.

Объемы способом вертикальных сечений подсчитывают по формуле

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} a_1 + \frac{S_2 + S_3}{2} a_2 + \dots + \frac{S_{n-1} + S_n}{2} a_n \quad (\text{IX.10})$$

где $S_1, \dots, S_n$ — площади сечений на границах вынутой заходки (блока, уступа), м^2 ; $S_2, S_3, \dots, S_{n-1}$ — площади промежуточных сечений, м^2 ; $a_1, a_2, \dots, a_n$ — расстояния между параллельными сечениями, м.

Сечения, как правило, разбивают через равные интервалы a . Тогда формула (IX.10) примет вид

$$V = a \left(\frac{s_1 + s_n}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} s_i \right) \quad (\text{IX.11})$$

где s — площади промежуточных сечений; a — число сечений.

Интервалы между сечениями не должны превышать установленных инструкцией предельных расстояний между пикетами тахеометрической съемки. Горизонтальный масштаб вертикальных сечений (разрезов) не должен быть мельче, чем масштаб плана горных выработок. Вертикальный масштаб выбирают так, чтобы было удобно составлять и пользоваться разрезами. При подсчете объемов на искривленных или в торцовых участках разреза может возникать необходимость разбивки непараллельных вертикальных сечений. Объем между двумя такими сечениями вычисляют по формуле

$$V_i = \left(\frac{s_i + s_{i+1}}{2} + l \right) (a_1 + a_2) \quad (\text{IX.12})$$

где S_i и S_{i+1} — площади вертикальных сечений, ограничивающих объем; a_1 и a_2 — крайние расстояния между сечениями.²

Объемы (м^3) способом объемной палетки подсчитывают по формуле

$$V = \sum_{i=1}^n s_i h_i \quad (\text{IX.13})$$

где s — площадь прямоугольника палетки; n — число прямоугольников в пределах подсчитываемого контура; h_i — высота слоя вынутых (взорванных) пород в каждой вершине прямоугольника, м.

Значения h_i определяют на плане по палетке, которую изготавливают на прозрачной основе в виде сетки квадратов или прямоугольников со сторонами порядка 5—10 мм.

Размеры сторон сетки выбирают в зависимости от сложности контура выработки и поверхности взорванных пород с таким расчетом, чтобы в пределах определяемой площади число прямоугольников сетки было не менее 15. В пределах контура подсчитывают число прямоугольников палетки. В каждой вершине прямоугольника по разности верхней и нижней отметок определяют высоту вынутого слоя. Далее объем подсчитывают по формуле (IX.13).

Если съемка выполнена наземным стереофотограмметрическим способом, то высоты h_i определяют следующим путем. Набирают высотные отметки по краю развала, вычисляют по ним среднюю отметку подошвы уступа. Штурвалом Z стереоавтографа устанавливают на счетчике высот полученное значение средней отметки, закрепляют его зажимной винт и поворотом установочного кольца счетчика ставят отсчет, равный нулю. После этого зажимной винт счетчика высот открепляют. Высоты точек поверхности взорванных пород (развала) относительно подошвы уступа определяют по сетке, ориентированной параллельно осям Уф и Хф прибора. На плане палетку не строят, а пользуются отсчетными устройствами прибора. Для этого, совместив марку микроскопа координатографа с одной из вершин сетки, вращают штурвал Z стереоавтографа до совмещения измерительной марки прибора с поверхностью развала и берут отсчет по счетчику высот, который будет высотой h этой точки поверхности развала относительно подошвы уступа. Аналогично определяют высоты h на остальных вершинах сетки.

Площади горизонтальных и вертикальных сечений измеряют на планах планиметром, палеткой или определяют аналитически.

Большие площади правильной формы можно разбивать на простые геометрические фигуры, элементы которых измеряют линейкой с миллиметровыми делениями, после чего по геометрическим формулам вычисляют площади. Планиметром площади измеряют дважды, обводя контуры по и против часовой стрелки. Расхождения между двумя измерениями не должно превышать 3% для площади до 15 см² и 2% для площади более 15 см². За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение.

При аналитическом определении площадей применяют формулы:

$$\begin{aligned} n \\ 2 \quad i=i \\ n \\ z \quad t=i \end{aligned} \quad (IX.14)$$

$$s = J (\quad 1- S \quad YulHtj , \quad (IX.15)$$

где V_i — условная абсцисса i -й точки, м; H_i — условная ордината i -й точки, м; n — число точек в сечении; i — порядковый номер точки.

Исходные данные для подсчета площадей определяют по плану или по разрезам горных выработок. При наземной стереофотограмметрической съемке их снимают с координатных счетчиков обрабатывающего прибора. Формулой (IX.15) пользуются при вычислении площадей на вычислительных машинах, имеющих накопители.

При наземной стереофотограмметрической съемке, выполненной в начале и конце отчетного периода с одного и того же базиса, данные для вычисления площадей можно получать непосредственно с координатных счетчиков стереоавтографа. Площадь сечения вычисляют по формуле

$$s = \frac{M}{2000} E \quad Y\Phi_1 \quad (ix.16)$$

где M_m — знаменатель масштаба стереомодели; $Y\Phi_i$ — отстояние i -й точки сечения, отсчитанное по счетчику Y , м; H_i — высота 1-й точки сечения, отсчитанная по счетчику Z , м; n — число точек в сечении.

Для удобства снятия показаний $Y\Phi$ и Y_1 со счетчика вычитают произвольное постоянное число, которое выбирают так, чтобы вычисленные значения $Y\Phi_i$ и Y_{1i} содержали одну или две значащие цифры до запятой.

Вертикальные сечения принимают параллельными оси $Y\Phi$. Расстояние a между вертикальными сечениями перевычисляют из метров в деления счетчика X по формуле

M_m

Вертикальные сечения нумеруют цифрами, соответствующими отсчетам по счетчику X стереоавтографа. При измерении условных координат соблюдают следующий порядок.

1. На счетчике X устанавливают отсчет, соответствующий номеру вертикального сечения, и закрепляют штурвал X .

2. Стереоскопически совмещают марку с характерными точками сечения, фиксируя при этом отсчеты $Y\Phi$ и высоты Y , которые записывают в ведомость.

Используя результаты обработки предыдущей съемки, вычисляют площадь каждого сечения.

Коэффициент разрыхления (k_p) взорванных горных пород характеризуется большой изменчивостью, средний квадратический показатель которой для одинаковых условий может достигать 8%. Значение k_p распространяют на тот объем, для которого он определен.

Для вычисления k_p пользуются двумя формулами:

$$k_p \sim \sqrt{v_r} \quad (IX.17)$$

и

$$k_p = \frac{M}{2000} E \quad Y\Phi_1 \quad (IX.18)$$

В этих формулах u_c — плотность пород в массиве (целике), определяемая опытным путем по отобранным образцам пород (см. гл. XX); u_p — плотность разрыхленных пород, определяемая методом пробной выемки (см. п. 7); v_p — объем разрыхленных пород, определяемый по маркшейдерской съемке; — этот же объем в целике, определяемый по маркшейдерской съемке.

По формуле (IX.17) k_p может быть определен для любой части пород блока или заходки, а также для отвала горных пород. Однако этот способ на практике не применяют из-за большой трудоемкости работ по определению значения необходимости иметь приборы для наземной стереофотограмметрической съемки и взвешивающие устройства, без чего нельзя определить значение u_p способом пробной выемки. Способ применяют только в научно-исследовательских работах.

По формуле (IX.18) k_p может быть определен только для пород блока. Способ пригоден для практических целей, поскольку

объемы определяются по съемке. Возникает лишь дополнительное требование — выполнять съемки до и после взрыва и после отгрузки пород блока.

При определении k_p пород блока учитывается технология взрывания. Если взрывание производят на зачищенный откос, а также при каскадном взрывании, для определения k_p пород блока по съемке, выполненной до взрыва и после отгрузки взорванных пород, определяют объем U_p а по съемке, выполненной после взрыва и после отгрузки взорванных пород, определяют объем U_r . По формуле (IX.18) вычисляют k_p пород блока, который записывают в книгу учета движения горной массы и используют при контрольных подсчетах объемов.

Если возникает необходимость при взрывании на зачищенный откос определять объем вынутых пород за месяц по маркшейдерской съемке, то k_p пород блока необходимо знать до отгрузки взорванных пород для определения k_p заходок косвенным методом. Тогда по съемке, выполненной до взрыва, вычисляют объем $U_{ц}$ блока в целике. Контур блока со стороны массива проводят по последнему ряду скважин, подлежащих взрыванию, и проектному заложению откоса. По съемке, выполненной после взрыва, вычисляют объем U_r взорванных пород блока. Положение контакта между взорванными породами и массивом принимают тем же, что и при подсчете объема блока в целике. Затем вычисляют поправку ΔU_p к объему V_p за обобщение формы этого контакта (откоса) по формуле

$$\Delta U_p = (0,03/i^2 + 0,7/i) L, \text{ м}^3, \quad (\text{IX.19})$$

где h — средняя высота блока (уступа), м; L — длина блока, м. Исправленный объем U_p взорванных пород определяют по формуле

$$U_p = U_{р} - \Delta U_p \quad (\text{IX.20})$$

После этого вычисляют k_p пород блока по формуле (IX.18).

По съемке, выполняемой ежемесячно, определяют объем вынутых за месяц взорванных пород, который перевычисляют в объем в целике, руководствуясь следующим. При тахеометрическом способе съемки объем первой заходки вычисляют по способу вертикальных сечений. К подсчитанному объему прибавляют поправку за обобщение второго откоса этой заходки, вычисленную по формуле (IX.19). Если съемки выполнены стереофотограмметрическими способами и оба откоса изображены на плане горных выработок горизонталями, то поправку за обобщение откоса не учитывают.

Для перевычисления объема взорванных пород первой заходки в объем в целике коэффициент разрыхления k_{pi} принимают по опыту или на 10% больше значения k_{py} вычисленного по формуле (IX.18).

Для остальных заходов блока принимают значение коэффициента разрыхления $k_p^{\wedge y}$ которое определяют по формуле

$$h = \frac{(P_1 + P_2) \cdot k_{p1} P_1}{P_2} \quad (\text{IX.21})$$

где V_{P1} — вес соответственно коэффициентов разрыхления k_{p1} и k_{p2} (здесь U_{p1} — объем взорванных пород первой заходки блока, м^3 ; $V_{P2} = V_p - V_{P1}$ — объем взорванных пород остальной части блока, м^3 ; A — рационально выбранное произвольное число).

При разработке пород с предварительным рыхлением взрывом на необработанную горную массу k_p вычисляют по формуле

$$k_p = \frac{U_{п} - M U_{P0}}{V_r} \quad (\text{IX.22})$$

где $U_{ц}$ и U_p — объем пород блока соответственно в целике и в разрыхленном состоянии, м^3 ; U_{P0} — объем взорванных пород, оставленных от предыдущего взрыва, м^3 .

Объем U_p определяют по формуле (IX.20).

Объем $U_{ц} = U_m + \frac{U_{P0}}{k_{P0}}$, где U_m — объем

пород массива, подлежащий рыхлению взрывом, который ограничен в плане, с одной стороны, контактом между остатками взорванных пород и массивом, с другой — последним рядом скважин, подлежащих взрыванию и проектным заложением откоса. Для остатков взорванных пород коэффициент разрыхления принимают $k_{P0} = 0,9$ (здесь k_p — коэффициент разрыхления, определенный для пород блока, разрыхленных предыдущим взрывом).

По съемкам, выполненным перед каждым взрывом, определяют объем U_v пород по видимым в натуре контурам. К нему прибавляют поправку ΔU_0 и получают объем U_k вынутых пород в целике за период между двумя съемками.

Поправку ΔU_0 за остатки взорванных пород на конечную и начальную даты съемки вычисляют по формуле

$$\Delta U_0 = U_{P0}^* - \left(\frac{V_{P0}^K}{k_{P0}^K} \right) - \left(\frac{V_{P0}^H}{k_{P0}^H} - \frac{V_{P0}^H}{k_{P0}^H} \right) \quad (\text{IX.23})$$

где $V_{p_0}^*$, V_{p_0}'' и $\hat{V}_{p_0}$, p_0 — объемы остатков взорванных пород на конечную и начальную даты съемки и соответствующие этим объемам коэффициенты разрыхления.

Если для оплаты труда возникает необходимость определять объем вынутых пород по маркшейдерской съемке, выполняемой ежемесячно, то коэффициенты разрыхления для перевычисления объемов разрыхленных пород по отдельным заходкам блока и объемы в целике определяют следующим путем: для первой заходки принимают: $k_{p1} = 1,15 k_p$ для остатков пород, разрыхленных предыдущим взрывом, принимают $k_{p0} = 0,9 k_p$, для остальных заходов блока значение k_{p2} вычисляют по формуле

$$P_2 = P \frac{P_2 + QJP_0 - 0,15p_1}{P_2} \quad (IX.24)$$

где p_1 , p_2 и P_0 — веса соответственно коэффициентов разрыхления; k_{p1} , k_{p2} и k_{p0} — коэффициент разрыхления пород блока, вычисленный по формуле (IX.21).

При определении плотности пород способом пробной выемки объем выемки определяют по наземной стереофотограмметрической съемке, а массу пород — на весах, используемых для взвешивания горных пород. Этот способ позволяет определять плотность большого объема, обеспечивая надежность результата при малых затратах труда. Он может применяться для определения плотности пород как в массиве, так и в разрыхленном состоянии. Объем выемки должен быть таким, чтобы возможные потери породы при загрузке транспортных сосудов и их доставке к месту взвешивания не оказывали заметного влияния на точность определения плотности. Загруженные и порожние транспортные сосуды взвешивают до 0,1 т.

Для определения объема выемки выбранный участок снимают дважды: до и после образования выемки. Базис фотографирования располагают с таким расчетом, чтобы при съемке не создавались «мертвые» пространства. Желательно, чтобы снимаемый участок был охвачен одной стереопарой. При этом предпочтительно использование нормального вида съемки. Длину базиса фотографирования определяют по формуле

$$B = \quad (IX.25)$$

где YQ — отстояние ближней границы выемки. Отстояние K_6 не должно быть менее 16 и более 60 м. Длину базиса измеряют

дважды, разность измерений не должна превышать 5 мм.

Стереопару обеспечивают тремя маркированными опорными точками, расположенными по стандартной схеме. При этом точку 1 выставляют инструментально на правой оси съемки. Расстояние от правой базисной точки до опорной точки 1 измеряют с относительной погрешностью не более 1 : 2000. Положение точек базиса и опорных точек во время проведения работы должно быть неизменным. Фотосъемку выполняют в обычном порядке, каждый снимок дублируют.

Камеральную обработку снимков на стереоавтографе с составлением плана выемки в наиболее крупном удобном масштабе выполняют в следующем порядке. Масштаб модели принимают равным 1 : 50; 1 : 100 или 1 : 200. В соответствии с этим устанавливают базис съемки и передаточное отношение на редукторе координатографа. Левую измерительную марку прибора монокулярно совмещают с центральным крестом снимкодержателя левого снимка и, перемещая каретку отстояний, прочерчивают на планшете направление оси Y_f . Измерительную марку прибора стереоскопически совмещают с опорной точкой 1 и на счетчике Y устанавливают фотограмметрическую координату K_f этой точки, вычисленную по формуле

$$\frac{D - B \sin \phi}{W_M} = e, \quad (IX.26)$$

где D — горизонтальное расстояние от правой базисной точки до опорной точки 1, м; J_3 , ϕ , M_m — соответственно базис съемки, угол скоса и знаменатель масштаба модели; e — расстояние от передней узловой точки объектива до вертикальной оси вращения фототеодолита (для фототеодолита Phototheo 19/1318 $e = 105$ мм).

При этом измерительная марка сойдет с точки 1 модели. С помощью винта конвергенции измерительную марку вновь совмещают с точкой 1 модели, после чего точки 1, 2, 3 накалывают на планшет и выписывают их условные отметки, снятые со счетчика стереоавтографа. На оси Y_f накалывают точку с отстоянием, кратным* 100 мм.

После этого составляют план участка, где намечена выемка. План вычерчивают в горизонталях или проводят линии вертикальных сечений, вдоль которых в характерных точках набирают отметки. Сечение рельефа горизонталями и расстояния между вертикальными сечениями принимают такими, чтобы общее число горизонталей или сечений было не менее 15.

При обработке съемки, выполненной после образования выемки, ориентирование планшета выполняют по направлению оси левого снимка Уф, центрирование — по точке на этом направлении. Корректирование выполняют по точкам 1, 2, 3, остаточные погрешности на них не должны превышать 0,2 мм в плане и 1 см по высоте.

После корректирования снимков повторной съемки пополняют план. При этом для удобства дальнейшей обработки пользуются карандашом другого цвета. Далее подсчитывают объем выемки.

6. Маркшейдерский учет, контроль и оценка точности определения объемов вынутых и взорванных пород

Маркшейдерский учет объемов вынутых и взорванных пород ведется в книге учета движения горной массы или отдельно для пород вскрыши и полезного ископаемого. Форма книги устанавливается применительно к особенностям месторождений. Книга ведется с начала строительства разреза и включается в перечень обязательной документации, передаваемой заказчику при сдаче разреза в эксплуатацию. В соответствии с принятой периодичностью съемки в книге отражаются:

объемы вынутых горных пород (вскрыши и полезного ископаемого), определенные по маркшейдерской съемке;

данные оперативного учета, принятые для приведения объемов, определенных по маркшейдерской съемке, к началу и к концу отчетного периода;

объемы взорванных пород на уступах, перевычисленные в объемы в целике, и принятые при пересчете коэффициенты разрыхления;

объемы взорванных пород на уступах, оставленные от предыдущего взрыва и приведенные к объемам в целике, и принятые при пересчете коэффициенты разрыхления;

масса добытого полезного ископаемого и его плотность в целике;

объемы вынутых пород по вскрыше и добычи полезного ископаемого, определенные по контрольному маркшейдерскому подсчету, и результаты сравнения этих объемов с отчетными данными за контролируемый период.

Маркшейдерский контроль объемов вынутых и взорванных пород производится для проверки соответствия отчетных и факти-

ческих данных и данных оперативного учета. Контроль осуществляется периодическим подсчетом объемов вынутых горных пород по маркшейдерским съемкам и сравнением полученных объемов с соответствующими отчетными данными, определением по маркшейдерским данным средней полноты загрузки транспортных сосудов с целью повышения точности оперативного учета, замером остатков полезного ископаемого на складах и корректировкой по ним остатков, записанных в книгах.

При замере остатков полезного ископаемого на складах и корректировке по ним остатков, записанных в книгах, руководствуются требованиями инструкции [2] и рекомендациями главы XX, пп. 1 и 2.

Если для месячных отчетов принимают данные оперативного учета, то для проверки их достоверности контрольный подсчет объемов выполняют, руководствуясь следующим: при разработке пород с предварительным взрыванием на зачищенный откос уступа и при разработке с каскадным взрыванием (если взорванные породы отгружают более чем за месяц) контрольный подсчет объемов вынутых пород выполняют по блокам после завершения отгрузки пород. При разработке пород с предварительным рыхлением взрывом на необработанную горную массу (если взорванные породы отгружают более чем за месяц) контрольный подсчет объема вынутых пород производят за период между двумя съемками, выполненными перед каждым очередным взрывом.

При контроле вычисляют коэффициент q по формуле

$$q = \frac{U_m}{U_o} \cdot \gamma \quad (1X-27)$$

где U_m и U_o — один и тот же объем горных пород, определенный соответственно по маркшейдерской съемке и по данным оперативного учета.

Коэффициент q используют при оперативном учете и контролируют по нему полноту загрузки транспортных сосудов.

Контрольный подсчет вынутого объема горной массы по разрезу выполняется один раз в год. Для подсчета используют съемки, выполненные на начало и конец контролируемого периода. Если объем пород подсчитывают способом вертикальных сечений, то расстояния между сечениями могут быть увеличены до 50—60 м при радиусе кривизны контуров уступов 500 м и более. Сечения можно составлять в масштабе 1 : 2000, число их должно быть не менее 10. Если площади соседних сечений отличаются более чем

Объем V_K вынутых пород в целике за контролируемый период вычисляют как сумму объемов V_B и поправки ДУ₀. Поправку ДУ₀ за остатки взорванных пород вычисляют по формуле

Разность между объемом горных пород, определенным по контрольному подсчету,

Погрешность $j_j^{\wedge}$ (при длине заходки $L = 400$ м, ширине $d = 15$ м и высоте $h = 15$ м, при съемке в масштабе $1 : 2000$, выполненной тахеометрическим способом и пикетах, набранных по верхним и нижним бровкам) выражается формулой

где p_s — средняя квадратическая погрешность определения объема заходки из-за погрешности средней площади заходки, %;

j_{nh} — то же, из-за погрешности средней высоты; i_c — то же, из-за погрешности положения пунктов съемочного обоснования, %; j_{xa} — то же, из-за погрешностей обобщения бровок уступа, %; i_0 — то же, из-за погрешности обобщения откосов, %; p_t — то же, из-за погрешности определения положения речных точек и накладки их на плане, %; M_i — то же, из-за погрешности измерений площадей планиметром, %. Наибольшее влияние на погрешность оказывают погрешность j_{ic} , если каждая съемка выполняется с вновь определяемого пункта, и погрешность j_{n0} , влияние которой при тахеометрическом способе уменьшить практически нельзя.

Числовое значение отдельных источников погрешностей определения объема экскаваторной заходки можно вычислить из следующих формул:

$$1^{\wedge} = \wedge - 100; \quad \frac{k+1}{d\sqrt{2L}} \cdot 100; \quad (IX.32)$$

$$35 \quad 100; \quad |i_x| = \frac{m_t}{d} \cdot \frac{1}{f} \cdot a \quad 100, \quad (IX.35)$$

где $m_c = 0,3$ м согласно п. 2,5 инструкции [2]; $k = 0,11$ для рыхлых пород, $k = 0,14$ — для полускальных и $k = 0,2$ — для скальных пород; a — расстояние между речными точками, м; s_b — средняя площадь вертикального сечения заходки, м; m_m — средняя погрешность положения речных точек в направлении, перпендикулярном бровкам, из-за погрешностей измерения углов, длин и накладки точек на план.

Погрешности измерения площадей планиметром и определения средних высот, если они составляют не менее Юм, не превышают обычно 0,5%. Числовое значение погрешности по формуле (IX.31) может получаться равным 2,5% и более.

Средняя квадратическая погрешность определения объема составит

$$- \text{УЧ} + * (* \bullet)' + '$$

где σ — соответствующие средние квадратические погрешности определения объемов, %:

$\text{Ли} = v_K - v_{Ht} \quad K$ — влияние систематической погрешности разности Δu на погрешность определения объема заходки, %.

Значение погрешностей i_k , i_{E_k} и X_{dv} можно получить из сравнения маркшейдерских и оперативных данных. При этом к учету принимают объем v_3 . На точность его определения могут существенно влиять погрешности определения объемов v_K и v_H по оперативному учету. Поэтому инструкция [2] требует съемку выполнять не ранее чем за 5 дней до конца месяца.

Объем выемки горной массы по разрезу за месяц получают как сумму объемов по каждому экскаватору, принятых к учету,

$$V_j = 2 f a = 2 \text{ ом} + 2 < k - 2 \text{ он} . \quad (IX.34)$$

Средняя квадратическая погрешность определения объема составит

где $U_m = E_{om}$.

На точность определения объема V_j также могут существенно влиять погрешности определения объемов E_{v_K} и E_{0M} по оперативному учету.

Объем выемки горной массы по разрезу за год получают как сумму объемов выемки за 12 месяцев года

$$= S + 2 U_K - 2 o_K \quad (ix.36)$$

Средняя квадратическая погрешность годового объема выемки, принятого к учету, составит

$$v. — \quad K \setminus S \quad V / \quad + F \xi_{a_{H}} \setminus 2 > / \quad + Я^2 \quad д 2 о \quad (IX.37)$$

Влияние объемов, принимаемых по оперативным данным для приведения маркшейдерских данных к началу и концу отчетных месяцев, при определении объемов за год уменьшается в 12 раз, так как $E_{U/} = 12 U/$. Можно считать, что . Если

Е v_k оё Е то систематическая погрешность K (~ 0 иею можно пренебречь. $\sqrt{2} v,)$

Следовательно, задача совершенствования оперативного учета связана с производственной необходимостью обеспечить правильность оплаты труда и достоверность отчетных данных за месяц. Достоверность отчетных данных за год зависит главным образом от погрешностей определения объемов по маркшейдерским съемкам и от характера их накопления. При оценке точности определения по маркшейдерской съемке объемов за год работы разреза учитывают, что возникает частичная зависимость между погрешностями определения объемов заходок, имеющих общие откосы. Если принять, что на каждом уступе одинаковое число таких смежных заходок, равное ξ , то при годовом подвигании D фронта уступов и ширине d заходок i — Did , а число z групп смежных заходок, объемы которых можно считать независимо определенными, составит $\gamma = \frac{Nn}{i}$ (N — число месяцев работы разреза, n — число заходок).

Погрешность определения объема групп смежных заходок будет в i раз меньше погрешности определения объема заходки и составит $[iV_M/i]$, а погрешность определения суммарного объема за N месяцев выразится формулой

$$\frac{N^2}{VnNi} \quad (IX.38)$$

При $N = 12$ формула, выражающая среднеквадратическую погрешность $B^v p$ имеет вид

$$+ \quad (IX.39)$$

Если вычислить числовые значения всех членов подкоренного выражения формулы (IX.39), то окажется, что все они малы и погрешность у не превысит десятых долей процента.

Объем v_p разрыхленных пород приводят к целику с помощью коэффициента разрыхления k_v . При независимом определении k_p средняя квадратическая погрешность

определения объема пород в целике будет равна

$$= Y \sim P l_p + n \cdot l_r \quad (IX.40)$$

В практике не встречаются случаи независимого определения k_p для каждой заходки, так как нет приемлемого способа его определения. Обычно пользуются одним или несколькими приближенными значениями

Независимо от методики определения k' если это значение принимают для вычисления по объему разрыхленных пород объема в целике, формула для вычисления погрешности определения объема заходки будет иметь вид

$$(IX.41)$$

где $p_{\cdot}$ и $y_{\cdot}$ соответственно случайная и систематическая составляющие погрешности принятого значения k'_p в %.

Случайная и систематическая составляющие погрешности k могут быть вычислены по формулам:

$$v \wedge V = \frac{I M}{\Pi} \quad (IX.42)$$

где Π — число экскаваторных заходок; $b_i = \frac{A_i}{V} - \frac{V}{V} \cdot \frac{A_i}{V} = k_p \sim V \cdot k_p$ и k_{pT} — принятые и истинные значения коэффициента разрыхления пород.

С учетом влияния погрешности принятого значения $k^{\wedge}$ получим формулу, выражающую погрешность

$$\frac{X}{K'} \quad (IX.43)$$

За N месяцев работы разреза погрешность $\wedge E^v M$ будёт равна

$$\mu_{\Sigma v_M} = \sqrt{\frac{\mu_{v_p}^2}{Nni} + \frac{\mu_{k_p}^2}{Nn} + \lambda_{k_p}^2} \quad (IX.44)$$

Погрешности определения объемов разрыхленных пород заходок компенсируются

быстрее, чем случайные составляющие погрешности принятого значения. Систематическая его составляющая не компенсируется, и при достаточно большом числе заходов она может оказывать основное влияние на точность определения общего объема вынутой горной массы.

Формулы, выражающие точность принятых к учету объемов заходки, вынутой горной массы за месяц и за год в условиях применения многорядного взрывания, будут иметь вид

(IX.45)

$$\sqrt{\frac{\mu_{\Sigma}^2}{n}} = \frac{\mu_{\Sigma}}{\sqrt{n}}$$

$$\mu_{\Sigma} = \sqrt{\frac{\mu_{\Sigma}^2}{n}} = \frac{\mu_{\Sigma}}{\sqrt{n}}$$

$$\mu_{\Sigma} = \sqrt{\frac{\mu_{\Sigma}^2}{n}} = \frac{\mu_{\Sigma}}{\sqrt{n}}$$

$$4 S V,) + \text{й} \circ \text{н} (1 ? / 1 +$$

(IX.47)

Если k_p определять для блока независимо по съемкам, выполненным до и после взрыва каждого блока, и распространять его только на объем этого блока, как предусмотрено инструкцией [2], то погрешности k_p отдельных заходов блока останутся неизменными, но будут зависимыми от погрешностей k_p блока. Однако в этом случае зна-

чения k_p блоков будут получаться независимыми друг от друга, а их погрешности будут случайными по характеру. При этом существенно уменьшится влияние систематической погрешности k_k' в формулах (IX.43)

и (IX.44). Формулы средних квадратических погрешностей определения объемов по маркшейдерской съемке применительно к основным технологическим схемам взрывания будут иметь вид:

при взрывании на зачищенный откос

$$\mu = \sqrt{\frac{\mu_{\Sigma p}^2}{Nni} + \frac{\mu_{k p}^2}{J}} \quad (\text{IX.48})$$

при взрывании на незачищенный откос

$$\mu = \sqrt{\frac{\mu_{\Sigma p}^2}{Nni} + \frac{\mu_{k p}^2}{J}} \quad (\text{IX.49})$$

В этих формулах J — число взорванных блоков, породы которых отгружены за N месяцев; $\mu_{k p}$ — средняя квадратическая погрешность определения k_p блока, %; $\mu_{\Sigma p}$ — систематическая составляющая погрешности определения коэффициента разрыхления пород, оставленных от предыдущего взрыва, %.

Погрешность практически будет в несколько раз меньше погрешности $\mu_{k p}$ и по величине не превысит погрешности измерения площадей на планах горных выработок.

Формулы, характеризующие точность отчетных данных о вынутом объеме горной массы при многорядном взрывании за год и более длительный период работы разреза, при определении согласно инструкции [2] будут иметь вид:

при взрывании на зачищенный откос

$$\mu_{\Sigma} = \sqrt{\frac{\mu_{\Sigma p}^2}{Nni} + \frac{\mu_{k p}^2}{J}}$$

$$\frac{S_{\text{он}}}{A H V} +$$

$$- \text{д а} \quad (\text{IX.50})$$

при взрывании на незачищенный откос

-, Г Л . i*ST

Погрешность контрольного подсчета рассмотрена применительно к неблагоприятному случаю, когда на начальную и конечную даты остатки взорванных пород на уступах составляют третью часть годового объема выемки.

Объем V_K вынутых пород по контрольному подсчету вычисляют по формуле

$$V_K = V_{\text{н}} + V_{\text{г}}^* - V_{\text{к}}^* \quad (\text{IX.52})$$

где V_M — объем вынутых пород в массиве, непосредственно определенный по маркшейдерской съемке, V^* , V_Q — остатки взорванных пород в разрезе соответственно на начало и конец подсчитываемого периода, приведенные к целику через k_v .

Относительная средняя квадратическая погрешность определения объема V_K составит

Если $y_{\text{н}} = y_{\text{к}} = y_{\text{ср}}$ и $K_K \sim 1/M$ то

$$V_{V_K} = 1 / \sqrt{n} + i \sqrt{H} \quad (\text{IX.54})$$

Если объемы остатков взорванных пород приводить к целику через соответствующие им средневзвешенные коэффициенты разрыхления, как это предусмотрено инструкцией [2], то практически средняя квадратическая погрешность определения объема вынутой горной массы по контрольному подсчету не превысит погрешности разового подсчета объема по маркшейдерской съемке.

7. Маркшейдерские работы при переэкскавации и отвалообразовании

При переэкскавации пород вскрыши маркшейдерские работы включают дополнительную съемку горных выработок и подготовку данных для составления проекта (паспорта) переэкскавации, разбивку трасс движения экскаваторов с обозначением всех точек поворота, съемку навалов пород и контроль за соответствием их фактического положения паспорту переэкскавации, определение объемов переэкскавации. В отдельных случаях на маркшейдеров возлагают работу по составлению паспорта переэкскавации пород. По планам и разрезам горных выработок измеряются фактические значения геометрических элементов вскрышных и добычных уступов — высота и ширина площадки уступа, а также определяются объемы пород в массиве, подлежащие перевалке. С учетом принятой для разреза технологии перемещения и укладки пород в выработанное пространство, горнотехнических показателей и параметров используемых экскаваторов составляется чертеж паспорта переэкскавации, на котором показывается проектное положение всех экскаваторов и навалов пород в плане и профиле, направления и последовательность движения экскаваторов. Коэффициент переэкскавации вычисляется как частное от деления суммарного объема переваленной породы на первоначальный ее объем в массиве. При нанесении на планы и разрезы навалов пород учитывают средний коэффициент их разрыхления, который определяется опытным путем.

Для перенесения в натуру трасс ходов экскаваторов графически определяют положение всех точек поворота и направление каждой трассы. Решая обратную геодезическую задачу, по координатам вычисляют дирекционные углы и расстояния прямолинейных участков трассы. Полярным способом от точек съемочного обоснования или от четких контурных точек переносят трассу в натуру, обозначая ее вехами или другими приметными знаками. В конце отчетного месяца производится съемка навалов, на основании которой пополняются планы и разрезы горных выработок. Фактическое положение гребней и контуров навалов в плане и по высоте должно совпадать с проектным.

Объем переэкскавации для оплаты труда определяют в следующем порядке. При простых схемах переэкскавации по маркшейдерской съемке определяют объем перевален-

ного уступа с учетом коэффициента переэкскавации или кратности перевалки. При сложных схемах переэкскавации по маркшейдерской съемке контролируют соблюдение паспорта переэкскавации и следят, чтобы принятый для оплаты объем переэкскавации с 1 м не превышал расчетного.

Для маркшейдерского обеспечения отвальных работ на внешних отвалах и на хвостохранилищах для составления проекта производится съемка участков, отведенных под строительство отвалов и хвостохранилищ, переносятся в натуру контуры отвалов, трассы подъездных путей, геометрические элементы защитных дамб и других сооружений хвостохранилищ. В процессе отвальных работ периодически производится съемка для пополнения планов. Съемку обычно выполняют в масштабах 1 : 2000 или 1 : 5000 в зависимости от размеров отвалов. При транспортировке пород в отвал железно-

дорожным транспортом периодически производится нивелирование технической точности по пикетам для составления профиля пути и контроля за соответствием уклона пути проектным значениям. На основании дополнительных съемок следят за устойчивостью откосов отвалов, и в необходимых случаях выполняют специальные работы по наблюдению за устойчивостью откосов. Съемку отвалов производят в соответствии с требованиями, приведенными в главе VIII.

Список литературы

1. *Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ.* Л., Недра, 1971.
2. *Межотраслевая инструкция по определению и контролю добычи и вскрыши на карьерах.* Л., Недра, 1977.
3. *Практическое руководство по съемке карьеров.* Л., ВНИМИ, 1966 (ротапринт).

1. Общие сведения

С помощью соединительной съемки производится увязка в единую систему координат съемок, выполненных на земной поверхности и в горных выработках, а также съемок различных горизонтов между собой. Для этого с поверхности или с одного горизонта на другой передаются пространственные координаты точек и дирекционные углы. Соединительные съемки делятся на горизонтальные и вертикальные.

Горизонтальная соединительная съемка решает задачи центрирования (определение координат X , Y) и ориентирования (определение дирекционных углов) подземных съемок.

Вертикальная соединительная съемка решает задачу передачи высотных отметок H с земной поверхности в горные выработки.

В принципе достаточно на ориентируемом горизонте получить в единой с поверхностью системе пространственные координаты одной точки и дирекционный угол одной стороны.

Соединительная съемка осуществляется через вертикальные, наклонные и горизонтальные выработки. В любом случае соединительная съемка должна быть произведена для контроля независимо два раза или более.

На практике в настоящее время получили распространение геометрические и гироскопические способы ориентирования. Значительно реже применяется магнитное ориентирование.

Геометрическое ориентирование через вертикальные выработки осуществляется с использованием вертикальной плоскости, создаваемой двумя отвесами.

При гироскопическом ориентировании используется свойство главной оси маятникового гироскопа совершать незатухающие колебания, положение равновесия которых совпадает с направлением астрономического меридиана точки установки.

В основе магнитного ориентирования лежит свойство свободно подвешенной намагниченной стрелки устанавливаться параллельно линиям магнитной индукции Земли, действующим в точке стояния инструмента. Из-за локальных возмущений направление линий магнитной индукции веса весьма неустойчиво во времени и практически в некоторых пределах неопределенно. Это существенно сужает область применения магнитного ориентирования, ограничивая его съемками пониженной точности. Однако и в этих случаях нужно быть уверенным, что возмущения магнитных линий не превосходят допустимого для данного вида съемки предела точности.

Центрирование съемок при всех методах ориентирования осуществляется одинаково. Из-за специфики применяемых способов и приборов передача высотной отметки выполняется самостоятельно.

Погрешность передачи пространственных координат входит в координаты точек всей сети в виде постоянной величины. Из-за погрешности определения дирекционного угла начальной стороны подземных съемок при отсутствии в сети других независимо определенных дирекционных углов вся подземная сеть разворачивается на величину этой погрешности. При этом удаленная от начальной стороны на расстояние S точка K будет смещена на величину

$$= \quad (X.1)$$

где m_a — погрешность дирекционного угла начальной стороны; $p = 206265'' \cdot 10^5$ — коэффициент перехода от радианной меры к градусной.

Для уменьшения величины этого смещения в подземной сети через некоторые промежутки определяются дирекционные углы. Стороны сети, дирекционные углы которых определены гироскопическим способом, принято называть гиросторонами. Гиростороны расчленяют сети на отдельные секции. Действие погрешностей измерения дирекционных

углов гиросторон на точность положения пунктов сети ограничивается расстояниями между центрами тяжести соседних секций, а влияние погрешностей измерения горизонтальных углов локализуется пределами секции, в которой расположены эти углы. Такой характер накопления погрешностей имеет место, если угловые невязки каждой секции распределены поровну в измеренные горизонтальные углы.

Технической инструкцией [6] установлены следующие допустимые расхождения между результатами двух независимых определений: дирекционных углов при геометрическом ориентировании — 3';

дирекционных углов при гироскопическом ориентировании — 2';

планового положения начального пункта при центрировании сети через вертикальные выработки ± 5 см. Допустимые расхождения для высотной отметки Y устанавливаются формулами: при передаче через вертикальные выработки $D/i = \pm(10 + 0,2\#)$ мм; при тригонометрическом нивелировании $Ah = \pm t \sqrt{10V^2/Z_i + p_2}$, мм и при геометрическом нивелировании $Ah =$ мм (Y — глубина передачи, м; n_1 и n_2 — число сторон в одном и другом ходе тригонометрического нивелирования, L — длина хода геометрического нивелирования, км).

Допустимая невязка в углах теодолитного хода, проложенного между гиросторонами, определяется по формуле

$$/p = 2 \sqrt{[L]/np} + \dots + \quad (X.2)$$

где m_{tr} — средние погрешности измерения горизонтальных углов; $m_a^{\wedge} m^{\wedge}$ — средние погрешности измерения дирекционных углов гиросторон; p — число горизонтальных углов, измеренных между гиросторонами.

Фактические расхождения в плановом положении начального пункта определяются по формуле

$$f = V f^2 x + f l \quad (X.3)$$

где f_x и f_y — разности координат начального пункта, полученных в результате двух независимых центрирований сети.

Допустимые расхождения результатов передачи плановых координат через наклонные выработки вычисляются по формулам накопления погрешностей в полигонометрических ходах.

2. Соединительная съемка через горизонтальные и наклонные выработки

Передача плановых координат и дирекционных углов через горизонтальные и наклонные выработки осуществляется проложением полигонометрических ходов. Высотные отметки через выработки с наклоном до 8° передаются геометрическим нивелированием, а свыше 8° — тригонометрическим. Методы выполнения работ и инструменты аналогичны применяемым при создании подземных опорных сетей. Поэтому самостоятельной задачи производства соединительных съемок через горизонтальные и наклонные выработки не возникает.

При углах наклона выработок более 70° передачу дирекционного угла следует производить гироскопическим ориентированием. Но и в этом случае передача пространственных координат может быть осуществлена проложением теодолитного хода.

3. Геометрическое ориентирование

Геометрическая соединительная съемка может быть осуществлена через один, два и несколько вертикальных стволов. При этом она разделяется на решение задач проектирования и примыкания.

В результате решения задачи проектирования между поверхностью и ориентируемым горизонтом с помощью отвесов создается вертикальная плоскость. Решением задачи примыкания на поверхности определяются координаты и дирекционный угол створа отвесов. Примыкание в шахте имеет целью перенос дирекционного угла и координат со створа отвесов на закрепленную сторону ориентируемого горизонта. Известно несколько способов решения задач примыкания, различающихся в основном геометрической формой фигур примыкания и методами вычислений. Задача проектирования при всех способах примыкания решается примерно одинаково.

Для примыкания на земной поверхности закладываются подходные пункты на расстоянии не более 300 м от устья стволов. В качестве подходных могут быть использованы пункты государственной геодезической сети 1—4 классов. Вновь заложенные подходные пункты могут определяться по программе аналитических сетей 1 разряда или полигонометрии 1 разряда. Эти построения должны опираться на пункты государствен-

ной геодезической сети. Длина ходов 1 разряда не может превышать 4 км.

Расположение подходных пунктов должно обеспечивать проложение непосредственно к устью ствола висячего полигонометрического хода 2-го разряда. Для контроля ход должен прокладываться дважды, быть замкнутым или опираться на пункты высших порядков построения. Во всех случаях от пункта, с которого осуществляется непосредственное примыкание к отвесам, допускается не более трех сторон до ближайших подходных пунктов.

На ориентируемом горизонте в околоствольных выработках закладывается группа как минимум из четырех постоянных пунктов. Расстояния между пунктами в группе следует делать по возможности максимальными. Если не позволяют условия, то пункты, с которых осуществляется непосредственное примыкание к отвесам, могут быть временными при условии, что остальные четыре будут постоянными.

Задача проектирования. В основном проектирование осуществляется проволочными отвесами. Оптическое проектирование точек или плоскостей не нашло практического применения главным образом из-за плохой видимости в стволах и трудности обеспечения необходимой точности.

На проволочный отвес действует целый ряд внешних сил, вследствие чего точки, расположенные в его нижней части, не лежат на одной вертикальной линии с точками подвеса. Поэтому практически невозможно создать вертикальную плоскость, проходящую одновременно через верхние и нижние точки обоих отвесов. Средняя квадратическая погрешность проектирования ϵ , численно равная среднему углу поворота створа на ориентируемом горизонте относительно створа на поверхности, определяется из выражения

$$\epsilon = \quad (X.4)$$

где ϵ — средние квадратические линейные отклонения нижних точек обоих отвесов от их верхних; s — расстояние между отвесами; $p = 2,1 \text{ МО}^5$ — коэффициент перехода от радианной меры к градусной.

Исходя из предельной допустимой разности результатов двух независимых геометрических ориентирований ($\pm 3'$), средняя квадратическая погрешность одного ориентирования получается равной $60''$. Техническая инструкция [6] требует, чтобы средние квадратические погрешности примыкания на поверхности и в шахте в отдельности не пре-

вышали $\approx 30''$. Отсюда средняя квадратическая погрешность проектирования ϵ не может превышать

Для обеспечения этой точности величины ϵ при разных расстояниях между отвесами в среднем не могут превышать: 0,4 мм при $s = 2$ м; 0,6 мм при $s = 3$ м; 0,8 мм при $s = 4$ м; 1 мм при $s = 5$ м; 1,2 мм при $s = 6$ м и 1,4 мм при $s = 7$ м.

Чтобы гарантировать такие точности, при проектировании отвесов необходимо;

1) предельно уменьшить скорость вентиляционной струи в стволе, при возможности на время проектирования выключить вентиляторы;

2) при наличии значительного движения воздуха в стволе, особенно в глубоком, изолировать с помощью труб участки проволоки в области сопряжения ствола с околоствольной выработкой;

3) груз отвеса помещать в успокоитель — сосуд, наполненный вязкой жидкостью (отработанным маслом) или в крайнем случае водой;

4) применять максимально допустимую для данного диаметра и типа проволоки массу груза отвеса (допустимые нагрузки приведены в приложении 30 технической инструкции);

5) при скорости движения воздуха более 0,7 м/с и глубине ствола свыше 300 м применять проволоку диаметром, превышающим 1—1,5 мм;

6) среднее (неотклоненное) положение отвесов определять из серии наблюдений за колебаниями отвесов при помощи шкал и зрительной трубы теодолита;

7) следить, чтобы проволока отвеса при колебаниях не касалась крепи и армировки ствола, а груз отвеса — стенок или дна успокоителя;

8) направляющие блоки, центрировочные пластинки, шкалы, проектировочные тарелочки закреплять таким образом, чтобы гарантировалась их неподвижность в течение всего времени ориентирования.

На рис. X.1 приведена схема расположения оборудования при проектировании отвесом.

Для уменьшения влияния остаточной деформации проволоки диаметр барабана ручной лебедки должен быть более 250 мм, а диаметр направляющих блоков — свыше 150 мм. Все детали ручной лебедки и направляющих блоков должны выдерживать тройную нагрузку.

Организацией работ необходимо предусмотреть две группы исполнителей, в каждой из которых должно быть не менее двух человек. Одна группа находится на поверхности, другая — внизу на ориентируемом

горизонте. Общий руководитель обеих групп находится на ориентируемом горизонте. Все операции осуществляются по его командам. Для этого необходимо установить надежную связь в основном с помощью шахтных телефонов.

Для спуска отвесов применяют легкие (3—5 кг) вспомогательные грузы. На ориентируемом горизонте эти грузы заменяются рабочими грузами. Запрещается спуск одновременно обоих отвесов. При спуске все члены нижней группы должны находиться на безопасном расстоянии от ствола. Отвесы опускаются путем равномерного вращения рукоятки лебедок со скоростью не более 1,5 об/с. Примерно через 100 оборотов для успокоения колебаний отвесов следует делать непродолжительные остановки.

Отвесы с вспомогательными грузами останавливают **Еще** намеченного положения рабочих грузов на расстоянии $A/$, вычисленном по формуле удлинения стальной проволоки

$$A/ = 6,4 \cdot 10^{-3} \frac{(p - p_2)}{d^2} \cdot l, \text{ см}, \quad (X.5)$$

где p — масса рабочего груза, кг; p_2 — масса вспомогательного груза, заменяемого рабочим, кг; l — длина висящей проволоки, м; d — диаметр проволоки, мм.

Масса вспомогательного груза p_2 учитывается при проектировании в глубоких стволах. При этом, если вспомогательный груз дополняется рабочим грузом, а не заменяется им, то при расчете по формуле (X.5) следует принять $p_2 = 0$.

Пример. Примем $d = 1,0$ мм, $p = 90$ кг, $p_2 = 5$ кг, $l = 1000$ м. Значение $A/$, полученное по формуле (X.5), будет равно $A/ = 6,4 \cdot 10^{-3} \cdot (90 - 5) \cdot 1000 : 1 = 544$ см. Если $p_2 = 0$, то удлинение получится равным $A/ = 576$ см/

При спуске отвесов в глубокие стволы следует принимать во внимание постепенное увеличение нагрузки по мере опускания груза за счет массы проволоки. Это увеличение может быть подсчитано по формуле

$$A_p = 6,2 \cdot 10^{-3} d^2 l, \text{ кг}. \quad (X.6)$$

Размерности величины d и l те же, что и в формуле (X.5). Например, при диаметре проволоки $d = 2$ мм на глубине $l = 1000$ м нагрузка увеличится на $A_p = 24,8$ кг, что будет затруднять спуск и подъем проволоки вручную. Учитывая это и принимая во внимание, что проектирование через стволы глубиной более 500 м осуществляется в основном для центрирования подземных сетей, т. е. менее точно, можно рекомендовать при-

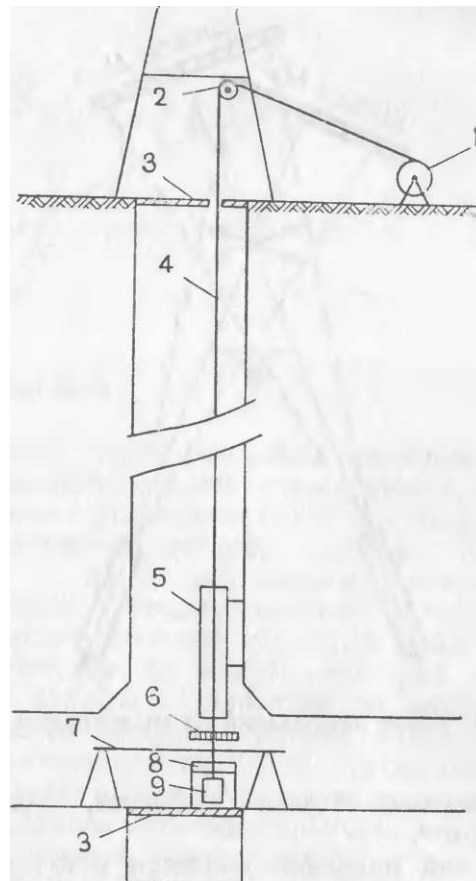


Рис. X.1. Схема расположения оборудования при проектировании отвесом:

1 — ручная лебедка, 2 — направляющий блок, 3 — предохранительные полки, 4 — проволока отвеса, 5 — защитная труба, 6 — проектировочная тарелочка, 7 — полка для крепления проектировочных тарелочек, 8 — сосуд-успокоитель, 9 — груз отвеса

менение в глубоких стволах для этих целей проволоки диаметром 0,8—1 мм.

После загрузки отвесов рабочими грузами нужно убедиться, что отвесы висят свободно. Для этого используют «почту» и сравнивают после решения задачи проектирования расстояния между отвесами на поверхности и на ориентируемом горизонте. Расхождение не должно превышать ± 2 мм. При центрировании сети одним отвесом применим только способ проверки «почтой». Но в этом случае во избежание касаний отвес можно располагать ближе к центру клетового отделения.

Дополнительно для проверки отсутствия касаний следует определить фактический полупериод колебаний отвесов и сравнить его с вычисленным по формуле

$$t = \pi \sqrt{\frac{I}{g}} \quad (X.7)$$

где t — время перехода отвеса из одной точки реверсии в другую, с; I — длина отвеса, м;

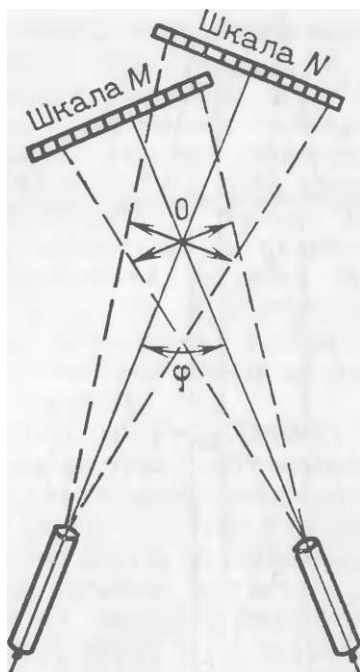


Рис. X.2/Схема наблюдений за колебаниями отвесов

g — ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м-с}^{-2}$.

Этот вид проверки является неточным и поэтому его следует рассматривать как приближенный, ориентировочный контроль. Более точным контролем является наблюдение степени рассогласованности точек реверсии двух свободно колеблющихся отвесов. Степень рассогласованности зависит от разности длин отвесов $A/$ и выражается формулой

$$\frac{At}{t} \sim 2T'$$

Например, при $A/ = 5 \text{ м}$ и $/ = 250 \text{ м}$ значение $-t- \sim 1 : 100$. Это значит, что при этих

условиях одновременно опущенные из одной точки реверсии отвесы через 100 колебаний будут находиться в противоположных точках реверсии, т. е. в противофазе. Практически, чтобы убедиться в согласованности колебаний двух отвесов, достаточно наблюдать 10—15 колебаний.

Примыкание к отвесам может осуществляться к проволокам свободно висят отвесов, если они неподвижны, в пределах до 0,4 мм. Поскольку это возможно только в исключительно благоприятных условиях, то в большинстве случаев предварительно выполняются проектирования колеблющимися отвесами, в результате чего с помощью шкал и зрительных труб теодолитов определяют

средние положения отвесов. Эти средние положения принимаются в качестве вертикальных проекций точек закрепления отвесов на поверхности и к ним осуществляется примыкание на ориентируемом горизонте.

Наблюдения за колебаниями отвесов могут производиться при помощи двух шкал, центрировочных тарелочек, окулярной шкалы, прибора проф. П. К- Соболевского и прочими приспособлениями. Во всех случаях колебания наблюдают в двух плоскостях, расположенных между собой под некоторым углом ϕ . Оптимальным является угол, равный 90° . Однако без существенной потери точности угол ϕ может иметь значения от 45 до 135° . На рис. X.2 приведена наиболее простая схема проектирования колеблющимися отвесами с помощью двух шкал и зрительных труб двух теодолитов или нивелиров. Наблюдения за колебаниями отвесов следует проводить по каждой шкале отдельно, придавая отвесу направление колебаний, параллельное соответствующей шкале. Точки реверсии (крайние точки положения отвесов) целесообразно фиксировать, беря отсчеты всегда по правому или по левому краю проволоки отвесов. Вычисленное среднее положение отвесов устанавливается по этому же краю. Рекомендуется брать 10—13 отсчетов для каждой точки реверсии. Отсчет по шкале N , соответствующий среднему положению N_0 отвеса, целесообразно вычислять по формуле

где l_l — отсчеты по шкале, соответствующие левым точкам реверсии; l_r — то же, для правых точек реверсии; n — число наблюдаемых точек реверсии.

Аналогично по шкале M наблюдают колебания отвеса и вычисляется отсчет M_0 , соответствующий среднему положению отвеса. После определения средних положений обоих отвесов и их закрепления замеряется расстояние между отвесами и сравнивается с аналогичным расстоянием, полученным на поверхности.

Проектирование обычно выполняется с одним грузом. Предложенный в свое время способ многогрузового проектирования с несколькими грузами, направленный на уменьшение отклоняющего действия воздушного потока, не получил практического применения, так как детальные исследования показали его малую эффективность.

Примыкание способом соединительного треугольника. Самое широкое распространение для решения задачи примыкания при ориентированиях через вертикальный ствол по-

Рис. X.3. Схема примыкания соединительными треугольниками

лучил способ соединительного треугольника. При этом способе с поверхности на ориентируемый горизонт опускают два отвеса A и B (рис. X.3) и решают задачу их проектирования. После этого на поверхности в точке C , являющейся конечной точкой стороны с известным дирекционным углом, устанавливают теодолит и измеряют углы e , b , y и стороны соединительного треугольника a , b и c . Аналогично в околоствольном дворе установленным в точке C теодолитом измеряют углы e' , b' , y' и стороны подземного соединительного треугольника a' , b' и c' .

Наиболее выгодной по точности формой соединительного треугольника является вытянутая форма, в которой углы a , y , P' , y' не превышают 3° в отдельности. При этом расстояние между отвесами необходимо делать по возможности максимальным, а точки стояния теодолитов C и C' приближать к створу отвесов. Решение задачи примыкания способом соединительного треугольника допускается выполнять в тех случаях, когда вычисленные предварительно по формулам средние погрешности острых углов a и P' вытянутых треугольников

$$M_a = \pm \frac{m_y}{\sin a} \quad \text{и} \quad M_{P'} = \pm \frac{m_y}{\sin P'}$$

не превысят $\pm 20''$.

Средние погрешности m_y и tn_y , измерения всех углов на точках C и C' не должны превышать $\pm 7''$. Для получения такой точности теодолитами Т15 необходимо каждый угол измерять тремя повторениями. Разности $b - e - y$ и $b' - e' - y'$ измеренных углов не должны превышать $\pm 20''$. При применении оптических теодолитов Т2, Т5 угловые измерения целесообразно выполнить не менее чем двумя приемами. Колебания одноименных направлений в отдельных приемах, приведенных к нулю, не должны превышать $\pm 10''$. Измеренные в точках C и C' углы или направления должны быть уравнены. Для этого невязки указанных выше разностей, полученные при измерении от-

дельных углов способом повторений, распределяются на все углы поровну. При измерениях угловых величин способом приемов вычисляются средние значения приведенных к нулю одноименных направлений.

Стороны соединительных треугольников измеряют стальной рулеткой с постоянным натяжением не менее пяти раз каждую, беря отсчеты с точностью до миллиметров. Разности между крайними значениями не должны превышать ± 2 мм. За окончательный результат принимают среднее арифметическое.

Приведем последовательность решения соединительных треугольников и нахождения дирекционного угла и координат точек начальной стороны $C'D'$ подземных съемок с необходимыми контролями.

Используемые при дальнейшей обработке углы соединительных треугольников вычисляют, если острые углы a и $(Y$ не превосходят 20° , по формулам синусов:

$$\sin a = \frac{a}{c} \sin y; \quad \sin P = \frac{b}{c} \sin y;$$

$$\sin a' = \frac{a'}{c'} \sin y'; \quad \sin P' = \frac{b'}{c'} \sin y'.$$

Если одновременно a (P') $< 2^\circ$ и P (a') $> 178^\circ$, то можно вычислять углы по приближенным формулам:

И наконец, если a (P') $> 20^\circ$ и P (a') $< 160^\circ$, то следует для вычисления углов применять формулы сторон:

$$\lg \frac{c}{2} = \lg \frac{1}{V} \frac{(p - b)(p - c)}{p(p - a)}.$$

$$\lg \frac{JL}{2} = \lg \frac{1}{V} \frac{CP - g}{p(p - b)},$$

где $p = \frac{1}{2}(a + b + c)$.

При вычислении углов a и $(Y$ применяются аналогичные формулы.

Для контроля правильности вычисления углов по приведенным, формулам следует получать суммы углов соединительных треугольников, которые при выгодной их форме не должны отличаться от 180° более чем на $10''$. Полученную невязку распределяют поровну на вычисленные углы.

Контроль правильности измерения длин сторон соединительных треугольников осуществляется вычислением расстояния между отвесами по формуле

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma}.$$

Разности между вычисленными и измеренными значениями расстояния между отвесами не должны превышать ± 3 мм для треугольника на поверхности и ± 5 мм — для подземного треугольника.

Дирекционный угол стороны CD' и координаты точки C вычисляют по формулам обработки теодолитных ходов двумя путями — через отвес A и отвес B (см. рис. X.3). При этом получают два значения дирекционного угла $(C'D')$:

$$(C'D') = (DC) + \delta - \rho - \rho' + \epsilon' - 180^\circ;$$

$$(C'D') = (DC) + \delta + a + a' + b' - 3 \cdot 180^\circ.$$

При уравненных углах полученные два значения дирекционного угла должны точно совпадать. Аналогичным образом двумя путями получают координаты точки C' , которые должны совпадать между собой в пределах точности измерения длин соединительных треугольников, т. е. в пределах 2—3 мм.

Средние погрешности вычисляемых углов при отвесах:

$$(X.9)$$

$$+ \frac{bm_y}{c \cos \rho}$$

где m_{Q_i} , m_{ib} , m_c — средние погрешности измерения длины сторон; m_γ — средняя погрешность измерения угла γ .

Анализируя эти формулы, приходим к выводу, что при $a < 2^\circ$ и $\rho > 178^\circ$ погрешности измерения длины не оказывают существенного влияния на точность вычисляемых углов.

В этом случае для оценки точности этих углов можно применять формулы:

$$m_a = \frac{a}{c} \cdot m_\gamma, \quad M_p^* = \frac{b}{c} - 174, \quad (X.10)$$

которые показывают, что для уменьшения погрешности вычисляемых углов следует увеличивать расстояние между отвесами c и уменьшать расстояния a и b , т. е. приближать примычную точку C к отвесам.

Формулы (X.9) и (X.10) действительны для анализа точности ориентирования, если измеренные в примычных точках углы не уравниваются. В этом случае погрешности вычисленных острых углов соединительных треугольников будут меньше погрешностей тупых, и передачу дирекционного угла следовало бы производить через острые углы. Однако в действительности углы на примычных точках всегда уравниваются. Это приводит к тому, что пути передачи дирекционного угла становятся по точности равнозначными и для вытянутых треугольников средняя погрешность передачи дирекционного угла, вызванная погрешностями измерения углов в примычных точках C и C' , может быть вычислена по формуле

$$M = \sqrt{m^2 + \frac{B'^2}{2} m_T^2} \quad (X.11)$$

Если принять погрешности измерения углов на поверхности и в шахте τ^h и τ_u одинаковыми, то формула (X.11) примет вид

$$m^2 = \frac{2}{3} \tau^2 + \frac{a + B'}{c} \tau + \frac{a^2 + B'^2}{c^2} m_{\gamma^*}^2 \quad (X.12)$$

В этих формулах a и B' — короткие стороны соединительных треугольников.

Общая погрешность ориентирования через один вертикальный ствол с примыканием способом соединительных треугольников

$$MI = M_{исх}^2 + M_u^2 + MI + \epsilon^2 + \quad (X.13)$$

где $M_{исх}$ — погрешность исходного дирекционного угла; $M_{цп}$, $M_{ши}$ — погрешность ориентирования, вызванная неточностью центрирования теодолитов и сигналов на поверхности и в шахте; M_ρ — погрешность ориентирования, зависящая от погрешностей измерений углов и длин на поверхности и в шахте, вычисляемая по формулам (X.11) или (X.12); b — погрешность проектирования, вычисляе-

мая по формуле (X.4). Входящие в формулу {X.13} погрешности

$$M_{\text{цп}} = P \cdot J$$

и

$$M_{\text{цп}} =$$

где e' — линейные погрешности центрирования теодолитов и сигналов.

Эти выражения свидетельствуют о необходимости делать длины d и d' примычных сторон по возможности максимальными.

Примыкание способом соединительного четырехугольника. При невозможности создания соединительных треугольников выгодной формы с максимальным расстоянием между отвесами целесообразно рассмотреть другие способы примыкания, в частности соединительным четырехугольником.

Возможны две схемы примыкания соединительным четырехугольником — двусторонняя (рис. X.4) и односторонняя (рис. X.5). На этих схемах Л и Б — отвесы, а С и D — точки стояния теодолитов. Взаимное расположение этих точек должно обеспечивать выгодную форму соединительной фигуры. Для этого при двусторонней схеме необходимо, чтобы угол $\tau \rightarrow 90^\circ$, а при односторонней % $\rightarrow 0^\circ$. В обеих схемах желательно приближать точки С и D к створу отвесов. Кроме того, при двусторонней схеме необходимо, чтобы линия CD пересекала створ отвесов AB примерно на середине и измеряемые углы $\gamma_1, \gamma_2, \beta_1, \beta_2$ были не менее 20° , а при односторонней — расстояние CD было по возможности максимальным.

Для передачи дирекционного угла со створа отвесов на линию CD или наоборот достаточно измерить углы $\gamma_1, \gamma_2, \beta_1, \beta_2$. Тогда при двусторонней схеме связь между указанными дирекционными углами устанавливается по формуле

$$\alpha_{CD} = \alpha_{AB} + \% \pm 180^\circ$$

в которой связующий угол % вычисляется из выражения

$$\% = \frac{\text{Ctg } \gamma_1 - \text{Ctg } \beta_1 - \text{ctg } \gamma_2 + \text{ctg } \beta_2}{\text{ctg } \gamma_1 + \text{ctg } \beta_1 + \text{ctg } \gamma_2 + \text{ctg } \beta_2} \cdot 180^\circ \quad (X.14)$$

Если знак $\text{ctg } \gamma_1$ положительный, то $x = \tau_0$, в противном случае $\tau = 180^\circ - \tau_0$.

При односторонней схеме

$$\alpha_{CO} = \alpha_{LB} \pm \tau$$

7*

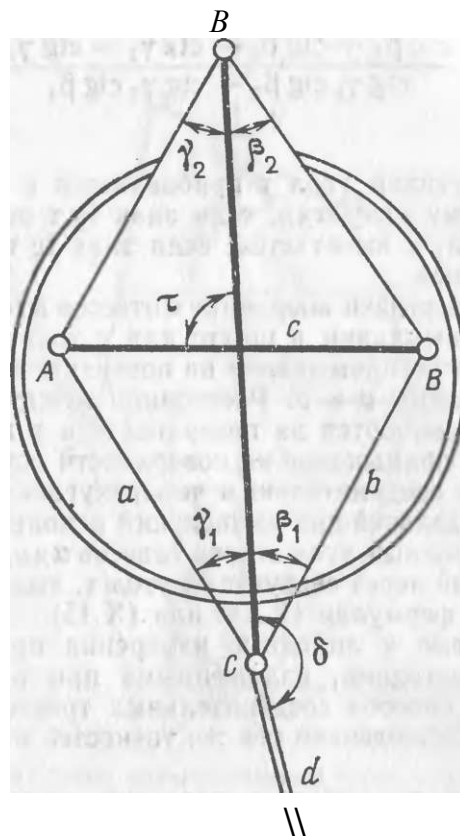


Рис. X.4. Схема двустороннего соединительного четырехугольника

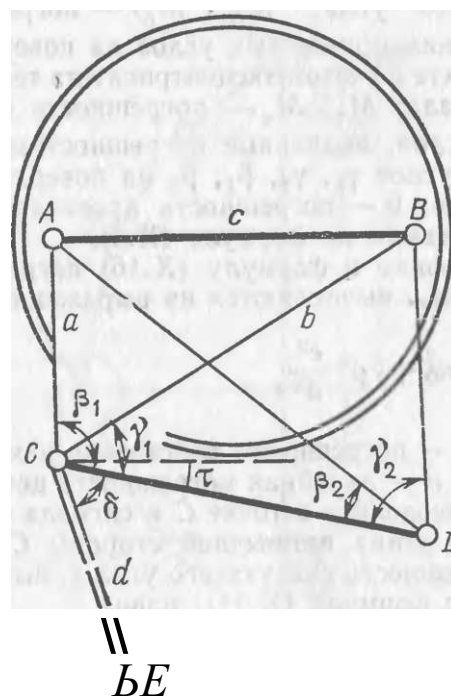


Рис. X.5. Схема одностороннего соединительного четырехугольника

где

$$\frac{\text{ctg } p_x + \text{ctg } p_2 - \text{ctg } Y_x - \text{ctg } y_2}{\text{Ctg } Y_i \text{ ctg } p_2 - \text{ctg } y_2 \text{ Ctg } p_r} \quad (X.15)$$

Связующий угол τ прибавляется к дирекционному углу α , если знак $\text{tg } \tau$ положительный, и вычитается, если знак $\text{tg } \tau$ отрицательный.

Для передачи координат с отвесов в точку **С** при примыкании в шахте или с точки **С** на отвесы при примыкании на поверхности измеряют длины **а** и **б**. Расстояния между отвесами измеряются на поверхности и в шахте.

Если примыкание на поверхности осуществляется соединительным четырехугольником, то для дальнейших вычислений используется дирекционный угол створа отвесов $\alpha^{\wedge} \beta$, определенный через связующий угол τ , вычисленный по формулам (X.14) или (X.15).

Угловые и линейные измерения производятся методами, изложенными при рассмотрении способа соединительных треугольников, с соблюдением тех же точностей и допусков.

Общая погрешность передачи дирекционного угла в случае примыкания соединительными четырехугольниками на поверхности и в шахте

$$M_0 = M_{\text{сх}} + M_l + M_x + M_{\tau} + M_{\tau} + e^2, \quad (X.16)$$

где $M_{\text{сх}}$ — погрешность исходного дирекционного угла; M_l — погрешности измерения примычных углов на поверхности и в шахте с учетом эксцентриситета теодолита и сигнала; M_x , M_{τ} — погрешности связующих углов, вызванные погрешностями измерения углов $y_{1\tau}$, $y_{2\tau}$, $p_{1\tau}$, $p_{2\tau}$ на поверхности и в шахте; e — погрешность проектирования, вычисляемая по формуле (X.4).

Входящие в формулу (X.16) погрешности и вычисляются из выражения

$$M_l = m_l + p^2 \cdot \Delta$$

где m_l — погрешность собственно измерения угла β ; e — линейная погрешность центрирования теодолита в точке **С** и сигнала в точке **Е**; d — длина примычной стороны **СЕ**.

Погрешность связующего угла τ , вычисленного по формуле (X.14), равна

$$M_x = \frac{\sqrt{2} \cdot \frac{0}{+ \text{ctg } 2 \tau}}{+ \text{ctg } 2 \tau} + m_i + m_{\tau} + m_l \quad (X.17)$$

где Δ — погрешность измерения углов y , τ ; P_i , P_r ;

$$5 - \text{ctg } y_1 - f \text{ ctg } y_2 - f \text{ ctg } p_x + \text{ctg } p_2;$$

$$m_2 = \{1 + \text{ctg}^2 y_1\} (\text{ctg } p_2 - \text{ctg } \tau);$$

$$\tau_2 = (\sqrt{1 + \text{ctg}^2 y_2}) (\text{ctg } p_x + \text{ctg } \tau);$$

$$m_3 = (1 + \text{ctg}^2 p_x) (\text{ctg } y_z + \text{ctg } \tau);$$

$$m_4 = (1 + \text{ctg}^2 p_2) (\text{ctg } Y_i - \text{ctg } \tau).$$

Погрешность связующего угла τ , вычисленного по формуле (X.15), равна

$$M_{\tau} = S(1 + \text{tg } \alpha \tau) + \tau_1 + \tau_1 + \tau_2 \quad (X.18)$$

где

$$S = \text{ctg } Y_i \text{ ctg } p_0 - \text{ctg } y_2 \text{ ctg } p_r$$

$$m_i = (1 + \text{ctg}^2 Y_i)(1 + \text{tg } T \text{ tg } p_2);$$

$$m_2 = (1 + \text{ctg}^2 Y_2)(1 - \text{tg } T \text{ tg } p_1);$$

$$m_3 = (1 - \text{ctg}^2 P_i)(1 + \text{tg } T \text{ tg } Y_2);$$

$$M_4 = (1 + \text{ctg}^2 P_r)(1 - \text{tg } T \text{ tg } Y_i).$$

Формулы (X.17) и (X.18) можно использовать для установления выгодной формы соединительных четырехугольников обеих схем. В общем случае из анализа этих формул следует, что по точности примыкание способом соединительных четырехугольников при выгодной их форме практически не уступает примыканию способом соединительных треугольников.

Существенным преимуществом способа соединительных четырехугольников является то, что при любой их форме точность передачи дирекционного угла не зависит от точности линейных измерений.

Ориентирование через два вертикальных ствола. Необходимая для передачи дирекционного угла вертикальная плоскость в этом случае создается отвесами, опущенными через два вертикальных ствола. Из-за большого расстояния между отвесами значение погрешности проектирования (X.4) существенно мало. Поэтому при расстояниях между отвесами более 50 м разрешается примыкать на ориентируемом горизонте к проволокам свободно висящих отвесов, определяя их среднее положение наблюдениями точек реверсии с помощью зрительной трубы теодолита. При измерении расстояний до отвесов наблюдения точек реверсии производятся с помощью делений шкалы рулетки. Схема ориентиро-

вания через два вертикальных ствола приведена на рис. X.6.

Задача примыкания на поверхности решается проложением от подходных пунктов к отвесам теодолитных ходов С—А и С—В. В шахте между этими отвесами прокладывается соединительный полигон А—1—2—3—4—5—В. Измерение углов и длин на поверхности осуществляется по программе полигонометрических ходов 1-го или 2-го разрядов, а в шахте — по программе подземных опорных сетей. Во всех случаях необходимо выбирать кратчайшие пути с минимальным числом промежуточных точек.

До производства ориентирования выполняется предварительная оценка точности дирекционных углов сторон соединительного полигона, являющихся исходными для подземной опорной сети.

В общем случае средняя квадратическая погрешность дирекционных углов разных сторон соединительного полигона будет неодинаковой и зависит от формы соединительного полигона и расположения в нем оцениваемых сторон. При симметричной относительно отвесов А и В форме соединительного полигона с меньшей погрешностью определяются стороны, расположенные ближе к середине полигона.

Например, для полигона, изображенного на рис. X.6, наиболее точно определяются дирекционные углы сторон 2—3 и 3—4.

Средняя квадратическая погрешность дирекционного угла некоторой стороны соединительного полигона вычисляется по формуле

$$M_B = M_1 + e^2 + M_{ш}, \quad (X.19)$$

где M_1 — погрешность примыкания на поверхности, т. е. погрешность дирекционного угла створа отвесов АВ, зависящая от погрешностей измерения углов и длин в подходных полигонах на поверхности; 0 — погрешность проектирования, вычисляемая по формуле (X.4); $M_{ш}$ — погрешность примыкания в шахте, т. е. погрешность дирекционного угла стороны соединительного полигона, зависящая от погрешностей измерения углов и длин при примыкании в шахте.

Погрешности M_1 и 0 одни и те же при оценке всех сторон соединительного полигона. Погрешность $M_{ш}$ для каждой оцениваемой стороны различна.

Погрешность примыкания на поверхности применительно к схеме, изображенной на рис. X.7, вычисляется по формуле

$$= \pm (\sqrt{s R^2 + J T^2 A y^2 + n m l}), \quad (X.20)$$

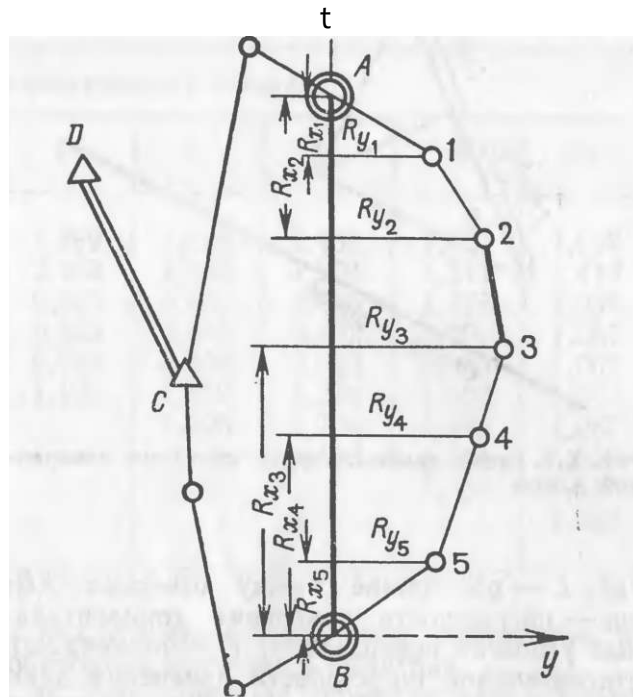


Рис. X.6. Схема ориентирования через два ствола

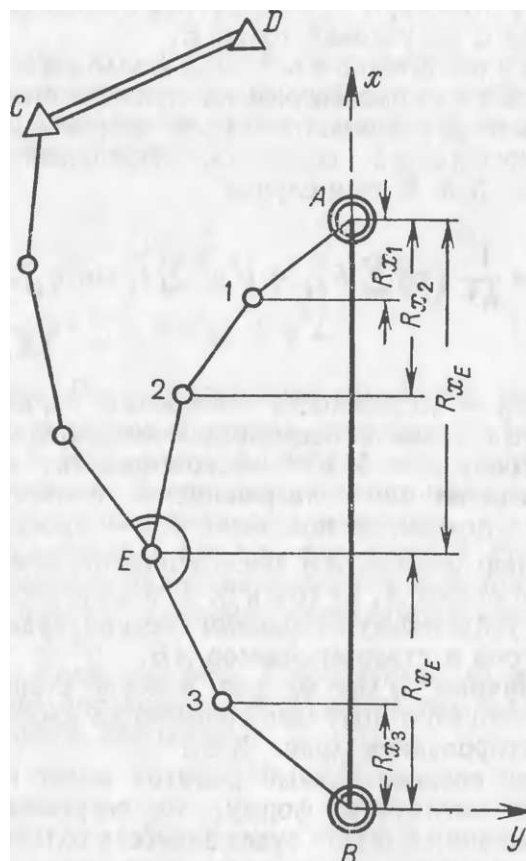


Рис. X.7. Схема примыкания к отвесам на поверхности

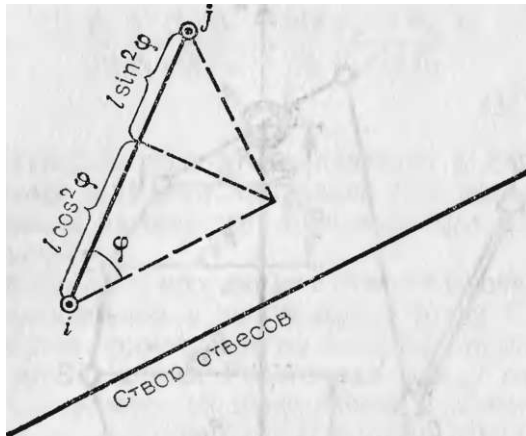


Рис. X.8. Схема двойного проектирования измеренной длины

где L — расстояние между отвесами AB ; t_{ii} — погрешность измерения горизонтальных углов на поверхности; T — знаменатель относительной погрешности измерения длин на поверхности; R_x — проекции на створ отвесов расстояний от точек 1 и 2 до отвеса A и от точек E и 3 до отвеса B ; D_{yi} — проекции сторон полигона $A-1-2-E-3-B$ на ось y , т. е. на линию, перпендикулярную створу отвесов; n — число углов от исходного пункта C до узловой точки E .

Погрешность примыкания в шахте рассмотрим на примере оценки точности дирекционного угла стороны 2—3 соединительного полигона, изображенного на рис. X.6. В этом случае

$$M_m = \pm \sqrt{(S \cdot r_l + p_y \cdot 21 \cdot u \cdot \sin^2 \varphi)}, \quad (X.21)$$

где t_r — погрешность измерения горизонтальных углов в подземном соединительном полигоне; $\pm 5-10''^4$ — коэффициент случайного влияния погрешностей измерения длин в подземном полигоне; R_x — проекции на створ отвесов AB расстояний от точек 1 и 2 до отвеса A , от точек 3, 4, 5 до отвеса B ; Φ_i — углы между сторонами соединительного полигона и створом отвесов AB .

Величины $l_i \sin^2 \varphi$ для каждой стороны целесообразно получать графически двойным проектированием (рис. X.8).

Если соединительный полигон имеет примерно вытянутую форму, то погрешность примыкания в шахте будет зависеть только от погрешностей измерения горизонтальных углов. В этом случае для полигонов с примерно равными длинами сторон погрешность

примыкания в шахте для любого дирекционного угла может быть вычислена по формуле

$$M_{ш} = m\varphi = \frac{1}{EI} \frac{(2n-1) - 6a - 6(n-i)}{(n-i)}, \quad (X.22)$$

где n — число сторон в соединительном полигоне; i — порядковый номер стороны, дирекционный угол которой оценивается.

Счет сторон можно производить, начиная от любого отвеса.

Значение коэффициента k для разных дирекционных углов подземных полигонов, содержащих различное число n сторон, приведено в табл. X.1.

Формула (X.22) и данные табл. X.1 позволяют сделать выводы о том, что в полигонах примерно вытянутой формы погрешности дирекционных углов зависят в основном только от погрешностей измерения горизонтальных углов в шахте, погрешности измерения линейных величин и сами величины не оказывают влияния на точность; погрешности дирекционных углов сторон, расположенных в середине между отвесами, меньше погрешностей крайних сторон; погрешности дирекционных углов увеличиваются с увеличением числа сторон соединительного полигона, однако при числе сторон до 12 погрешность дирекционных углов средних сторон не превышает погрешности измерения горизонтального угла в шахте. На этом основывается сделанное ранее замечание о целесообразности выбора для соединительного полигона кратчайшего пути с минимальным числом сторон в нем. Отсюда также очевидна целесообразность привязки подземных сетей к средним сторонам соединительного полигона.

Последовательность обработки результатов измерений, произведенных на поверхности и в шахте на примере схемы, изображенной на рис. X.6, следующая.

1. Во все измеренные длины на поверхности и в шахте вводятся поправки за компарирование, температуру, угол наклона и провес. Кроме того, вводятся поправки за приведение длин к поверхности референц-эллипсоида и на плоскость проекции Гаусса, которые вычисляются по формулам:

$$\Delta l_1 = \frac{Y^2}{2R} \quad (X.23)$$

$$= \frac{Y^2}{2R}$$

где Y — средняя ордината района соединительной съемки; R — средний радиус Земли;

Таблица X.1

Значения коэффициента k для соединительных полигонов вытянутой формы

г с г		Число n сторон соединительного полигона								
s	o,									
£	£									
о	и									
о	о									
</										

полигона в систему координат поверхности вычисляется по формуле

$$\Delta a = a_{AB} - a_{\%B}. \quad (X.28)$$

После этого условные дирекционные углы каждой стороны подземного полигона исправляются этой поправкой

$$a_c = a^\circ \{-\Delta a.$$

9. По исправленным дирекционным углам и длинам сторон вычисляются координаты всех точек подземного полигона в единой с поверхностью системе координат. Контролем правильности обработки служит совпадение в пределах точности вычислений координат отвесов на поверхности и в шахте.

Техническая инструкция рекомендует сочетать ориентирование через два вертикальных ствола с гироскопическим ориентированием одной или нескольких сторон соединительного полигона. Полученная при этом разность дирекционных углов f_a одной и той же стороны не должна превышать по абсолютному значению величины, определяемой по формуле

$$L_{\text{доп}} = \sqrt{K \cdot L} \quad \text{и} \quad (X.29)$$

где m_a — средняя погрешность гироскопического ориентирования; M_0 — средняя погрешность геометрического ориентирования, вычисляемая в общем случае по формуле (X.19), а для примерно вытянутого соединительного полигона по формуле (X.22).

Если разность f_a допустима, то за окончательное значение дирекционного угла целесообразно принять средневзвешенное, вычисляемое по формуле

$$\langle a \rangle = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} \quad (X.30)$$

где a_x — гироскопически определенное значение дирекционного угла; a_2 — значение дирекционного угла, полученное из геометрического ориентирования; $1/a$, q — значения, вычисляемые по формулам:

$$f_a = a > 2 \text{ — } o l u$$

Если разность f_a больше величины, вычисленной по формуле (X.29), но меньше $3'$, то за окончательное значение целесообразно принять результаты гироскопического ориентирования. Если же f_a превышает $3'$, то необходимо провести дополнительное ориентирование.

Ориентирование через несколько вертикальных шахтных стволов. Технической инструк-

цией рекомендуется выполнять ориентирование подземной сети через все соединяющиеся между собой вертикальные стволы шахты. Возникающие при этом избыточные данные существенно повышают точность сети и создают более надежную связь со съемками на поверхности. Наличие избыточных данных позволяет сокращать объемы измерений в шахте за счет прокладывания ходов один раз.

Вычисление невязок, определение их допустимости и уравнивание ходов, соединяющих отвесы, опущенные через вертикальные выработки, производится как для обычных систем полигонометрических ходов, опирающихся на пункты с известными координатами. Целесообразно для решения перечисленных задач применять ЭВМ, используя имеющиеся программы обработки полигонометрических сетей.

Ступенчатое ориентирование. Соединительная съемка разных горизонтов может осуществляться непосредственно с земной поверхности или последовательно, связывая горизонт с горизонтом. В первом случае будем иметь дело с прямым ориентированием, а во втором — со ступенчатым.

Ступенчатое ориентирование по многим причинам предпочтительнее прямого. Его выполнение проще и удобнее. Влияние погрешностей проектирования отвесов пропорционально длине отвесов. При равной высоте горизонтов погрешность проектирования при ступенчатом ориентировании в V раз меньше по сравнению с аналогичной погрешностью при прямом (p — число последовательно ориентируемых горизонтов). И наконец, при ступенчатом ориентировании более надежно и точнее определяется взаимное положение съемок соседних горизонтов, имеющих, как правило, технологические связи между собой.

4. Гироскопическое ориентирование

Принцип действия маркшейдерского гироскопа. Маркшейдерский гироскоп — маятниковый гироскоп, в основе принципа действия которого лежит суточное вращение Земли и свойства свободного гироскопа.

Свободный гироскоп (рис. X.9, а) представляет собой массивный ротор 4, подвешенный в двух карданных кольцах — внутреннем 3 и внешнем 6, обеспечивающих три степени свободы вращения в подшипниках 2, 5 и / вокруг трех взаимно перпендикулярных осей x , y и z , с пересечением которых (точкой подвеса O) совпадает центр тяжести. Ось свобод-

ного гироскопа x , если ротору придано вращение, обладает своеобразной устойчивостью и, не реагируя на вращение основания 7, сохраняет неизменным свое направление в пространстве. Однако, если на ось x действует момент внешней силы, то ось прецессирует в плоскости, перпендикулярной приложенной силе. Угловая скорость прецессии ω_n пропорциональна моменту внешней силы M_v и обратно пропорциональна кинетическому моменту H гироскопа

$$\omega_n = \frac{Ms}{H} \quad (X.31)$$

Если ограничить одну степень свободы (относительно оси Y) маятниковым грузом Q , сместив центр тяжести вниз по оси z в точку O_{1y} ТО такое устройство, аналогичное маятнику, называется маятниковым гирокомпасом (рис. X.9, б). Под действием груза Q ось x будет стремиться установиться параллельно плоскости горизонта, а при вращающемся роторе — в плоскости меридиана.

При суточном вращении Земли с угловой скоростью ω (рис. X.10) плоскости горизонта и меридиана места вращаются в пространстве с угловыми скоростями ω_x и ω_2 соответственно вокруг меридиана места и отвесной линии. Причем восточная половина горизонта всегда опускается, а северный конец меридиана всегда уходит к западу. Горизонтальная составляющая ω_1 земного вращения воспринимается как изменение высоты солнца и звезд над горизонтом, а вертикальная ω_2 — как изменение их положения в азимуте. Величина составляющих зависит от широты ϕ места:

$$\omega_1 = \omega \cos \phi; \quad (X.32)$$

$$\omega_2 = \omega \sin \phi.$$

Таким образом, если ось гирокомпаса x , установленного в точке O на широте ϕ под углом a к меридиану, вначале будет горизонтальной, то вследствие суточного вращения Земли положение плоскости горизонта относительно оси x будет непрерывно изменяться (северный конец оси будет подниматься над плоскостью горизонта), на ось будет действовать момент силы тяжести маятникового груза, приложенный в вертикальной плоскости и вызывающий прецессию оси в горизонтальной плоскости, направленную к меридиану.

Угловая скорость вращения ω_3 плоскости горизонта вокруг карданной оси y лежит в основе принципа действия гирокомпаса и назы-

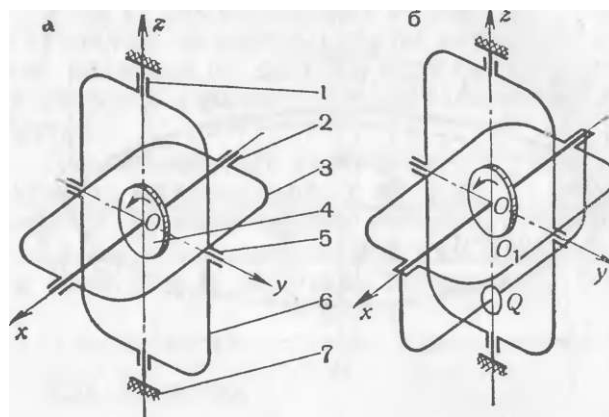


Рис. X.9. Принципиальная схема устройства свободного гироскопа и маятникового гирокомпаса

вается полезной составляющей земного вращения

$$\omega_3 = \omega \cos \phi \sin a. \quad (X.33)$$

Только при $a = 0$, т. е. в плоскости меридиана, $\omega_3 = 0$. При любом другом положении оси x соединение свободного гироскопа с маятником обеспечивает появление момента силы тяжести, возникающего при вращении плоскости горизонта и называемого направляющим моментом M_n гирокомпаса. Из выражений (X.31) и (X.33)

$$M_n = Y \omega \cos \phi \sin a. \quad (X.34)$$

Характер движения оси гирокомпаса относительно меридиана определяется суммарной угловой скоростью двух движений в пространстве — плоскости меридиана (с постоянной угловой скоростью ω_2) и прецессии оси под действием силы тяжести маятника (с переменной угловой скоростью ω_n). Величина ω_n зависит от маятникового момента гироком-

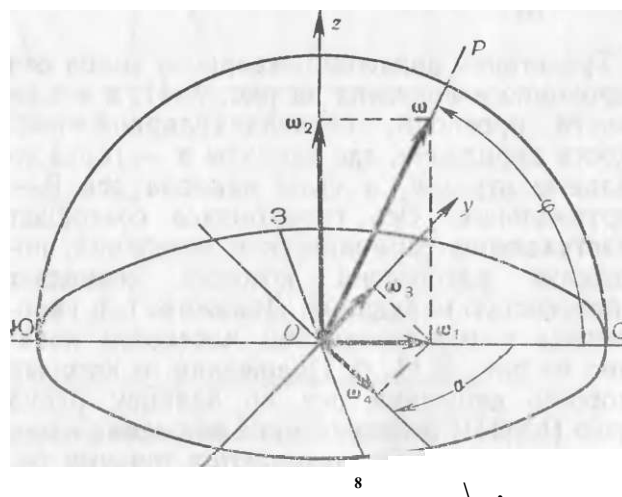


Рис. X.10. Составляющие земного вращения

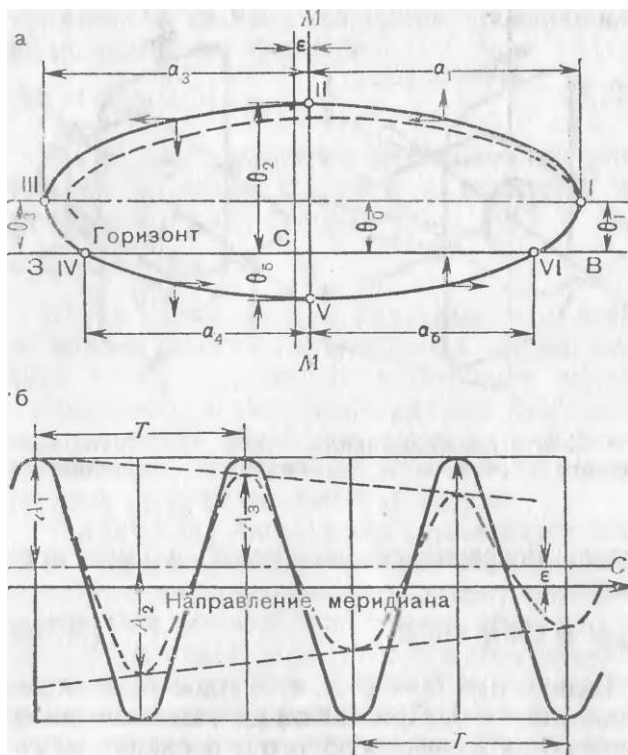


Рис. X.11. Движение оси маятникового гирокомпасас относительно Земли

паса M и угла наклона G оси к горизонту. Из формулы (X.31)

$$(\sigma_n = \frac{M}{H} \sin \varphi. \quad (X.35)$$

Если $\sigma_2 = 0$, то ось будет неподвижной относительно Земли. Такое единственное положение оси называется ее положением равновесия и возможно, если $a = 0$ и $0 = 0_0$. Из формул (X.32) и (X.35)

$$\theta_0 = p \frac{H}{M} \sin \varphi. \quad (X.36)$$

Траектория движения северного конца оси гирокомпасас показана на рис. X.11, а в плоскости проекции, перпендикулярной плоскости меридиана, где азимуты a — горизонтальные отрезки, а углы наклона оси θ — вертикальные. Ось гирокомпасас совершает незатухающие гармонические колебания, положение равновесия которых совпадает с плоскостью меридиана. Движение оси гирокомпасас в горизонтальной плоскости показано на рис. X.11, б. Положения, в которых скорость движения оси по эллипсу равна нулю (I и III) и направление движения изменяется на обратное, называются точками реверсии оси гирокомпасас. Промежуток времени, за который ось гирокомпасас совершает колебание по эллипсу и возвращается в ис-

ходное положение, называется периодом незатухающих колебаний T гирокомпасас

$$= 2 \pi \sqrt{\frac{H}{M \cos \varphi}} \quad (X.37)$$

Практически колебания оси маркшейдерских гирокомпасас слабозатухающие, амплитуда колебаний A уменьшается, ось движется не по эллипсу, а по закручивающейся спирали (пунктир) и положение равновесия под действием момента внешних сил отклонено на угол ϵ от плоскости меридиана, величина которого зависит от величины момента AI_B и максимального значения направляющего момента $M_{\text{тяж}}$ (при $a = 90^\circ$)

$$\epsilon = \frac{M}{M_{\text{тяж}} H \max} \quad (X.38)$$

Определение дирекционного угла стороны гироскопическим способом. Определение дирекционного угла стороны гироскопическим способом современными гирокомпасами может производиться только косвенным способом. При этом определяется положение равновесия прецессионных колебаний не оси гирокомпасас (оси вращения гиromотора), совпадающего с плоскостью астрономического меридиана, а другой линии — перпендикуляра к зеркалу на чувствительном элементе (ЧЭ), находящегося под углом A к оси гирокомпасас (рис. X.12), называемым конструктивной постоянной ЧЭ. Положение равновесия ЧЭ будет находиться не в плоскости меридиана, а под тем же горизонтальным углом A , отсчитываемым от северного конца оси гирокомпасас до положительного конца перпендикуляра. В отечественных гирокомпасас и гиروبуссоли за положительный конец принимается продолжение перпендикуляра за зеркало.

Визирные оси АТ и ЗТ автоколлимационной и зрительной трубы гирокомпасас не совпадают и горизонтальный угол между ними γ называется конструктивной постоянной измерительного блока. Угол τ отсчитывается от положительного конца визирной оси АТ до положительного конца визирной оси ЗТ при круге лево (окуляр зрительной трубы должен находиться справа от автоколлимационной). За положительные концы осей принимают концы, выходящие из объективов труб.

Если совместить визирную ось АТ с положением равновесия ЧЭ, свободным от влияния моментов внешних сил, то визирная ось ЗТ займет вполне определенное положение, ориентированное относительно ЧЭ и земной поверхности. Угол, который составляет ви-

зирная ось ЗТ в ориентированном положении с осью гирокомпаса, называется поправкой гирокомпаса δ . Поправка гирокомпаса отсчитывается от северного конца оси гирокомпаса до положительного конца визирной оси.

Конструктивные постоянные и поправка гирокомпаса принимаются положительными, если отсчитывание происходит по часовой стрелке, и отрицательными, если — против часовой стрелки. Как видно из рис. X.12, поправка гирокомпаса равна алгебраической сумме конструктивных постоянных

$$\delta = \Delta + \tau. \quad (X.39)$$

Если через визирную ось зрительной трубы, находящуюся в ориентированном положении, провести вертикальную плоскость, то след от пересечения этой плоскостью земной поверхности будет называться гирокомпасным (приборным) меридианом. Положение гирокомпасного меридиана отличается от астрономического на угол, равный поправке гирокомпаса.

Угол Γ , отсчитываемый от северного конца гирокомпасного меридиана по часовой стрелке по аналогии с общепринятыми понятиями в геодезии называется гироскопическим азимутом.

Для определения дирекционного угла гирокомпас устанавливается в точке B , определяется гироскопический азимут Γ_0 исходной стороны BB с астрономическим азимутом a_0 и вычисляется поправка гирокомпаса δ

$$\delta = a_0 - \Gamma_0. \quad (X.40)$$

Как известно,

$$\alpha_0 \sim \alpha_0 \quad \tau(B\gamma) \quad (X.41)$$

Л) — $\alpha_0 - \Gamma_0 - \delta(B\gamma)$

где α_0 и a_0 — геодезический азимут и дирекционный угол стороны BB и r_T — поправки на уклонение отвесной линии в точке B и кривизну изображения геодези-

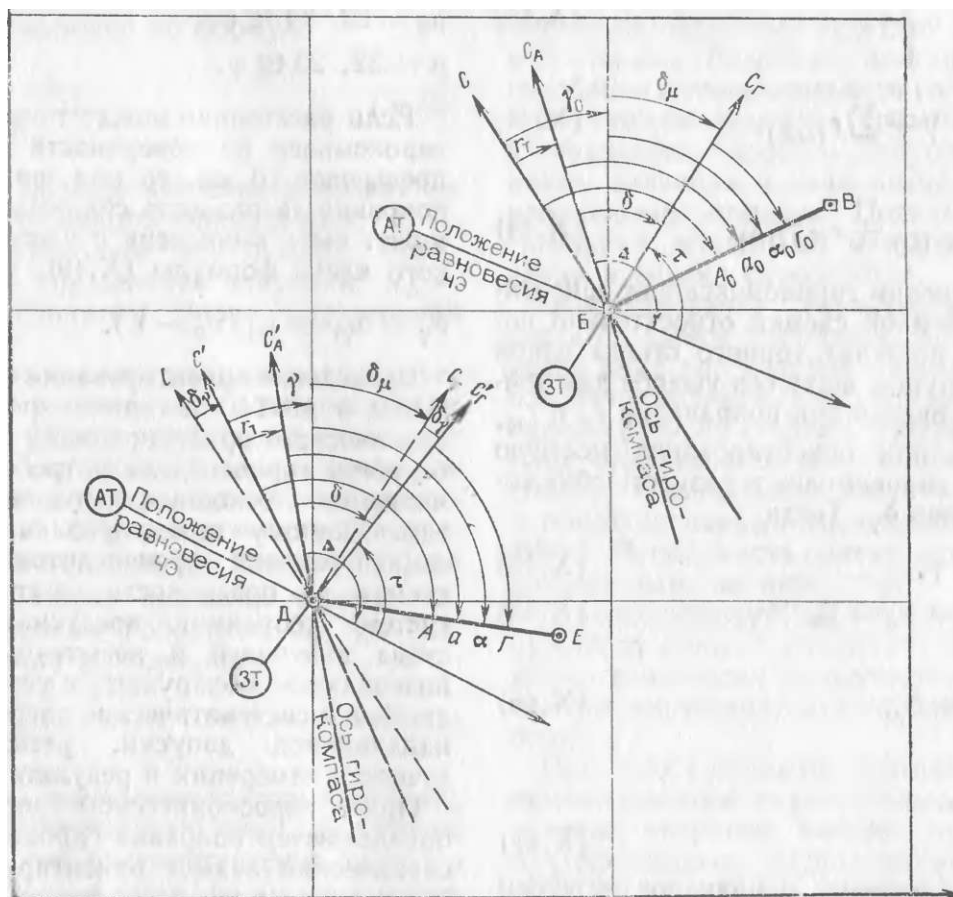


Рис. X.12. Принципиальная схема определения дирекционного угла, ориентируемой стороны гиро-скопическим способом:

C и C' — направления географического меридиана в точках B и D ; $CД$ и $CД'$ — направления астрономического меридиана в точках B и D ; C_F и C_m — направления гирокомпасного меридиана в точках B и D

ческой линии стороны BB ; y_0 — плоское сближение меридианов в точке B .

С учетом выражений X.41 получим

$$b = a_0 - \gamma_0 + Y_0 - I!r_{(BB)} \quad (X.42)$$

где

$$Z_{(BB)} = r_T(B) + r_K(BB).$$

В шахте гирокомпас устанавливается в точке D , определяется гироскопический азимут Γ и вычисляется дирекционный угол α ориентируемой стороны DE

$$\alpha = A - \nu + r_K(DE) = \alpha - \nu +$$

$$+ r_T(D) + r_K(DE) \quad (X.43)$$

где A и α — геодезический и астрономический азимуты стороны DE ;

$r_T(D)$ и $r_K(DE)$ — поправки за уклонение отвесной линии в точке D и кривизну изображения геодезической линии стороны DE ; ν — плоское сближение меридианов в точке D .

Из рис. X.12 получим, что

$$\nu = \Gamma + 6. \quad (X.44)$$

Тогда

$$C\alpha = \Gamma + 6 - Y + Z^{DE} \quad (X.44)$$

где

$$Z^{DE} = r_T(D) + r_K(DE). \quad (X.44)$$

При применении гирокомпасов для ориентирования подземной съемки относительно поверхности в пределах горного отвода одной шахты или группы шахт без ущерба для точности можно пренебречь поправками r_T и r_K и использовать при ориентировании местную поправку b_m гирокомпаса и разность сближений меридианов b_y . Тогда

$$\alpha = \Gamma + b - Y; \quad (X.45)$$

$$b = b_0 - \gamma_0 = a_0 - \gamma_0 + y_0. \quad (X.45)$$

Или

$$\alpha = \Gamma + b_{\text{Л1}} + b_T; \quad (X.46)$$

где

$$b_{\text{Л1}} = a_0 - \gamma_0,$$

$$b_T = Y_0 - V. \quad (X.47)$$

Разность сближений меридианов в общем случае вычисляется по формуле

$$b_y = V + V + V \quad (X.48)$$

где $b^{\wedge}$ и b_{ay} — поправки за разность сближений меридианов (за изменение ординаты

и абсциссы в точках установки гирокомпаса на поверхности и в шахте); b_{vFA} — дополнительная поправка при расстояниях между точками установки гирокомпаса более 200-300 км ($b_{\text{vU}} = 8 \cdot 10^{-9} [Y^3 (1 + Y^{-3} \text{ и}^2) - 1 - F \cdot 10^{-3}]$).

Поправкой $b_{\text{vЛ1}}$ без ущерба для точности ориентирования во всех случаях применения гирокомпаса в горном деле можно пренебречь.

Тогда

$$b_y = b_{y,y} + S_v x;$$

$$V = (Y_0 - Y);$$

$$\langle V^* = K (\alpha_0 - \alpha) \rangle \quad (X.49)$$

где Y_0 и Y — ординаты точек B и D установки гирокомпаса на поверхности и в шахте, км (берутся с плана, графически); K_0 и K — коэффициенты, зависящие от широты, с/км (определяются по таблице в руководстве по эксплуатации гирокомпаса или вычисляются по широте ϕ_0 и ϕ точек B и D , взятой с карты).

$$K_0 = 32, 23 \text{ tg } \phi_0; \quad (X.50)$$

$$K = 32, 23 \text{ tg } \phi.$$

Если расстояние между точками установки гирокомпаса на поверхности и в шахте не превышает 10 км, то при широте менее 60° поправка за разность сближений меридианов может быть вычислена с учетом только первого члена формулы (X.49), т. е.

$$b_y \approx b_{y,y} \sim K_0 (\alpha_0 - \alpha). \quad (X.51)$$

Проведение ориентирования гирокомпасами MBT2 и MBT4. Методика проведения гироскопического ориентирования учитывает особенности горного дела и требования, предъявляемые к основным маркшейдерским работам. Поэтому ориентирование сторон подземной съемки производится относительно съемки на поверхности шахты в принятой системе координат, предусматриваются система контролей и избыточные измерения, позволяющие обнаружить и устранить грубые ошибки и систематические погрешности, устанавливаются допуски, регламентирующие точность измерений и результатов.

При гироскопическом ориентировании определяются поправка гирокомпаса и гироскопический азимут ориентируемой стороны. В качестве исходных сторон, на которых определяется поправка гирокомпаса, выбираются наиболее надежные стороны триангуляции или полигонометрии, в качестве ориентируемых — стороны подземной съемки, закрепленные постоянными знаками. Гирокомпас

устанавливается на одном из пунктов исходной или ориентируемой стороны.

Известен ряд способов определения поправки гирокомпаса. Однако наиболее рациональным является применение таких, которые обеспечивают достаточную точность определения поправки, надежный контроль и оперативный учет возможных ее изменений, а также исключение, уменьшение или учет влияния систематических погрешностей. Таким требованием отвечает ориентирование с разовой и текущей поправками гирокомпаса.

Разовая поправка гирокомпаса определяется независимо для каждой работы по одному или по два раза до и после определения гироскопических азимутов ориентируемых сторон в шахте. За окончательный результат принимается среднее из всех определений.

Текущая поправка гирокомпаса определяется вначале предварительно не более 5 раз (2—3 раза в день). При выполнении каждой работы производится одно контрольное определение поправки. Окончательное значение поправки вычисляется по формуле

$$b = b' + \frac{b_k - b_{ст}}{A_6}, \quad (X.52)$$

где b' и b — текущее значение поправки до и после контрольного определения; b_k — последнее контрольное определение; $b_{ст}$ — отбрасываемое определение поправки; A_6 — постоянное (принятое) число определений поправки.

Таким образом, текущая поправка определяется как среднее из шести последних определений, включая последовательно все контрольные. Если контрольное определение местной поправки гирокомпаса производилось на другой точке, чем все предшествовавшие, то полученное ее значение до вычисления среднего значения местной поправки исправляют поправкой на разность сближений меридианов

$$b_k = b_k - V \quad (X.53)$$

Поправку вычисляют по формуле (X.49), где Y_0 и X_0 соответствуют точке, на которой определялись все предшествующие значения поправки, Y и X — точке, на которой производилось контрольное определение.

Гироскопический азимут каждой ориентируемой стороны определяется как минимум дважды — прямой и обратной или дважды прямой с повторной центровкой гирокомпаса между определениями. Разность

любых двух определений поправки гирокомпаса или гироскопических азимутов стороны не должна быть более $2'$.

Формуляр и пример вычисления ориентирования с разовой и текущей поправками гирокомпаса приведены в табл. X.2.

Особенности ориентирования гиробуссолью МВБ4 *. Принципиальная схема ориентирования гиробуссолью МВБ4 аналогична ориентированию гирокомпасами МВТ2 и МВТ4, поскольку появление в гироскопическом азимуте $G_{в}$ дополнительной постоянной не изменяет сущности гироскопического способа.

Особенности ориентирования гиробуссолью МВБ4 обусловлены в основном, конструкцией измерительного блока и применением гиромотора с весьма малым кинетическим моментом, а также назначением прибора.

В отличие от гирокомпасов МВТ2 и МВТ4 в ориентированном от пуска к пуску положении (с точностью приведения) находится только гироблок гиробуссоли МВБ4. Положение измерительного блока в пуске определяется направлением исходной и ориентируемой стороны. Различное взаимное положение гироблока и измерительного блока при малом кинетическом моменте гиромотора приводит к появлению новой — «круговой» погрешности, величина и знак которой зависят от направления стороны. Появление этой погрешности влияет на методику ориентирования и оценки гиробуссоли.

Ориентирование гиробуссолью производится с разовой поправкой, определяемой не менее двух раз каждый рабочий день (до и после определения гироскопических азимутов ориентируемых сторон). Поправка гиробуссоли определяется на сторонах подземной съемки, закрепленных постоянными знаками и ориентированных гирокомпасами МВТ2 и МВТ4. Погрешность ориентирования стороны должна быть не ниже $\pm 30''$.

Гироскопический азимут каждой ориентируемой стороны определяется дважды. Положение равновесия прецессионных колебаний обычно определяется сокращенными способами.

При необходимости повышения точности ориентирования гиробуссолью второе определение поправки следует производить на другой стороне, расположенной под углом 60° к первой, определять прямой и обратный гироскопические азимуты стороны, положение равновесия прецессионных колебаний находить из наблюдения четырех точек

*) Описание особенностей ориентирования гиробуссолью МВБ4 дано А. В. Лавровым.

Таблица X1.3

Вычисление гироскопического ориентирования

1. Вычисление разовой поправки гироскопа δ_p				1. Вычисление текущей поправки гироскопа δ_T			
Исходные стороны	Шх. 8— «Мост»			Шх. 5— «Балка»			Исходные стороны
Пуск	40 и 43			73—77 и 80			Пуск
G_0	0	1	11	0	1	11	a_0
	122	16	18	43	43	30	
	122	17	00	42	40	00	
G_0	122	16	39	+ 1	03	30	δ_K
				+ 1	02	54	
a_0	122	00	00	+	00	36	$\delta_K - \delta_{CT}$
	122	16	39	+		06	
δ_p	- 0	16	39	+	00	06	(:)
				+ 1	03	04	δ
δ_p	- 0	16	39	+ 1	03	10	δ_T

2. Вычисление разности сближений меридианов δ ,

$$(\delta_Y = \delta_{vY})$$

$$(\delta_V = \delta_{yY} + \delta_{yx})$$

Пункт	Шх. 8 и Rp. 6			Шх 5 и V			Пункт
П	+	61,4	+	85,2		37,0	Н ₀
У		62,3	+	80,1		37,15	и
У ₀₋₂		0,9	+	5,1	-	0,15	И ₀ ~И-
Н ₀		37,0		37,0		80,1	У
у		0' 33"	+	3' 09"	-	0' 12"	бух
δ_V		0' 33"	+ 2' 57"				δ ,

3. Вычисление дирекционных углов а

Сторона		Rp6—Rp7			V—VI		Сторона
Пуск	41 и 42			78 и 79			Пуск
Г	0	1	11	0	1	11	Г
	77	41	30	310	10	18	
Г"	77	42	36	310	11	06	Г"
Г	77	42	03	310	10	42	г
Sp	—0	16	39	+ 1	03	10	6 _T
Г+б _р	77	25	24	311	13	52	г+б _T
s _v	—	0	33	+	02	57	
а	77	24	51	311	16	49	а
м а	± 0' 39"			± 0' 26"			М _а

реверсии, а положение равновесия свободных колебаний определять после выключения гиробуссоли и выбега гиromотора.

Исследования и оценка точности гиробуссоли производится по результатам контрольной серии на веере направлений, расположенных под различными углами друг к другу в пределах 360°. При таком способе оценки наиболее полно проявляется «круговая» погрешность.

Оценка точности гироскопического ориентирования. Среднюю погрешность M_a дирекционного угла ориентируемой стороны в зависимости от средних погрешностей m_z и m_s определения гироскопического азимута ориентируемой стороны и поправки гирокомпасов получаем, дифференцируя формулу (X.46) определения дирекционного угла стороны

$$M_a = \pm V^M L + M_o \% \quad (X.54)$$

Так как гироскопический азимут ориентируемой стороны и поправка гирокомпасов определяются как минимум дважды, а за результат принимается среднее из всех определений, то

$$\begin{aligned} & \Gamma_{aT} = \frac{M_{\Gamma}}{VTCr^9} \\ & \frac{M_6}{\Gamma_{KK}} \end{aligned} \quad (X.55)$$

где M_z и MQ — средние погрешности единичного определения гироскопического азимута ориентируемой стороны и поправки гирокомпасов; K_{Γ} и K_{Cb} — число определений азимута и поправки гирокомпасов.

После подстановки значений m_z и формула (X.54) примет вид

Комплекс измерений при определении гироскопических азимутов исходной и ориентируемой сторон одинаков, измерения производятся одними и теми же методами, приборами и наблюдателями. Поэтому, полагая, что исходный дирекционный угол определен безошибочно, и пренебрегая (ввиду малости) погрешностью определения сближения меридианов, можно при предрасчете погрешности ориентирования принять $M_{\Gamma_0} = m_6 = m_z$. Тогда

$$M_a = \pm m_z \left(\frac{1}{K_{\Gamma}} + \frac{1}{K_{Cb}} \right) \quad (X.56)$$

Средняя погрешность M_z единичного определения гироскопического азимута в дальнейшем принимается за критерий точности гирокомпасов.

Дифференцируя формулу (111.35), получаем

$$\Delta L = \pm V^m * N + \% + m_l + M_{ln}, \quad (X.57)$$

где m_N — средняя погрешность прнмычного направления (среднего из двух измерений); m_o — средняя погрешность определения положения равновесия прецессионных колебаний ЧЭ в пуске; t_r — средняя погрешность определения поправки за закручивание подвеса; $M_{пп}$ — средняя погрешность положения равновесия прецессионных колебаний ЧЭ от «пуска к пуску».

Дифференцируя выражения (111.31) и (П1.29), получаем средние погрешности m_e и m_o —

$$m_o = \frac{1}{D^2} \left(t_l + t_r \right) m_o + \frac{2}{D} \delta_k + \dots \quad (X.58)$$

где t_d , — средние погрешности определения добротности (среднего значения из двух определений) и углов закручивания подвеса α и β ; $t_{пп}$ — средняя погрешность определения положения равновесия свбодных колебаний ЧЭ «от пуска к пуску».

Составляющие погрешности в формуле (X.58) могут быть получены дифференцированием выражения (П1.32) и по экспериментальным данным. Погрешность $t_{пп}$ при определении положения равновесия свободных колебаний перед каждым пуском методически исключается.

Принимая погрешность m и $t_{пп}$ определения любой точки реверсии одинаковой, погрешность m_o и $m_{оп}$ определения положения равновесия прецессионных и свободных колебаний ЧЭ при наблюдении четырех точек реверсии может быть получена по формуле

$$m_{пп} = \pm 0,56 / \alpha_{(п)}. \quad (X.59)$$

При оценке точности ориентирования по фактическим данным погрешности M_T и M_Q в формуле (X.55) могут быть получены по отклонениям единичных значений поправки гироскопа δ и гироскопического азимута Γ ориентируемой стороны от их средних значений $\delta_{ср}$ и $\Gamma_{ср}$.

$$M_{\Gamma} = \pm \sqrt{\frac{2 \sum (\delta - \delta_{ср})^2}{K_{\Gamma} - 1}} \quad (X.60)$$

В частном случае, если $K_{\Gamma} = K_{\delta} = 2$, формула (X.60) примет вид

$$(X.61)$$

где d_o и d — разности двойных определений гироскопических азимутов исходной и ориентируемой сторон.

Однако точность гироскопа будет отражать среднее значение погрешности $M_{аср}$, вычисленное из достаточно большого числа измерений ($K \wedge 20$)

$$M_{аср} = \pm \dots \quad (X.62)$$

5. Центрирование подземной сети

Отдельно задача центрирования сети возникает при производстве гироскопического ориентирования подземных съемок.

Эта задача решается проектированием отвеса, опущенного через вертикальную выработку, и последующим примыканием к нему на поверхности и ориентируемом горизонте (рис. X.13).

Проектирование отвеса и примыкание на поверхности осуществляется с соблюдением методов и требований, изложенных выше, в п. 3.

При проектировании через глубокие стволы могут наблюдаться большие амплитуды колебаний отвесов. В этих случаях при решении задачи центрирования сетей в качестве шкал можно применять нивелирные рейки, а фиксацию среднего положения отвеса осуществлять с помощью перемещения по полку деревянного бруска с закрепленным на нем острием. После установки в требуемом положении брусок прибивается гвоздями к полку и примыкание осуществляется к острию бруска.

Примыкание на ориентируемом горизонте производится проложением полигонометрического хода между отвесом А и стороной С'—D\ дирекционный угол которой определен гироскопическим ориентированием (см. рис. X.13). Точность угловых и линейных измерений в полигонометрическом ходе должна соответствовать требованиям, предъявляемым к точности построения подземных опорных сетей.

Центрирование сети необходимо произвести независимо дважды через один и тот же вертикальный ствол или через два разных. В последнем случае между отвесами на ориентируемом горизонте следует проложить соединительный полигон и связать его с гиростороной.

Последовательность вычисления координат при центрировании через один вертикальный ствол следующая.

1. Вычисление координат отвеса А в системе координат поверхности.

Рис. X.13. Схема центрирования сети через один ствол

2. Вычисление дирекционных углов подземного полигонометрического хода

$$a_i = \alpha_i + P_i \pm 180^\circ;$$

$$a_2 = a_1 + \beta_2 \pm 180^\circ;$$

где a_i — дирекционный угол гиростороны; — измеренные левые по ходу «гиросторона—отвес» горизонтальные углы.

3. Вычисление координат подземного полигонометрического хода:

$$x_2 = x_1 + l_3 \cos \alpha_3;$$

$$y_2 = y_1 + l_3 \sin \alpha_3;$$

$$x_3 = x_2 + l_2 \cos \alpha_2;$$

$$y_3 = y_2 + l_2 \sin \alpha_2;$$

$$x_{с/} = x_3 + l_{с/} \cos \alpha_{с/};$$

$$y_{с/} = y_3 + l_{с/} \sin \alpha_{с/};$$

$$x_{с/} = x_{с/} + l_{с/} \cos \alpha_{с/};$$

$$y_{с/} = y_{с/} + l_{с/} \sin \alpha_{с/};$$

где — измеренные длины сторон подземного хода.

На рис. X.14 приведена одна из возможных схем центрирования сети через два вертикальных ствола. При обработке результатов центрирования для исключения возможных ориентирных искажений, вызванных неточностью проектирования отвесов особенно через глубокие стволы, целесообразно принимать дирекционный угол гиростороны твердым.

Последовательность обработки центрирования сети через два вертикальных ствола следующая (см. рис. X.14).

1. Вычисление координат X_A , Y_A , X_B , Y_B отвесов A и B по результатам примыкания на поверхности.

2. Вычисление дирекционных углов соединительного полигона, начиная от гиростороны

$$\alpha_3 = \alpha_p - P_3 \pm 180^\circ;$$

$$\alpha_2 = \alpha_3 - P_2 \pm 180^\circ;$$

$$\alpha_i = \alpha_2 - P_i \pm 180^\circ;$$

$$\alpha_5 = \alpha_4 + P_4 \pm 180^\circ;$$

$$\alpha_6 = \alpha_5 + P_5 \pm 180^\circ.$$

3. Вычисление координат отвеса B на ориентируемом горизонте, принимая в качестве исходных координаты отвеса A :

$$x_B = x_A + l_1 \cos \alpha_1 + l_2 \cos \alpha_2 + \dots + l_n \cos \alpha_n;$$

$$y_B = y_A + l_1 \sin \alpha_1 + l_2 \sin \alpha_2 + \dots + l_n \sin \alpha_n.$$

4. Определение фактических невязок:

$$f_x = x_B - x_{с/} \approx x_B - x_{с/};$$

$$f_y = y_B - y_{с/} \approx y_B - y_{с/};$$

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

5. Определение допустимой линейной невязки:

$$f_{с/} \text{ доп} = \sqrt{D_1^2 + D_2^2 + D_3^2} \quad (X.63)$$

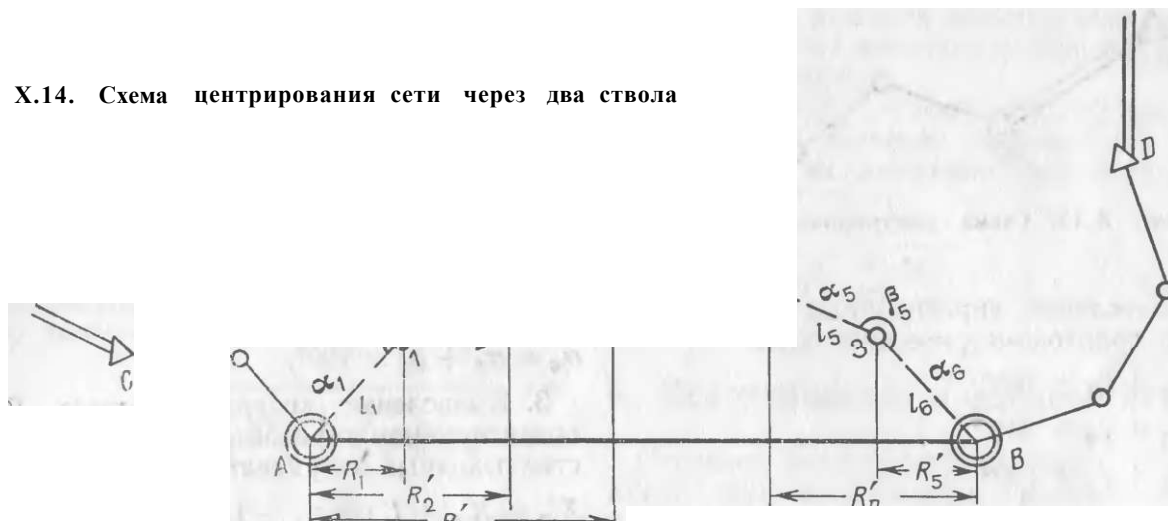
где D_x — допустимое расхождение двух независимых центрирований сети через одну вертикальную выработку; D_2 — допустимое расхождение в расстояниях между отвесами в зависимости от погрешностей измерения углов и длин соединительного полигона; D_3 — допустимое поперечное смещение отвеса B , считая отвес A исходным, вызванное погрешностями измерения дирекционного угла гиростороны, горизонтальных углов и длины сторон соединительного полигона.

Величина D_x установлена технической инструкцией и равна 0,05 м. Величина D_2 вычисляется по формуле (X.25), принятой при ориентировании через два ствола. Величина

$$L = \frac{S}{n} \quad (X.64)$$

где L — расстояние между отвесами A и B ; m_a — средняя погрешность определения дирекционного угла гиростороны; m_r — средняя погрешность измерения горизонтальных

Рис. X.14. Схема центрирования сети через два ствола



углов; R'_c — проекции на створ отвесов расстояний от точек 1, 2 и C' до отвеса Л и от точек Д\ 3 до отвеса В; $p = 5 \cdot 10^{-4}$ — коэффициент влияния случайных погрешностей измерения длин; ϕ — углы между сторонами подземного полигона и створом отвесов.

Величины $l_i \sin^2 \phi$ получаются для всех сторон подземного полигона графически двойным проектированием (см... рис. X.8).

6. Вычисление окончательных координат одной из конечных точек гиростороны.

В случае, если $fs < 5 \text{ доп}$ то окончательные координаты одной из точек, например C' , вычисляются по формулам:

$$X_{C'Г} = \quad + l_1 \cos a_x + l_2 \cos a_2 +$$

$$+ l_3 \cos a_3 - \quad C_i + \quad + \ll:$$

$$y_{C'} = y_A + l_1 \sin a_1 + \quad \sin a_2 +$$

$$+ l_3 \sin a_3 - \quad (l_1 + l_2 + l_3) -$$

Окончательные координаты остальных точек подземного полигона, в том числе и точки Д', вычисляются по обычным формулам, принимая в качестве исходных координаты точки C' и дирекционный угол a_2 гиростороны $C'D'$.

6. Вертикальная соединительная съемка

Передача высотной отметки с земной поверхности в горные выработки осуществляется (в зависимости от способа вскрытия месторождений) через горизонтальные, наклонные и вертикальные выработки. Исходными на поверхности являются реперы III

или IV классов нивелирования. Высотная отметка передается на постоянные пункты подземной высотной сети — реперы, заложенные группой (не менее двух реперов). В качестве реперов могут быть использованы постоянные пункты подземных полигонометрических сетей.

Методы передачи высотных отметок через горизонтальные и наклонные выработки аналогичны методам, принятым при построении высотных подземных маркшейдерских опорных сетей, и излагаются в главе XI.

Передачу высотных отметок через вертикальные выработки осуществляют методом линейных измерений с помощью длинной шахтной ленты, стальной проволоки или длинмера (глубиномера) ДА-2. Имеются предложения о передаче высотной отметки через вертикальные выработки с помощью светодальномеров. Однако практическая реализация этих предложений требует создания вспомогательных приспособлений и проведения специальных исследований с целью разработки методики, определения точности и установления области целесообразного применения метода.

Передача высотной отметки с помощью длинмера ДА-2. Длинномер ДА-2 представляет собой ручную лебедку с намотанной на барабане проволокой. При наматывании или сматывании проволока вращает специальный мерный диск, один оборот которого равен 1 м пропущенной проволоки. Число полных оборотов мерного диска фиксируется счетчиком оборотов. Неполные обороты с точностью до миллиметра оцениваются по шкале, нанесенной на ободу мерного диска.

Таким образом, чтобы измерить некоторый отрезок, достаточно, размотав проволоку, совместить зафиксированное на ней место с началом измеряемого отрезка и взять на-

чальный отсчет по счетчику и мерному диску. Затем, продолжая разматывание, совместить это же место проволоки с концом отрезка и взять конечный отсчет. Разность между конечным и начальным отсчетами будет являться измеренной длиной отрезка.

При передаче высотной отметки к концу проволоки подвешивается груз-рейка, выполненный в виде продолговатого цилиндра с нанесенными сантиметровыми делениями, оцифровка которых начинается снизу. Схема передачи высотной отметки дальномером ДА-2 представлена на рис. X.15.

В положении 1 груза-рейки берут отсчеты: N_u — по счетчику и шкале мерного диска, t_n — по термометру мерного диска, n_n — нивелиром A по шкале груза-рейки, a_n — нивелиром A по рейке, установленной на исходном репере R_u .

Груз-рейку дальномера опускают до положения 2 и берут отсчеты: N_m по счетчику и шкале мерного диска, t_m — по термометру в околоствольном дворе, n_m — нивелиром B по шкале груза-рейки, a_m — нивелиром B по рейке, установленной на определяемом репере R_m .

Этим заканчивается первый полуприем. Второй полуприем начинается взятием перечисленных выше отсчетов на горизонте околоствольного двора при измененных положениях груза-рейки и нивелира. В. Заканчивается второй полуприем взятием отсчетов на поверхности при измененном горизонте нивелира A .

Разность высот между реперами R_n и R_m вычисляется для каждого полуприема по формуле

$$h_{mi} = N_n - N_m + a_n + a_m - n_n - n_m \quad (X.65)$$

Если расхождение значений $h_{изм}$, полученных из первого и второго полуприемов, не превышает допустимого, то из двух значений $h_{изм}$ вычисляют среднее арифметическое и в него вводят поправки: A — за диаметр проволоки, $A/2$ — за компарирование диска, $A/3$ — за тепловое расширение проволоки, вызванное разностью температур на поверхности и в шахте, $A/4$ — за тепловое расширение окружности диска, вызванное разностью температур диска при компарировании и в момент измерений.

Рассмотрим указанные поправки, обозначив $l = N_n - N_m$ м.

Поправка на диаметр проволоки вычисляется по формуле

$$d/i = 0,001 ndl, \text{ м,}$$

где d — диаметр проволоки, мм.

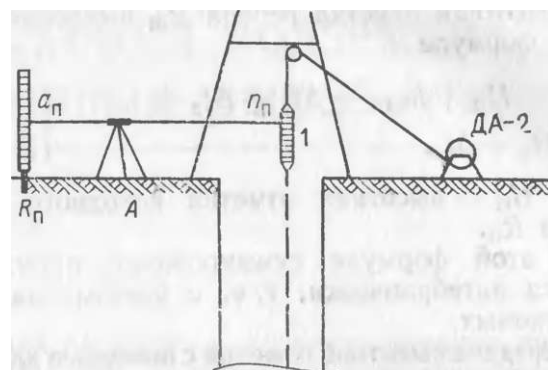


Рис. X.15. Схема передачи высотной отметки через вертикальный ствол

Поправка за компарирование диска вычисляется по формуле

$$A/2 \sim (k - 1) / \text{ м,}$$

где k — фактическая длина окружности мерного диска по паспорту.

Поправка за тепловое расширение проволоки вычисляется по формуле

$$A/3 = 0,5 a_1 (\theta_m - \theta_n), \text{ м,}$$

где a_1 — температурный коэффициент линейного расширения проволоки (для стали $a_1 = 1,2 \cdot 10^{-5}$); θ_n , θ_m — температура воздуха на поверхности и на горизонте околоствольного двора, °С.

Поправка за тепловое расширение окружности мерного диска вычисляется по формуле

$$A/4 = a_2 l (t_n - t_0), \text{ м,}$$

где a_2 — температурный коэффициент линейного расширения диска; t_0 — температура мерного диска при компарировании, °С.

Если $a_1 = a_2 = a$, то последние две поправки можно заменить одной

$$A/3 = 0,5 a l (\theta_m - \theta_n - 2t_0), \text{ м.}$$

Высотная отметка репера $/?_{ш}$ вычисляется по формуле

$$H_{ш} = H_n + \kappa_{изм} + M_1 + BI_2 + \Pi/3 + D/4, \quad (X.66)$$

где H_n — высотная отметка исходного репера R_n .

В этой формуле суммирование производится алгебраически, т. е. с учетом знаков слагаемых.

Передача высотной отметки с помощью длинной шахтной ленты. Схема передачи с помощью длинной шахтной ленты аналогична схеме, изображенной на рис. X.15. Отличие заключается в том, что вместо длинмера ДА-2 применяется ручная лебедка с намотанной на ее барабан длинной лентой. Для передачи высотной отметки ленту со вспомогательным грузом (3—5 кг) опускают до горизонта околоствольного двора, где вспомогательный груз заменяется рабочим грузом, равным принятому при компарировании ленты. После этого производится взятие отсчетов: n_n — нивелиром A по ленте; a_n — нивелиром A по рейке, установленной на исходном репере R_n ; $n_{ш}$ — нивелиром B по ленте и $a_{ш}$ — нивелиром B по рейке, установленной на определяемом репере. Одновременно с этим замеряется температура воздуха на поверхности t_n и на горизонте околоствольного двора $t_{ш}$. Этим заканчивается первый полуприем. Второй полуприем выполняется аналогично после смены горизонтов нивелиров A и B и небольшого (до 1 м) изменения по высоте положения ленты.

Разность высот между реперами R_n и R_m вычисляется для каждого полуприема по формуле

$$\Delta_{изм} = \Delta n - n_{ш} - f - a_n - [-a_{ш}]. \quad (X.67)$$

Если расхождение значений $\Delta_{изм}$, полученных из обоих полуприемов, не превышает допустимого, то эти значения усредняются и в полученный результат вводят поправки: D/i — за компарирование ленты; $D/2$ — за тепловое расширение ленты; $D/3$ — за удлинение ленты от собственной массы и $D/4$ — за удлинение ленты от разности масс грузов, принятых при измерении и при компарировании.

Поправка D/x за компарирование ленты принимается по паспорту или по результатам компарирования на местном компараторе.

Поправка за тепловое расширение ленты определяется по формуле

$$\Delta l_2 = \alpha l (t - t_0), \quad \text{м},$$

где α — температурный коэффициент линейного расширения ленты (для стали $\alpha = 1,2 \times$

10^{-5}); $t = 0,5 (t_n + t_{ш})$ — средняя температура воздуха в стволе, °C; t_n — температура компарирования ленты, °C; $I = n_n - n_{ш}$ — измеряемый интервал ленты, м.

Поправка за удлинение ленты от собственной массы вычисляется по формуле

$$\Delta l_3 = \frac{\gamma l^2}{20E}, \quad \text{м},$$

где γ — удельный вес материала ленты (для стали $\gamma = 7,8$); E — модуль Юнга (для стали $E = 2 \cdot 10^6$).

Поправка за удлинение ленты от разности масс грузов, принятых при измерении и при компарировании, вычисляется по формуле

$$\Delta l_4 = 100 \quad \text{м},$$

где p — масса рабочего груза, кг; p_0 — масса груза при компарировании, кг; F — площадь поперечного сечения ленты, мм².

Высотная отметка репера $R_{ш}$ вычисляется по формуле

$$\Delta_{ш} = \Delta n + \Delta_{изм} + \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 + \Delta l_4, \quad (X.68)$$

где Δn — высотная отметка исходного репера R_n .

В этой формуле суммирование производится алгебраически, т. е. с учетом знаков слагаемых.

Передача высотной отметки при наличии нескольких горизонтов может осуществляться тремя путями: одновременно на все горизонты с использованием одной опущенной ленты или длинмера; независимо на каждый горизонт, начиная с поверхности; ступенчато с передачей высотной отметки с горизонта на горизонт.

Список литературы

1. Воронков И. Н., Ашимов Н. М. Гироскопическое ориентирование. М., Недра, 1973.
2. Казаковский Д. А., Белоликов А. Н., Кротов Г. А. и др. Маркшейдерское дело. 2-е изд. М., Недра, 1970.
3. Лавров В. Н. Применение малогабаритных гирокомпасов МВТ-2 для построения подземных опорных маркшейдерских сетей. — Труды ВНИИ, сб. 75, Л., 1969.
4. Оглоблин Д. Н., Музыкантов В. Д. Гирокомпасы в маркшейдерском деле. Киев, Техника, 1970.
5. Справочник по маркшейдерскому делу. М., Недра, 1973.
6. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. Л., Недра, 1973.

Съемка подземных горных выработок

1. Общие положения

Назначение и основные правила выполнения маркшейдерской съемки. Маркшейдерская съемка — процесс определения на всех стадиях горного производства прямоугольных пространственных координат (x, y и z) различного рода точек на земной поверхности и в пределах объемных контуров месторождений полезных ископаемых, чтобы изучить по их совокупности рельеф и ситуацию земной поверхности горно-промышленных районов, естественные и искусственные обнажения горных пород, структуру месторождения, форму и размеры тел полезного ископаемого в недрах, распределение в нем полезных и вредных компонентов, свойства и строение горных пород, пространственное расположение горных выработок, процессы деформации горных пород и земной поверхности, возникающие в связи с ведением горных работ и отразить динамику производственного процесса горного предприятия во времени и пространстве.

Конечный продукт маркшейдерской съемки — чертежи горной графической документации, в которых синтезируются результаты изучения различных объектов, явлений и процессов, связанных с горным производством. Процесс создания чертежей включает три последовательно выполняемых этапа: натурные измерения и наблюдения явлений, математическая их обработка и оценка точности измеренных величин, наглядная геометрическая интерпретация полученных результатов.

Основополагающий принцип маркшейдерской съемки — последовательный переход от общих более точных геометрических построений к частным, менее точным. В соответствии с этим процесс съемки включает построение плановых и высотных маркшейдерских опорных сетей, построение съемочных сетей и съемочные работы.

Точность съемки и ее масштаб должны соответствовать решению поставленных вопросов. Погрешности в съемке и в отдельных маркшейдерских измере-

ниях не должны оказывать влияния на правильность решения горногеометрических и горнотехнических задач. Для этого они должны быть в два-три раза меньше величин, допускаемых при их решении.

Приборы и инструменты для натуральных измерений должны быть исследованы и проверены. Метод измерения должен исключать влияние систематических ошибок (измерения должны быть симметричны).

Все натурные измерения должны выполняться таким образом, чтобы осуществлялся контроль правильности съемки и отдельных маркшейдерских измерений, и сопровождаться оценкой точности измеренных величин.

Классификация подземных маркшейдерских сетей. Подземные маркшейдерские сети по их назначению подразделяют на:

подземные маркшейдерские опорные сети (главная геометрическая основа всех подземных съемок), состоящие из полигонометрических ходов, прокладываемых, как правило, по основным горным выработкам. Сети предназначены для развития съемочных сетей, составления планов горных выработок и других графических материалов с заданной точностью, а также для аналитического решения различных маркшейдерских и горнотехнических задач;

съемочные сети первого разряда (геометрическая основа съемки подготовительных выработок), состоящие из теодолитных ходов, прокладываемых по подготовительным выработкам значительной протяженности. Сети предназначены для съемки основных и других подготовительных выработок, пункты их служат исходными для выполнения сбоечных работ в пределах выемочного участка и для съемки очистных забоев;

съемочные сети второго разряда (геометрическая основа съемки нарезных выработок в очистных блоках и очистных забоях), состоящие из теодолитных ходов или ходов, прокладываемых инструментами пониженной точности (угломерами). Сети предназначены для съемки нарезных и очистных выработок, а также для выполнения

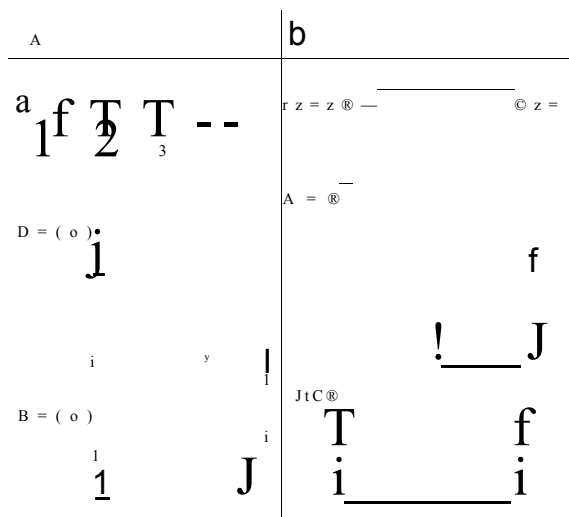
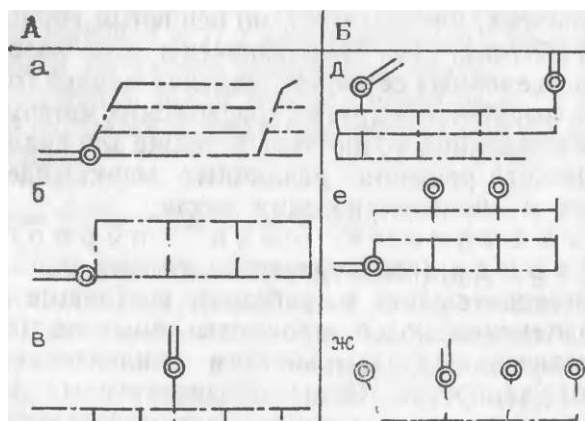


Рис. XI.1. Классификация полигонометрических ходов (свободных А, несвободных Б):

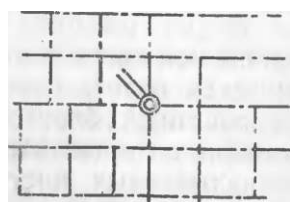
1 — сторона с твердым дирекционным углом; 2 — пункт с твердыми координатами; 3 — ход

сбоек нарезных выработок в пределах очистного блока;

сети повышенной точности специального назначения, прокладываемые для решения специальных задач (например, для выполнения сложных сбоек горных выработок). Точность угловых и линейных измерений в этих сетях устанавливают программой измерений, разработанной для каждого конкретного случая.



$$t \ t \ t = t$$



V

4

Рис. XI.2. Типовые схемы построения сетей: А — свободные сети; Б — несвободные сети

Классификация подземных полигонометрических ходов. В основу классификации" подземных полигонометрических ходов положено наличие в них избыточных исходных данных и обусловленный этим признаком метод контроля правильности проложения полигонометрических ходов. Подземные полигонометрические ходы разделяют на свободные и несвободные (рис. XI.1).

Свободные полигонометрические ходы опираются только на один пункт с твердыми координатами и на один твердый дирекционный угол. Свободные полигонометрические ходы разделяют на разомкнутые (висячие) и сомкнутые. Разомкнутые полигонометрические ходы (рис. XI.1, а) контролируют проложением повторного хода, а сомкнутые (рис. XI.1, в) — сравнением полученной суммы углов полигона и сумм приращений координат с теоретическими их значениями. По конфигурации разомкнутые полигонометрические ходы разделяют на вытянутые ходы и ходы ломаной формы (рис. XI.1, б).

Несвободные полигонометрические ходы имеют избыточные исходные данные. Их прокладывают между твердыми пунктами и твердыми дирекционными углами с полным контролем (рис. XI.1, г); между твердыми дирекционными углами с исходными координатами одного пункта, т. е. с контролем в дирекционных углах (рис. XI.1, д); между двумя пунктами с твердыми координатами и с исходным дирекционным углом, т. е. с контролем в координатах (рис. XI.1, е); между двумя пунктами с твердыми координатами без исходного дирекционного угла, т. е. с контролем по длине замыкающей хода (рис. XI.1, ж).

В последних трех случаях полный контроль правильности выполнения полигонометрических ходов отсутствует, вследствие чего прокладывают повторные ходы или повторно измеряют в одних случаях линии, в других — углы.

Системы построения сетей. Под системами построения сетей подразумевают их конструктивные особенности в отношении характера и формы ходов, наличия и характера избыточных данных, длины линий ходов и размещения сторон с избыточными дирекционными углами.

На системы построения подземных маркшейдерских сетей значительное влияние оказывают условия залегания месторождений, способы их вскрытия и системы разработки месторождений полезного ископаемого. От этих факторов зависит пространственное расположение горных выработок, по которым

прокладывают полигонометрические и теодолитные ходы, конструкция сетей в отношении их формы, длина сторон ходов, возможность соединения полигонометрической сети с пунктами маркшейдерской опорной сети на земной поверхности и с пунктами полигонометрических сетей смежных горизонтов.

Зависимость конструкции сети от горно-геологических факторов ограничивает выбор наиболее целесообразной системы построения сети и вынуждает применять системы с высокой трудоемкостью их построения, обладающие неоднородностью погрешностей положения пунктов сети.

Системы построения сетей разделяют на свободные и несвободные. Свободные системы имеют только один исходный пункт и одну исходную сторону, несвободные — имеют избыточные данные в координатах и дирекционных углах.

Нередко имеют место частично несвободные системы или только в координатах или только в дирекционных углах.

На рис. XI.2 представлены типовые схемы свободных и несвободных систем построения сети, из которых видны существенные их недостатки. К главным из них относятся: ограниченное количество или полное отсутствие избыточных дирекционных углов сторон сети, что приводит к резкой ее неоднородности. При этом главным источником накопления погрешностей в положении пунктов являются погрешности угловых измерений и погрешности ориентирования сети, необходимость прокладывания с целью контроля большого количества повторных ходов при построении сети и при ее возобновлении. Эти недостатки в построении сетей могут быть устранены только включением в технологию их построения гироскопического метода ориентирования сторон сети.

Точность съемки характеризуют погрешностью положения наиболее удаленной от шахтного ствола точки контура основных выработок. Для обеспечения правильного решения на основе планов горных выработок горногеометрических и горнотехнических задач, а также для согласования точности съемки с точностью графического построения планов горных выработок погрешность наиболее удаленной точки контура основной выработки по отношению к начальному пункту подземной маркшейдерской опорной сети или к ближайшему пункту маркшейдерской опорной сети на земной поверхности не должна быть более 0,8 мм в масштабе плана с доверительной вероятностью $p = 0,997$.

2. Построение подземных маркшейдерских опорных сетей

Основные элементы построения сети — составление технического проекта, закрепление пунктов, ориентирование сети, центрирование сети, угловые и линейные измерения, предварительная обработка результатов измерений, вычисление и уравнивание полигонометрических ходов и их систем.

Составление технического проекта сети. Основными данными для составления технического проекта сети являются генеральный план, определяющий основные направления развития горных работ на весь срок деятельности горного предприятия, календарные планы развития горных работ на пятилетия, фактическое расположение горных выработок и требования к точности построения опорных сетей.

В зависимости от способа вскрытия и системы разработки месторождения устанавливают основные конструктивные элементы сети, места примыкания подземной сети к пунктам и сторонам маркшейдерской опорной сети на земной поверхности, места замыкания полигонометрических ходов, размещение сторон с избыточными дирекционными углами и систем постоянных точек. При реконструкции или обновлении сети кроме вышеизложенного дают характеристику исходных данных, анализируют возможность использования ранее проложенных полигонометрических ходов и устанавливают методы и порядок уравнивания сети. Проект должен предусматривать использование всех возможностей примыкания подземной сети к пунктам маркшейдерской опорной сети на земной поверхности. При составлении проекта сети руководствуются следующими требованиями к точности построения подземных маркшейдерских опорных сетей.

Погрешность положения наиболее удаленного пункта полигонометрической сети по отношению к исходному пункту подземной сети или к ближайшим пунктам маркшейдерской опорной сети на земной поверхности не должна превышать 0,8 мм на плане; средняя погрешность измерения угла $\pm 20''$, средняя погрешность дирекционного угла, определенного гироскопическим методом, $\pm 30''$. Средние значения коэффициентов случайного влияния λ и систематического влияния X при линейных измерениях в выработках с углом наклона менее 15° должны составлять соответственно 0,0005 и 0,00005, в выработках с углом наклона более 15° — соответственно

0,0015 и 0,0001. Закон накопления погрешностей в полигонометрических ходах, зависящих от погрешностей линейных измерений, выражается формулой

$$m = \sqrt{[l]^2 + N_0 L^2} \quad (XI.1)$$

где $[l]$ — периметр полигонометрического хода, м; L — длина замыкающей, м.

К проекту сети прикладывают расчеты по предварительной оценке точности положения удаленных пунктов сети. При этом ожидаемую погрешность (0,8 мм на плане) принимают равной утроенной средней погрешности. Если ожидаемая погрешность положения удаленного пункта превысит установленный допуск, то пересматривают размещение сторон с избыточными дирекционными углами и если необходимо, увеличивают их число.

Основные расчетные формулы точности положения пунктов: при вычислении по неуравновешенным углам

$$M^2 = \frac{[l]^2}{m} + \frac{m}{f} \cdot \frac{[D_{1..j}]^2}{m} \quad (XI.2)$$

при вычислении по предварительно уравновешенным углам

$$M^2 = \frac{[l]^2}{m} + N_0 + \frac{m}{[D_{1..j}]} \quad (XI.3)$$

при наличии в ходе $k-1$ избыточных дирекционных углов, разделяющих ход на k секций,

$$M^2 = \frac{[l]^2}{m} + N_0 + \frac{m}{[D_{1..j}]} + \frac{w \cdot l_u + \dots + N_0}{\dots} + \frac{D_{01,0P}^2}{\dots} \quad (XI.4)$$

В формуле (XI.4) для каждой секции вычисляют свой центр тяжести, что значительно уменьшает влияние угловых погрешностей; римскими цифрами обозначены номера секций.

Для ходов вытянутой формы с примерно равными сторонами вместо формул (XI.2),

(XI.3), (XI.4) пользуются соответственно формулами:

$$M^2 = \frac{1}{2} L^2 + N_0 L^2 + \frac{m}{p} L^2 \frac{n-3}{12} + \frac{m^2}{p^2} \quad (XI.2')$$

$$M^2 = \frac{1}{2} L^2 + N_0 L^2 + \frac{m}{p} L^2 \frac{n-3}{12} + \frac{m^2}{p^2} \quad (XI.3')$$

$$M^2 = \frac{1}{2} L^2 + N_0 L^2 + \frac{m}{p} L^2 \frac{n-3}{12} + \frac{m^2}{p^2} \quad (XI.4')$$

В формулах приняты следующие обозначения: M' — средняя квадратическая погрешность положения конечной точки хода для случая предварительно не исправленных за угловую невязку углов; M — то же, но для углов предварительно исправленных; j_a — коэффициент случайного влияния в линейных измерениях; l — длина стороны хода; L — длина замыкающей хода; k — коэффициент систематического влияния в линейных измерениях; $1/p$ — средняя квадратическая погрешность измерения угла поворота; p — число секунд в радиане; n — число сторон в ходе; $D_{n+1..t}$ — расстояние между пунктами с номером $n+1$ и t ; $D_{0..i}$ — расстояние между центром тяжести и пунктом с номером i ; t_a — средняя квадратическая погрешность дирекционного угла; k — число секций хода.

В случаях, когда объем вычислительных работ по предварительной оценке точности положения пунктов значительный, применяют ЭВМ с использованием программ, разработанных ВНИМИ.

Закрепление пунктов опорной сети и типы центров. Постоянные пункты подземной маркшейдерской опорной сети устанавливают в местах, обеспечивающих полную их неподвижность. Как правило, этому требованию удовлетворяют капитальные горные выработки, пройденные в коренных породах. Избегают установки пунктов в тех выработках, которые в данный момент находятся в зонах опорного давления или подработки или же будут находиться в них в ближайшее время.

Рис. XI.3. Конструкция центров постоянных маркшейдерских пунктов в подошве выработок:

1 — металлический стержень; 2 — бетон; 3 — забутовка; 4 — деревянная крышка; 5 — горная порода

Пункты устанавливают в выработках с длительным сроком службы и в таких местах, где не предполагается рассечка новых горных выработок, расширение их или реконструкция транспорта. Расположение постоянных пунктов в пределах шахтного поля должно удовлетворять потребности съемочных работ, поэтому пункты устанавливают вблизи объектов съемки и сопряжений капитальных горных выработок. Расстояния между постоянными пунктами одной системы принимают максимальными и примерно равными друг другу при хорошей взаимной видимости. Выбранные места установки постоянных пунктов фиксируют в горных выработках и составляют эскизы их расположения.

Конструкция центров постоянных маркшейдерских пунктов зависит от места их расположения в выработке. Все типы маркшейдерских центров должны быть простыми по конструкции и устойчивыми против коррозии.

Диаметр отверстия, керна или ширина щели центра пункта должны быть не более 2 мм. При пользовании пунктами, установленными в боках выработок, применяют специальные консоли, конструкция которых должна обеспечивать однозначное положение центра пункта. Конструкции центров маркшейдерских постоянных пунктов и приспособлений для подвешивания к ним отвесов и реек представлены на рис. XI.3, XI.4, XI.5, XI.6 и XI.7.

Конструкции центров временных маркшейдерских пунктов рис. XI.8 зависят от вида и способа закрепления пунктов.

Способы закрепления маркшейдерских пунктов: в котлованах или шпурах с помощью цементного раствора, бетона или деревянных пробок; бесшпуровой — с помощью цементного раствора.

Для закрепления центров в подошве используют бетон в пропорции 1 : 2 : 4 (на одну

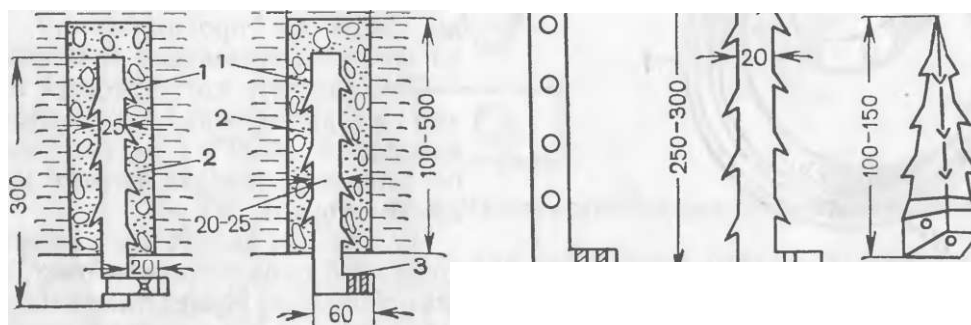


Рис. XI.4. Центры пунктов в кровле выработки;

1 — металлический стержень; 2 — бетон; 3 — медная или свинцовая пробка

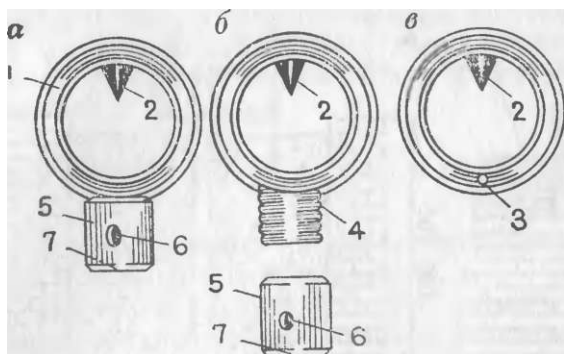


Рис. XI.5. Самоцентрирующееся кольцо с переходной шпилькой и навинченной гайкой (а); кольцо с переходной шпилькой и с отвинченной гайкой (б); кольцо без переходной шпильки (в):

1 — кольцо; 2 — приваренный к кольцу конус; 3 — отверстие для шнура отвеса; 4 — переходная шпилька с резьбой; 5 — гайка, навинченная на шпильку; 6 и 7 — отверстия для шнура отвеса (отверстия 7 в днище гайки не видно)

часть цемента берут две части песка и четыре части гравия или щебня). Для закрепления центров в обводненных породах применяют бетон следующего состава: одна часть быстротвердеющего цемента, одна часть песка и одна часть щебня.

Центры в кровле закрепляют с помощью цементного раствора в пропорции 1:2 (на одну часть цемента берут две части сухого песка; воды добавляют не более 0,7 части). Время затвердевания, при котором обеспечивается 50% прочности, для цементного раствора составляет двое суток, а для бетона — двое-трое суток. При использовании быстротвердеющего цемента бетон или цементный раствор приобретает 50% прочности через 3 ч. Пробки для забивки в шпур делают из березы или дуба.

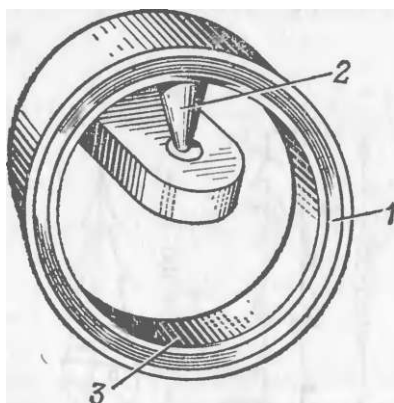


Рис. XI.6. Самоцентрирующееся кольцо на центре маркшейдерского пункта:

1 — кольцо; 2 — приваренный к кольцу конус; 3 — отверстие для шнура отвеса

На стойках крепи или на боках выработки против каждого пункта прибивают металлическую пластинку или окрашенную досочку с номером пункта. На жестяной пластинке номер выбивают пробойником, на досочке номер пишут масляной краской. В выработках без крепи или с бетонной крепью номера пунктов пишут масляной краской на боках выработок.

Ориентирование сети

Способы ориентирования подземных сетей изложены в гл. X. Гироскопический метод ориентирования дал возможность внедрить новую технологию построения подземных сетей — систему с определением избыточных дирекционных углов сторон сети и систему локальных фланговых сетей.

В первом случае подземную полигонометрическую сеть разделяют на секции. В каждой секции независимо с помощью гирокомпасов определяют дирекционный угол одной из сторон сети, уравнивают совместно результаты угловых измерений и результаты независимого определения дирекционных углов сторон в секциях, учитывая их весовые значения или принимая их за твердые.

Сети с определением избыточных дирекционных углов имеют значительные преимущества: улучшается однородность сети и значительно повышается точность положения наиболее удаленных пунктов сети; представляется возможность регулировать величины погрешностей положения пунктов сети в значительных пределах соответствующим размещением сторон с избыточными дирекционными углами; увеличивается степень надежности сети; повышается производительность труда маркшейдеров (примерно в 1,5 раза).

Повышение точности положения пунктов видно из табл. XI.1, в которой приведено отношение погрешности конечного пункта свободного вытянутого полигонометрического хода, зависящей от погрешности угловых измерений, к соответствующей погрешности положения пункта полигонометрического хода такой же протяженности, разделенного на секции (показатель точности).

При подсчете погрешностей принято: средняя квадратическая погрешность угловых измерений $\pm 20''$, средняя квадратическая погрешность ориентирования $\pm 30''$, средняя длина стороны 50 м.

Из таблицы видно, что точность положения конечного пункта полигонометрического хода длиной 5000 м, разделенного на секции (длина секции 1 км), увеличивается почти в 7 раз. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ предписывает обяза-

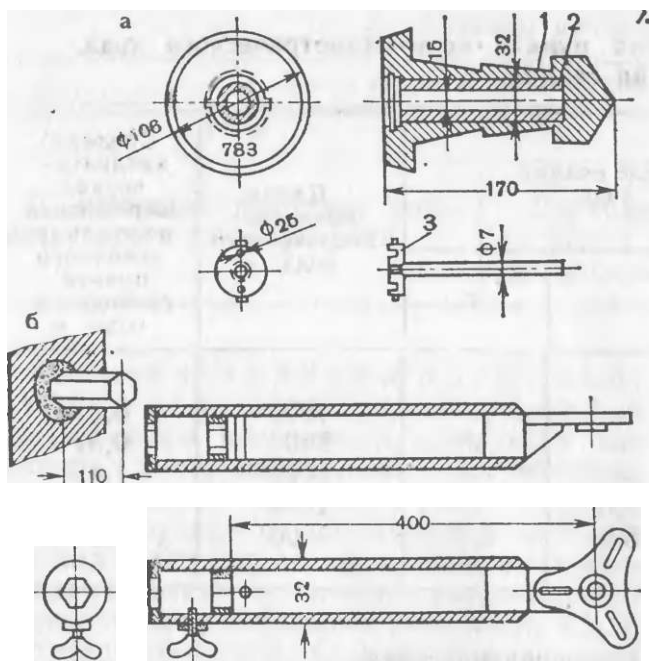


Рис. XI.7. Комплекты типов центров пунктов, закладываемых в боках выработки:

а — со штангой, стержень которой помещают во втулку литой детали; б — со штангой, надеваемой на шестигранный металлический стержень

тельное применение сетей с определением избыточных дирекционных углов на шахтах с размерами крыльев шахтного поля, превышающими 2 км.

Стороны с избыточными дирекционными углами размещают так, чтобы обеспечивались наибольшая точность и однородность сети и минимум работ по ее построению.

На рис. XI.9 приведены примеры размещения сторон с избыточными дирекционными углами в полигонометрических ходах различных типов.

Длину секции или расстояние между сторонами с избыточными дирекционными углами принимают не более 1 км. При повышении точности угловых измерений до $\pm 10''$ эти расстояния могут быть увеличены до 2 км. Определение избыточного дирекционного угла стороны хода вводят в том случае, когда его погрешность будет в 3—4 раза меньше погрешности дирекционного угла этой же стороны, полученного посредством последовательной передачи его по сторонам полигонометрического хода. При разделении на секции висячий полигонометрический ход прокладывают один раз вместо двух, поэтому каждую линию в нем (для исключения грубых

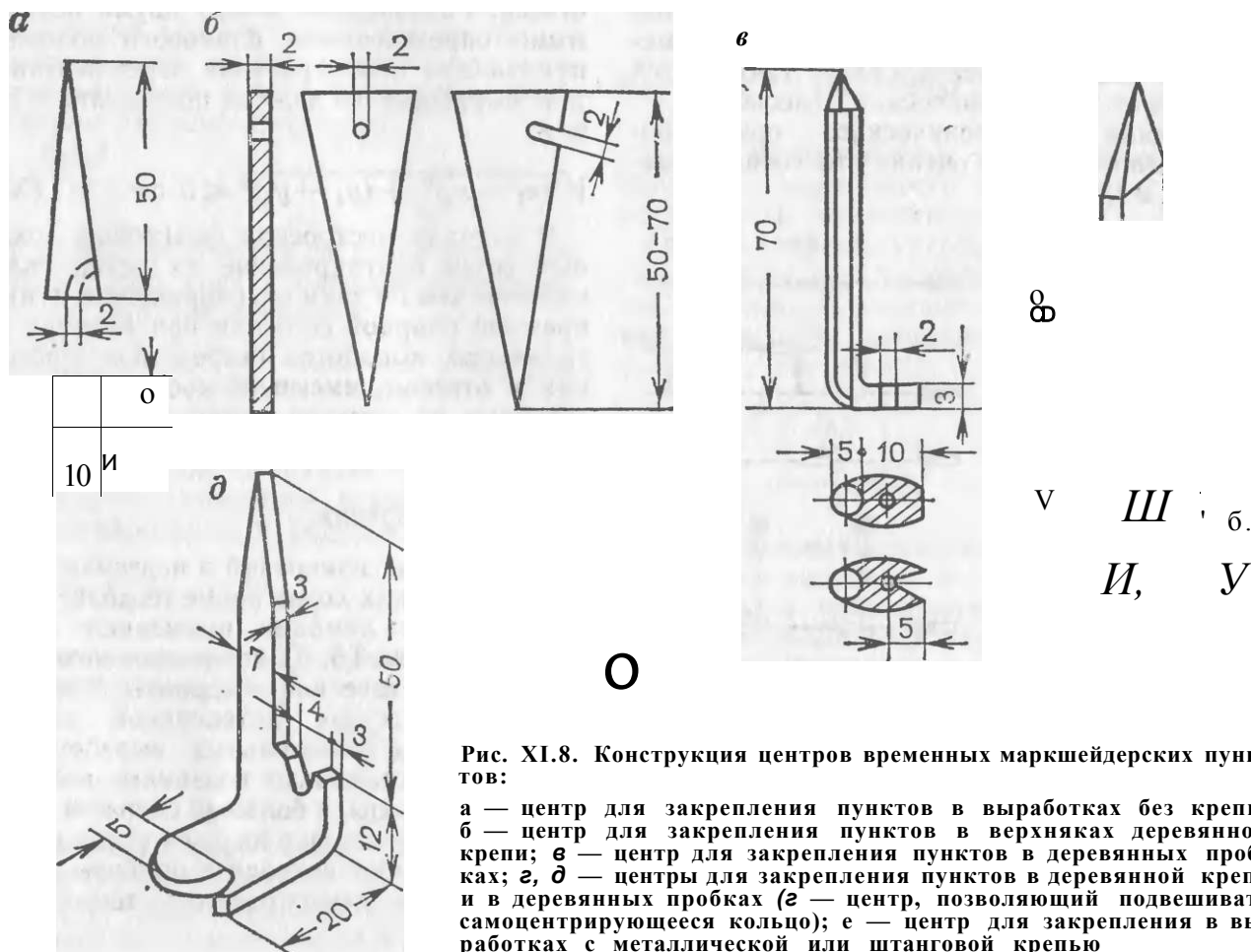


Рис. XI.8. Конструкция центров временных маркшейдерских пунктов:

а — центр для закрепления пунктов в выработках без крепи; б — центр для закрепления пунктов в верхних углах деревянной крепи; в — центр для закрепления пунктов в деревянных пробках; г, д — центры для закрепления пунктов в деревянной крепи и в деревянных пробках (г — центр, позволяющий подвешивать самоцентрирующееся кольцо); е — центр для закрепления в выработках с металлической или штанговой крепью

Таблица

Х1.3

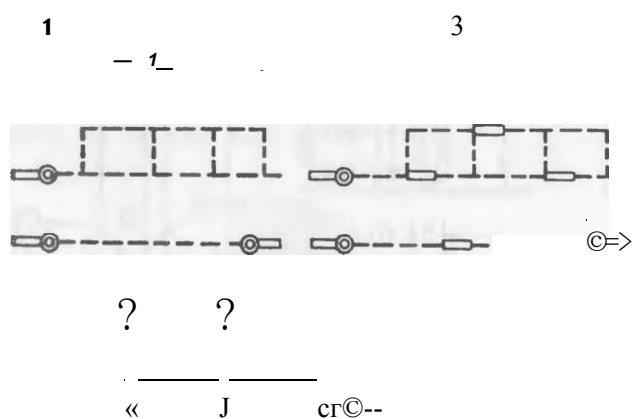
Показатель точности определения положения пункта полигонометрического хода, разделенного на секции

Число сторон хода	Показатель точности при числе секций в полигонометрическом ходе					Длина полигонометрического хода, м	Средняя квадратическая погрешность положения конечного пункта свободного хода, м
	1	2	3	4	5		
20	1,7					1000	0,31
40	1,7	3,0	—		—	2000	0,81
60	1,9	3,3	4,3		—	3000	1,45
80	1,9	3,3	4,3	5,5	—	4000	2,18
100	1,9	3,4	4,8	5,9	6,7	5000	3,01

ошибок) обязательно измеряют независимо дважды— в прямом и обратном направлениях.

В случаях, когда горные работы удалены от ствола шахты более чем на 1,5—2 км, а пункты подземной маркшейдерской опорной сети подвергаются сдвигению, на флангах шахтного поля строят локальные опорные сети, возобновляемые при обнаружении смещения пунктов. Ориентирование таких сетей выполняют гироскопическим способом.

Методика гироскопического ориентирования сторон сети и оценка его точности изложены в гл. X.



от

Рис. XI.9. Примеры размещения сторон с избыточными дирекционными углами:
/ — исходные данные; 2 — ход; 3 — сторона с избыточным дирекционным углом

Центрирование сети

Центрирование сети выполняют в соответствии с рекомендациями, изложенными в гл. X.

Координаты пункта на горизонте горных работ определяют дважды или со смещением отвеса. Расхождение между двумя независимыми определениями планового положения пункта при центрировании через вертикальную выработку не должно превышать ± 5 см, т. е.

$$^{\wedge}(*1 - *2)^2 + (</1 - </2)^2 < 5 \text{ см.} \quad (\text{XI.5})$$

В случаях построения фланговых локальных сетей центрирование их осуществляют не менее чем по двум сохранившимся пунктам прежней опорной сети или при наличии вертикальных выработок посредством примыкания к отвесам, имеющим координаты, определенные от пунктов маркшейдерской опорной сети на земной поверхности.

Угловые измерения

Для угловых измерений в подземных полигонометрических ходах кроме теодолитов с металлическими лимбами применяют оптические теодолиты Т5, Т2 отечественного производства и оптические теодолиты Theo020 и Те-D4. Вследствие интенсивной загрузки основных подготовительных выработок, по которым прокладывают подземные полигонометрические ходы, и большой скорости движения воздушной струи в них для угловых измерений применяют консоли и приборы для автоматического центрирования теодолита и сигналов.

Таблица XI.2

Способы центрирования теодолита

Длина стороны (проекция на горизонтальную плоскость), м

5—10

10—20

более 20

С помощью приборов автоматического центрирования

Двукратное центрирование теодолита (с измерением угла при каждом центрировании)

Однократное центрирование теодолита

Основные источники погрешностей угловых измерений — центрирование инструмента и редукция сигналов, инструментальные погрешности, внешние условия измерения углов. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ определяет способы центрирования теодолита и сигналов в зависимости от длины сторон измеряемого угла (табл. XI.2).

Указанные в табл. XI.2 способы центрирования инструмента рассчитаны, исходя из средней квадратической погрешности измерения угла, равной $\pm 20''$. При использовании для угловых измерений современных оптических теодолитов с точностью отсчетных приспособлений $\pm 2—6''$ и для реализации ее необходимо значительно повысить точность центрирования теодолита и сигналов. Влияние погрешности центрирования теодолита $\Delta \mu$ на измеряемый угол в вытянутых ходах с примерно равными сторонами

$$\tau_{\mu} = \frac{2e_2 p^2}{l^2} \quad (XI.6)$$

При равных редукциях сигналов для условий вытянутого хода с равными сторонами совместное влияние редукций

$$m_p^2 = i \frac{1}{2} \epsilon \quad (XI.7)$$

Как правило, инструмент и сигналы центрируют с одинаковой точностью, т. е. $e = e_2$. В этом случае совместное влияние погрешности центрирования и редукций

$$m_{u-p} = -f \text{ у з.} \quad (XI.8)$$

Задаваясь величиной [погрешности $\tau_{\mu \cdot p}$, рассчитывают допустимую величину e по формуле

$$e = \frac{\tau_{\mu \cdot p} \cdot l}{p} \quad (XI.9)$$

В приведенных формулах e — погрешность центрирования теодолита; e_2 — редукция сигналов, l — средняя длина стороны вытянутого хода; p — число секунд в радиане.

Если при измерении углов теодолитом $T5$ принять $\tau_{\mu \cdot p} = \pm 2''$, то погрешность центрирования теодолита и редукции сигналов при средней длине стороны хода 40 м не должна выходить за пределы $\pm 0,2$ мм, что может быть достигнуто только при применении приборов для автоматической центровки теодолита и сигналов.

Среднюю квадратическую погрешность измерения угла $\Delta \mu$, зависящую от погрешностей отсчитывания и визирования, для способа повторений и способа круговых приемов вычисляют соответственно по формулам:

$$m_a = \sqrt{\frac{1}{np} m_z^2 + m_i^2} \quad (XI.10)$$

$$m \quad (XI.11)$$

где p — число приемов; p — число повторений; m_a — погрешность визирования; m_0 — погрешность отсчитывания.

Оценку точности угловых измерений с учетом влияния всех источников погрешностей, как правило, вычисляют по угловым невязкам полигонов, пройденных в одинаковых условиях, по формуле

$$\mu = \frac{N}{N} \quad (XI.12)$$

где μ — угловая невязка полигона; p — число углов в полигоне; N — число полигонов.

Способы и последовательность измерения углов. Для теодолитов с точностью отсчетных приспособлений $30''$ инструкция по производству маркшейдерских работ рекомендует выполнять измерение горизонтальных углов одним повторением с такой последовательностью действий: устанавливают нуль алидады на отсчет, близкий к нулю; вращая лимб, визируют на задний сигнал и берут отсчеты; вращая алидаду по ходу часовой стрелки, визируют на **передний** сигнал и берут контрольный отсчет; переводят

Таблица X1.3

Допустимые расхождения углов в приемах

теодолиты	Колебания 2 с	Расхождения углов в приемах
T2 и другие равноточные	10"	10"
T5 и другие равноточные	15"	15"

трубу через зенит и, освободив лимб и вращая его вместе с алидадой по ходу часовой стрелки, визируют на задний сигнал; освободив алидаду, визируют на передний сигнал и берут отсчеты.

На этом измерение угла заканчивают. Значение угла получают как разность двух направлений, деленную на два. Расхождение между контрольным углом и углом, полученным из измерения, не должно превышать $\pm 45''$.

Этот способ измерения угла имеет преимущество перед другими способами в сокращении затрат времени на измерение угла, но он не исключает влияния и накопления систематических ошибок.

При большой длине полигонометрических ходов применяют полный способ повторения с последовательностью действий: устанавливают нуль алидады на 0°; близкий к нулю; затем, вращая лимб, визируют на задний сигнал и берут отсчеты; вращая алидаду по ходу часовой стрелки, визируют на передний сигнал и берут контрольный отсчет; освободив лимб и вращая его вместе с алидадой по ходу часовой стрелки,

визируют на задний сигнал; освободив алидаду и вращая ее по ходу часовой стрелки, визируют на передний сигнал и берут отсчеты; переводят трубу через зенит, устанавливают нуль алидады на отсчет, близкий к 90°, визируют на передний сигнал и берут отсчеты; вращая алидаду по ходу часовой стрелки, визируют на задний сигнал и берут контрольный отсчет; открепив лимб и вращая его вместе с алидадой по ходу часовой стрелки, визируют на передний сигнал; освободив алидаду, визируют на задний сигнал и берут отсчеты. На этом заканчивают измерение угла одним приемом из двух повторений.

Значение угла, измеренного в каждом полуприеме, получают как разность двух направлений, деленную на число повторений (в данном случае на два). При этом в случаях перехода нуля алидады через нулевой штрих лимба, что определяют по значению контрольного угла, прибавляют к разности отсчетов 360°.

Расхождение между контрольным углом и углом, полученным из измерения, для теодолитов с точностью 30" не должно превышать 45". Сумма левого и правого углов не должна отличаться от 360° более чем на 30". Невязку распределяют на каждый измеренный угол поровну.

Измерение горизонтальных углов непоторительными теодолитами выполняют способом круговых приемов в количестве не менее двух, соблюдая последовательность: визируют на задний сигнал и устанавливают лимб инструмента в положение, при котором отсчет по лимбу близок к 0°; дают несколько оборотов алидаде по ходу часовой стрелки и, продолжая движение алидады, визируют на задний сигнал и берут отсчет; вращая алидаду по ходу часовой стрелки, визируют на передний сигнал и берут отсчет; переводят трубу через зенит и, вращая алидаду по ходу часовой стрелки, снова визируют на передний сигнал и берут отсчет; продолжая вращать алидаду по ходу часовой стрелки, визируют на задний сигнал и берут отсчет. На этом заканчивают измерение угла одним приемом. При измерении углов двумя приемами, закончив первый прием, устанавливают лимб на отсчет, близкий к 90°, и измеряют угол в той же последовательности, но вращая алидаду против хода часовой стрелки. За контроль правильности измерения углов способом приемов принимают величины колебания двойной коллимационной погрешности 2 с и расхождения углов в приемах, не превышающие значений, приведенных в табл. XI.3.

Указанные в табл. XI.3 величины колебаний 2 с приведены для случаев измерения уг-

Таблица XI.4

Допустимые расхождения углов в приемах I при измерениях в наклонных выработках

Углы наклона выработки, градусы	Допустимые расхождения между углами отдельных приемов, секунды
32—45	45
46—60	60
61—70	90
71—75	120

ЛЮБ с приблизительно равными по длине сторонами, близкими к горизонтальным. При измерении углов с резко различной длиной сторон или с различными углами их наклона колебания 2 с могут быть значительно больше указанных в табл. XI.3. В этих случаях добавляются указанных допусков в колебаниях 2 с только для направлений, измеряемых примерно в одинаковых условиях по длине линий и по углу наклона.

На узловых точках (число направлений более двух) угловые измерения способом приемов выполняют в такой последовательности: визируют на марку начального направления и устанавливают лимб инструмента на отсчет, близкий к нулю; дают несколько оборотов алидаде по ходу часовой стрелки и, продолжая движение алидады, визируют на марку начального направления, берут отсчет, вращая алидаду по ходу часовой стрелки, визируют последовательно на марки всех остальных направлений и берут соответствующие отсчеты; продолжая вращать алидаду по ходу часовой стрелки, снова визируют на марку начального направления, берут отсчет и сравнивают с ранее взятым отсчетом, переводят трубу теодолита через зенит и при вращении алидады против хода часовой стрелки визируют на марку начального направления и берут отсчет; вращая алидаду против хода часовой стрелки, визируют последовательно на марки всех направлений и берут соответствующие отсчеты; продолжая вращать алидаду против хода часовой стрелки, снова визируют на марку начального направления, берут отсчет и сравнивают его с ранее взятым отсчетом при данном положении вертикального круга. Устанавливают отсчет по лимбу близким к 90° и выполняют второй прием с соблюдением вышеуказанной последовательности действий. Результаты измерений записывают в журналы, формы которых приведены в технической инструкции по производству маркшейдерских работ.

Измерение горизонтальных углов в выработках с углом наклона более 30° выполняют способом приемов теодолитами с накладным уровнем, для чего закрепляют лимб повторительного теодолита на все время измерения угла; устанавливают вертикальную ось вращения инструмента в отвесное положение с помощью накладного уровня независимо перед каждым приемом; вращают инструмент в одну и ту же сторону (при установке вертикальной оси вращения инструмента по уровню и в процессе измерения углов). Расхождения в углах, полученных из отдельных приемов, не должны превышать величин, приведенных в табл. XI.4.

Линейные измерения

Длину сторон в подземных полигонометрических ходах, как правило, измеряют стальными рулетками длиной от 20 до 50 м, мерными лентами, длиномерами АД-1М, мерными проволоками и светодалями мерными МСД-1М.

Для ослабления влияния систематических и случайных погрешностей на результаты измерения линий в подземных полигонометрических ходах инструкция по производству маркшейдерских работ предъявляет следующие требования к линейным измерениям. Измерение линий выполняют только компарированными мерными приборами; отклонение концов интервалов от створа при минимальной длине интервала в 10 м не должно превышать 10 см. Линии измеряют при постоянном натяжении мерного прибора, равном натяжению его при компарировании. Температуру воздуха учитывают в том случае, если изменение ее относительно температуры компарирования превышает $\pm 5^\circ \text{C}$. Отсчеты при измерении интервалов фиксируют до миллиметров. Каждый интервал измеряют не менее двух раз, при этом второе измерение выполняют при смещении мерного прибора. Для приведения измеренной длины линий на горизонтальную плоскость углы наклона линий измеряют теодолитом. Каждую сторону полигонометрического хода измеряют дважды в прямом и обратном направлениях. При измерении длины линий рулетками и мерными лентами оценка точности линейных измерений заключается в определении коэффициентов случайного влияния $\wedge$ и систематического влияния Я. Для определения этих коэффициентов используют разности независимых* двукратных измерений линий. К независимым измерениям относят измерение линий в прямом и обратном направлениях. Число разностей должно быть достаточно большим — не менее 100.

£ Коэффициент случайного влияния

$$y = 2(p - 1) \cdot \wedge^{X113}$$

коэффициент систематического влияния,

$$* = \wedge^{X114}$$

где I — длина линии; п — число линий; d — разность между длиной линии, измерен-

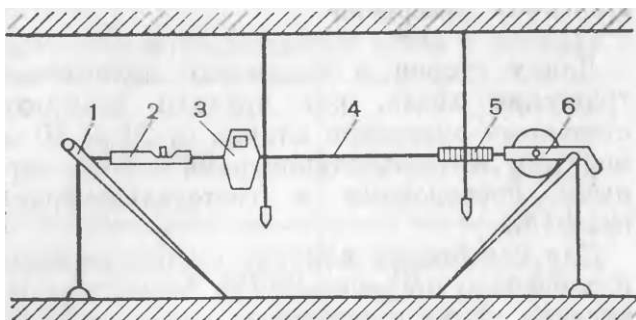


Рис. XI. 10. Расположение оборудования при измерении линий длиномером АД-1м:
1 — распорная стойка; 2 — пружинный динамометр; 3 — длиномер; 4 — проволока; 5 — шкала; 6 — бобина с проволокой

ной в прямом и обратном направлениях;

$p = d' = d - Л/$ — случайная ошибка разности двойных измерений.

Здесь следует заметить, что по формуле (XI. 14) определяется коэффициент остаточного систематического влияния. Для определения полного коэффициента систематического влияния необходимо сравнение измеренных линий с более точным их значением.

Измерение линий рулетками и мерными лентами выполняют, как правило, одновременно с угловыми измерениями. Линии измеряют на весу между центрами шпилей консолей или между центрами вкладышей, которыми заменяют теодолит и визирные марки. Измерение линий между качающимися шнурами отвесов не рекомендуется. В том случае, если длина измеряемой линии превышает длину мерного прибора, в створе линии устанавливают распорную колонку. В процессе измерения линий на мерный прибор попадает вода, а также грязь, что изменяет его вес, а следовательно, и стрелу провеса. Поэтому рекомендуется через каждые 15—20 м поддерживать плотно рулетку специальными устройствами, а поправку на провес в измеренные линии не вводить.

Измерение линий выполняют в такой последовательности. После окончания измерений горизонтальных и вертикальных углов на пункте в створе линий на заднюю и переднюю точки устанавливают поддерживающие устройства и, если необходимо, распорные колонки. Затем снимают теодолит и визирные марки, а в подъемные аппараты или в консоли устанавливают вкладыши для измерения линий. Развертывают рулетку в сторону задней точки и при помощи клеммы или зажима прикрепляют к ней динамометр.

Проверяют правильность положения рулетки, создают необходимое натяжение и по команде берут отчеты по обоим концам рулетки, записывая их в журнал для измерения линий. После этого, сдвигая рулетку, берут еще две пары отсчетов. Расхождение между результатами отдельных измерений не должно быть более 5 мм. Среднее из трех измерений сравнивают со средним значением длины линии, измеренной в прямом направлении. Расхождение между прямым и обратным значениями не должно превышать 1 : 3000 длины измеряемой линии. После этого приступают к измерению линии до передней точки, соблюдая тот же порядок действий. Одновременно измеряют температуру воздуха и записывают ее в журнал измерения линий.

Измерение линий длиномером АД-1М применяют при длине линий более 50 м. Подготовку к измерению и измерение линий осуществляют в такой последовательности: около одной из точек (как правило, около передней) устанавливают стойку с закрепленной на ней бобиной, а около другой — стойку с закрепленным динамометром; стойки раздвигают на необходимую высоту; включают тормозное устройство барабана бобины и разматывают проволоку, после чего стопорят барабан; соединяют проволоку с натяжным роликом динамометра и, вращая его рукоятку, натягивают проволоку. Ослабив натяжение проволоки, заводят ее в длиномер и укладывают на направляющие ролики и мерный диск, после чего вновь натягивают проволоку. На проволоке около концов измеряемой линии с помощью зажимных винтов закрепляют шкалы; нулевые штрихи шкал помещают внутрь измеряемой линии; затем прокатывают длиномер для приведения проволоки в рабочее состояние.

Схема расположения оборудования при измерении линий представлена на рис. XI. 10.

Для измерения линий фиксатор длиномера совмещают с нулем задней (передней) шкалы, закрепляют зажимной винт мерного диска и берут начальный отсчет по длиномеру освобождают зажимной винт мерного диска и прокатывают длиномер по проволоке к другому концу измеряемой линии; фиксатор динамометра устанавливают у метки, соответствующей натяжному усилию в 15 кг (допускают отклонение от метки не более ± 5 мм). Если в процессе прокатки мерного диска отклонение фиксатора превосходит указанные пределы, то их устраняют вращением рукоятки динамометра. Затем совмещают фиксатор длиномера с нулем

передней (задней) шкалы и после закрепления зажимного винта мерного диска берут отсчет по длиномеру N_2 освобождают зажимной винт мерного диска и, слегка поддерживая длиномер, берут против фиксаторов концов линии одновременно отсчеты по задней и передней шкалам n_1 и n_2 . На этом заканчивают первый полуприем. Смещают шкалы в пределах их делений и начинают второй полуприем измерения линии в обратном направлении, соблюдая указанную выше последовательность действий. Температуру воздуха измеряют для каждой линии.

Измерение линий светодальномером МСД-1М выполняют в тех случаях, когда стороны полигонометрических ходов превышают 50 м, а углы измеряют с применением трехштативной системы. В этих случаях после выполнения угловых измерений снимают теодолит и визирные марки и вместо них устанавливают в подъемные аппараты светодальномер и отражатели; этим устраняют затраты времени на центрирование прибора и отражателей.

В свободных разомкнутых ходах, а также в ходах специального назначения измерение линий светодальномером выполняют в прямом и обратном направлениях, т. е. с переменой мест установки светодальномера и отражателя. В свободных сомкнутых и в несвободных полигонометрических ходах с полным контролем допускается измерение расстояний в одном направлении без перемены мест установки светодальномера и отражателя. В последнем случае светодальномер и отражатели устанавливают через один пункт полигонометрического хода и измеряют с одной установки светодальномера заднюю и переднюю стороны.

Предварительная обработка результатов измерений

Предварительную обработку результатов угловых и линейных измерений производят для контроля полноты и качества материалов в соответствии с установленными требованиями, а также для проверки правильности выполненных в полевых условиях вычислений, для введения поправок в измеренные линии и для получения их значений, приведенных на плоскость проекции.

Предварительную обработку начинают с проверки вычислений, выполненных в журналах измерений. Все неверные вычисления зачеркивают так, чтобы были видны написанные цифры. Над ними или рядом с ними

выписывают полные числа, соответствующие верным результатам. Исправленные и средние значения измеренных величин записывают тушью. После проверки журналов измерений и установления соответствия результатов измерений установленным допускам в журналах делают соответствующую запись за подписью лица, проверившего журнал.

Предварительная обработка результатов угловых измерений заключается в выводе средних значений измеренных углов и в уравнивании за условие горизонта.

Предварительную обработку линейных измерений разделяют на две части: определение поправок, связанных с методом линейных измерений; определение поправок, связанных с приведением измеренных линий к горизонту, к поверхности референц-эллипсоида и к плоскости в проекции Гаусса.

При измерении линий стальными рулетками вводят поправки: за компарирование рулетки и за разность температуры при измерении линий и компарировании рулетки. Поправку за компарирование рулетки вычисляют по результатам компарирования, внесенным в паспорт рулетки. Поправку за разность температуры при измерении линии и при компарировании мерного прибора вводят в том случае, если изменение ее относительно температуры компарирования превышает $\pm 5^\circ \text{C}$. Поправку вычисляют по формуле

$$D^* = a / (n - \#), \quad (\text{XI. 15})$$

где a — коэффициент линейного расширения материала, из которого изготовлен мерный прибор; l — измеренная длина линии; t — температура при измерении линии; t_k — температура при компарировании мерного прибора.

Длина линии, измеренная длиномером АД-1М,

$$L = \sum_{i=1}^p l_i + D_g + D_l + D_t, \quad (\text{XI. 16})$$

где p — число приемов; c — постоянная прибора, равная расстоянию между верхними гранями фиксаторов длиномера (берут из паспорта прибора); D_g , D_l , D_t — поправки соответственно за компарирование мерного диска, за отклонение его температуры от нормальной и за провес проволоки.

Поправка за компарирование мерного диска

$$Ar = l(k - 1), \quad (XI.17)$$

где k — коэффициент, определяемый при компарировании длиномера.

Поправка за температуру мерного диска

$$M = a / (P - t_0), \quad (XI.18)$$

где a — коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлен мерный диск (берут из паспорта прибора); t_i — температура диска при измерении; t_0 — нормальная температура (+ 20° C).

Поправка за провес проволоки с учетом несимметрии цепной линии

$$A/ = A_r \cos^2 a, \quad (XI.19)$$

где A_r — поправка за провес проволоки для горизонтальной линии; a — угол наклона линии.

Длина линии, измеренная светодаль-
номером МСД-1,

$$l = l_i + A + m 50 + l + *_0 +$$

$$+ d^* + Dp. \quad (XI.20)$$

где l_i и l_2^f — значения длины линии, полученные соответственно на частоте I и частоте II; t — целое число, полученное делением полного расстояния на 50 м с последующим округлением до ближайшего меньшего целого числа; k — постоянная прибора; k_0 — постоянная отражателя; $A/$, A_p — поправки за температуру воздуха и атмосферное давление.

Поправка за температуру воздуха

$$A/ = t \cdot 10^{-6} (t - 20), \quad (XI.21)$$

где t — температура воздуха при измерении.

Поправка за атмосферное давление

$$A/? = t \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} (760 - p), \quad (XI.22)$$

где p — атмосферное давление при измерении.

Поправка за приведение измеренных линий к горизонту по углам наклона

$$A/a = 2/ \sin \quad (XI.23)$$

где a — угол наклона; l — длина измеренной линии.

Поправки за приведение измеренных линий к поверхности референц-эллипсоида и за приведение на плоскость проекции Гаусса вводят в том случае, если их сумма превышает 1 : 15 000 длины измеренных линий.

Поправка за приведение измеренной линии* к поверхности референц-эллипсоида

$$AL_n = L \quad R \quad (XI.24)'$$

где L — длина измерений линии, приведенная к горизонту; $\#_{cp}$ — высота средней точки линии; R — средний радиус кривизны поверхности референц-эллипсоида.

Поправка за переход с эллипсоида на плоскость в проекции Гаусса

$$m_y = l \frac{y^2}{2R^2}, \quad (XI.25)$$

где y — ордината средней точки линии.

Все поправки при обработке линейных, измерений выбирают из специальных таблиц.

Вычисление и уравнивание полигонометрических ходов} и сетей

Вычисление координат пунктов полигонометрических ходов выполняют в журнале, форма которого приведена в инструкции по производству маркшейдерских работ. При большом объеме вычислительных работ и работ по уравниванию сетей используют ЭВМ и стандартные программы для них, разработанные ВНИМИ.

Перед уравниванием ходов сравнивают полученные невязки с допустимыми. Угловая невязка в полигонометрических ходах не должна превышать величин, вычисленных по формулам: в сомкнутых ходах и ходах, проложенных между двумя твердыми сторонами,

$$< \pm \quad \sqrt{n} \quad (XI.26)$$

в сомкнутых ходах с пересекающимися сторонами

$$|p = 2 P - 180^\circ In - 2 (p - k)| < \pm 2 m \sqrt{fn} \quad (XI.27)$$

в висячих ходах, пройденных дважды,

$$fx = a_k - a''_k < \pm 2m_p \sqrt{fn_2} + l_2; \quad (XI.28)$$

в ходах, проложенных между двумя исходными сторонами с учетом погрешностей определения их дирекционных углов,

$$|p| < \pm 2 / 2 m l + n m l \quad (XI.29)$$

В формулах m_a — средняя квадратическая погрешность определения исходных дирекци-

«энных углов; σ^2 — средняя квадратическая погрешность измерения углов; n — число углов в ходе; n_1 — число углов соответственно в первом и втором ходах; p — число фигур в ходе с внутренними углами; k — число фигур с внешними углами.

Линейная невязка в сомкнутых полигонометрических ходах не должна превышать $1 : 3000$ длины хода, а расхождение дважды проложенных ходов

$$\Delta = V + K \sqrt{L} \quad (X1-30)$$

не должно быть более $1 : 2000$ от суммарной длины этих ходов. Здесь y'_k — координаты конечной точки, вычисленные по первому ходу; x^Z, y^Z — координаты этой же точки, вычисленные по второму ходу.

При периметре хода менее 500 м абсолютная невязка e ; сомкнутом ходе не должна превышать 15 см, а расхождение дважды пройденных ходов — 20 см.

Для хода произвольной формы, проложенного дважды и: опирающегося в конце на координаты твердого пункта (отвеса), линейная относительная невязка не должна быть более $1 : 2000$. Для ходов вытянутой формы, разделенных на секции и примыкающих в конце к пункту с твердыми координатами (отвесу), линейная относительная невязка не должна быть более $1 : 3000$. В обоих случаях абсолютная невязка не должна превышать 0,8 мм на папани.

Уравновешивание отдельных подземных полигонометрических ходов выполняют приближенными раздельными способами, при которых сначала уравновешивают результаты угловых измерений, а затем отдельно друг от друга приращения абсцисс и ординат. Как правило, измеренные углы и линии на всех участках хода принимают за равноточные.

В зависимости от вида ходов принимают различный порядок их вычисления и уравновешивания.

Уравновешивание дважды проложенных ходов по одним и тем же точкам с небольшим перерывом во времени заключается в получении средних значений углов и линий и в вычислении по ρ_{cp} и $\angle_{cp}$ дирекционных углов сторон, приращений координат и координат всех пунктов хода.

Уравновешивание ходов, проложенных дважды по разным точкам, выполняют в такой последовательности: вычисляют по обоим ходам дирекционный угол конечной стороны и при допустимом расхождении вычисляют его среднее значение; исправляют левые углы первого и второго ходов, распределяя

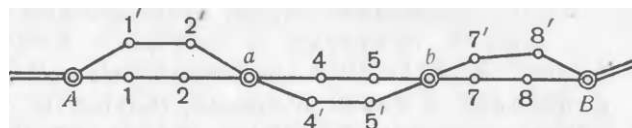


Рис. XI.11. Полигонометрические ходы с двумя общими точками

невязку поровну на все углы в каждом ходе. По исправленным углам вычисляют приращения координат в ходах; координаты конечного пункта получают дважды и при допустимом расхождении вычисляют x_{cp} и y_{cp} . Для каждого хода по отклонениям от среднего арифметического вычисляют поправки и распределяют их в приращения пропорционально длине сторон.

Если между постоянными точками A и B (рис. XI.11) проложенные ходы частично имеют общие точки a и b , то уравновешивание выполняют в такой последовательности: вычисляют по обоим ходам дирекционный угол конечной стороны и получают его среднее значение; исправляют левые углы первого и второго ходов; по исправленным углам вычисляют приращения координат в первом и втором ходах; вычисляют уравновешенные координаты первой общей точки как среднее арифметическое из двух ходов и затем по координатам вычисляют для каждого хода координаты второй общей точки и их средние арифметические значения и т. д. до конечной точки B . По исправленным приращениям вычисляют координаты точек в первом и втором ходах.

При проложении новых ходов от пунктов, расположенных на участке AB , не допускается использование в качестве исходных данных значений дирекционных углов сторон, образованных точками разных ходов и вычисленных по координатам этих точек решением обратной геодезической задачи.

Уравновешивание сомкнутого полигонометрического хода выполняют в такой последовательности: вычисляют угловую невязку и распределяют ее с обратным знаком поровну во все углы; по исправленным углам вычисляют дирекционные углы, а затем приращения координат; определяют невязки по абсциссам и ординатам и распределяют их с обратным знаком по приращениям координат пропорционально длине сторон; вычисляют координаты пунктов хода.

Уравновешивание несвободного хода, опирающегося на концах на твердые пункты и стороны, выполняют в такой же последовательности, как и уравновешивание сомкнутого полигона.

Уравновешивание ходов, проложенных между двумя пунктами с твердыми координатами и исходным дирекционным углом, выполняют в такой последовательности; получают средние значения углов, измеренных в основном и контрольном ходах, вычисляют дирекционные углы и приращения координат; определяют невязки по осям координат и устанавливают их допустимость; распределяют невязки по приращениям координат пропорционально длине сторон и вычисляют координаты всех пунктов.

Уравновешивание несвободного хода, приходящего в начале к пункту и стороне, а на конце — к стороне с известным дирекционным углом, заключается в распределении угловой невязки по углам хода. Если конечная и начальная стороны ориентированы с погрешностью m_{α} , то устанавливают возможность принять их за твердые по соотношению

$$\frac{m_{\alpha V_2}}{m_{\alpha P_2}} = \frac{1}{3} \quad (XI.31)$$

Если данное соотношение не выдержано, то уравновешивание выполняют в такой последовательности: подсчитывают число углов n , эквивалентное двум исходным дирекционным углам, по формуле

$$n = 2 \frac{m_{\alpha}}{m_{\alpha P}}$$

подсчитывают условное число углов в ходе с учетом n ,

$$n_{\text{усл}} = n + 2;$$

определяют угловую невязку и распределяют ее по измеренным углам и на два исходных дирекционных угла, при этом используют формулы:

$$\beta_P < 2\beta_P \text{ и } \beta_{\text{усл}}$$

$$\beta_P = \beta_{\text{усл}}$$

$$\beta_{\text{усл}} = \beta_P$$

где U_P , V_{α} , V_{α} — поправки в измеренные углы хода и дирекционные углы начальной и конечной стороны; вычисляют исправленные дирекционные углы сторон и координаты пунктов хода.

Уравновешивание ходов, опирающихся на два пункта с твердыми координатами, выполняют в таком же порядке, как при ориентировании через два вертикальных шахтных ствола.

Системы полигонометрических ходов уравновешивают способами полигонов, последовательных приближений, узлов, эквивалентной замены. При значительном объеме математической обработки систем полигонометрических ходов используют ЭВМ и соответствующие программы, разработанные ВНИМИ.

3. Построение высотных подземных маркшейдерских опорных сетей

Исходные пункты для построения высотных подземных маркшейдерских опорных сетей — пункты нивелирования III и IV классов, расположенные на земной поверхности. Способы передачи высот через вертикальные горные выработки изложены в гл. X. По наклонным и горизонтальным выработкам высоты передаются способами тригонометрического и геометрического нивелирования.

К точности передачи высот, характеризуемой расхождением Δh , предъявляют следующие требования:

по наклонным выработкам

$$\Delta h < 10 \text{ мм} + p_2, \quad (XI.32)$$

по горизонтальным выработкам

$$\Delta h < 50 \text{ мм/Г}, \quad (XI.33)$$

где Δh — допустимое расхождение между значениями высот, полученными из двух измерений, мм; n_1 , n_2 — число сторон соответственно в прямом и обратном ходах тригонометрического нивелирования; L — длина хода геометрического нивелирования, км.

Точность передачи высот по формуле (XI.32) рассчитана исходя из средней длины стороны полигонометрического хода, равной 40 м. В случаях увеличения средней длины сторон до 100 м расхождение Δh может быть увеличено в два раза, т. е. Δh с 20 мм $\sqrt{n_1} + n_2$.

Для решения задач, требующих более высокой точности определения высот, строят специальные высотные сети, точность которых определяют из расчетов.

Реперы высотных сетей закладывают в подошве, боках и кровле выра-

боток или в фундаментах стационарных установок (рис. XI.12). В качестве реперов используют также постоянные пункты полигонометрических ходов. Для контроля за неподвижностью реперов их закладывают парами на расстоянии 20—50 м. Расстояние между каждой парой не должно превышать 500 м. Для отыскания реперов в выработках укрепляют опознавательные марки с буквой Р и номером репера.

Высотные ходы прокладывают: между двумя исходными реперами; сомкнутые, висячие в прямом и обратном Направлениях. Пополнение высотной сети производят через 500 м подвигания основных выработок при составлении планов в масштабе 1 : 2000 и через 300 м — при составлении планов в масштабе 1 : 1000.

Передача высот через наклонные горные выработки. Передачу высот через наклонные горные выработки с углом наклона более 5—8° выполняют, как правило, методом тригонометрического нивелирования (рис. XI.13) одновременно с проложением полигонометрического хода. Вертикальные углы измеряют теодолитами с точностью отсчета по вертикальному кругу не донее 30" в прямом и обратном направлениях при двух положениях вертикального круга.

Общая средняя квадратическая погрешность измерения превышения при одностороннем тригонометрическом нивелировании

$$m_l = \sin^2 \alpha m^* + m^2_{ij} + 2m^2_{\alpha} \quad (XI.34)$$

где α — угол наклона визирного луча; m_l — средняя погрешность измерения длины линии; L — горизонтальное проложение измеренной длины; m_a — средняя квадратическая погрешность измерения угла; $t^{\wedge}_p$ — средняя погрешность измерения высоты инструмента и сигналов.

Основной источник погрешностей измерения превышения при использовании современных оптических теодолитов — средняя квадратическая погрешность измерения высоты инструмента и сигналов. Поэтому при передаче высот через наклонные выработки следует применять автоматическое центрирование с визированием при измерении вертикальных углов на марки или компенсаторы высоты.

При выполнении тригонометрического нивелирования соблюдают следующие требования: при использовании теодолитов без компенсатора вертикального круга перед отсчетом по лимбу приводят пузырек уровня вертикального круга на середину; колебание значений «места горизонта» (отсчет по

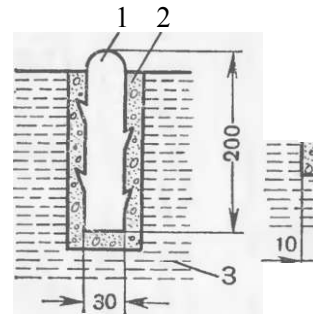


Рис. XI.12. Заложение реперов в подошве выработки (а), в боках выработки (б):

1 — завершенный стержень; 2 — бетон; 3 — горная порода

вертикальному кругу при стабилизированной его алидаде, когда визирная ось зрительной трубы находится в горизонтальной плоскости) в пределах одного хода тригонометрического нивелирования не должно превышать двойной точности отсчетных приспособлений вертикального круга; расхождение между двумя измерениями высоты инструмента или сигнала (при нивелировании без применения приборов автоматического центрирования) не должно превышать 5 мм; измерение линий в ходах тригонометрического нивелирования выполняют в соответствии с требованиями к линейным измерениям в подземных полигонометрических ходах.

В зависимости от направления возрастания делений вертикального лимба используют те или иные формулы для вычисления вертикального угла. Для теодолитов, у которых оцифровка делений вертикального лимба

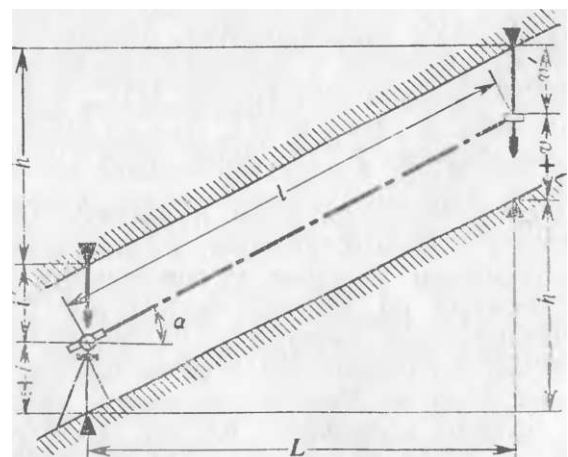


Рис. XI.13. Схема тригонометрического нивелирования

возрастает по ходу часовой стрелки, пользуются формулами:

$$a = \frac{\Pi - \text{Л}}{2} \quad (XI.35)$$

$$\text{МГ} = \Pi + \text{Л}' \quad (XI.36)$$

Контрольные формулы

$$\begin{aligned} a &= \Pi - \text{МГ}; \\ a &= \text{МГ} - \text{Л}'. \end{aligned} \quad (XI.37)$$

При оцифровке делений лимба против хода часовой стрелки вертикальный угол вычисляют по формуле

$$a = \frac{\text{Л} - \text{Л}'}{2} \quad (XI.38)$$

Контрольные формулы при этом

$$\begin{aligned} a &= \text{МГ} - \Pi; \\ a &= \text{Л}' - \text{МГ}, \end{aligned} \quad \langle X_{1.39} \rangle$$

где МГ — место горизонта; Π — отсчет по вертикальному кругу при правом его положении; $\text{Л}'$ — отсчет по вертикальному кругу при левом его положении, измененный на -180° , т. е. $\text{Л}' = \text{Л} \mp 180^\circ$. При использовании для тригонометрического нивелирования теодолитов с металлическими лимбами в целях исключения необходимости приведения отсчетов к одному положению круга вместо первого нониуса устанавливают «ответственный нониус», по которому берут полный отсчет, а по другому — только минуты и секунды. Для теодолитов ТГ1 и ТГ5 за ответственный нониус принимают тот, который расположен ближе к объективу зрительной трубы.

Передача высот по горизонтальным выработкам. Построение подземных высотных сетей на горизонтах производят методом геометрического нивелирования. Для этого применяют нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования НС4 и НТС, а также нивелиры с уровнем НТ (ГОСТ 10528—76) и нивелирные рейки типа РН4 и РНТ (ГОСТ 11158—76).

Перед нивелированием проверяют устойчивость исходных реперов. Разность между контрольным и ранее установленным превышениями не должна быть более 5 мм. Нивелирование выполняют примерно из середины; допускают неравенство плеч в пределах 5—8 м. Расстояние между рейками не должно превышать 100 м. Отсчеты по рейкам берут с точностью до миллиметра. Расхождение в превышениях на станции, определенных по черным и красным сторо-

нам реек или при двух горизонтах инструмента, не должно превышать 10 мм. При использовании нивелиров с самоустанавливающейся линией визирования измерения выполняют в такой последовательности: устанавливают нивелир на консоль или штатив так, чтобы один из винтов подъемного аппарата находился на линии, перпендикулярной оси выработки; с помощью подъемных винтов приводят пузырек сферического уровня на середину; визируют на заднюю рейку и по средней нити берут отсчет по черной стороне рейки. Вращая подъемный винт, расположенный вдоль визирной оси, проверяют работу компенсатора. При нормальной его работе отсчет по рейке в пределах диапазона компенсатора не должен изменяться. Затем визируют на переднюю рейку и берут отсчет по черной стороне рейки, проверяют работу компенсатора. На этом заканчивают первый полуприем. Перед вторым полуприемом обе рейки поворачивают красной стороной в сторону инструмента (или меняют горизонт инструмента). При втором полуприеме в начале визируют на переднюю рейку, а затем на заднюю и берут отсчеты по средней нити.

Вычисление и уравнивание высотных сетей. Вычисление тригонометрического нивелирования выполняют в отдельном журнале, форма которого приведена в инструкции по производству маркшейдерских работ. Превышения вычисляют по формуле

$$h = I \sin a - (i - v) \quad (XI.40)$$

или

$$h = L \lg a - (i - v), \quad (XI.41)$$

где I — наклонное расстояние между пунктами; a — угол наклона; L — горизонтальное проложение; i — высота инструмента, т. е. расстояние, измеренное от пункта до горизонтальной оси вращения трубы; v — высота точки визирования (высота сигнала). Если точки закреплены в подошве выработки, то

$$hj = I \sin a + (i - y). \quad (XI.42)$$

Расстояние между прямым и обратным превышениями для одной и той же линии не должно быть более 0,05 / см, где / — длина линии, м.

При допустимых расхождениях за измеренное превышение принимают среднее арифметическое между прямым и обратным превышениями. Расхождение в превышениях, полученных из двух ходов, не должно быть более величины, установленной формулой (XI.32). Уравнивание ходов тригонометрического нивелирования, пройденных по одним и тем же точкам, заключается в полу-

сторон сети по отношению к ближайшей стороне подземной маркшейдерской опорной сети или съёмочной сети 1 разряда не превышала $\pm 10'$. Погрешность определения высот точек съёмочной сети подэтажных горизонтов по отношению к высотам пунктов подземной маркшейдерской опорной сети не должна превышать $\pm 5=0,15$ м.

Пункты съёмочных сетей закрепляют так же, как и временные пункты подземной маркшейдерской опорной сети. При съёмке лав, выполняемой с применением подвесных теодолитов, пункты съёмочных ходов не закрепляют. Закрепленные пункты съёмочных ходов нумеруют.

Ориентирование съёмочных сетей подэтажных горизонтов в зависимости от характера выработок, соединяющих основной горизонт с подэтажными горизонтами, а также от наличия тех или иных приборов для ориентирования выполняют следующими способами:

геометрическими (через одну вертикальную выработку; через две или несколько вертикальных выработок, соединённых между собой; через две вертикальные выработки, из которых одна ступенчатая; через наклонные выработки с большим углом наклона);

оптическими (методом «визирного штриха» — с применением одного теодолита с эксцентренной трубой и горизонтальной проволоки или подвесной рейки; с помощью двух теодолитов и накладной рейки; комплектом угломера УТБ; методом проектирования направления с помощью проектира направления двойного изображения; методом пляроидов);

гироскопическими и магнитными методами.

Ориентирование съёмочной сети выполняют независимо дважды. Расхождение между двумя определениями допускают не более $14'$. При последовательном ориентировании горизонтов расхождение d не должно превышать величины

$$(XI.48)$$

в п

где p — число горизонтов.

Угловые и линейные измерения. Измерение углов в теодолитных ходах съёмочной сети 1 разряда выполняют одним повторением теодолитами с точностью отсчётных приспособлений не менее G . Значительное повышение производительности труда при угловых измерениях обеспечивает применение подвесных теодолитов. Теодолит центрируют с погрешностью не более

$1:10\ 000$ меньшей стороны измеряемого угла. В выработках с углом наклона более 30° углы измеряют способом приёмов с соблюдением правил, изложенных в п. 2. Разность между контрольным и окончательным значениями угла не допускают более $60''$. В том случае, если одна из сторон измеряемого угла горизонтальна, а другая наклонна, эта разность может быть допущена до $90''$.

Углы в ходах съёмочных сетей 2 разряда измеряют угломерами УТЗ, а также теодолитами различного типа. Инструмент центрируют с ошибкой, не превышающей 5 мм. При проложении ходов по крутонаклонным выработкам инструмент центрируют с погрешностью не более 1 мм. Углы измеряют одним повторением или приёмом. Расхождение между контрольным и окончательным значениями угла или расхождение углов в полуприемах не допускают более $5'$. При использовании теодолитов отсчеты по лимбу округляют до чётного числа минут.

Перед каждым пополнением теодолитного или угломерного хода для контроля измеряют последний угол предыдущего хода. Разность между предыдущим и последующим значениями угла не должна превышать в ходах съёмочных сетей 1 разряда $2'$, в ходах съёмочных сетей 2 разряда — $8'$.

Измерение линий в съёмочных ходах 1 разряда выполняют стальными рулетками или лентами в прямом и обратном направлениях с натяжением без применения динамометра. Расхождение между измерениями одной и той же стороны хода не допускают более $1:1000$ измеряемой длины. Измерение линий в ходах съёмочной сети 2 разряда выполняют стальными или тесьмянными рулетками в прямом и обратном направлениях. Отсчеты по шкале рулетки берут с точностью до сантиметров. Расхождение между двумя независимыми измерениями не допускают более $1:200$ длины измеряемой линии. Линии в ходах съёмочных сетей 1 и 2 разрядов измеряют также оптическими способами с соблюдением установленной точности.

Определение высот пунктов съёмочной сети.

Высоты пунктов съёмочной сети определяют с помощью тригонометрического нивелирования, как правило, одновременно с проложением съёмочных ходов. В ходах съёмочной сети 1 разряда углы измеряют теодолитом при двух положениях трубы в прямом и обратном направлениях. Расхождение между прямым и обратным превышениями не допускают более 5 см. Место горизонта определяют в начале и в конце хода. Расхождение между двумя его определениями не должно превышать $2'$. В ходах съёмочной сети

2 разряда вертикальные углы измеряют угломером или теодолитом также в прямом и обратном направлениях. Расхождение между превышениями в прямом и обратном направлениях не допускают более 10 см. При использовании угломеров место горизонта приводят к нулю, значение угла наклона получают непосредственно из отсчета по вертикальному кругу (при этом следят за знаком угла). При выполнении тригонометрического нивелирования одним угломером, зрительная труба которого расположена эксцентрично относительно горизонтальной оси ее вращения, в измеренные вертикальные углы вводят поправки за эксцентриситет трубы. В выработках с углом наклона до $\pm 20^\circ$ влияние эксцентриситета трубы исключают визированием на метку, закрепляемую на шнуре отвеса выше его головки, на расстоянии, равном величине эксцентриситета зрительной трубы. При измерении вертикальных углов в выработках с углом наклона более 20° визируют непосредственно на головку отвеса, а в измеренные углы вводят поправку $\Delta \alpha'$ за эксцентриситет трубы, вычисляемые по формуле

$$\Delta \alpha' = \tau P', \quad (XI.49)$$

где e — величина эксцентриситета трубы, м; L — измеренное расстояние между точками, м; ρ' — число минут в радиане.

Для каждого типа угломеров составляют таблицу или график поправок в вертикальные углы в зависимости от расстояния L . При использовании метода съемки путем взаимного ориентирования инструментов вертикальные углы измеряют только в одном направлении. Высоту инструмента и сигналов измеряют рулеткой дважды с погрешностью не более 1 см.

Если подэтажные горизонты соединены с основным горизонтом вертикальными выработками, то передачу высот на пункты съемочной сети в подэтажных выработках выполняют с помощью рулетки и нивелиров по схеме, аналогичной измерению глубины шахтного ствола. Расхождение между результатами двух измерений глубины не допускают более 5 см.

Вычисление и уравнивание съемочных сетей. Перед вычислением координат пунктов съемочных сетей проверяют записи и вычисления в журналах измерений, а также убеждаются в соответствии выполненных измерений установленным нормам. В измеренные линии в ходах 1 разряда вводят поправки за компарирование и за угол наклона линий к горизонту в том случае, если они в сумме

превышают 1 : 2000. Угловые невязки в ходах должны быть не более следующих величин в сомкнутых ходах:

$$\text{в сетях 1 разряда } \Gamma, 51 \rho' \quad (XI.50)$$

$$\text{в сетях 2 разряда } 6' 1 \Gamma \rho'$$

в ходах, пройденных дважды:

$$\text{в сетях 1 разряда } \Gamma, 5 \sqrt{p_1} + p_2 \sqrt{1}$$

$$\text{в сетях 2 разряда } 6' \sqrt{p_1 - |p_2|} \quad J \quad (XI.51)$$

где n — число измеренных углов в сомкнутом ходе; n_1, n_2 — число углов в первом и втором ходах.

Допустимую невязку в углах сомкнутых ходов распределяют на все углы поровну. В ходах, пройденных дважды, за окончательное значение дирекционного угла последней стороны принимают среднее арифметическое. Относительная линейная невязка не должна превышать в сомкнутых ходах:

$$\text{в сетях 1 разряда } —1 : 1500; j$$

$$\text{в сетях 2 разряда } —1 : 500; J$$

в ходах, пройденных дважды, или в ходах, пройденных между двумя твердыми сторонами:

$$\text{в сетях 1 разряда } —1 : 1000, \quad (XI.53)$$

$$\text{в сетях 2 разряда } —1 : 300.$$

Невязку в приращениях координат сомкнутых ходов и ходов, пройденных между двумя жесткими сторонами, распределяют в приращения координат пропорционально длине линий. Уравнивание дважды проложенных висячих ходов по одним и тем же точкам заключается в получении средних значений дирекционных углов сторон и координат точек.

Невязки в ходах тригонометрического нивелирования не должны превышать:

в ходах съемочной сети

$$1 \text{ разряда } 25 \text{ мм } \sqrt{p} \quad (XI.54)$$

в ходах съемочной сети

$$2 \text{ разряда } 50 \text{ мм } \sqrt{p},$$

где p — число сторон хода.

Невязку распределяют поровну на каждое превышение. Координаты пунктов съемочных сетей вычисляют с точностью до сантиметров. При вычислении координат с использованием таблиц округляют дирекционные углы в ходах съемочных сетей 1 разряда до десятков секунд и 2 разряда — до минут.

5. Съемочные работы

Объекты маркшейдерской съемки — все горные выработки и капитальные сооружения в них, элементы геологического строения месторождения, элементы проявлений горного давления.

Горные выработки как объекты съемки, в зависимости от их характера и особенностей съемки, разделяют на подготовительные, взрывные и очистные. Подготовительные выработки разделяют на выработки с углом наклона до 45° , выработки с углом наклона более 45° , сопряжения выработок и выпускные выработки (дучки, воронки, гезенки и др.). Взрывные выработки разделяют на глубокие взрывные скважины и на минные камеры и колодцы. Из очистных выработок выделяют: лавы на пологом и наклонном падении пластов, лавы на крутом падении пластов, лавы при слоевой выемке пластов, забои с открытым очистным пространством, забои с магазинированием, камеры при системе разработки с опорными целиками, камеры при системе разработки этажного или подэтажного обрушения, узкие очистные забои (заходки и пр.) и подсечки.

Кроме боков горных выработок съемке подлежат бутовые полосы, контуры закладки, водоотливные, вентиляционные и противопожарные устройства и сооружения, а также транспортные пути. Объекты съемки для геологической характеристики месторождения во всех деталях устанавливают в инструкциях по шахтной и рудничной геологии. К элементам проявлений горного давления как объектам съемки относят трещины, вывалы, купола, опасные очаги и зоны и другие элементы, имеющие важное значение в решении вопросов технологии разработки месторождения, поддержания горных выработок и обеспечения безопасного ведения горных работ.

Съемку контуров горных выработок и элементов ситуации в них выполняют от пунктов и сторон съемочных

сетей 1 и 2 разрядов ортогональным или полярным способами. Съемку контуров горных выработок, в которых запрещено пребывание людей, выполняют специальными методами и приборами, например ультразвуковыми, фотограмметрическими или оптико-механическими приборами с безреечными дальномерами, обеспечивающими безопасность съемочных работ. Для отражения динамики процесса горного производства во времени съемку всех выработок выполняют не реже одного раза в месяц, как правило, по состоянию на первое число каждого месяца. В случае приближения горных выработок к опасным зонам съемку выработок выполняют по мере необходимости. При этом пункты съемочной сети определяют независимо дважды непосредственно от пунктов опорной сети.

Съемка подготовительных выработок и глубоких взрывных скважин. Съемке подлежат все характерные элементы выработки, выражающиеся в масштабе плана. Съемку выполняют как в черне, так и в свету. Линейные измерения выполняют на уровне среднего сечения выработки до дециметров при съемке выработок в черне и до половины дециметров — в свету. При контроле соблюдения проектного сечения закрепленных выработок основные его размеры измеряют до сантиметров. В том случае, когда выработки проходят по заданным направлениям, пополнение съемки выполняют от инструментально заданного направления с последнего пункта съемочной сети.

Выработки с углом наклона до 55° снимают обычными теодолитами; подвесные теодолиты применяют при углах наклона до 65° . Съемку выработок с углом наклона более 55° — 65° выполняют теодолитами с эксцентренной трубой или угломерами УТБ.

Выработки с углом наклона более 75° с переменным углом наклона, включая и обратное падение, снимают двумя угломерами УТБ методом взаимного ориентирования. Съемку таких выработок выполняют как сверху вниз, так и снизу вверх. При съемке в направлении сверху вниз соблюдают такую последовательность действий. В исходном положении съемщик и его помощник находятся на верхней точке А (рис. XI.14). Помощник с угломером II и распорной колонкой спускается вниз, устанавливает угломер II под точкой В и закрепляет на нем рейку. Съемщик устанавливает угломер I на точке Л, визирует на пункт D и берет отсчет, после чего визирует на керн угломера II; закрепляет алидаду, берет отсчет по вертикальному кругу. По сигналу съемщика помощник поворотом алидады своего угломера совмещает рейку с горизонтальной нитью угломера I,

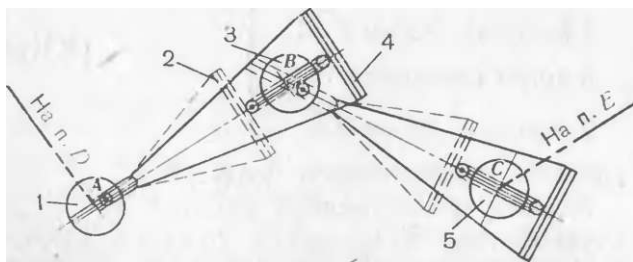


Рис. XI.14. Съемка выработок двумя угломерами УТБ методом взаимного ориентирования:

1 и 5 — положения угломера I; 3 — положение угломера II; 2 — второе положение (объектив вниз); 4 — первое положение (объектив вверх)

берет отсчет по лимбу и сообщает его съемщику. После записи отсчета съемщик микрометрическим винтом алидады производит четыре совмещения горизонтальной нити с рейкой угломера II и берет соответствующие отсчеты. Затем помощник поворотом трубы вокруг горизонтальной оси устанавливает рейку во второе положение, съемщик делает еще четыре совмещения горизонтальной нити и берет соответствующие отсчеты. По окончании этих действий измеряют расстояние между горизонтальными осями угломеров и на этом заканчивают работы на точке А. Угломер II закрывают футляром, а съемщик с угломером I и распорной колонкой опускается на точку В, проверяет установку угломера II и с помощником измеряет высоту инструмента и размеры сечения выработки. По окончании линейных измерений помощник с распорной колонкой и угломером I спускается на точку С и устанавливает угломер. Съемщик на точке В начинает работу с визирования на kern угломера I. Дальнейшие действия аналогичны действиям, выполненным на точке А. При съемке снизу вверх съемщик идет впереди, а помощник — сзади. В исходном положении съемщик и помощник находятся на нижней точке С.

Способ взаимного ориентирования позволяет выполнять непрерывную съемку крутопадающих выработок с переменным углом наклона, включая и вертикальные части выработки. Углы, полученные в результате взаимного ориентирования двух приборов, исправляют за наклон горизонтальной нити.

Большинство выработок приемных горизонтов (горизонта скреперования или горизонта грохочения) проходят по направлениям, задаваемым маркшейдером на основе маркшейдерской опорной или съемочной сети и проекта разработки блока или выемочного участка. Поэтому съемка сопряжений и выпускных выработок заключается в определении положения их боков по отношению к задаваемым инструментально направлениям и исходным точкам. Выпускные дучки и рудоспуски небольшой протяженности проходят обычно без маркшейдерских направлений, их съемку выполняют упрощенными способами, например способом несвободного отвеса, который заключается в следующем. Между маркшейдерской точкой А и точкой перехода сопряжения в вертикальную выработку В (рис. XI.15) натягивают со свободным провесом жилку из полиамидной смолы или шнур. На шнуре в нескольких точках (1 и 2) закрепляют отвесы. Тогда ломаная линия А—1—2—В будет лежать в одной вертикальной плоскости. Для получения дирекционного угла этой плоскости изме-

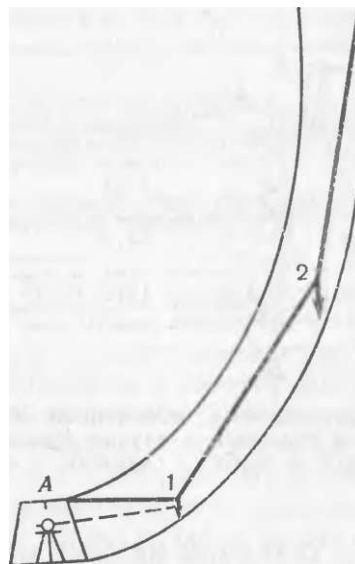


Рис. XI.15. Съемка выработок способом несвободного отвеса

ряют горизонтальный угол в точке А между примычной стороной и стороной А—1. Рулеткой измеряют длину отрезков А—1, 1—2 и 2—В, а висячим полукругом — углы наклона шнура на этих же отрезках. Полученных данных достаточно для вычисления координат точки В и точек перегиба шнура. Съемку вертикальных рудоспусков большой протяженности, не имеющих крепи, выполняют с помощью специальных ультразвуковых приборов.

Глубокие взрывные скважины в зависимости от применяемой технологии разработки месторождения проходят вертикально, горизонтально и наклонно. При этом скважины располагают различно: параллельно друг другу и веерообразно. Определение проектного положения скважин в натуре и контрольную съемку их выполняют от точек съемочных ходов, пройденных по выработкам горизонта верхней подсечки. По окончании бурения эти же скважины снимают с горизонта нижней подсечки. Глубину вертикальных скважин измеряют рулеткой или специальным тросом, на котором через каждый метр закрепляют оцифрованные марки.

При параллельном расположении скважин углы для задания направления осей скважин вычисляют по разности дирекционных углов линии визирования и осей скважин (рис. XI.16). В натуре измеряют угол ρ и провешивают линию А—В, закрепляя точки пересечения линии визирования и проектных направлений осей скважин (1, 2, 3, 4). Затем последовательно устанавливают теодолит в каждой точке, на лимбе откладывают значение вычисленного угла, отмечают

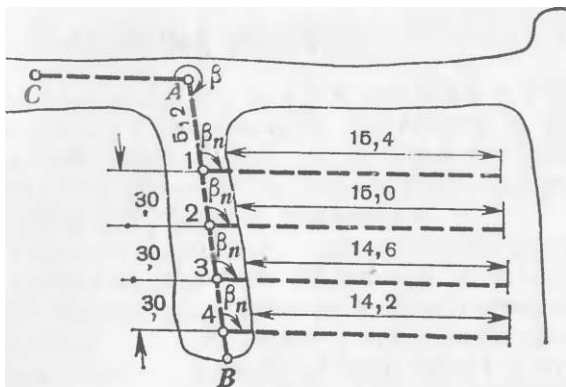


Рис. XI.16. Определение проектного положения горизонтальных скважин в натуре (числами указаны расстояния и глубина скважин в метрах)

мелом центр скважины на боку выработки и надписывают номер скважины. По окончании бурения выполняют контрольную съемку. В каждую скважину вставляют около 5 м буровых штанг (оставляя 2—2,5 м штанг снаружи), и с помощью теодолита определяют координаты устья скважин и торца штанги. По координатам этих точек вычисляют дирекционные углы и углы наклона скважин. Глубину каждой скважины измеряют желобчатой рулеткой или мерными жезлами.

При веерообразном расположении глубоких скважин их бурят из буровых камер, специально пройденных на границах блоков (рис. XI.17). Камеру располагают таким образом, чтобы центр ее, являющийся местом установки бурового станка, нахо-

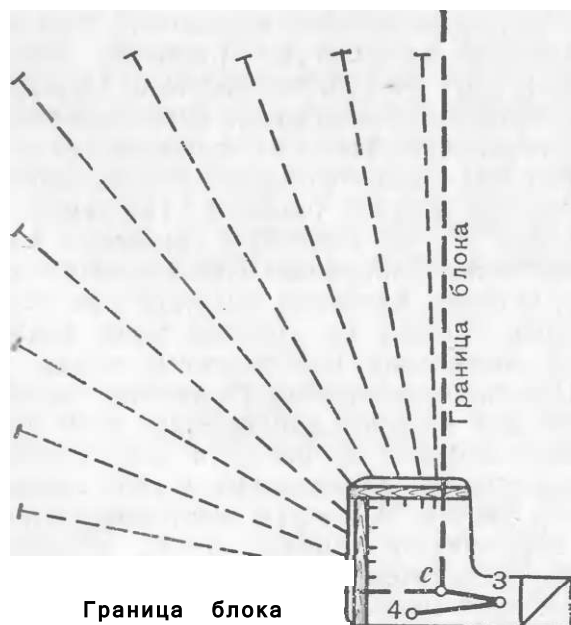


Рис. XI.17. Определение проектного положения глубоких скважин, расположенных веерообразно

дился на пересечении линий, ограничивающих обрушаемый массив. После проходки камеры производят ее ориентирование и съемку, закрепляют точку С и определяют ее координаты. На стенках камеры укрепляют деревянные бруссы. В точке С устанавливают угломерный инструмент, ориентируют его на точку 3 и последовательно откладывают углы, соответствующие проектному положению скважин. Направления фиксируют закрепляемыми в бруссах точками, из которых опускают отвесы.

При бурении наклонных скважин одновременно с направлениями в горизонтальной плоскости задают угол наклона. Для этого угломерный инструмент устанавливают на одной высоте с осью вращения бурового инструмента. Закрепив отвес в заданном направлении в горизонтальной плоскости, зрительную трубу устанавливают на отсчет по вертикальному кругу, соответствующий проектному углу наклона скважин, после чего на шнуре отвеса устанавливают метку, а на стенке выработки мелом намечают точку.

По окончании бурения выполняют контрольную съемку с измерением глубины каждой скважины. Погрешность определения направления ствола скважины в горизонтальной и вертикальной плоскостях не должна быть более $\pm 30'$. Глубину скважин измеряют с погрешностью, не превышающей $\pm 0,2$ м.

Вертикальная съемка транспортных путей. Вертикальную съемку рельсовых путей в выработках, близких к горизонтальным, выполняют с помощью геометрического нивелирования. Для составления профиля пути разбивают пикеты через 10 или 20 м. Нивелир устанавливают примерно посередине между связующими пикетами. Отсчеты по рейкам берут с точностью до 1 мм. Нивелирные ходы прокладывают между пунктами высотной опорной сети или от одного пункта в прямом и обратном направлениях. При исполнении профилей допускают использование в качестве исходных данных высот предыдущих пикетных точек с предварительным определением контрольного превышения между ними, которое не должно отличаться от ранее установленного более чем на 1 см. Одновременно с составлением профиля пути измеряют высоту выработки на каждом пикете, а также в характерных местах между пикетами. Невязки нивелирных ходов при вертикальной съемке транспортных путей не допускают более 30 мм VL' , где V — длина хода, выраженная в сотнях метров. Невязки распределяют поровну на все превышения.

Профиль пути может быть составлен также по показаниям профилографов различных конструкций.

Вертикальную съемку рельсовых путей в наклонных выработках выполняют измерением по пикетным точкам вертикальных расстояний от головки рельса до визирного луча трубы теодолита, установленной под определенным углом наклона, или до шнура, натянутого горизонтально между реперами, установленными в боках выработки возле каждой пикетной точки. Линейные элементы на каждой пикетной точке измеряют дважды с точностью до миллиметра. Расхождение между двумя измерениями не допускают более 10 мм.

Съемка очистных забоев. В зависимости от характера очистных выработок и горнотехнических условий разработки месторождения положение очистных забоев определяют инструментальной съемкой или рулеточным замером от пунктов съемочной сети. Съемку и замеры выполняют таким образом, чтобы погрешность определения основных размеров выработанного пространства за месяц не превышала 1 : 100. При подвигании очистных забоев более 30 м в месяц мощностной пласта измеряют не реже одного раза в декаду. Лавы на пологом и наклонном падении пластов, как правило, снимают инструментально. Вдоль линии забоя прокладывают съемочный ход 2 разряда. Одновременно с проложением хода определяют рулеточными замерами относительно его вершин или сторон положение забоя, размеры оставленных целиков, участков, заложенных породой, а также измеряют мощность пласта, делают зарисовки его структуры и ведут абрис. Лавы небольшой протяженности на пологом падении или в случаях, когда планы очистных забоев составляют в проекции на наклонную плоскость, снимают методом линейных засечек, сущность которого заключается в следующем. Вдоль очистного забоя натягивают тесьмяную или

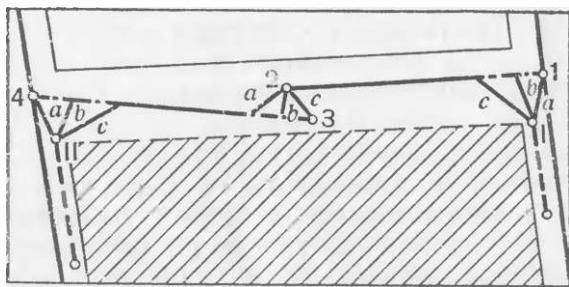


Рис. XI.18. Съемка очистных забоев методом линейных засечек

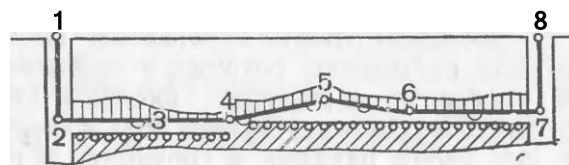


Рис. XI.19. Съемка очистного забоя с помощью шнура и висячего полукруга

стальную рулетку, закрепляя ее концы на откаточном штреке в точке 1 и в лаве в точке 2 (рис. XI.18) от какой-либо точки съемочного хода, проложенного по откаточному штреку; измеряют расстояния a , b и c до трех различных точек, расположенных на шкале рулетки, а также расстояния между этими точками, после чего ортогональным способом выполняют съемку забоя и других подробностей. Если длина забоя значительно превышает длину рулетки, то между точками 3 и 4 снова натягивают рулетку, определяют ее положение измерением расстояний с точек 2 и II, после чего аналогично выполняют съемку верхней части лавы. Имея на плане точки I и II, определяют положение рулетки на плане с помощью засечек и по данным ортогональной съемки производят пополнение плана.

Положение очистного забоя при крутом падении с выемкой полезного ископаемого по простиранию определяют измерением расстояний от забоя до точек съемочных ходов, расположенных в просеках или штреках верхнего и нижнего горизонтов. При потолкоступной системе выемки положение очистного забоя определяют рулеточными замерами от точек съемочных ходов с измерением элементов уступов.

При разработке крутых залежей с выемкой полезного ископаемого по восстанию съемку положения очистного забоя выполняют с помощью шнура и висячего полукруга или специального «жезла». От маркшейдерского пункта 1 на вентиляционном (откаточном) штреке по восстающему пропускают отвес или натягивают по линии падения шнур и измеряют его длину до закрепляемой вблизи очистного забоя блока точки 2 (рис. XI.19); от

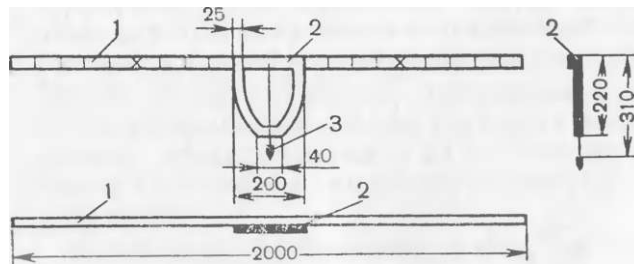


Рис. XI.20. Съемка очистного забоя с помощью деревянного «жезла» ;

1 — «жезл»; 2 — висячий полукруг; 3 — отвес

точки 2 вдоль линии забоя (точки 3, 4, 5, 6, 7) последовательно натягивают шнуры, взаимное положение которых в вертикальной плоскости определяют висячим полукругом. Шнуры натягивают горизонтально или под углом наклона к горизонту в плоскости, параллельной боку залежи. Одновременно с углами наклона шнура измеряют длину стороны хода. Через второй восстающий осуществляют примыкание к маркшейдерскому пункту 8, пользуясь отвесом или шнуром, натянутым по линии падения. Если восстающие искривлены, то предварительно выполняют инструментальную съемку угломером УТБ или теодолитом с эксцентренной трубой. Положение очистного забоя определяют относительно натянутых шнуров ортогональным методом. В этом случае, если рудное тело имеет выдержанное простирание, небольшую мощность и падение, близкое к вертикальному (85—90°), съемку очистного забоя выполняют с помощью двухметрового деревянного «жезла». Последний (рис. XI.20) представляет собой деревянный брус прямоугольного сечения длиной 2 м, снабженный дециметровыми делениями. В центре его укреплены отвес и латунный полукруг, с помощью которых «жезл» можно устанавливать горизонтально. При помощи «жезла» ниже линии забоя по боковой поверхности жилы от одного восстающего к другому прокладывают горизонтальную линию, отметку которой определяют через восстающий так же, как и при съемке висячим полукругом. Через 2 м мелом отмечают пикеты. На каждом пикете измеряют расстояния от горизонтальной линии до забоя, ширину призабойного пространства и мощность жилы. Невязка хода между двумя восстающими не должна

превышать по высоте 1 : 200 и подлине 1 : 100 от общей длины блока. Длину блока измеряют рулеткой.

При системе разработки подэтажными выработками положение очистного забоя определяют рулеточным замером от пунктов съемочной сети, расположенных в подэтажных выработках. При отбойке уступа с открытых заходов положение забоя определяют измерением расстояний до нескольких характерных точек. При отбойке уступа штанговыми шпурами, без заходов съемку камеры и контроль за размерами междуканальных целиков выполняют инструментами, предназначенными для съемки недоступных точек.

Список литературы

1. *Маркшейдерское дело*. Д. А. Казаковский, А. Н. Белоликов, Г. А. Кротов и др. М., Недра, 1970.
2. *Практическое руководство по построению, подземных маркшейдерских опорных сетей*. Л., ВНИМИ, 1970.
3. *Руководство по съемке нарезных и очистных, выработок*. Л., ВНИМИ, 1960.
4. Рыхлюк Е. И., Филатов С. А., Степанов Д. С. Влияние условий залегания месторождений в способ их вскрытия на систему построения, подземных маркшейдерских опорных сетей. — Сб. ВНИМИ, вып. 58. Л., 1965.
5. *Справочник геодезиста*. М., Недра, 1966.
6. *Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ*. Л., Недра, 1973.
7. Филатов С. А. О классификации подземных маркшейдерских сетей и их точности. — Сб. ВНИМИ, вып. 75. Л., 1969.
8. Филатов С. А. Новая технология построения подземных маркшейдерских опорных сетей. — Сб. ВНИМИ, вып. 53. Л., 1964.
9. Filatow S. A. Neue Systeme der Bildung* markscheiderischer Hauptzugnetze unter Tage. Freiburger Forschungshefte, Reihe A, Nr 404. Leipzig, 1966.

Маркшейдерские работы при строительстве, реконструкции и подготовке новых горизонтов шахт

1. Маркшейдерские работы при строительстве зданий и сооружений шахтной поверхности

Основные задачи маркшейдерских работ при строительстве надшахтных зданий и сооружений — построение сети опорных пунктов для производства геодезических разбивок; инструментальные разбивки основных осей зданий, сооружений и технологического оборудования; контроль за правильностью перенесения в натуру геометрических осей, размеров и высотных отметок; установление объемов земляных работ; проверка соотношения геометрических элементов технологического комплекса шахтного подъема; исполнительная съемка промышленной площадки и составление чертежей, отражающих положение построенных зданий и сооружений.

Расположение на промплощадке зданий и сооружений определяется координатами шахтных стволов и ориентацией их осей. По указанным в проекте размерам относительно осей ствола маркшейдер выполняет детальные разбивки надшахтных зданий, подъездных и внутришахтных путей, связанных с ними складов и погрузочных устройств, конвейерных мостов, эстакад, различных коммуникаций и других строящихся объектов.

Для удобства выполнения детальных разбивочных работ на промплощадке и за ее границами строится разбивочная (строительная) сеть пунктов. Основанием для проектирования и построения разбивочной сети и затем для разбивочных работ служат проектные чертежи организации и производства

строительных и монтажных работ. Для маркшейдера руководящим чертежом является строительный генеральный план (стройгенплан), где указывается привязка (размеры до осей стволов) постоянных сооружений, временных зданий и устройств, а также вертикальная их привязка к уровню высот. Проектные организации разрабатывают стройгенпланы для каждого периода строительства. Так, например, на стройгенплане подготовительного периода показывают временные и постоянные объекты, используемые для нужд строительства, а именно: здания и сооружения, автодороги и железнодорожные пути широкой и узкой колеи, подземные и наземные инженерные коммуникации, складские площадки и помещения. Строительная организация может при необходимости корректировать стройгенплан и детализировать его по рабочим чертежам проекта в зависимости от изменяющихся конкретных условий строительства.

К началу строительства в распоряжении маркшейдера должен быть технический отчет о топографо-геодезических работах, выполненных на территории, подлежащей застройке, а также топографический план этой территории. Эти материалы также необходимы для проектирования и правильной организации маркшейдерско-геодезических работ. Обычно развитие опорной геодезической сети и топографическая съемка местности выполняются предприятиями ГУГК, Союзмаркштреста или трестов инженерно-строительных изысканий.

В процессе разбивочных работ маркшейдер часто вынужден обращаться и к другим проектным чертежам. Это рабочие чертежи сооружений нулевого цикла, проектные

планы земляных работ и вертикальной планировки с распределением земляных масс, генеральный план постоянных и временных подземных коммуникаций, проектная документация на шахтные стволы и околоствольные выработки, проектные чертежи расположения проходческого оборудования И Т. д.

Проектные чертежи, которые используются для разбивочных работ, маркшейдер тщательно проверяет сопоставлением изображенного на чертеже и фактического положения окружающей топографической ситуации, рельефа земной поверхности, существующей застройки и т. п., сопоставлением стройгенплана с рабочими чертежами отдельных зданий и привязки их к осям ствола, сопоставлением размеров зданий и сооружений с габаритами размещаемого в них оборудования. О расхождениях, невязках и ошибках в известных данных главного инженера строительства для внесения в чертежи исправлений с участием проектной организации.

Правильность перенесения на местность основных осей и характерных точек сооружения маркшейдерская служба осуществляет главным образом путем измерения расстояний и размеров между ними и сопоставлением их с проектными. Допустимые отклонения от проектного положения устанавливаются Инструкцией по производству маркшейдерских работ, строительными нормами и правилами или особыми техническими условиями проекта.

Расстояния между разбивочными осями зданий, сооружений, фундаментов, оборудования, между линиями монтажной сетки, между осями колонн, а также от разбивочных осей до осей опорных конструкций, закладных деталей, анкерных болтов, осей сборных железобетонных и стальных конструкций, щитов передвижной опалубки, до осей технологического оборудования, механизмов и устройств измеряют компарированной рулеткой с точностью до миллиметров.

При измерении расстояний от разбивочных осей до контуров фундаментов под здания и оборудование, до оголовков свай фундаментов глубокого заложения, при определении отклонения стенок шурфов и опускных колодцев и размеров фундаментов отсчеты по рулетке берут с точностью до сантиметров. Измерения фиксируются в журнале разбивок с указанием даты разбивки; размеров, относящихся к исходным точкам; номеров проектных чертежей; расстояний и высот, по которым выполнялись разбивка и ориентировка объектов относительно разбивочной сети, осей ствола или осей сооружения.

Составленные при этом схемы или чертежи подписываются исполнителем и начальником участка, принявшим эти работы.

Разбивочные сети. Построение разбивочной сети всегда начинают перенесением на местность центра и осей шахтных стволов.

Осями вертикального шахтного ствола называют две взаимно перпендикулярные прямые, одна из которых параллельна, другая перпендикулярна основным расстрелам. Оси шахтного ствола являются осями симметрии его горизонтального сечения. Центром вертикального шахтного ствола называют точку пересечения его осей.

Перенесение центров вертикальных шахтных стволов, разбивка и закрепление их осей производятся по координатам центров стволов и дирекционным углам их осей от пунктов маркшейдерской опорной сети, удаленных от местоположения ствола не более чем на 300 м. Центр ствола переносится независимо два раза. При этом согласно требованиям технической инструкции расхождение в положении центра ствола на местности из двукратного определения не должно превышать 0,5 м, а угловая ошибка разбивки главной оси ствола не должна превышать $\pm 3'$. При перенесении центра и разбивки осей, ствола, связанного с технологическим комплексом существующей шахты, ошибка перенесения в натуре центра ствола не должна превышать $\pm 1'30''$.

Схема расположения, привязки и закрепления осевых пунктов должна храниться как важнейший исходный документ. Дирекционные углы по координатам осевых пунктов, вычислять не рекомендуется.

Поверхность современной крупной шахты представляет собой сложный комплекс зданий, сооружений и оборудования с максимальным объединением в блоки сооружений различного назначения. Современные проекты предусматривают широкое использование постоянных зданий и оборудования в период строительства. В подготовительный период сооружаются все постоянные коммуникации и значительная часть постоянных зданий. В центральной части промплощадки размещаются здания большой протяженности, что исключает возможность длительного сохранения пунктов на осях ствола. Поэтому техническая инструкция по производству маркшейдерских работ рекомендует для обоснования разбивочных работ не ограничиваться осями шахтных стволов, а строить специальную разбивочную (строительную) сеть в виде сплошной сети прямоугольников со сторонами, параллельными осям ствола и основному направлению блоков сооружений..

Разбивочная сеть создается из основных и дополнительных пунктов. Стороны основных прямоугольников должны быть не менее 80 м. Дополнительные пункты задаются в створе между основными пунктами. Перенесение разбивочной сети на местность осуществляется по предварительно рассчитанным проектным координатам основных пунктов в условной системе с началом координат в центре главного (или вспомогательного) ствола. Дирекционные углы сторон прямоугольников принимаются за $0-180^\circ$ и $90-270^\circ$.

Построение сети рекомендуется выполнять с одновременным использованием двух теодолитов. Устанавливая теодолиты на двух взаимно перпендикулярных осях шахтного ствола, находят вершины прямоугольников сети способом створов. Целесообразно вместо теодолитов пользоваться лазерными указателями. При построении разбивочной сети перпендикулярность осей шахтного ствола должна быть соблюдена с погрешностью, не превышающей $10-20''$.

Разбивочная сеть создается в следующем порядке: составляется проект сети на строительном генеральном плане, переносятся в натуру оси шахтных стволов и основные пункты сети, закрепляются постоянными центрами, выставляются дополнительные пункты сети в створе между основными, измеряются углы и длина сторон сети, производится камеральная обработка измерений и уравнивание системы полигонометрических ходов, сопоставляются координаты центров с координатами, полученными при проектировании сети, определяются поправки по осям абсцисс и ординат, которые затем откладываются вдоль осей, прочерченных на верхней плоскости временного или постоянного знака, определяются высоты центров основных пунктов проложением ходов нивелирования IV класса.

Основные пункты разбивочной сети размещают в местах, обеспечивающих их долговременную сохранность (главным образом по периферии промплощадки) и закрепляют постоянными центрами, конструкция которых должна соответствовать климатическим и грунтовым условиям местности. Постоянные центры закладывают так, чтобы монолитная часть находилась ниже глубины промерзания грунта.

Все пункты сети, которые проектом предусмотрено закрепить стенными полигонометрическими знаками или на крышах зданий, а также грунтовыми центрами в местах, где сохранность их возможна только после выполнения определенной стадии строительных работ, предварительно закрепляют временными центрами.

Угловые измерения выполняются между основными пунктами со средней квадратической погрешностью, не превышающей $\pm 10''$. Расстояния измеряют между всеми пунктами: сети дальномером типа АД-1, светодальномером типа МСД-1 или компарированной рулеткой в прямом и обратном направлениях. Разность между двумя измерениями после введения в измеренные расстояния необходимых поправок не должна превышать $1 : 5000$ от длины стороны хода.

Перенесение проекта разбивочной сети на местность должно завершаться проверкой створности центров соответствующих основных и дополнительных пунктов и контрольным измерением углов между перпендикулярными направлениями сети. Координаты дополнительных пунктов для расчета дирекционных углов использовать не следует.

Построение разбивочной сети решает одну из важных и трудных задач маркшейдерского обслуживания строительства и реконструкции шахт — задачу сохранения системы пунктов на промплощадке от начала до конца строительства.

Способы детальной разбивки зданий и сооружений. Под детальной разбивкой зданий и сооружений понимают геодезические работы по перенесению и закреплению на местности основных осей и размеров сооружений, а также высотных отметок в соответствии с проектом.

Для установления на местности точек по осям сооружения, а также угловых, контурных и других характерных точек сооружения применяют полярный способ детальной разбивки и разбивку способом прямоугольных координат. Помимо двух названных, наиболее распространенных способов возможно применение также угловых, линейных и створных геодезических засечек.

Полярный способ разбивки заключается в отыскании на местности точки по углу и расстоянию от стороны и пункта разбивочной сети. Погрешность перенесения точки а полярным способом (без учета погрешности исходных данных) определяется по формуле

$$M = \pm \sqrt{m_l^2 + m_\alpha^2} \quad (\text{XII.1})$$

где m_α — погрешность перенесения угла; d — расстояние от исходного пункта до искомой точки; m_l — погрешность перенесения расстояния.

Формула (XII.1) позволяет рассчитать необходимую точность измерения углов α и линий d .

Если положение точки задано координатами, то предварительно решением обратной

задачи определяют длины и дирекционные углы. Пользуясь последними, определяют необходимый угол.

Положение точки, перенесенной полярным способом, проверяют измерением расстояний от нее до других перенесенных точек сооружения.

Способ прямоугольных координат (способ перпендикуляров) применяют для перенесения точек вблизи сторон разбивочной сети. Для этого на плане определяют абсциссу и ординату искомой точки и откладывают на местности вдоль и перпендикулярно соответственной стороне разбивочной сети. Правильность перенесения точки проверяют так же, как и при полярном способе разбивки.

В практике шахтного строительства широко используют разбивку методом прямоугольных координат с фиксацией одной из разбивочных осей натянутой проволокой. Относительно проволоки откладывают в нужной точке расстояния по перпендикулярам или предварительно в этой точке к проволоке подвешивают отвес и от него устанавливают заданное расстояние. Для натяжения проволоки в прочной обноске или в стенах существующих зданий по направлению разбивочной оси заделывают скобы.

Перенесение на местность горизонтального угла (при полярном способе разбивки или угловой засечке) сводится к определению на местности второй стороны угла. Теодолит устанавливают в вершине задаваемого угла и от исходного направления при двух положениях зрительной трубы откладывают угол, отмечая точками направления при первом (КЛ) и при втором (КП) положениях трубы. Затем расстояние между точками делят пополам, получая точку, фиксирующую искомое направление. Правильность перенесения угла на местность проверяют контрольным измерением. Если разность между измеренным и проектным углами оказывается больше допустимой погрешности измерения, то для исправления отложенного угла определяют линейную поправку Δd по формуле

$$\Delta d = \frac{d \cdot \Delta \alpha}{\alpha} \quad (\text{XII.2})$$

где d — горизонтальная проекция расстояния от теодолита до искомой точки; $\Delta \alpha$ — разность между проектным и измеренным значением угла.

Для перенесения на местность длины линии (расстояния) проектом дается ее горизонтальная проекция. Чтобы перейти от проектной длины к измеряемой на местности, откладывается проектная длина и путем домера к отложенной длине прибавляется сумма

поправок, определяемых обычно при измерении длин. Поправки могут определяться, предварительно сообразуясь с предстоящими условиями перенесения (наклон, температура, натяжение и т. д.), или определяться в процессе перенесения длины.

Разбивка фундаментов под здания, сооружения и технологическое оборудование при выполнении строительно-монтажных работ нулевого цикла. Комплекс строительных и монтажных работ ниже условной нулевой отметки шахтной поверхности называют нулевым циклом. Работы нулевого цикла разделяются на земляные, бетонные, монтажные и выполняются специализированными организациями поточным методом. Сооружению фундаментов обычно предшествует срезка и вывоз растительного слоя грунта, вертикальная планировка промплощадки, построение разбивочной сети и основных осей зданий и сооружений, закрепление их в грунте и на инвентарной обноске, разработка траншей и прокладка подземных коммуникаций, устройство постоянных и временных дорог. Затем строители приступают к разработке котлованов и далее к строительству всех видов фундаментов и подземных частей зданий и сооружений. Фундаменты бывают: монолитными, ленточными, глубокого заложения с ростверком, стаканного типа с подколонниками, из сборных железобетонных блоков.

Для возведения фундаментов и подземных частей зданий и сооружений маркшейдерская служба переносит на местность основные (продольную и поперечную) оси и оси стен здания, определяющие границы котлована, создает высотное обоснование и определяет объемы земляных работ. Если фундамент предназначен под монтаж сборных конструкций, то на обноске или за пределами границ котлована закрепляются оси рядов колонн. После выемки грунта оси здания (или рядов колонн) переносятся на дно котлована теодолитом или отвесами и закрепляются там штырями. Погрешность перенесения осей на дно котлована не должна превышать 1 см на 100 м фундамента, сооружаемого из сборных конструкций. Одновременно на дне или в стенке котлована закладываются реперы и определяются их высотные отметки с точностью до сантиметра.

Закрепленные на дне котлована оси и реперы по акту передаются производителям строительных работ, которые самостоятельно с использованием шаблонов, отвесов и уровня выполняют детальные разбивки для установки щитов опалубки и монтажа каркасов арматуры относительно переданных им осей.

Если для выравнивания дна котлована создается бетонная подготовка, то маркшейдер проверяет горизонтальность ее с тем, чтобы уровень бетонного дна не отличался от проектного более чем на 2 см.

При возведении фундаментов глубокого заложения, кроме основных осей сооружения, маркшейдер обязан перенести в котлован оси наружных рядов свай или сделать разбивку контура режущего башмака опускного колодца и проверить его размеры.

Специализированные строительные организации выполняют работы, скрытые в процессе последующего производства. На скрытые работы должна быть составлена графическая документация, которая наряду с актами на скрытые работы предъявляется Государственной комиссии при приемке шахты в эксплуатацию. Постепенно в процессе возведения фундамента составляется план (чертеж) скрытых работ.

Так, например, на плане скрытых работ фундамента глубокого заложения свайного типа изображают положение оголовков свай (в масштабе 1 : 50 или 1 : 100) относительно основных осей и проектный контур ростверка. Для документации скрытых работ столбчатых фундаментов глубокого заложения составляют схемы расположения опускных колодцев или шурфов, а также вертикальные разрезы по одной из осей шурфа с указанием вида крепи, геологического строения окружающей толщи пород и отклонений стенок от вертикали.

Подготовку фундаментов к монтажу колонн выполняют в зависимости от способа крепления колонн.

Для монтажа стальных колонн используют анкеры. Оси анкерных болтов размечают шаблонами на арматуре верхней части фундамента и после установки болтов на арматуре проверяют их положение в плане и по высоте. Если смещение анкерных болтов в горизонтальной плоскости не превышает 5 мм, а высотные отметки верхних торцов не отличаются от проектной более чем на 20 мм, то разрешают заливку фундамента бетоном.

Под железобетонные колонны в фундаменте делается башмак с углублением (называемый подколонником), в которое устанавливают колонну. Первоначально разбивают продольные и поперечные оси рядов колонн, вдоль которых натягивают проволоку и в точках пересечения отвесом проектируют и отмечают центр рамы — шаблона подколонника. После бетонирования фундаментных подушек на них укладывают или изготавливают в стационарной опалубке блоки подколонников, проверяя теодолитом их положение на

243>

соответственной оси ряда колонн. далее, последовательно проектируя теодолитом ось на поверхность подколонников, отмечают ее положение рисками у каждой внутренней грани стакана. Одновременно контролируют высотную отметку дна.

Смещение подколонника относительно проектного положения не должно превышать величины зазора, установленной проектом, между стенкой стакана и гранью колонны с тем, чтобы при монтаже правильное положение колонны обеспечивалось перемещением ее к соответствующей стенке стакана. Принято допускать отклонение проектной отметки вглубь до 20 мм, имея в виду возможность подливки дна стакана бетонной смесью при установке колонн.

Разбивка зданий и сооружений из сборных конструкций выше нулевой отметки. Разбивка зданий и сооружений из сборных конструкций в основном сводится к перенесению осей колонн первого и последующих ярусов каркаса, проверке монтажа каждого яруса и всего каркаса в целом.

Монтаж яруса колонн начинают в каждом ряду с одной из крайних колонн. Крайнюю, опущенную в подколонник колонну устанавливают так, чтобы осевые риски (нанесенные в 0,8—1,0 м от основания колонны) совмещались с рисками на поверхности подколонника. Затем выверяют вертикальность колонны с помощью отвесов для небольших колонн или теодолитом для колонн высотой более 6 м проектированием (в двух взаимно перпендикулярных плоскостях) верхней риски на основание. При несовпадении проекции верхней риски с риской у основания крен колонны выправляют.

После выверки крайних по ряду выверяют промежуточные колонны. Для этого устанавливают теодолит на центр торца одной из крайних колонн и, визируя на центр торца противоположной крайней колонны, рихтуют по линии визирования промежуточные. Второй способ выверки колонн заключается в построении вспомогательной оси параллельно оси ряда колонн в 0,8—1,0 м от нее. Теодолит устанавливают на вспомогательной оси у крайней колонны и визируют на соответствующий отсчет по рейке, приложенной к верхней риске противоположной крайней колонны ряда. Крен промежуточных колонн определяют визированием на рейку, прикладываемую горизонтально к верхним осевым рискам промежуточных колонн.

После монтажа колонн первого яруса собирают междуэтажное перекрытие, на котором монтируют колонны следующего яруса. Смещение осей железобетонных колонн при

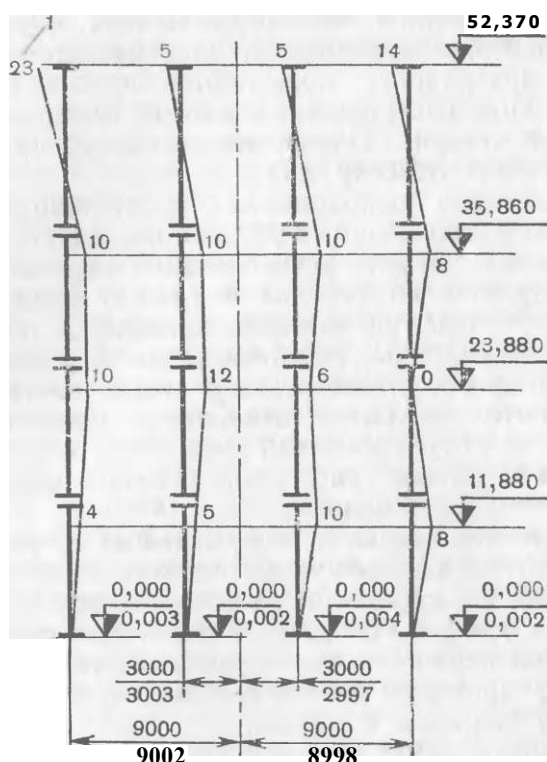


Рис. XII.1. Вертикальная проекция колонн:
1 — отклонение оси колонны от вертикали

переходе от одного яруса к другому не допускается более мм, а максимальное отклонение колонн от вертикали в верхнем сечении определяется величиной ± 10 мм при высоте сооружения до 15 м и ± 3 мм при высоте сооружения свыше 15 м. Точность разбивки осей колонн на каждом перекрытии повышается при применении вместо отвесов и теодолита для установки крайних в ряду колонн приборов вертикального визирования.

Оси колонн первого яруса называют также монтажной сеткой. На верхней плите фундамента и за ее пределами монтажную сетку строят путем сгущения разбивочной сети до квадратов или прямоугольников, имеющих размеры, соответствующие размерам между осями колонн. С целью сохранения закрепленных точек монтажной сетки последнюю обычно смещают параллельно осям колонн на расстояние, определяемое размерами опорных плит или подколонников. Монтажная сетка разбивается створными засечками и на фундаменте в местах пересечения осей прочерчивается краской.

Вертикальность стальных колонн проверяется так же, как и железобетонных. До сварки сборных элементов металлического каркаса в верхнем сечении колонн первого яруса рулеткой измеряют расстояния между осями

колонн. Измерения повторяют после сварки всех узлов и составляют исполнительную схему положения осей колонн. Такую же работу выполняют на каждом последующем ярусе в нижнем и верхнем сечениях.

Маркшейдерские работы при возведении башенных и безукосных копров. Детальные разбивки, выполняемые при возведении башенных копров со стальными каркасами, сводятся к разбивкам осей колонн первого и последующих ярусов каркаса. После завершения монтажа каждого яруса каркаса составляют чертежи рядов колонн в вертикальных проекциях, построенных параллельно обеим осям ствола (рис. XI 1.1).

При возведении башенных копров из монолитного железобетона в передвижной опалубке маркшейдер проверяет размеры, форму и положение опалубки. Опалубка обычно собирается на фундаментной плите. Правильность сборки опалубки проверяют измерением расстояний от вынесенных на опалубку осей ствола до плоскости каждого щита, разделяющего опалубку на секции, а также нивелировкой рабочего пола в углах секций.

После возведения стен на высоту 1,5—2.0 м оси ствола закрепляют скобами с наружной и внутренней сторон копра. Теодолитом или отвесом проверяют совпадение в одной вертикальной плоскости зафиксированных точек на скобах с осевыми пунктами, закрепленными вблизи ствола. Далее в процессе возведения копра положение опалубки контролируют зенит-прибором или утяжеленными отвесами.

Зенит-прибором наблюдают за визирными марками, укрепленными на пересечениях плоскостей опалубки и представляющими собой оцифрованную сетку квадратов, вычерченную на прозрачном материале. Марки крепятся к деревянным прогонам, поддерживающим рабочий пол опалубки; в подвесных лесах и в козырьке опалубки вырезают проемы.

Зенит-прибор устанавливают последовательно под каждой маркой так, чтобы можно было проверить вертикальность шахтной части башни, лифтового отделения и положение наружных стен. Принципиальная схема размещения марок при возведении башенных копров прямоугольного сечения показана на рис. XII.2.

Организуя наблюдения, следует предусмотреть: схему расположения визирных марок и способ закрепления их к опалубке; проемы в перекрытиях; освещение марок внутри копра; закрепление пунктов, предназначенных для установки зенит-прибора; последовательность наблюдений, методику отсчета по шкалам марки и записи наблюде-

ний; связь между наблюдателем и помощником на опалубке; безопасность наблюдателя, обеспечиваемую, например, металлической сеткой, закрепляемой выше зенит-прибора.

Одновременно с плановым положением опалубки определяют также высоту рабочего пола. Для этой цели к арматуре по углам как шахтной, так и наружной части башенного копра прикрепляют контрольные рейки с дециметровыми делениями. По мере подъема опалубки рейки систематически наращивают. Через каждые 20 м подвигания опалубки маркшейдер металлической рулеткой определяет высоты рабочего пола от репера, забетонированного в нижней части копра. Высотная отметка от рабочего пола передается нивелиром на контрольные рейки.

Результаты наблюдений за положением опалубки оформляются в виде чертежа совмещенных сечений копра. Схема (чертеж) совмещенных сечений позволяет своевременно устанавливать отклонение стен копра от вертикали, растяжение, сжатие и угол поворота опалубки и тем самым своевременно подготавливать мероприятия по предотвращению деформаций и отклонений. До начала наблюдений вычерчивают проектное сечение башенного копра I, II, III, IV в масштабе 1 : 50 и соответственные угловым точкам сечения шкалы марок D, E, F и G в масштабе 1 : 1 (рис. XI 1.3). При этом положение марок наносится на схему так, чтобы начальные отсчеты по шкалам марок D, E, F, G соответствовали бы начальному положению угловых точек I, II, III, IV.

Средние отсчеты по шкалам марок, получаемые уже в процессе наблюдений после очередного подъема опалубки, наносят на соответствующие сетки на схеме и находят, таким образом, фактическое пересечение стен копра последовательно для всех сечений. Соединив найденные точки, относящиеся к одному сечению, например точки M, N, P, Q горизонта +44,7 м, получают сечение копра в масштабе, близком к масштабу проектного сечения. Ряд таких сечений дает представление об изменении формы опалубки в плане и направлении ее поворота. Для каждого сечения указывается высотная отметка, соответствующая данному сечению.

План совмещенных сечений шахтной части башенного копра составляется аналогично, однако проектное сечение шахтной части рекомендуется строить в масштабе 1 : 20.

При проверке положения опалубки утяжеленными отвесами точки схода последних фиксируются отверстия центрировочных пластин или роликами направляющих блоков. Лебедки с проволокой для отвесов закрепляют на рабочем полу опалубки или

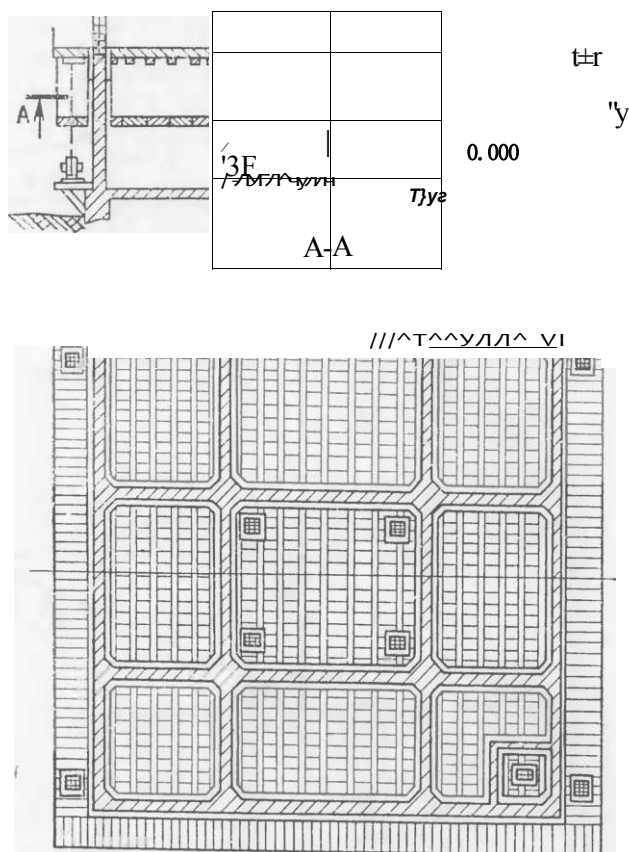


Рис. XI 1.2. Принципиальная схема размещения визирных марок при возведении башенного копра

устанавливают внизу на нулевой площадке (рис. XI 1.4). Смещение опалубки в плане определяется относительно начального положения измерениями расстояний на нулевой площадке от нити отвеса до ближайших соответствующих стен башни. Расстояния от нити необходимо измерять до одних и тех же точек, отмечаемых на стенах краской.

Отклонения каждой стенки башенного копра от вертикали не должны превышать величины, равной 0,002 от высоты копра, но не более 100 мм.

Башенные металлические копры (с металлическим станком и наклонными опорными стойками) сооружают при реконструкции действующих шахт. Монтаж таких башенных копров может осуществляться в стороне от ствола с последующей подвижкой в проектное положение.

Для строительства копра в стороне от ствола предварительно сооружают временный монтажный стенд и накаточные пути (с роликовыми катками). В задачи маркшейдера входят разбивка фундаментов и опорных поверхностей монтажного стенда, последующая проверка высотных отметок и планового положения опор под наружные и внутренние стойки копра.

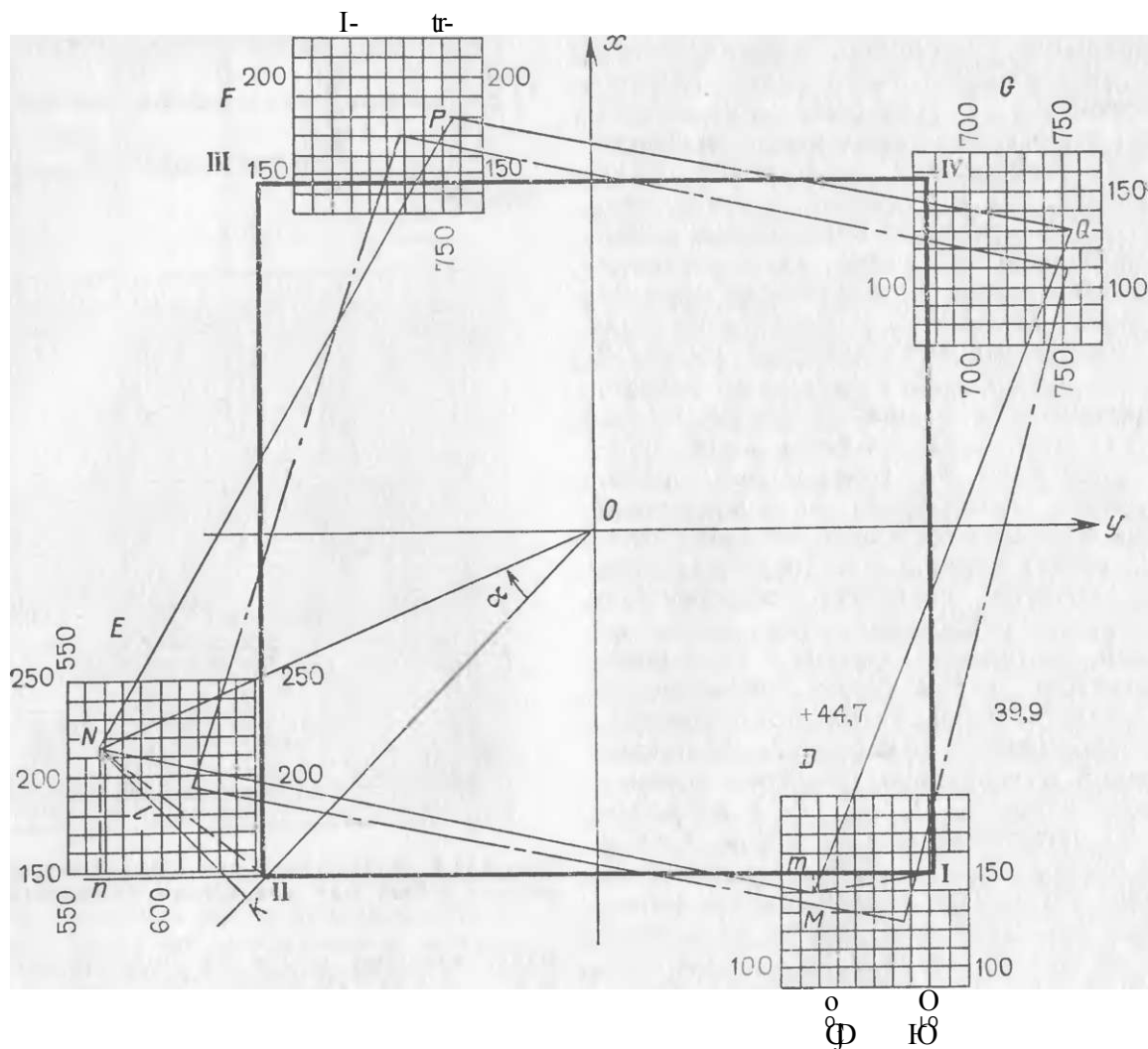


Рис. XI 1.3. Схема совмещенных сечений башенного копра

При возведении башенного копра методом последовательного наращивания производят выверку каждого яруса каркаса опорной и башенной частей с помощью теодолита.

Маркшейдерские работы при монтаже оборудования подъемных установок. Подъемная установка вертикального шахтного ствола состоит из подъемной машины, подъемных канатов, направляющих шкивов, подъемных сосудов и копра, взаимное положение геометрических осей которых устанавливается проектом. Задачами маркшейдера при монтаже подъемной установки является перенесение в натуру основных геометрических элементов подъемной установки при монтаже и после его окончания.

К основным геометрическим элементам подъемной установки относятся: центр подъема, ось подъема, ось главного вала подъемной машины, осевая плоскость направляющего шкива, ось вала шкива и углы девиации подъемных канатов.

Центр подъема — точка, делящая пополам расстояние между осями идущих в ствол подъемных канатов.

Ось подъема — прямая, проходящая через центр подъема перпендикулярно оси главного вала подъемной машины.

Центр вала подъемной машины — точка на оси главного вала машины, расположенная посередине расстояния между внутренними сторонами реборд барабана (шкива трения) в установках с одним цилиндрическим барабаном или посередине между внутренними сторонами крайних (внешних) реборд барабанов в установках с двумя цилиндрическими барабанами. Под осевой плоскостью направляющего шкива понимают плоскость, проходящую через середину между внутренними гранями реборд шкива.

Углы девиации каната на барабане подъемной машины — углы, образованные струной каната и вертикальной плоскостью,

перпендикулярной к оси главного вала подъемной машины. Угол девиации определяется в наклонной плоскости, касательной к барабану и шкиву. Различают наружный α_n и внутренний α_v углы девиации.

Углы девиации каната на шкиве — углы ρ_n и ρ_v , образованные струной каната и осевой плоскостью шкива.

Для обеспечения безопасной работы и минимального износа оборудования подъемной установки предельные значения углов девиации не должны превышать $1^\circ 30'$.

Монтаж укосных стальных копров ведется двумя способами: станок и укосину собирают на монтажной площадке с последующим их подъемом над стволом или последовательно наращивают отдельные звенья (панели) непосредственно на подкопровой раме.

В обоих случаях первоначально собирается и закрепляется в устье ствола подкопровая рама и сооружаются фундаменты под укосину.

Подкопровую (опорную) раму устанавливают по отвесам, опущенным с проволок, натянутых по осям ствола. Под острие отвесов подводят осевые метки на раме, размеченные при заводской сборке, или на монтажной площадке. Детальные разбивки фундаментов под укосину выполняют по размерам, указанным в рабочих чертежах проекта.

Перед подъемом станка и укосины на подшкивной площадке и на горизонтальных связях укосины намечают оси, которые при правильной установке копра должны совпадать с осями шахтного ствола. После подъема станок и укосину соединяют между собой, и весь копер закрепляют временными связями. На расстоянии от 40 до 100 м от ствола устанавливают на осевом пункте теодолит. Коллимационную плоскость теодолита ориентируют по направлению оси ствола, затем, визируя на подшкивную площадку, наблюдают положение ранее намеченной точки. Окончательное закрепление копра на сварке осуществляют только после маркшейдерского контроля.

При монтаже копра методом наращивания проверяют установку ферм, панелей или блоков металлоконструкций путем выноски осей ствола на горизонтальные связи каждой фермы и сравнения с ранее намеченными точками, фиксирующими положение осей на верхней раме фермы. На подшкивной площадке также намечают осевые точки, которые при правильной установке копра должны располагаться в одной вертикальной плоскости с осями ствола.

Таким же способом проверяют положение укосины, для чего ось ствола проектируют на горизонтальные связи укосины.

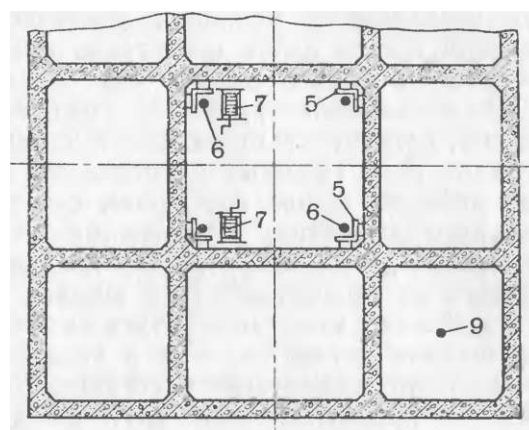
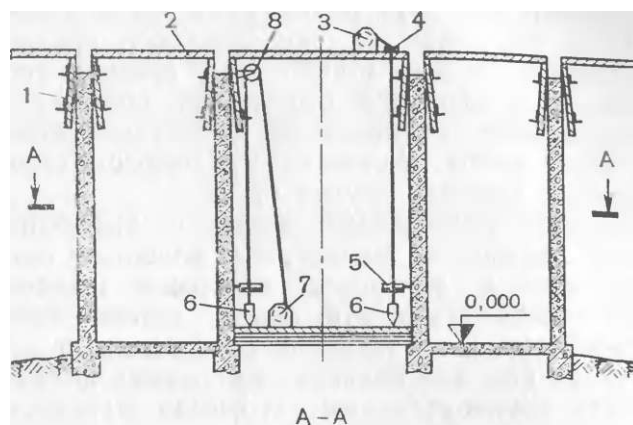


Рис. XI 1.4. Проверка положения опалубки отвесами;

1 — опалубка; 2 — рабочий пол опалубки; 3 — лебедка; 4 — центрировочная пластина; 5 — координатометр; 6 — отвес; 7 — лебедка; 8 — блок; 9 — отвес в лифтовом отделении

При перенесении осей ствола на подшкивную площадку особое внимание следует обращать на точную установку основной оси теодолита в отвесное положение, а также на защиту теодолита и штатива от одностороннего нагревания солнечными лучами. Отклонение осей подшкивной площадки от проектного положения не должно превышать 25 мм.

В тех случаях, когда искривленность копра не позволяет установить подшкивную площадку в проектное положение, выполняют профильную съемку станка копра. На расстоянии 30—80 м от копра в створе двух угловых его стоек устанавливают теодолит так, чтобы была видимость на обе стойки по всей высоте копра. Затем у основания станка прикрепляют рейку, плоскость которой должна быть перпендикулярна направлению визирования, и на рейку теодолитом поочередно проектируют точки, расположенные на звеньях станка, измеряя отклонения этих точек от вертикали. Измерения вы-

полняют при двух положениях трубы теодолита, принимая за окончательное среднее значение из двух отсчетов. По средним значениям отклонений составляют профиль и определяют искривление отдельных стоек станка копра. Аналогичным методом определяют профиль других стоек.

После закрепления копра и вынесения осей подъема на подшивную площадку приступают к установке копровых шкивов. Плоскость симметрии шкива должна быть расположена на заданном расстоянии от оси ствола или оси подъема, вал шкива должен быть горизонтальным, а осевая плоскость вертикальной.

Для установки и проверки фактического положения шкива вдоль оси ствола или параллельной вспомогательной оси, отмеченной на металлоконструкциях подшивной площадки, натягивают проволоку и измеряют расстояния от опущенных с проволоки отвесов до реборды шкива (по краям его горизонтального диаметра). Расстояния от реборды шкива до разбивочной оси не должны отличаться от проектных. Для шкивов диаметром до 6 м они могут отличаться на ± 10 мм и для шкивов диаметром 6 м и выше — на ± 15 мм. Если измеренные расстояния отличаются от проектных или друг от друга на величины более указанных, то вычисляют средние поправки, на которые следует сместить шкив. После смещения шкива контрольные измерения повторяют.

Аналогично проверяют положение шкива относительно второй оси ствола — измерениями от нее до оси вала у обоих его концов.

Горизонтальность вала копрового шкива проверяется одним из следующих приборов: рамным уровнем с ценой деления, не превышающей 20", шланговым нивелиром или нивелиром с автоматической стабилизацией визирной оси, позволяющими определять превышение одного конца вала над другим с точностью до 1 мм.

Если подъемная машина устанавливается в стороне от ствола (в отдельном здании или секции блока сооружений), то детальная разбивка заключается в перенесении в здание подъемной машины осей подъема и главного вала, разбивке фундамента и отдельных элементов машины. Разбивку начинают с перенесения в натуру координат точки пересечения осей подъема и главного вала. Закрепив ее временным центром, устанавливают над ней теодолит, переносят и закрепляют углы, образуемые направлениями осей подъема и вала.

Когда стены здания возведены над поверхностью земли на 1—1,5 м, делают разбивку осей на внутренних сторонах стен здания,

в которые с этой целью заделывают металлические скобы. Позднее (после возведения стен) закладывают второй ярус монтажных скоб, на которые переносят осевые точки с нижних скоб отвесом или с помощью теодолита. Монтажные скобы закладывают так, чтобы натянутые между противоположными скобами проволоки можно было использовать при разбивочных и монтажных работах в процессе установки подъемной машины и для контрольных измерений.

Разбивку осей подъема и главного вала машины выполняют дважды, после чего определяют дирекционные углы закрепленных монтажных осей. Среднее значение дирекционного угла разбивочной оси вала машины не должно отличаться от проектного более чем на $\pm 2'$. Угол между вынесенными осями подъема и осью вала машины не должен отличаться от прямого более чем на $\pm 7'$, расстояние от центра ствола до вала машины — более чем на 100 мм, а смещение точки пересечения оси вала и оси подъема в боковом направлении — более чем на 50 мм. Высотная отметка вала не должна отличаться от проектной более чем на 100 мм. Допустимое отклонение оси вала от горизонтального положения устанавливается техническими условиями на монтаж.

Детальная разбивка фундамента под машину и монтаж отдельных элементов машины выполняется производителями работ относительно отвесов, опущенных с проволоки, фиксирующих разбивочные оси подъема и главного вала. При правильной установке подъемной машины ось главного вала должна лежать в одной плоскости с отвесами, опущенными с разбивочной оси.

Проверка соотношения геометрических элементов подъемной установки. После окончания монтажа подъемной установки маркшейдер окончательно проверяет горизонтальность осей вала подъемной машины и копровых шкивов, определяет положение осей подъемных канатов относительно проводников на уровне нулевой площадки и углы девиации подъемных канатов на барабанах и шкивах.

Перед определением углов девиации проверяется неизменность положения пунктов в здании подъемной машины и пунктов на осях шахтного ствола. Если неизменность положения пунктов окажется установленной, то для определения углов девиации измеряют соответственные расстояния от разбивочных осей до подъемных канатов на барабанах и шкивах. В противном случае устанавливают взаимное положение канатов на барабанах и шкивах непосредственной съемкой элементов подъемной установки независимо от осей ствола.

Ниже приведен второй более универсальный вариант определения углов девиации.

Приблизительно на оси подъема закрепляют точку 3 теодолитного хода А—1—2—3—I за или перед зданием подъемной машины на расстоянии 40—100 м от ствола и точку 4 вблизи нулевой площадки (рис. XI 1.5).

На точке 3 от стороны хода 2—3 откладывают угол 2—3—I, предварительно рассчитанный так, чтобы направление 3—I было перпендикулярно оси вала машины, и выносят это направление на подшивную площадку. Вынесенное направление фиксируют проволокой I—II.

Затем измеряют: на подшивной площадке — расстояния a_1, a_2 и от проволоки до внешних граней реборд шкивов на концах горизонтального диаметра, а также расстояние / между внешними гранями реборд шкива (рис. XI 1.6, а, б, в); в здании подъемной машины — расстояние между внутренними гранями реборд барабанов b_{01} ширину свободной части b и b' , ширину рабочей части b_r и b_r и общую ширину зон витков трения и запасных $(b_T + b_3)$ и $(b_m + b_3)$ у двухбарабанных машин (см. рис. XI 1.6, б); общую ширину свободной части, зон витков трения л запасных $(b + b_T + b_3)$ и $(b' + b_m + b_3)$ и общую ширину барабана B у однобарабанных и бицилиндроконических машин (см. рис. XII.6, а, в).

Далее вычисляют координаты, высотные отметки, углы девиации.

В системе координат, в которой за ось ординат y принята ось вала машины, а за ось абсцисс x — перпендикулярная ей ось симметрии подъемной машины, вычисляют координаты x и y точек теодолитного хода, осей канатов и проводников.

Для каждого каната подсчитывают два максимальных угла девиации на барабане подъемной машины — наружный a_n и внутренний $a_{вн}$, определяемые по следующим формулам.

Если подъемная установка с двумя цилиндрическими барабанами и шкивами, расположенными на одной геометрической оси (см. рис. XI 1.6, б):

$$a_n = B_k - a \quad a_{вн} = a - B_p p'. \quad (XII.3)$$

Если подъемная установка с одним цилиндрическим или бицилиндроконическим барабаном и шкивами, расположенными на одной геометрической оси (см. рис. XII.6, а, в):

$$a_n = \frac{B_n - a}{m} p' = \quad (XII.4)$$

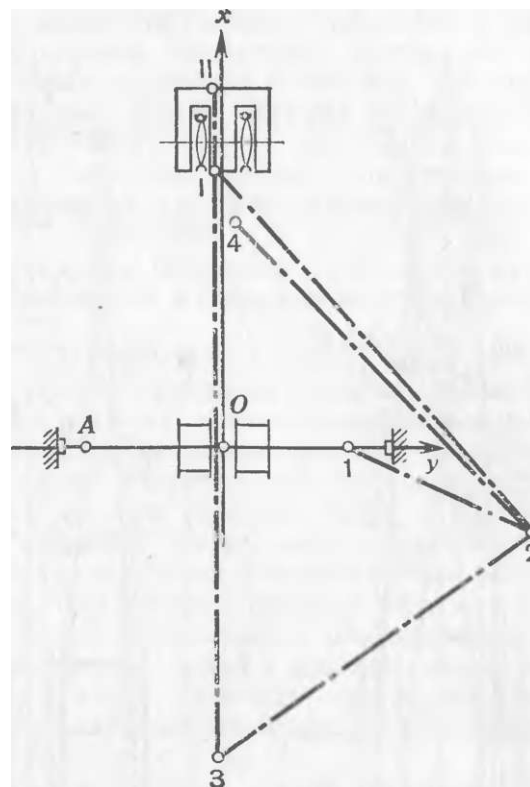


Рис. XII.5. Теодолитный ход при проверке соотношения геометрических элементов подъемной установки

Если подъемная установка с одним барабаном и шкивами, расположенными в одной вертикальной плоскости, совпадающей с осью Ox (см. рис. XII.6, в):

$$a_n = \frac{b_n}{p'} p', \quad a_{вн} = -\frac{b_{вн}}{p'} p'; \quad (XII.5)$$

при смещении шкивов от оси Ox вправо:

$$a_{вн} = \frac{V}{L} \quad b_B - a, \quad (XII.6)$$

и влево:

$$= \frac{b_n - a}{L}, \quad \frac{b_n + a}{m} p' \quad (XII.7)$$

где $p' = 3440'$; B_n и $B_{вн}$ — расстояния от оси Ox до соответствующего крайнего положения каната на барабане; a — расстояние от оси Ox до осевой плоскости шкива; L — наклонное расстояние между осями вала машины и вала шкивов, определяемое с точностью до 1 м.

Значения величин B_n и $B_{вн}$ определяют по формулам:

а) для двухбарабанных машин (см. рис. XII.6, в)

$$B_n = 0,5b_0 + b - bp + b_3 \quad \text{или}$$

$$B_n = b - B_T + 0,5b_0;$$

$$b_B = 0,5b_0 - b \quad (XII.8)$$

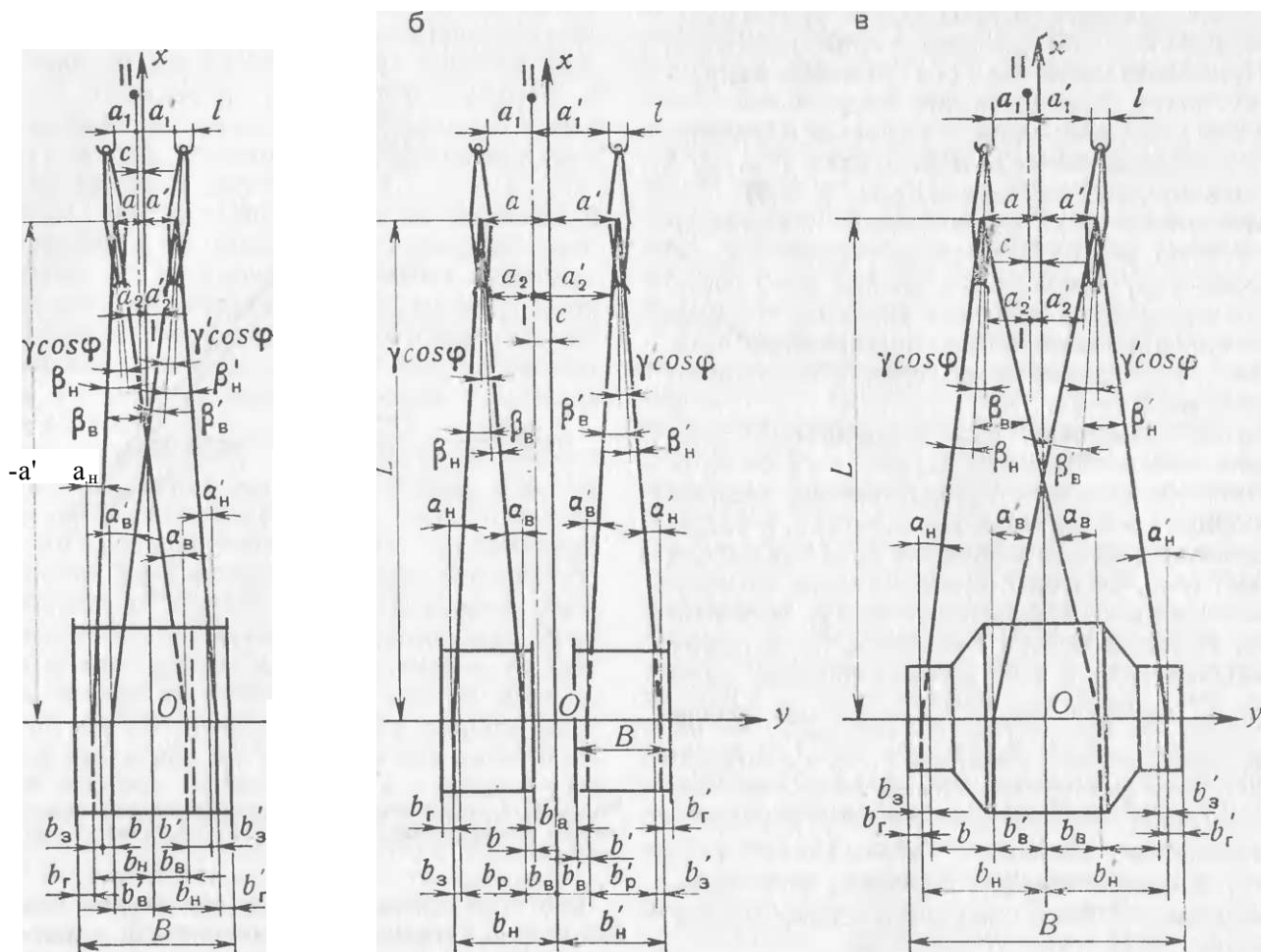
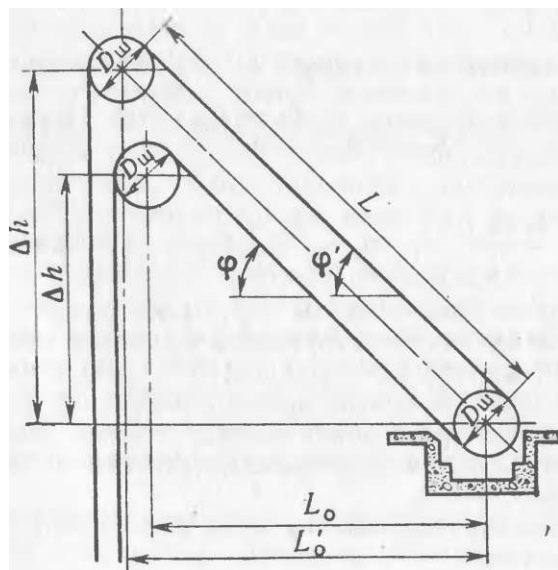


Рис. XII.6. Углы девиации подъемных канатов на шкивах и барабанах подъемной машины:
 а — однобарабанной; б — двухбарабанной; в — бицилиндрической; г — однобарабанной с расположением шкивов в одной плоскости



б) для однобарабанных и цилиндрических машин (см. рис. XII.6, а, в)

$$b_H = 0,5B - b_T;$$

$$*_{\text{в}} = 0,5 \text{ ф} - (*' + \text{ф}) \quad (\text{XII.9})$$

Ширина зоны запасных витков B_3 равна разности $(b_T - b_3) - b_T$, а зону витков трения B_T вычисляют по формуле

$$b_T = n_T(d - e), \quad (\text{XII.10})$$

где n_m — число витков трения; d — диаметр подъемного каната; e — принятый зазор между витками каната.

Расстояния a и a' для подъемных установок первого и второго типа равны

$$\begin{aligned} a &= 0,5 (x + a_2) + 0,5 / \pm c \\ a' &= 0,5 (af + 4) + 0,5 / \pm c \end{aligned} \quad (\text{XII.11})$$

где c — расстояние между вынесенным направлением I—II и осью Ox , равное ординате

точки I.

Знак перед c определяется расположением проволоки I—II относительно оси Ox .

Для установок третьего типа расстояния a и a' определяются по формулам:

$$l = [0,5 (a_2 + a_2) + 0,5 / - c];$$

$$l' = [0,5 (a_1 - a_2) + 0,5 / - c]. \quad (\text{XII. 12})$$

Наклонное расстояние L (длина струны каната) определяется по формулам:

$$L = y L_l + L_h \quad (\text{XII.13})$$

$$U \sim x_K D_m$$

где L_0 — горизонтальное проложение расстояния L ; x_k — абсцисса каната в принятой системе координат; D_m — диаметр шкива; Ah — превышение оси вала шкива относительно оси вала машины.

Так как ось вала шкива может не быть параллельной оси вала машины, то углы девиации на шкиве могут отличаться от углов девиации на барабане машины. Для каждого шкива подсчитывают два максимальных угла девиации каната — наружный p_n и внутренний p_v , определяемые для всех типов подъемных машин по формулам:

$$p_k = a_n - y \cos \varphi;$$

$$p_v = a_v + y \cos \varphi; \quad (\text{XI 1.14})$$

$$\gamma = \frac{a_2}{D_{ш}} p.$$

где y — горизонтальный угол поворота плоскости шкива относительно оси Ox (оси подъема); φ — угол наклона струны подъемного каната.

Значение угла φ с точностью до 1° находят по формуле

$$\Phi = \frac{Ah}{-j} \cdot$$

Ниже (табл. XII. 1) приведен формуляр для вычисления углов девиации подъемных канатов подъемной установки с двумя барабанами.

Требования к соотношению геометрических элементов многоканатной подъемной установки. Многоканатные подъемные установки применяются при проектировании и строительстве подъемных комплексов высокопроизводительных шахт и рудников для выдачи грузов по глубоким шахтным стволам.

Расположение машины в верхней части башенного копра на высоте около 100 м, использование системы отклоняющих шкивов и возможность неравномерного распределения нагрузок на подъемные канаты — все

это выдвигает высокие требования к точности соблюдения проектного положения оборудования подъемной установки. Поэтому нормальный режим работы механизмов (без интенсивного износа подъемного оборудования) возможен только при условии своевременного контроля за соотношением основных геометрических элементов подъемной установки. Основные требования при этом заключаются в следующем: оси главного вала и отклоняющих шкивов должны быть горизонтальны и параллельны друг другу, оси головных подъемных канатов должны быть вертикальны, соответственные ведущие и отклоняющие шкивы должны располагаться в одной вертикальной плоскости; прямая, соединяющая среднюю точку схода канатов и среднюю точку подвесного устройства, должна совпадать с вертикальной осью подъемного отделения, диаметры ведущих, а также диаметры отклоняющих шкивов должны быть равны между собой и соответствовать проектным, углы перегиба подъемных канатов отклоняющими шкивами должны находиться в пределах от 8 до 15° .

Геометрическая схема наиболее распространенной четырехканатной установки со шкивами, отклоняющими одну систему канатов, показана на рис. XII.7.

На многоканатных подъемных установках следует различать углы девиации a , P , φ и φ^* (рис. XI 1.8) каждого из подъемных канатов, сходящих с ведущих и отклоняющих шкивов, и углы отклонения от вертикали оси симметрии системы из четырех, шести или восьми канатов θ и θ_0 .

Углы девиации ниспадающих в ствол канатов получают максимальные значения при верхнем положении соответствующего подъемного сосуда. Углы девиации промежуточных струн канатов характеризуют точность взаимной установки ведущих и отклоняющих шкивов. Углы отклонения от вертикали осей систем канатов характеризуют положение подъемной машины относительно армировки. Чем больше отклонение оси системы канатов от вертикали, тем значительней горизонтальные нагрузки на армировку со стороны подъемного сосуда.

Маркшейдерская проверка многоканатной подъемной установки устанавливает: возможную непараллельность валов ведущих и отклоняющих шкивов и наклон их осей; углы девиации головных подъемных канатов на шкивах; углы девиации промежуточных струн канатов; углы отклонения осей систем канатов.

Способ определения углов отклонения θ , θ_0 и углов девиации a , P , φ , φ^* заключается в следующем.

Таблица XIV. 11

Формуляр для вычисления углов девиации подъемных канатов подъемной установки с двумя барабанами

Порядок действий	Обозначение величин	Название барабана и шкива		Порядок действий	Обозначение величин	Название барабана и шкива	
		запад-ный	восточ-ный			запад-ный	восточ-ный
1	$0,5\,b_0$			16	A/Г, м		
2	b			$l = Y^L_o + \text{Л/?2}$			
3				17	L, м		
4	$b_э$				$a_{и} = \frac{\overline{b_{и}} - \overline{a}}{\overline{L}}\,p\,^{\prime};\, a_{в} = \frac{a - \overline{b}}{\overline{L}}\,p\,^{\prime}$		
$b_u = OyBbo + b_p + b_3$ $b_э = 0,5b_0 + b$					18	$a_{гi}$	
5	b_u			19	$от_B$		
6	$b_э$			20	$(a_2 — a_x), мм$		
7	$a_э$			21	$D_m, мм$		
8	a_2				$\gamma = \frac{a_э - \langle 1}{Г) \text{ П}} \gamma \approx \frac{A\,h}{T}$		
9	$0,5\{a_1 + a_2\}$						
10	$0,5/$			22	7		
11	c			23	Φ		
				24	$\cos \phi$		
$a = 0,5\{a_э + a_2\} + 0,5/ \pm c$				25	$Y \cos \Phi$		
12	a			$P_H = \langle и — Y \cos \phi$ $P_B = a_{в} + Y \cos \phi$			
13	$b_H — a$		j				
14	$a — b_э$			26	P_H		
15	$L_0, м$			27	P_B		

Примечание. Если вычисленные углы девиации подъемных канатов превосходят допустимые значения, то величину Д, на которую следует переместить шкив вдоль оси вала, определяют из выражения:

$$D = a \frac{B_H + B_K}{2}$$

Направление перемещения определяется знаком Д.

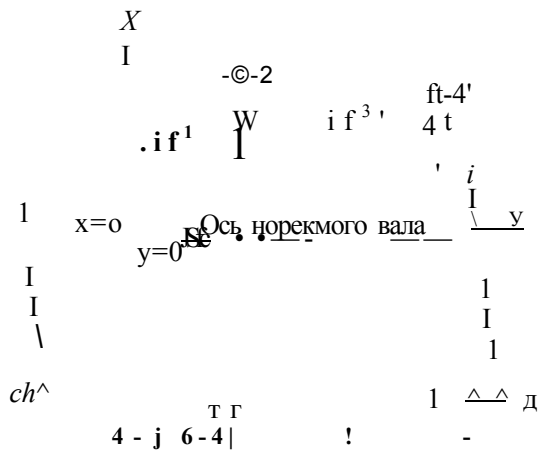


Рис. XII.9. Определение условных координат осей подъемных канатов

где α — угол отклонения оси системы головных канатов, сходящих с ведущих шкивов в ствол, в вертикальной плоскости, параллельной оси головного вала; y_i — ординаты осей неотклоняемых канатов (5, 6, 7, 8) при верхнем положении подъемного сосуда; t_i — число канатов в системе; h_x — превышение оси главного вала над горизонтом измерений; $p' = 3438'$; 6^* — угол отклонения оси системы головных канатов, сходящих с ведущих шкивов в ствол в плоскости, перпендикулярной оси главного вала (в плоскости подъема); x_i — абсциссы осей канатов 5, 6, 7, 8 при верхнем положении подъемного сосуда; $x_{i'}$ — абсциссы осей тех же канатов при нижнем положении подъемного сосуда; h_z — превышение оси главного вала над средней точкой подвесного устройства; $R_{Bt \text{ пр}}$ — проектный радиус ведущего шкива; $R_{B. \text{ш}}$ — радиус ведущего шкива во время измерений; $\alpha^{\wedge}$ — углы отклонения оси системы канатов, сходящих в ствол с отклоняющих шкивов, соответственно в плоскости, параллельной или перпендикулярной оси главного вала; $b'k$ и y_k — ординаты осей отклоненных канатов (1, 2, 3, 4) соответственно при верхнем и нижнем положениях сосуда; x'_k и $x^{\wedge}$ — абсциссы осей тех же канатов; l_2 — превышение оси вала отклоняющих шкивов над горизонтом измерений; l_4 — превышение оси вала отклоняющих шкивов над средней точкой подвесного устройства; $R_{0, \text{ пр}}$ и $R_{0m \text{ ш}}$ — радиусы отклоняющих шкивов соответственно проектный и во время измерений.

Ниже приведены формулы вычисления углов девиации:

$$\alpha_i = \frac{p' + v + X_i}{9.8 + 6 + V} \quad (XII.16)$$

$$55 \quad p + 6 =$$

$$= \alpha^{\wedge} + 6' + k^{\wedge},$$

где α_i и $\alpha^{\wedge}$ — углы девиации головных канатов соответственно на ведущих и отклоняющих шкивах; 6 и $6'$ — углы наклона соответственно оси главного вала и вала отклоняющих шкивов; $k^{\wedge}$ — поправки, учитывающие положение балансирных устройств.

Углы девиации промежуточных струн канатов на ведущих шкивах

$$<p_i = \quad (XII.17)$$

на отклоняющих шкивах

$$p_k = \frac{A y''}{P' + 8 \sin \Gamma} \quad (XII.18)$$

где $A y'' = y_k - y_i$ — разность ординат осей отклоняемого и неотклоняемого канатов на горизонте измерений при нижнем положении подъемных сосудов ($y_2 - y_5$, $\Gamma/2 - \#6^{\wedge} - D$); Γ — угол перегиба каната отклоняющим шкивом; 8 — угол поворота оси вала отклоняющих шкивов относительно оси главного вала; l — длина промежуточной струны каната; $A y^m = y_i - y_k$

Анализ влияния неточности измерений при производстве монтажных работ показывает, что монтаж оборудования подъемной установки может быть выполнен так, чтобы углы 6^* , Qy , α^* , (β не превышали $0^\circ 15'$; угол наклона оси главного вала β не превышал $0^\circ 05'$; угол наклона оси вала отклоняющих шкивов относительно направления оси главного вала не превышал $0^\circ 45'$. Предельные значения углов девиации головных канатов на ведущих и отклоняющих шкивах многоканатной машины ориентировочно можно принять: $\alpha_i < 1^\circ 30'$ и $R_{\text{ш}} < 1^\circ 30'$. Углы девиации промежуточных струн должны находиться в пределах от 0 до $0^\circ 30'$.

Взаимоотношения между маркшейдерской службой и другими организациями, участвующими в проектировании и строительстве шахт. Строительные, монтажные и горнопроходческие работы выполняются различными специализированными строительными организациями, оснащенными необходимыми машинами и механизмами и укомплектованными рабочими и инженерно-техническими работниками соответствующей квалификации.

Шахтостроительные объединения (комбинат, трест), выполняющие функции генерального подрядчика, имеют в своем подчинении управления по проходке горных выработок, по строительству зданий шахтной

поверхности и по сооружению башенных копров.

Объединения по проходке стволов, монтажно-наладочным работам и механизации строительства относятся к специализированным субподрядным организациям.

В процессе строительства в зависимости от стадии и характера строительных работ на промплощадке специализированные организации сменяют одна другую или взаимодействуют между собой. Очень важно, чтобы при этом была соблюдена преемственность в выполнении маркшейдерских работ и обеспечение каждой последующей стадии строительного цикла маркшейдерской документацией, закрепленными пунктами, исходными значениями координат и дирекционных углов, а также данными о фактических отклонениях элементов сооружения или его узлов и деталей от проектного положения.

Координацию маркшейдерских работ при строительстве горного предприятия осуществляет маркшейдерская служба генерального подрядчика. По требованию главного маркшейдера генподрядной организации специализированные организации представляют все необходимые материалы и отчетные сведения по маркшейдерским работам.

Производственное объединение горных предприятий — заказчик строительства обеспечивает своевременную передачу главному маркшейдеру генподрядной организации проекта маркшейдерского обслуживания строительно-монтажных работ и сметно-финансовую документацию на эти работы.

Для исполнительных съемок, отражающих состояние сооружения и горных выработок после завершения строительства горного предприятия, и для изготовления чертежей горной графической документации, обязательной при сдаче в эксплуатацию горного предприятия, должна привлекаться специализированная маркшейдерская организация — Союзмаркштрест и его территориальные подразделения.

2. Маркшейдерские работы при сооружении вертикальных шахтных стволов

Сооружение шахтного ствола состоит из работ по проходке его (с возведением крепи) и армированию. В процессе проходки вертикальных шахтных стволов маркшейдер контролирует соблюдение проектных размеров сечения, расположение проходческих отвесов, размещение проходческого оборудо-

вания, положение временной и постоянной крепи, объемы проходческих работ. Объем и характер маркшейдерских измерений в значительной мере зависят от принятой технологической схемы проходки ствола и вида крепи.

Технологические схемы проходки шахтного ствола (последовательная, совмещенная и параллельная) различаются соотношением работ по выемке породы и возведению крепи.

Основными руководящими материалами, регламентирующими строительные допуски при проходке шахтных стволов, являются: СНиП Ш-11-77 (Строительные нормы и правила, часть III, глава 11 «Подземные горные выработки предприятий по добыче полезных ископаемых»), Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах, Единые правила безопасности при проходке стволов шахт специальными способами. В соответствии со строительными нормами инструкцией по производству маркшейдерских работ установлены требования к маркшейдерским измерениям и специальным съемкам, выполнение которых необходимо для обеспечения проходки ствола в соответствии с проектом.

Перед началом работ по проходке ствола в центре его заложения пробуривается контрольная геологическая скважина. По данным бурения составляется геологический разрез по стволу, а также геологическое заключение, включающее прогноз гидрогеологических условий проходки, прогноз возможных выбросов породы, прорыва плывунов. В соответствии с полученными по контрольной скважине данными окончательно устанавливают способ и технологическую схему проходки. Вследствие возможных отклонений стенок ствола от проектного положения допускается определенное увеличение сечения. Проверая размеры сечения шахтного ствола в проходке, маркшейдер руководствуется допустимыми отклонениями, установленными СНиП 111-11-77.

При площади сечения ствола в проходке до 20 м^2 в зависимости от крепости пород увеличение площади сечения допускается от 4 до 10%, при сечении от 20 до 40 м^2 — от 3 до 8% и при площади сечения ствола свыше 40 м^2 увеличение не должно превышать 2 - 5%.

Согласно СНиП отклонение стенок закрепленного ствола по радиусу от центра ствола допускается в пределах до $\pm 50 \text{ мм}$ для монолитной бетонной, железобетонной крепей и для тюбинговой крепи не более $\pm 30 \text{ мм}$. При возведении тюбинговой крепи отклонение тюбинговых колец от горизонтальной плоскости допускается в пределах до $\pm 20 \text{ мм}$. Величина уступов крепи на кон-

тактах смежных заходок допускается до 30 мм.

Маркшейдерские измерения, выполняемые при сооружении ствола, документируются в журнале проходки, являющемся основным документом, отражающим фактическое состояние и оборудование ствола.

Работы по выемке породы и возведению постоянной крепи ствола по последовательной схеме ведутся последовательными заходками (звеньями); в каждой заходке вынимают породу, а затем возводят постоянную крепь. По мере выемки породы стенки ствола закрепляют временной крепью, а перед окончанием проходки в данном звене разделяют вруб под опорный венец постоянной крепи. Кольца временной крепи устанавливают по центральному или боковым отвесам, опущенным с опорного венца предыдущего звена. Боковые отвесы располагают так, чтобы два из них обозначали направление горизонтальной оси ствола. Положение точек привеса боковых отвесов относительно вертикальной оси ствола определяют измерением расстояний до центрального отвеса рейкой или рулеткой. Для закрепления боковых отвесов (при возведении опорного венца предыдущей заходки) в крепи заделывают металлические скобы или планки. Длина участка ствола на временной крепи не должна быть более 40 м, а расстояние между кольцами должно составлять от 60 до 120 мм.

Постоянную крепь при последовательной схеме проходки ствола возводят после выемки породы в звене в направлении снизу вверх. Опорный венец сооружается непосредственно из забоя ствола. Правильность положения постоянной крепи (в соответствии с требованиями СНиП III-11-77) контролируют от осевых и от центрального отвесов. Перед возведением каждого опорного венца маркшейдер должен проверить положение отвесов, а также центрировку опалубки. Последнюю устанавливают относительно центрального отвеса с точностью до $\pm(2-3)$ см и выверяют по уровню горизонтальность поддона опалубки. В опорных венцах крепи через 50—100 м по глубине закладывают высотные реперы, отметки которых определяются непосредственным измерением глубины от репера на поверхности или же в шейке устья ствола.

При совмещенной схеме проходки работы по выемке породы и возведению постоянной крепи совмещаются в одном цикле непосредственно в призабойном пространстве. Ствол закрепляется железобетонными тюбингами или монолитным бетоном. Для возведения бетонной крепи опалубку опускают непосредственно на выровненную поверхность забоя.

Железобетонную тюбинговую крепь возводят в направлении сверху вниз с сооружением опорных венцов через 20—24 м. Первое тюбинговое кольцо, а также кольца опорных венцов устанавливают с повышенной точностью с участием маркшейдера так, чтобы расстояния от центрального отвеса до внутренних граней тюбингов не отличались от проектных более чем на ± 10 мм. Маркшейдер проверяет правильность установки тюбингов каждого опорного венца, а также правильность положения каждого десятого из рядовых колец. При использовании кольцевых ребер жесткости тюбингов для крепления к ним расстрелов особое внимание должно быть уделено ориентации тюбинговых колец относительно горизонтальных осей ствола. Кольца опорных венцов ориентируют при помощи вспомогательного осевого отвеса в соответствии с чертежом привязки тюбингового кольца к расстрелам. Горизонтальность кольцевых ребер тюбингов удобно проверять шланговым нивелиром. Результаты контрольных измерений заносят в журнал проходки.

При параллельной схеме проходки одновременно выполняются работы по выемке породы и возведению крепи с подвесного полка. Участок ствола от забоя до постоянной крепи защищается предохранительным щитом или закрепляется временной крепью. Современные варианты параллельной схемы основаны на использовании технологических комплексов проходческого оборудования. Под предохранительным полком ведутся работы по выемке породы, а выше с подвесного проходческого полка одновременно возводят постоянную крепь.

Маркшейдер проверяет установку комплекса относительно центра и осей ствола и основные размеры проходческого оборудования: положение подвесного, предохранительного и натяжного полков, положение предохранительного щита после входа комплекса в устье и незакрепленную часть ствола, соответствие основных размеров передвижной опалубки проектным и отклонение стенок готового ствола.

Точность центрирования проходческого комплекса должна обеспечивать свободное прохождение центрального отвеса в расструбе. Если в средней части сечения ствола располагаются оборудование и механизмы для погрузки породы, то положение центра ствола определяют по четырем осевым отвесам, опущенным с закрепленной части. Маркшейдер в этом случае производит контрольные измерения между центральным отвесом и точками подвеса осевых отвесов. Для пропускания осевых отвесов в этажных пере-

крытиях полков должны быть сделаны расстрелы. При этом расстояние между закрепленной стенкой ствола и боковым отвесом должно быть не менее 200 мм.

Если проектом предусматривается проходка с одновременным армированием ствола, то боковые проходческие отвесы целесообразно использовать в качестве армировочных. Для этого их опускают вблизи стенок ствола у края проектного положения лунки. В подвесных полках делают отверстия для проволоки или троса. Через каждые 60—70 м отвесы пропускают в отверстия ограничителей качания.

Работы при армировании. Под армровкой ствола понимают совокупность конструкций, обеспечивающих правильное движение подъемных сосудов в шахтном стволе. Динамические нагрузки на армировку зависят от скорости движения подъемных сосудов, концевой нагрузки на канат, жесткости и длины пролета проводника, величины и характера искривленности проводников, зазоров между направляющими роликами и проводниками, отношения высоты подъемного сосуда к длине пролета проводника, неравномерности загрузки подъемных сосудов и т. д.

Основными элементами армировки являются проводники, направляющие движение подъемных сосудов, и несущие их расстрелы.

Расстрелы в зависимости от расположения в стволе подразделяют на главные и вспомогательные. Главные расстрелы заделывают в крепи ствола обоими концами, вспомогательные — одним концом присоединяют к главным расстрелам или заделывают в крепь, другой их конец укрепляют на главном расстреле. Главный расстрел, расположенный по центру ствола или близко к нему, называют центральным. Вспомогательные расстрелы могут быть несущими проводники или служить для подвески трубопровода и устройства лестничного отделения.

Проводники могут быть жесткими и канатными. Жесткие проводники в зависимости от расположения относительно сосуда могут быть односторонними и двусторонними. Односторонние проводники крепятся на общих для них несущих расстрелах, двусторонние располагаются на противоположащих расстрелах.

Систему главных и вспомогательных расстрелов, расположенных в одной горизонтальной плоскости, называют ярусом расстрелов, а расстояние между ярусами расстрелов — шагом армировки.

Для металлических проводников и расстрелов, изготовленных из рельсов и двутавровых балок, на каждое звено проводника длиной 12,5 м приходится три или четыре яруса расстрелов. Поэтому шаг армировки соответствует пролету, равному 4168 или 3126 мм. В неглубоких (до 100 м) стволах, сооружаемых на небольшой срок службы и закрепленных деревом, возможно применение деревянной армировки. Расстояние между ярусами деревянных расстрелов принимают равным 2 м. Если для армирования шахтных стволов в качестве проводников используют прокат прямоугольного профиля, то шаг армировки принимают равным 3; 4 и 4,5 м.

Основными технологическими схемами армирования стволов являются: последовательная, при которой расстрелы устанавливают на всю глубину ствола, после чего навешивают проводники, и совмещенная, когда работы по установке трех или четырех ярусов расстрелов совмещены с навеской проводников в одном общем технологическом цикле.

Основной задачей маркшейдерских работ в процессе армирования является контроль за тщательным и точным соблюдением проектных размеров и проектного положения расстрелов и проводников в стволе шахты.

Для создания устойчивой системы взаимодействия армировки с подъемным сосудом необходима высокая точность монтажа. Допускаемые из-за технологических погрешностей отклонения установлены «Указаниями на производство и приемку работ по армировке стволов вертикальных шахт» (СН 340-65) Госстроя СССР, а также СНиП Ш-11-77.

Маркшейдерские работы при армировании вертикального шахтного ствола состоят из трех этапов:

- 1) контроль за выполнением подготовительных работ, размещением оборудования и изготовлением элементов армировки;
- 2) текущий контроль в процессе установки расстрелов и навески проводников;
- 3) окончательная проверка точности монтажа армировки профильной съемкой установленных проводников и расстрелов.

На первом этапе составляют профили стенок ствола и чертежи совмещенных поперечных сечений на различных горизонтах, проверяют соблюдение проектных размеров расстрелов, положение и размеры лежек, мест сочленения расстрелов и т. п. Далее маркшейдер участвует в установке контрольного яруса расстрелов. Все проектные размеры яруса тщательно проверяются с точностью до 1 мм. Вначале устанавливают главные расстрелы, последними — расстрелы лестнич-

ного отделения. Горизонтальность каждого расстрела достигается с помощью специальных подкладок под полку расстрела и проверяется инструментально. Заделку лунок можно выполнять только после маркшейдерской проверки правильности установки всех расстрелов яруса. На подготовительном этапе маркшейдер составляет проект расположения и закрепления шахтных армировочных отвесов, разрабатывает конструкцию шаблонов для установки расстрелов и проверяет правильность их изготовления, контролирует правильность размещения шкивов, бадей, лебедок, люлек в соответствии с чертежами расположения проходческого и монтажного оборудования в стволе и вблизи ствола на поверхности.

Для выполнения подготовительных к армированию работ маркшейдер руководствуется проектными чертежами поперечного сечения ствола с расположением армировки и постоянных подъемных сосудов, с характеристикой крепи ствола и устья, поперечного сечения ствола с размещением монтажного оборудования в процессе армирования, расположения проходческих лебедок вокруг ствола, сопряжения ствола с околоствольными выработками каждого горизонта, а также с вертикальными геологическими разрезами.

Установку контрольного яруса расстрелов производят от отвесов, опускаемых с проволок, натянутых между точками, закрепленными по осям ствола.

Положение последующих ярусов расстрелов относительно осей ствола определяют по отвесам, опускаемым уже с контрольного яруса. Отвесы называют армировочными.

Армировочные отвесы могут быть двух типов — свободные (подвижные) и закрепленные обоими концами. Подвижные отвесы перемещаются за монтажным полком, нить их удлиняют сматыванием проволоки с лебедок, установленных на контрольном ярусе или на земной поверхности. Подвижные отвесы используют при последовательной технологической схеме армирования, при совмещенной схеме с навеской проводников с люлек и при сооружении ствола с одновременной проходкой и армированием.

Закрепленные отвесы опускают на всю глубину ствола. Предварительную установку отвесов в среднее положение покая производят по проектировочным тарелочкам путем наблюдения колебаний в двух взаимно перпендикулярных плоскостях по шкалам с помощью специальных фиксаторов. На сопряжении с околоствольными выработками отвес изолируют от воздействия потоков воздуха.

Закрепленные отвесы (вертикально закрепленную проволоку) применяют при армировании ствола по совмещенной схеме с навеской проводников с монтажного полка, если отверстия для пропуска проводников в этажных перекрытиях полков могут быть использованы и для пропуска отвесов. При использовании закрепленных отвесов обязательно контролируют расстояния между нитями отвесов на каждом ярусе расстрелов. Ограничители колебаний отвесов могут не устанавливаться.

Применение закрепленных под большим натяжением отвесов рекомендуется для установки в проектное положение проводников прямоугольного сечения в тех случаях, когда проектируются высокие скорости движения подъемных сосудов. При этом число армировочных отвесов целесообразно иметь по числу проводников.

С целью уменьшения вероятности знакопеременных отклонений ярусов расстрелов от проектного положения и создания более плавной системы установка расстрелов по отвесам может производиться не на каждом ярусе, а только в ярусах, расположенных на расстоянии, равном одному звену проводника (12,5 м). После соединения базовых расстрелов с крепью ствола к ним навешивается выверенный прямолинейный контрольный проводник, по которому ведется установка расстрелов промежуточных ярусов.

Перед установкой расстрелов составляют проект расположения армировочных отвесов. Число отвесов и их размещение в сечении ствола определяют в соответствии с расположением расстрелов в ярусе, руководствуясь следующими соображениями:

1) главный центральный расстрел устанавливают по двум отвесам, располагаемым у его концов, или посередине и у одного конца;

2) каждый главный боковой расстрел устанавливают относительно центрального по шаблону и по одному отвесу;

3) при наличии двух центральных расстрелов у одного из них располагают два отвеса, второй расстрел устанавливают так же, как боковые;

4) группу из двух или трех вспомогательных расстрелов, расположенных по одну сторону от главного, устанавливают по одному отвесу и по шаблонам, контролирующим их взаимное положение; отвес, как правило, располагают у среднего вспомогательного расстрела вблизи его конца, закрепленного в стенке ствола;

5) если группа вспомогательных расстрелов состоит из четырех, расположенных парал-

тельно, то у крайних расстрелов опускают по одному армировочному отвесу;

6) при правильном размещении армировочных отвесов необходимый минимум должен составлять 4—5 отвесов.

При последовательной схеме армирования отвесы располагают вблизи лежек, при совмещенной схеме — у мест присоединения вспомогательных расстрелов к главным.

Текущий (оперативный) маркшейдерский контроль при укладке расстрелов и навеске проводников включает проверку расстояний между ярусами расстрелов по вертикали, положения расстрелов относительно горизонтальных осей ствола, положения проводников и мест сочленения расстрелов в ярусе, положения армировочных отвесов. Поскольку проектные расстояния для всех ярусов и пролетов одинаковые, то для их выноса и контроля используют шаблоны.

Для уменьшения амплитуды раскачивания отвесов на полках расстрелов по мере углубления монтажных работ через 70—80 м устанавливаются металлические консоли с отверстиями для пропускания троса отвеса. Конструкция консоли должна позволять проходить отвесу через отверстия без отсоединения груза (рис. XII.10).

При установке каждого ограничителя колебаний определяют положение покоя отвеса и тщательно центрируют отверстие. Чтобы избежать нарастания отклонений отвеса из-за перенесения точки подвеса, следует при закреплении отвеса в новой точке высвобождать его из предыдущего ограничителя. На время центрирования отверстий ограничителей следует остановить вентилятор или принять меры для защиты троса от влияния воздушной струи вблизи околоствольных выработок. Окончательное закрепление консолей ограничителей надо производить после измерения расстояний между всеми отвесами или центрами отверстий ограничителей на очередном горизонте установки. Измеренные расстояния не должны отличаться от соответственных расстояний между отвесами на контрольном ярусе более чем на ± 2 мм. При этом погрешность установки ограничителей колебаний отвесов на очередном горизонте относительно положения отвеса в точке закрепления расположенного выше ограничителя не должна превышать мм.

Перед укладкой расстрелов в каждом новом ярусе должно быть проверено расстояние между отвесами, которое не должно отличаться от соответственных расстояний на контрольном ярусе более чем на ± 3 мм.

Шахтные отвесы, используемые при сооружении вертикальных стволов шахт,

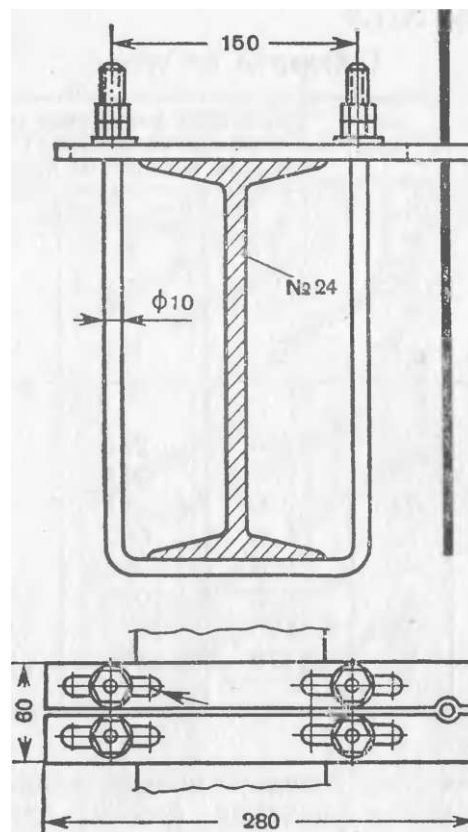


Рис. XII.10. Центрирующее устройство

имеют следующее оборудование: тросы или проволоку, грузы, механические и электрические лебедки, направляющие блочки, устройства для центрирования и ограничения раскачивания.

Трос или проволоку выбирают по расчетному разрывному усилию с 8—10-кратным запасом прочности относительно суммарного веса груза и троса (проволоки) для проходческих отвесов, с 3—4-кратным запасом для подвижных и однократным для несвободных армировочных отвесов. Примеры стандартов на тросы (ГОСТ 3063—66) приведены в табл. XII.2.

Лебедка шахтных отвесов должна выдерживать не менее 4—5-кратную максимальную нагрузку и иметь тормозное устройство.

Грузы для отвесов применяют монолитные и составные из отдельных дисков, надеваемых на штанги (см. главу X).

Монолитный груз весом до 100 кг используют для центрального проходческого отвеса при небольших сечениях раструбов полков проходческого комплекса.

Составные грузы более удобны, так как для увеличения веса наращивают штангу составного груза и насаживают дополнительные диски.

Стандарты на тросы

Г	О	Расчетное разрывное усилие троса в целом (кгс) при пределе прочности проволоки		
		W	M	
1,7	15	266	307	
1,8	17	297	343	
2,0	21	369	428	
2,6	32	576	655	
3,0	46	828	945	
3,3	55	972	1110	
3,6	63	1125	1285	
4,0	82	1470	1680	

В качестве боковых отвесов используют регулируемые шахтные отвесы, например отвес с подъемным механизмом внутри корпуса (рис. XII.11), можно использовать как боковой переносной или опускаемый на всю глубину ствола. Вес отвеса путем замены его головки может изменяться от 30 до 100 кг. Канатомкость барабана составляет 100 м при диаметре троса 3 мм или 200 м при диаметре проволоки 2 мм. Опускание и положение отвеса по высоте регулируют вращением

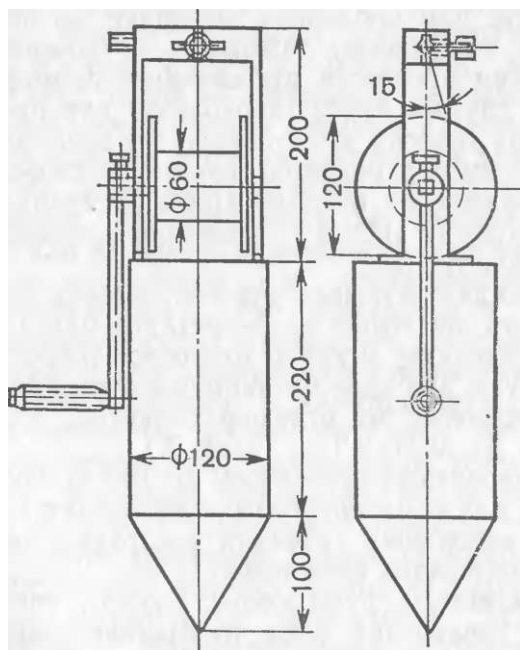


Рис. XI 1.11. Отвес с подъемным механизмом внутри корпуса

рукоятки. Отвес можно опускать также с помощью лебедки, на которой размещают запас троса, необходимый для спуска отвеса на всю глубину ствола.

Для перенесения постоянных размеров применяют шаблоны. Шаблонами в основном пользуются проходчики и инженерно-технические работники, непосредственно занятые на сооружении ствола. Маркшейдер разрабатывает конструкцию шаблона, проверяет точность его изготовления и инструктирует проходчиков о правилах пользования шаблоном.

Отклонения основных размеров шаблона от проектных не должны превышать: при длине (ширине) шаблона до 1 м — 1 мм, при длине (ширине) шаблона от 1 до 5 м — 1,5 мм, при длине (ширине) шаблона свыше 5 м — 2 мм.

Проходческие шаблоны используют для вынесения в натуру проектных размеров сечения ствола относительно проходческих отвесов. Проходческие шаблоны представляют собой жесткие штанги, изготовленные из стальных труб, стержней или уголка, а также из деревянных брусков. При разметке шаблона от одного из концов штанги рулеткой отмеряют проектное расстояние от отвеса до соответствующего контура (породная стенка ствола, поверхность крепи, щит опалубки и т. п.) и отмечают его на штанге риску, насечкой или штрихом (краской). Затем по обе стороны от метки наносят шкалу с сантиметровыми делениями для наблюдений за качаниями отвеса и для определения фактических отклонений.

Для установки расстрелов по отвесам применяют накладные шаблоны с полукруглым вырезом для троса (проволоки). Диаметр выреза в шаблоне должен быть на 5 мм больше диаметра нити (проволоки) отвеса.

Помимо шаблонов, предназначенных для установки расстрелов по отвесам, применяют следующие шаблоны: горизонтальные — для взаимной установки расстрелов в ярусе, дистанционные — для соблюдения установленного шага армирования, шаблоны для разбивки местоположения лунок под расстрелы (рис. XII. 12).

Применение специальных шаблонов в значительной мере упрощает процесс установки расстрелов. Так, например, дистанционные шаблоны используют не только для фиксации расстояния между ярусами, но и как приспособление, поддерживающее ниже укладываемые расстрелы.

Контрольная маркшейдерская съемка проводников после окончания монтажных работ. Окончательный контроль правильности установки расстрелов и навески проводников

выполняют после завершения работ по сооружению ствола. Для этого выполняют съемку проводников и расстрелов относительно осей ствола и составляют профильные линии в плоскостях, параллельной и перпендикулярной продольным осям расстрелов. Кроме того, проверяют соответствие расстояний между парными проводниками проектным размерам. Материалы, получаемые в результате съемки, используют для улучшения профиля армировки на тех ярусах расстрелов, где отклонения проводников от проектного положения превышают допустимые.

Контрольную профильную съемку проводников после завершения монтажных работ следует выполнять аппаратурой измерительной станции СИ-1 или СИ-4. Профильная съемка измерительными станциями полностью автоматизирована и выполняется без присутствия в шахтном стволе людей.

Аппаратура СИ-1 (СИ-4) смонтирована на каретке, прокатываемой по двум проводникам (рис. XII.13). Отклонения проводников от вертикали определяются в двух взаимно перпендикулярных плоскостях — в проекции на обе главные плоскости, параллельную и перпендикулярную несущим расстрелам. Чувствительным элементом, реагирующим на изменение положения проводника, служит астатический маятник, представляющий собой тонкую стальную пластину, нижний конец которой закреплен, а верхний нагружен прямоугольной призмой. Световой луч, отраженный призмой чувствительного элемента, записывает на движущейся фотопленке непрерывную кривую отклонений движущегося по проводнику прибора от отвесной линии (рис. XII.14).

Изменение колеи между проводниками фиксируется распорными телескопическими штангами, соединяющими каретки на двусторонних проводниках. С телескопической системой соединен механический самописец, перо которого вычерчивает на парафинированной ленте кривую отклонений фактических расстояний между проводниками от номинальных размеров (рис. XII.15).

Помимо основных приборов в комплекте измерительной станции имеются прибор для рихтовки проводников по результатам профильной съемки (рихтовочный уклономер), прибор для измерения величины износа проводника, прибор для измерения расстояний до стенки крепи и расстояний между крепью и подъемным сосудом, а также вспомогательное оборудование и устройства для юстировки и контроля.

Для выявления участков рихтовки проводников и расстрелов точность монтажа армировки и отклонения отдельных пролетов

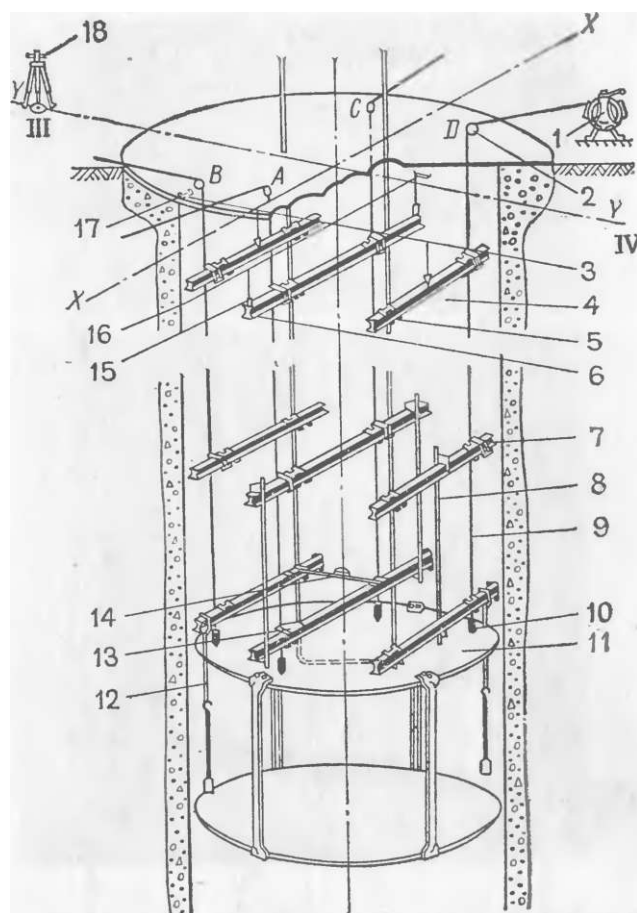


Рис. XII. 12. Монтаж расстрелов по отвесам и шаблонам:

I — лебедка; 2 — направляющий блок; 3 — центрировочное устройство; 4 — контрольный ярус; 5 — боковой расстрел; 6 — центральный расстрел; 7 — ограничитель колебаний; 8 — дистанционный шаблон; 9 — трос; 10 — монолитный груз; II — подвесной полок; 12 — шаблон для лунок; 13 — накладной шаблон; 14 — горизонтальный шаблон; 15 — шнуровой отвес; 16 — разбивочная ось; 17 — осевая скоба; 18 — теодолит; A, B, C, D — подвижные отвесы

можно оценивать непосредственно по фотограммам угловых отклонений.

Накопление случайных и систематических погрешностей измерения углов отклонения приводит к постепенному уходу в сторону от истинного положения всего снятого профиля. Влияние случайных погрешностей определяется зависимостью

$$\Delta = \dots \quad (\text{XII.19})$$

где Δ — отклонение профиля в результате накопления случайных погрешностей; Δ — погрешность измерения, минуты; B — база каретки; n — число измерений; $p' = 3438$.

Основные технические характеристики аппаратуры СИ-4: вертикальная база каретки

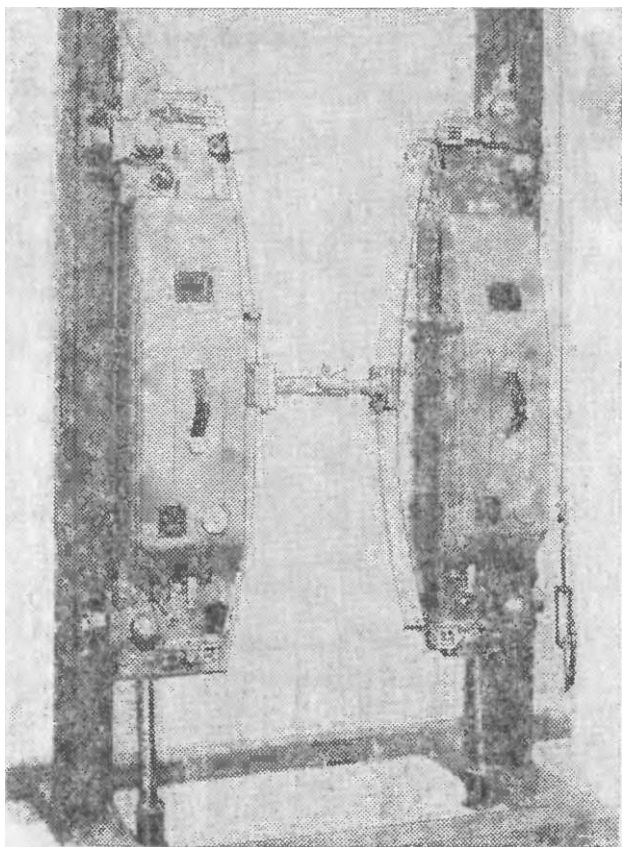


Рис. XII.13. Каретки с приборами измерительной «станции СИ-4

0,86 м; масса каретки 32 кг; скорость спуска или подъема в процессе съемки до 0,8—1,0 м/с; средняя погрешность отклонений пролета проводника ± 2 мм; средняя погрешность ширины колеи $\pm 0,5$ мм; средняя погрешность углов отклонения $\pm 0,5'$; чувствительность датчика отклонений ± 1 мм с масштаб записи глубины ствола 1 : 500; диапазон записи ширины колеи от +50 до —25 мм.

Контрольная съемка проводников и расстрелов может выполняться непосредственными измерениями расстояний по перпендикулярам от соответственных граней проводников до нити отвеса на каждом ярусе расстрелов. Отвес располагают в 20—30 см от проводника так, чтобы можно было измерить расстояние от отвеса до проводника в плоскости, параллельной несущим расстрелам.

Закрепление отвесов на поверхности выполняют аналогично закреплению армировочных отвесов. Нижнюю часть отвеса устанавливают с помощью проектировочной тарелочки.

Координаты отвесов на поверхности и в шахте определяют измерением перпендикуляров к осевым линиям или инструменталь-

ной съемкой с пунктов, расположенных на осях ствола. В последующем, если не представляется возможным сохранить кронштейны, их положение восстанавливают по координатам отвесов и по насечкам на расстрелах. Методика съемки каждого проводника от одной и той же постоянной отвесной линии позволяет наиболее удобно и правильно сопоставить профилограммы после исправления армировки, а также в процессе эксплуатации ствола. Все измерения в стволе следует записывать на предварительно разграфленных листах чертежной пленки с матированной поверхностью.

Перечень нормативных отклонений армировки приведен в табл. XI.3.

Маркшейдерские работы при реконструкции и углубке шахтных стволов. Технологические схемы углубок ствола:

1) углубки, осуществляемые сверху вниз под породным целиком или предохранительным полком, с углубочным отделением ствола для выдачи породы;

2) углубки, осуществляемые сверху вниз под сплошным целиком с выдачей породы на специально пройденный углубочный горизонт, вскрытый наклонной или вертикальной выработкой;

3) углубки, осуществляемые снизу вверх и встречными забоями в вариантах углубки с предварительной проходкой гезенка с последующим его расширением сверху вниз; углубки полным сечением с одновременным креплением; углубки догоняющими забоями.

При углубках, осуществляемых сверху вниз под породным целиком или под предохранительным полком, из действующей части ствола в углубляемую через углубочное отделение опускают 2—3 отвеса, с помощью которых определяют центр и оси ствола под целиком или полком.

—мий

Для обслуживания углубки, осуществляемой с выдачей породы на углубочный горизонт, определяют центр и оси действующей части ствола у околоствольного двора рабочего горизонта; ориентируют углубочный горизонт через вертикальную или наклонную выработку, соединяющую действующий горизонт с углубочным; выносят и закрепляют центр и оси ствола под целиком, разделяющим действующую часть ствола от углубляемой.

При углубках снизу вверх встречными и догоняющими забоями выполняют следующие работы: определяют координаты центра устья ствола, центра и дирекционные углы осей углубляемого ствола у околоствольного двора действующего горизонта; ориентируют подготавливаемый горизонт (вскрытый одним из стволов) с проложением теодолит-

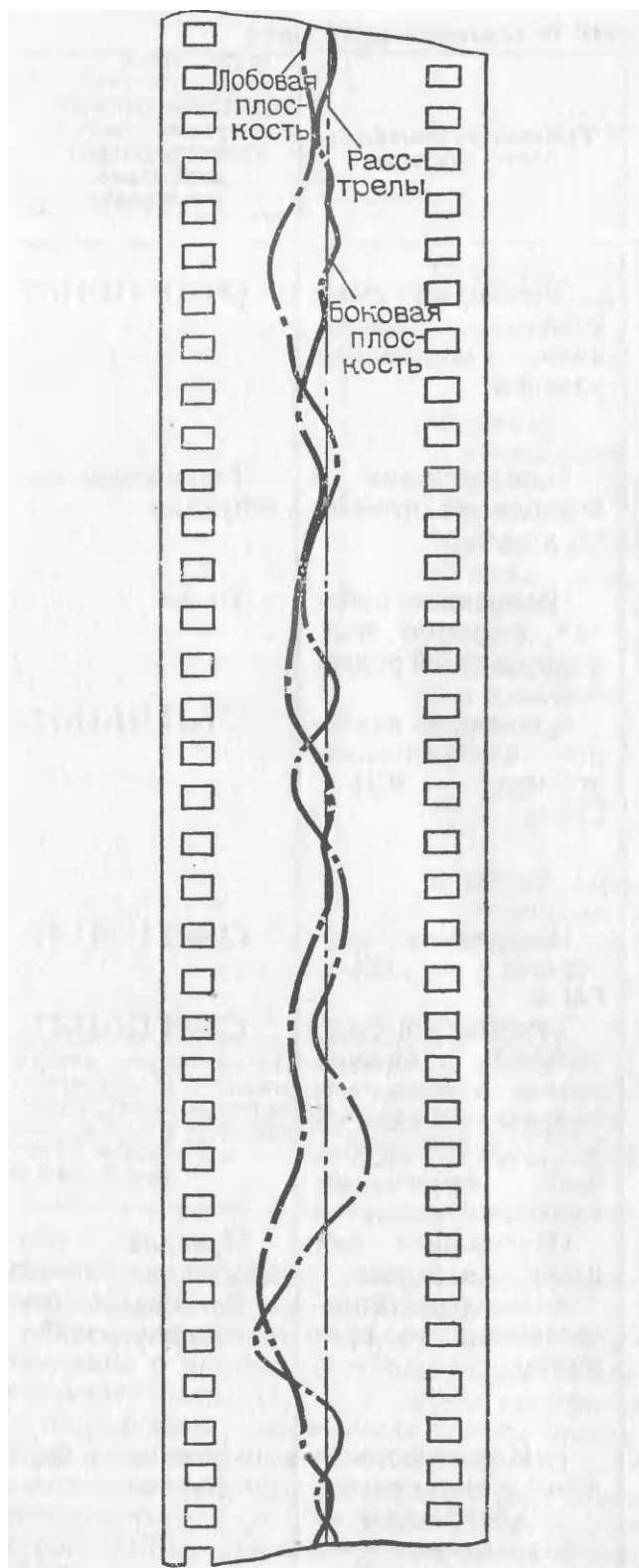


Рис. XII.14. Фотограмма угловых отклонений проводников

ного хода по выработкам подготавливаемого горизонта к углубляемому стволу; выносят и закрепляют центр и оси углубляемой части ствола для задания направления проходки снизу вверх и для последующего контроля.

Диаграмма расстояний мвходу проводниками

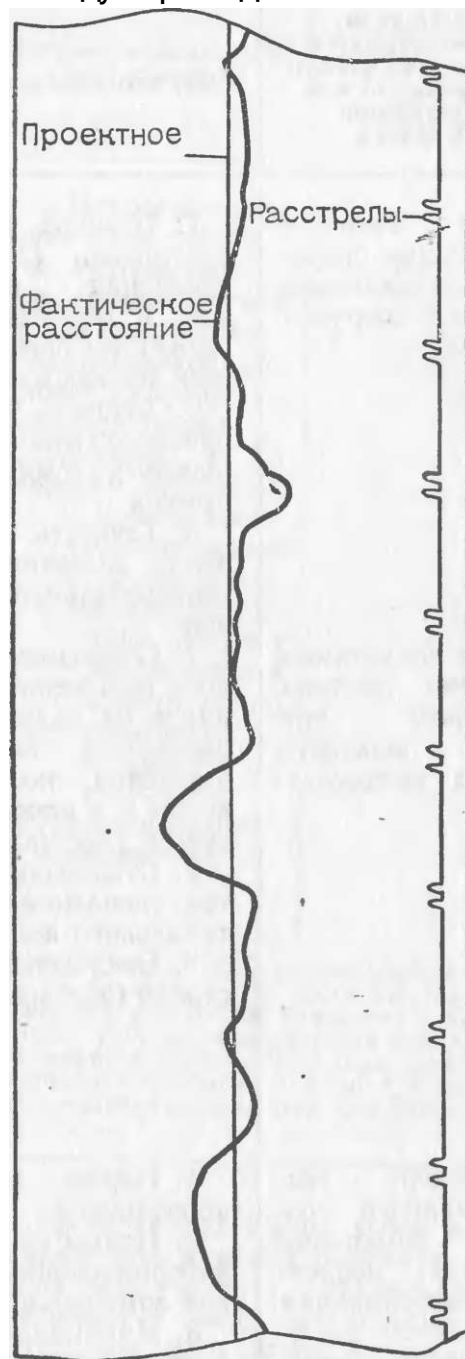


Рис. XII.15. Диаграмма расстояний между проводниками

Все маркшейдерские съемки и измерения, выполняемые для задания направления, выполняют не менее чем два раза, независимо и в разные календарные сроки.

Разность координат центра сечения действующей части ствола, определяемых из двух съемок сечения, не должна превышать $\wedge 20$ мм. Положение центра сечения углубляемой части ствола в натуре при повторном

Таблица XI.3

Перечень нормативных геометрических отклонений армировки

Группа норм, соответствующих определенной стадии строительства или эксплуатации армировки	Нормативные показатели	Техника маркшейдерского контроля	Нормативный документ, регламентирующий допустимое отклонение
Нормы точности на монтажные операции, предъявляемые в процессе сооружения ствола	1. Точность установки расстрелов (с узлами крепления проводников) в вертикальной и горизонтальной плоскостях на каждом ярусе 2. Точность установки приспособлений для шахтных (армировочных) отвесов 3. Точность изготовления дистанционных и горизонтальных шаблонов	Линейными измерениями, шаблонами, монтажным уровнем Наблюдениями за колебанием отвесов по шкалам Измерением рабочих размеров компарированной рулеткой	СНиП Ш-11-77 Техническая инструкция То же
Нормы допустимых отклонений жестких проводников при приемке шахтного ствола в эксплуатацию	1. Соблюдение взаимного положения проводников на каждом ярусе расстрелов подъемного отделения по ширине колеи и в плоскости несущих расстрелов 2. Отклонения пролетов проводника от вертикального положения 3. Отклонение оси ствола (оси армировки)	С помощью приборов измерительной станции (СИ-1, СИ-4) Измерением приборами СИ-1, СИ-4 Тахеометрической съемкой нижней точки профиля и ориентированием по ней соответствующей фотограммы (профилограммы)	СНиП Ш-11-77 СНиП Ш-11-77 СНиП Ш-11-77
Показатели эксплуатационного состояния армировки в стволах, подверженных деформациям: под влиянием очистных работ, вследствие дренирования массива и других геомеханических процессов, механического износа и разъюстирования армировки в результате динамических нагрузок	1. Нормы на износ проводников 2. Нормы на кривизну деформированных участков армировки 3. Минимальные зазоры безопасности: а) между подъемными сосудами и крепью шахтного ствола	Приборами для измерения износа Косвенными определениями по профилям 1. Непосредственными измерениями 2. Косвенными определениями по профилям стенок ствола, проводников и габаритам сосуда 3. Устройствами для автоматической записи расстояний в сечении ствола при движении подъемного сосуда	Правила безопасности Временные отраслевые указания Правила безопасности

Группа норм, соответствующих определенной стадии строительства или эксплуатации армировки	Нормативные показатели	Техника маркшейдер- ского контроля	Нормативный документ, регла- ментирующий допустимое отклонение
	б) между сосудом и расстрелом	1. Непосредствен- ными измерениями 2. Устройством для автоматической записи расстояний	
	в) между двумя подъемными со- судами (при от- сутствии между ними расстрелов)	Косвенным опреде- лением по профилям соответствующих проводников и по размерам сосудов:	
	г) между направля- ющими устрой- ствами и узлами крепления про- водников к рас- стрелам	1) косвенными определениями 2) применением фоторегистра- ции расстоя- ний от подъем- ного сосуда до зажимного устройства крепления	
	д) между клетью и элементами поса- дочных устройств	Непосредственны- ми измерениями	

Примечание. В книге «Стационарные установки шахт» (М., Недра, 1977) рекомендуется руководствоваться следующим положением: «Армировка пригодна к эксплуатации при проектных параметрах работы подъемной установки, если все узлы соединений и заделки расстрелов находятся в исправном состоянии, а относительные смещения из-за непрямолинейности рабочих поверхностей металлических проводников, измеряемые в горизонтальной плоскости по отношению к вертикали на двух смежных ярусах, не будут превышать следующих значений: при шаге армировки 4 м и более — 5 мм, при шаге армировки меньше 4 м — 4 мм. Для деревянных проводников это смещение допускается при любом шаге не свыше 7 мм».

перенесении не должно отличаться от первого положения более чем на 70 мм.

При армировании углубляемой части одновременно с проходкой примыкающие к действующей части ствола 4—5 ярусов расстрелов устанавливают только после сбойки ствола. При этом смещения в горизонтальной плоскости смежных соответственных расстрелов относительно друг друга не должны превышать 10 мм при металлической армировке и 20 мм при деревянной.

Для проверки правильности размеров поперечного сечения и вертикальности пройденной части ствола при проходке ствола снизу вверх неполным сечением опускаются два проходческих отвеса, закрепленных на скобах в лестничном и бадейном отделениях ниже отбойного полка.

При проверке положения забоя над проходческими отвесами центрируются временные шнуровые отвесы, закрепляемые непосредственно в забое на распорках или в пробках, забитых в шпур. От этих отвесов, проверяется положение ближайшей к ним стенки ствола.

При проходке ствола снизу вверх полным сечением проверка вертикальности пройденной части ствола и размеров поперечного сечения производится также от временных отвесов, которые перед проверкой выставляются каждый раз от проходческих отвесов, опускаемых из забоя в лестничном и бадейном отделениях.

Скобы для проходческих отвесов рекомендуется делать убирающимися на шарнирных связях.

Маркшейдерские работы при проходке шахтных стволов специальными способами. В сложных горно-геологических условиях сооружение шахтных стволов ведется специальными способами. Наибольшее распространение в настоящее время имеют: сооружение стволов с предварительным искусственным замораживанием окружающей толщи пород, проходка с помощью буровых установок, проходка с предварительным водопонижением, путем подачи в окружающие породы тампонажного раствора через скважины, пробуренные с земной поверхности или из забоя.

При проходке с предварительным замораживанием горных пород помимо работ, выполняемых непосредственно при проходке ствола, маркшейдер делает разбивку центра устья замораживающих и контрольных скважин, съемку скважин. По данным этой съемки он составляет погоризонтные планы ледопородного ограждения и контролирует распределение холода. Замораживающие скважины располагают по окружности ствола. Радиус окружности, число скважин и расстояние между скважинами принимают в соответствии с проектом. Устье каждой скважины относительно центра ствола задается с точностью — 5 см.

Для съемки глубоких вертикальных замораживающих скважин применяют гироскопические инклинометры: фотоинклинометр И560Ф и дистанционные И447Д и ВД-2. Инклинометры позволяют измерять зенитные углы в диапазоне от 0 до 4—6° с погрешностью 1,5—2'. Погрешность измерения дирекционного угла (направления) 3—6°. Диаметр скважинного снаряда инклинометров И447Д и ВД-2 — 85 мм, инклинометра И560Ф — 110 мм, длина снаряда 2,5—2,85 м. Показания инклинометров И560Ф регистрируются на фото пленке. С помощью инклинометров И447Д и ВД-2 можно получить чертеж непосредственно оси скважины. Интервал между измерениями зенитных и дирекционных углов принимают равным не более 30 м.

По результатам съемки замораживающих скважин составляют погоризонтные планы ледопородного ограждения. Последние позволяют оценить полноту ледопородного ограждения, границу распространения холода к центру ствола и к периферии. Ледопородное ограждение строится по точкам пересечения ледопородных цилиндров, образуемых вокруг каждой скважины.

Радиусы цилиндров ρ определяют проектом или расчетом по формуле

$$\Gamma = \pm Y (4 + a)^2 + \quad (XI\ 1.20)$$

где / — расстояние между устьями скважин; а — ожидаемое отклонение скважины от вертикали; к — коэффициент, зависящий от проектной толщины ледопородного ограждения.

Допускаемое отклонение замораживающих скважин согласно СНиП III-11-77 определяется формулой

$$\Delta / = 0,5 + 0,002Я,$$

где Д/ — допускаемое отклонение от вертикали, м; Н — глубина скважины, м.

Во всех случаях отклонение скважин от вертикальной оси к центру ствола не допускается более чем на 0,6 м.

Контроль за процессом и качеством замораживания пород, а также оттаиванием пород после проходки ствола производят по гидронаблюдательным и термонаблюдательным скважинам соответственно по уровню воды в них и изменению температуры на определенных горизонтах, а также ультразвуковыми приборами из контрольных скважин по изменению акустических параметров пород в зависимости от степени их промороженности.

При проходке шахтных стволов способом бурения контроль за вертикальностью оси ствола в проходке осложняется тем, что ствол заполнен глинистым раствором. Вместе с тем только при обеспечении вертикальности возможно последующее за проходкой безаварийное погружение секций крепи в заполненный пульпой ствол. Практикой установлено, что отклонение оси ствола от проектного положения не должно превышать расстояния между наружной стенкой крепи и проектным положением породной стенки, т. е. 200—350 мм.

Определение возможных искривлений оси ствола в процессе бурения осуществляется в зависимости от конструкции буровой установки и способа бурения. Если буровая колонна наращивается без выдачи на поверхность бурового снаряда (установки сплошного разбуривания УЗТМ-7,5 и УЗТМ-8,75, установки реактивно-турбинного бурения РТБ и др.), то для определения положения центра бурового инструмента могут применяться два способа: оптический, заключающийся в наблюдении светового сигнала, опущенного в буровую колонну до центра бурового снаряда, и геометрический, основанный на измерениях отклонения троса, натянутого по оси буровой колонны от устья до бурового снаряда. Оптический способ может быть применен при условии отжима на период наблюдений из буровой колонны глинистого раствора и глубине ствола не более 200—250 м. В качестве прибора вер-

тикального визирования используют проек-
тир направления ПН-1, устанавливаемый
с помощью специального кольца в центре
верхнего торца буровой колонны. Недостаток
способа — большая длительность^подготови-
тельных работ.

Сущность геометрического способа
(рис. XI1.16) заключается в определении
отклонения центра бурового снаряда по
отклонению троса. Трос под натяжением
пропускают по оси буровой колонны; у входа
в колонну измеряют угол отклонения троса
от вертикали с помощью специального при-
бора — проекциометра, позволяющего опре-
делить отклонение троса (провода) от
вертикали с погрешностью, не превышающей
 $\pm 20''$ (рис. XII.17). Чувствительным эле-
ментом проекциометра служит микрометри-
ческий уровень. Трос в буровой колонне
и буровом снаряде центрируется с'помощью
центрирующего груза особой конструкции.
Погрешность положения троса относительно
оси буровой колонны на любой глубине не
превышает 2 см.

Микрометрический уровень является дат-
чиком отклонения троса от вертикали.
Приведение пузырька уровня на середину
микрометрическим винтом позволяет отсчиты-
вать по шкале число делений, соответствую-
щее углу отклонения троса. Измерения могут
выполняться практически при любой глубине
ствола в период наращивания буровой ко-
лонны. Погрешность определения планового
положения оси буровой колонны относительно
вертикальной оси не должна превышать
 $\pm 0,1$ м. Высотная отметка (глубина) забоя
определяется по длине опущенного троса.

Измерения для проверки вертикальности
выполняют при каждом наращивании буровой
колонны.

При керновом бурении (установками типа
УКБ), а также после окончания проходки
ствола для съемки стенок ствола и положения
крепей применяют ультразвуковой прибор
«Донецк», разработанный кафедрой маркшей-
дерского дела ЛГИ. Звуколокатор «Донецк»
позволяет определять размеры и формы
горизонтальных сечений, а также положение
секций крепи в стволах, заполненных буро-
вой жидкостью. В глинистом растворе при
диапазоне измеряемых расстояний по ради-
усам от измерительного снаряда от 0,3 до
6 м погрешность составляет $\pm 2\%$ от измеря-
емой длины и $\pm 3\%$ — в ориентации измеря-
емого радиуса. Результаты измерений вы-
даются автоматически в виде записи контура
сечений в крупных масштабах. Недостаток
метода — невозможность проведения кон-
трольных измерений в процессе бурения,
так как для производства измерений необ-

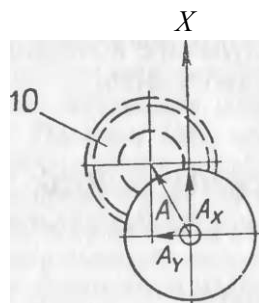
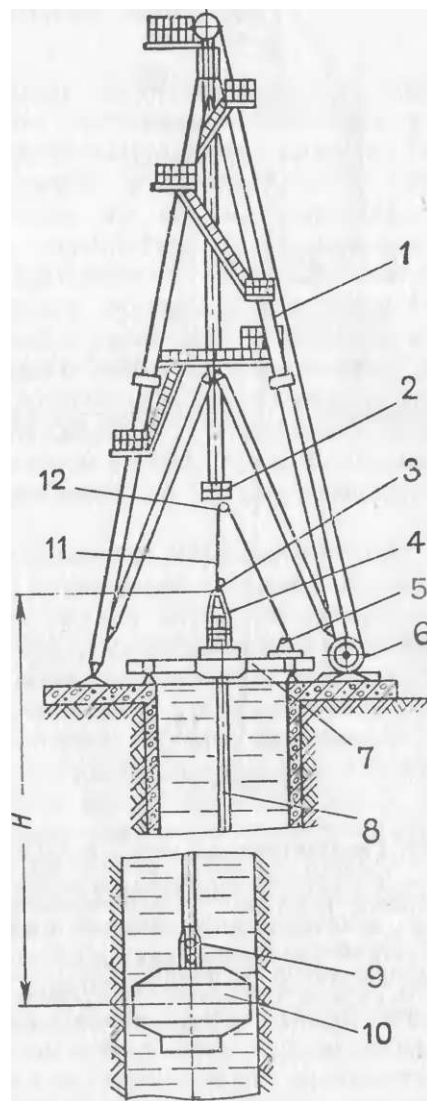


Рис. XI1.16. Расположение приборов и оборудо-
вания при контроле вертикальности ствола, проходи-
мого буровой установкой типа УЗТМ:

1 — буровая вышка; 2 — блок талевой системы;
3 — тренажный штатив; 4 — микрометрический
уровень; 5 — лебедка; 6 — буровая лебедка; 7 —
раздвижная платформа; 8 — буровая колонна;
9 — центрирующий груз; 10 — буровой снаряд;
11 — трос; 12 — направляющий блок

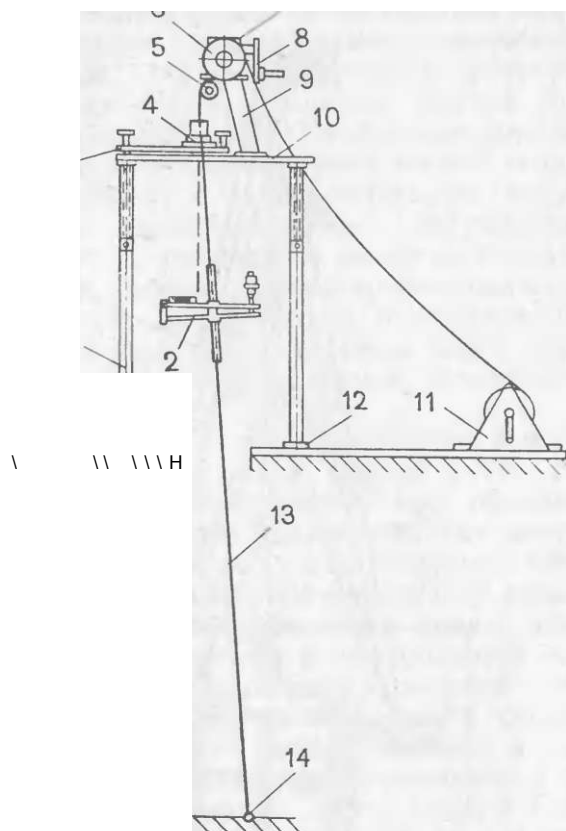


Рис. XII.17. Геометрическая схема проектирующей:
 1% 10, 12 — соответственно нотка, оголовок и пята
 металлического штатива; 2 — микрометрический
 уровень; 3 и 4 — подъемный аппарат и поворот-
 нозажимное устройство троса; 5, 6, 7, 8, 9 — соот-
 ветственно направляющий ролик, блок, редуктор,
 рукоятка и стойка натяжного устройства, 11 —
 лебедка; 13 — трос; 14 — нижняя точка крепления
 троса

ходимо удалить буровое оборудование. Отно-
 сительно оси ствола измерительный снаряд
 отклоняется в результате колебаний, ампли-
 туды которых трудно учесть.

3. Маркшейдерские работы при проходке горизонтальных и наклонных горных выработок

Ни одну горную выработку на шахте не
 проходят без указания маркшейдера.

Основными задачами маркшейдерской
 службы шахт при проведении горных выра-
 боток являются: указание направлений и
 мест заложения подземных выработок; кон-
 троль за их проведением и состоянием, соблю-
 дением прямолинейности или заданных про-
 ектом закруглений, уклонов и подъемов;

проверка габаритов выработки и соответствие
 паспорту крепления; задание направлений
 выработкам, проводимым встречными за-
 боями; исполнительная съемка выработок,
 составление и пополнение маркшейдерских
 чертежей; обеспечение безопасного ведения
 горных работ путем установления зон, опас-
 ных для прорыва воды из старых горных
 выработок или выработок соседних шахт,
 а также из водоемов на поверхности шахт-
 ного поля; контроль учета объема выпол-
 ненных работ по проведению выработок.

При проведении горной выработки прямо-
 линейное направление задается из начальной
 точки и продолжается по мере подвигания
 забоя. Если ось выработки представляет
 ломаную линию, то на каждой точке поворота
 выработки задается новое направление. Если
 горная выработка одновременно проводится
 двумя забоями навстречу друг другу, то
 необходимо, чтобы геометрическая ось одной
 части выработки совпала с продолжением
 геометрической оси другой ее части.

Задание горизонтального направления
 прямолинейному участку осуществляется при
 помощи теодолита отложением в натуре про-
 ектного или рассчитанного угла. По задан-
 ному направлению маркшейдерскими знаками
 закрепляют три точки на расстоянии друг
 от друга от 1 до 3 м. В зависимости от условий
 маркшейдерские точки закрепляют по оси
 выработки или параллельно ей. Опущенные
 с закрепленных точек отвесы образуют створ,
 которым проходчики могут пользоваться для
 определения направления забоя.

Для указания направления выработки ис-
 пользуют также световой указатель направле-
 ния УНС-2 или с лазерным источником света
 (ЛУН-3, ЛУН-7).

При проведении криволинейных участков
 горных выработок направление задают спо-
 собом перпендикуляров. На
 чертеже криволинейного участка, составлен-
 ном в крупном масштабе, круговую кривую
 заменяют вписанными в нее хордами по
 предварительно вычисленным углам поворота
 и длинам. Далее по чертежу через интервал,
 равный 1—2 м, определяют расстояния по
 перпендикулярам от хорд до стен выработки.

Направление выработки в вертикальной
 плоскости обозначают осевыми или боковыми
 реперами, закладываемыми в выработку по
 мере ее проведения, или при помощи свето-
 вого указателя направления. Исходные ре-
 перы в точке перелома, как правило, задают
 нивелиром. Далее реперы выставляют по
 заданному углу наклона при помощи теодо-
 лита и вспомогательных отвесов.

Соблюдение проектного уклона выработки
 может осуществляться при помощи разного

рода шаблонов с уровнями или отвесами. Наибольшее распространение получил ватерпас с отвесом. Завод маркшейдерских инструментов выпускает проходческий шаблон ПШТ, предназначенный для задания уклона, укладки путей по проектному уклону и использования его в качестве ватерпаса при строительных работах. Во ВНИМИ разработан профилограф рельсовых путей ПРИ, позволяющий получать профиль пути автоматически, прокатывая каретку прибора по рельсам.

Маркшейдерские замеры проходческих работ проводятся, как правило, один раз в месяц. При этом руководитель проходческого участка предъявляет специальной комиссии к сдаче пройденные выработки для установления не только объема проходки, но также соответствия их проектной документации и соблюдения допустимых отклонений.

Еженедельный и посменный контроль за направлением и габаритами выработки, возведением крепи, за своевременной укладкой пути и уклоном выполняют горные мастера и начальники участков.

Допустимые отклонения поперечного сечения выработок в проходке установлены СНиП 111-11-77, как и для шахтных стволов, в зависимости от категории крепости горных пород. При площади сечения до 8 м^2 допускается увеличение сечения на 5—12%, при площади от 8 до 15 м^2 — на 5—10% и при площади сечения свыше 15 м^2 допускается увеличение сечения на 3—7%. Все вывалы и выбросы горных пород в процессе проходки горных выработок (их местоположение, объемы и вероятные причины) должны отражаться на чертежах горной графической документации.

Крепь горизонтальных и наклонных горных выработок из монолитного бетона и железобетона не должна иметь уступов, превышающих 10 мм. Отклонения стенок крепи от вертикали не должны превышать 0,01 от высоты стенки выработки. Уменьшение толщины крепи относительно проектной допускается не более чем на 30 мм.

Для выработок, закрепленных рамной крепью металлических, железобетонных и деревянных конструкций, строительные нормы 1977 г. устанавливают допустимые отклонения размеров выработки от проектных по ширине и высоте, равные $\pm 50 \text{ мм}$, а для отметок почвы $\pm 30 \text{ мм}$. При этом крепь должна соответствовать проектным параметрам и устанавливаться симметрично относительно оси выработки.

4. Проведение выработок встречными забоями

Задачами маркшейдера при проведении выработок встречными забоями являются: определение направления каждого забоя в горизонтальной и вертикальной плоскостях; перенесение полученных направлений в подземные выработки; систематическая проверка соблюдения заданных направлений.

Учитывая особую ответственность маркшейдерских работ при проведении выработок встречными забоями, маркшейдер до начала работ производит предварительную оценку точности смыкания забоев по ответственному направлению в точке предполагаемой встречи для сравнения ее с допустимым отклонением.

По сложности маркшейдерского обслуживания проведения выработок встречными забоями случаи сбоек разделяют на сбойки по проводнику, когда можно вести выработку, придерживаясь висячего или лежащего бока пласта, и сбойки без проводника.

Во втором случае различают три типа сбоек: сбойка наклонных или горизонтальных выработок одной шахты; сбойка выработок из разных шахт, не сообщающихся между собой, например сбойка квершлага между двумя вертикальными стволами шахт; сбойка двух вертикальных выработок встречными или догоняющими забоями.

При проведении выработок встречными забоями различают три направления: направление по оси сбойки, перпендикулярное оси сбойки и в вертикальной плоскости.

В сбоях каждого типа имеют место ответственные и свободные направления. Наличие свободных направлений позволяет упростить методику съемки. Так, например, при проведении встречными забоями вертикального ствола свободным является направление по оси z . Поэтому при производстве съемок в этом случае нет надобности стремиться к высокоточной съемке в вертикальной плоскости. В других случаях свободным является направление по оси сбойки, что позволяет не добиваться высокой точности измерения длины линий на участках, параллельных оси сбойки, и т. п.

Предварительную оценку точности смыкания забоев делают только для ответственных направлений. Общая погрешность по ответственному направлению определяется путем квадратического суммирования составляющих ее погрешностей. Методика предварительной оценки детально рассматривается в Технической инструкции по производству маркшейдерских работ.

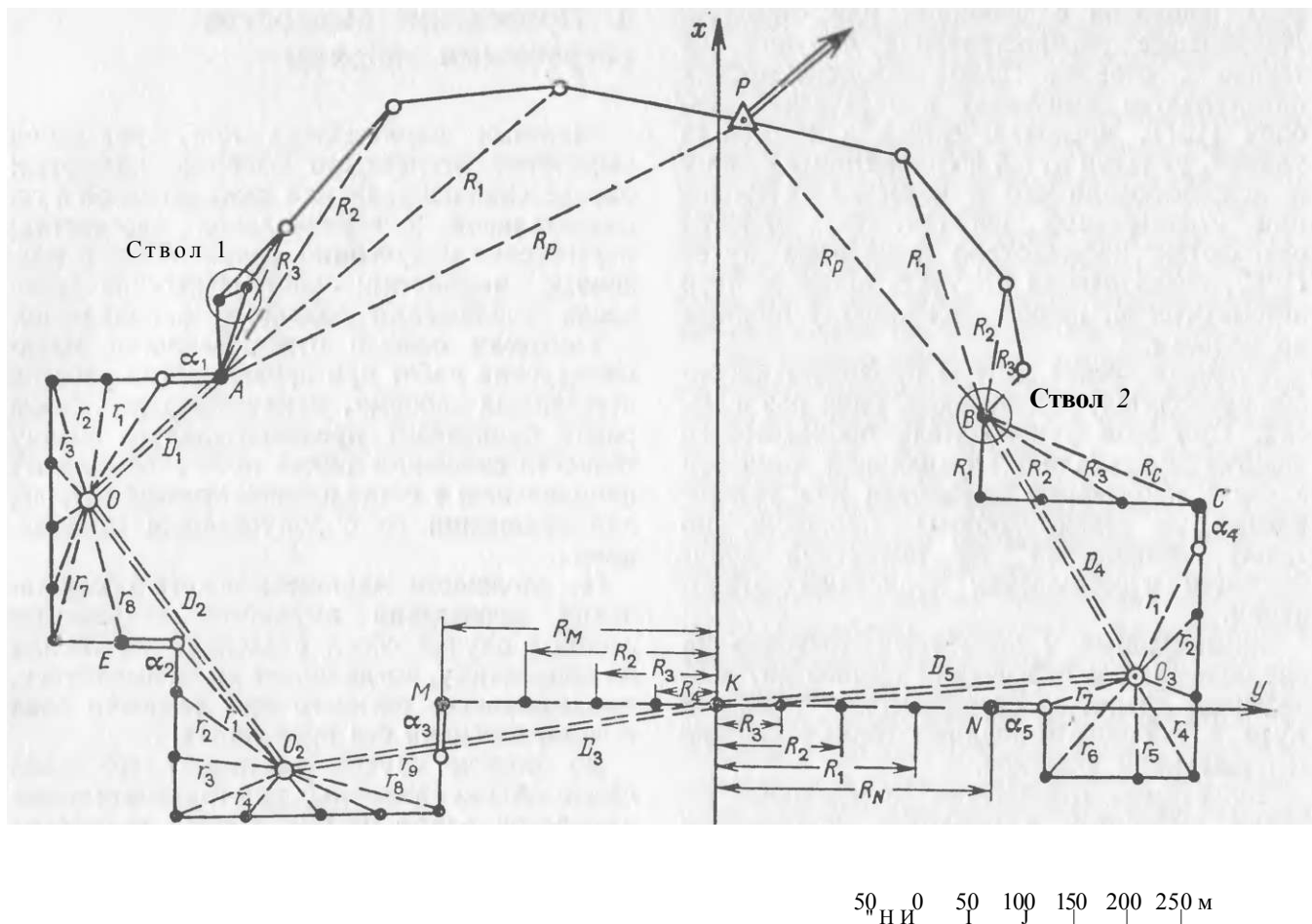


Рис. XII.18. Расчет точности смыкания забоев из разных шахт

Приведем пример расчета точности смыкания в плане встречных забоев, проводимых из разных шахт (рис. XII. 18) *. Ответственным направлением является направление Kx . На земной поверхности от пункта P к стволам 1 и 2 проложены висячие ходы по программе политонометрии 1 разряда со средней погрешностью измерения углов $m_{\alpha} = \pm 5''$ и средней относительной погрешностью измерения длин $1:20\,000$. Через ствол 1 произведено геометрическое ориентирование, в результате чего с погрешностью определен дирекционный угол α_1 . Центрирование подземной сети сделано через ствол 2 с помощью одного отвеса. В подземных полигонах гироскопическим способом измерены дирекционные углы α_2 со средней погрешностью $\pm 45''$ и $\alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ — каждый с погрешностью $\pm 30''$.

В результате вся подземная сеть оказалась расчлененной на отдельные секции $A - E$, $E - M$, $M - C$, $B - C$, $C - M$, $N - K$. При этом секции $L - E$, $E - M$, $C - N$

представлены полигонами, проложенными между измеренными дирекционными углами. Будем полагать, что угловые невязки каждой секции распределены поровну на измеренные горизонтальные углы. В результате такого уравнивания действие погрешностей горизонтальных углов секции на погрешность положения любой точки, расположенной вне секции, становится пропорциональным расстояниям r_i от вершин углов секций до центров тяжести O_i . Поэтому погрешность M_{xi} точки встречи забоев K по ответственному направлению Kx в зависимости от погрешностей горизонтальных углов уравненных секций выразится формулой

$$+ m_{1,2} 2 \cdot r_{1t} + m_{1,3} E \cdot l \cdot \frac{1}{3} \quad \langle \text{XII-21} \rangle$$

где r_{yi}, i — проекции расстояний $Г\mathcal{E}$ на ось y ; $r = 206265''$; $l_{пр}, j$ — средние погрешности

* Расчет выполнен А. В. Хлебниковым.

• измерения горизонтальных углов в соответствующей секции.

Секции $M - C$, $B - C$, $N - K$ являются висячими полигонами, прокладываемыми для контроля дважды. Действие погрешностей измерения горизонтальных углов в висячих секциях пропорционально расстояниям от вершин углов до их конечных точек. Отсюда погрешность $M_{x, 2}$ точки K по оси Kx в зависимости от погрешностей измерения горизонтальных углов висячих секций можно определить с учетом их двойного проложения по формуле

$$+ < 2 > \frac{X}{2}, + \quad 3 \quad 4. \frac{X}{7} < x_{п-22} >$$

где $R_{y, i}$ — проекции расстояний на ось y ; $\overline{m}_p, j$ — средние погрешности измерения горизонтальных углов в соответствующей висячей секции.

Действие погрешностей измерения дирекционных углов пропорционально длинам D_i фиктивного полигона, проходящего через конечные точки висячих секций и центры тяжести секций, на концах которых измерены дирекционные углы. При этом действие погрешности дирекционного угла $\alpha^{\wedge}$ пропорционально длине D_{ij} угла α_2 — длине D_2 и т. д.

Погрешность точки K по оси Kx от влияния погрешностей дирекционных углов выражается формулой

$$< \alpha \quad (XII.23)$$

где $D_{y, i}$ — проекции длин D_i на ось y ; $\overline{m}_{\alpha, i}$ — средние погрешности измерения дирекционных углов.

Действие погрешностей измерения длин в подземном полигоне на погрешность $M_{x, i}$ положения точки K по ответственному направлению Kx с учетом двойного проложения ходов выражается формулой

$$K_t = 2 \cdot 0^2 \cdot \sum l_i^{\cos^2 \alpha} \ll + \bullet \quad \langle XII.24 \rangle$$

где l_i — длины всех сторон подземного полигона; α_i — дирекционные углы сторон; L_x — проекция на ось x замыкающей AB подземного полигона; f_x, X — коэффициенты влияния соответственно случайных и систематических погрешностей измерения длин.

Погрешность $M_{x, n}$ смыкания забоев по юси Kx от погрешностей измерений углов и длин в подходных полигонах на поверх-

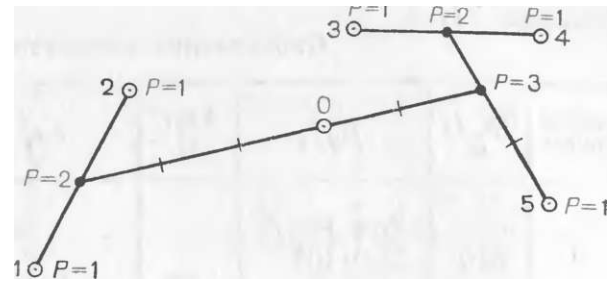


Рис. XII.19. Нахождение центра тяжести графическим способом

ности с учетом их двойного проложения может быть вычислена из выражения

$$+ !^{\wedge} (S^a * 2 + S^a * 2). \quad (XI.25)$$

где $\overline{m}_p$ — средняя погрешность измерения горизонтальных углов; T — знаменатель средней относительной погрешности измерения длин; $R_{y, i}$ — проекции на ось y расстояний R_i от вершин полигонов на поверхности до начала подземных полигонов; $A X_i$ — проекция на ось x сторон полигонов на поверхности.

Общая средняя погрешность M_x смыкания забоев по ответственному направлению Kx получается квадратическим суммированием перечисленных выше погрешностей от отдельных источников:

$$\wedge = + + < \ll +$$

$$+ A g. / + < \ll . \quad (XI.26)$$

Все входящие в эти формулы параметры целесообразно находить графически, для чего в удобном масштабе составляется схема полигонов, прокладываемых для реализации сбоечных работ. Центры тяжести вершин углов секций, расположенных между сторонами, с известными дирекционными углами целесообразно находить графически на этой же схеме.

Способ графического определения положения центра тяжести пяти точек очевиден из рис. XII.19. Принимая массы каждой точки равными условной единице, вначале находим центры тяжести для соседних пар точек и приписываем им удвоенные значения масс. С этими центрами оперируем аналогичным образом и находим новые центры тяжести для объединенных групп точек. Массы этих центров будут равны числу объединяемых

Таблица XIV. 11

Определение параметров полигонов на поверхности

Номер точки	м	1	Длс., м	2	Номер точки	$R_{y, m} h$	R^2	м	Длс.
P	510	Ход P—A $26,0 \cdot 10^4$	30	9-Ю ²	P	235	Ход P—B $5,5 \cdot 10^4$	45	20-10*
1	325	$10,6 \cdot 10^4$	10	МО ²	1	80	$0,6 \cdot 10^4$	128	$164 \cdot 10^2$
2	165	$2,7 \cdot 10^4$	110	$121 \cdot 10^2$	2	20	$0 \cdot 10^4$	75	$56 \cdot 10^*$
3	65	$0,4 \cdot 10^4$	145	$210 \cdot 10^2$	3	38	$0,1 \cdot 10^4$	50	25-10-
A					B				

$$\frac{2}{1} R I_{y, \text{ш}} = 39,7 \cdot 10^4$$

$$\frac{2}{1} A^* I = 341 \cdot 10^2$$

$$\frac{2}{2} R^* I = 6,2 \cdot 10^4 \quad \frac{2}{2} A x J = 265 \cdot 10^2$$

точек. Для нахождения центров тяжести двух точек с неравными массами используется условие равновесия моментов сил $P_i h_i = P_j h_j$. Д^е P_i и P_j — массы конечных точек, h_i и h_j — расстояния от центра тяжести до соответствующих точек.

В табл. XI1.4 приведены результаты определения необходимых для предрасчета пара-

метров полигонов на поверхности, полученных на рис. XI1.18.

В табл. XI1.5 даны параметры секции А — Е подземного полигона, используемые для расчета точности.

Параметры остальных секций подземного полигона определяются аналогично. Величины $l_i \cos^2 \alpha_i$ получаются графически двойным проектированием (см. приложение 57 технической инструкции).

В табл. XI1.6 приведены параметры для расчета влияния погрешностей измерения дирекционных углов.

Таблица XII.5

Определение параметров для секции А—Е

№ точки	$r_{y, i} \cdot m$	2 $r_{y, 1}$	$11 \cos^2 \alpha_i / t$ М
A			
1	75	$5,6 \cdot 10^3$	
2	20	$0,4 \cdot 10^3$	
3	35	$1,2 \cdot 10^3$	80
4	35	$1,2 \cdot 10^3$	60
5	35	$1,2 \cdot 10^3$	60
6	35	$1,2 \cdot 10^3$	50
7	35	$1,2 \cdot 10^3$	
8	30	$0,9 \cdot 10^3$	

$$= 12,9 \cdot 10^3$$

$$2 / \cos^2 \alpha_i = 250$$

Таблица XI1.6

Параметры для расчета влияния погрешностей измерений дирекционных углов

Дирекционные углы	3 α_i	2 α_i	2 α_i	co α_i
	α_i	α_i	α_i	α_i
α_2	± 60	3600	125	15,6
α_3	± 45	2025	190	36,1
α_4	± 30	900	420	176,5
α_5	± 30	900	405	164, a
	± 30	900	150	22,5

$$2 <$$

$$i = 4,56 \cdot 10^8$$

€

Ч

Г

$$\begin{array}{c} \text{X} \\ \text{CC}_2 \\ \wedge \quad | \quad ^7 \quad | \quad | \quad A \\ \text{"} / \text{' } U S \\ l/sZ \end{array}$$

$$\frac{\Delta}{\text{Л}} \cdot \text{Ч}.$$

(XII.27)

X
 $\mathbb{C}_2$
 $m \longrightarrow \Delta \pi$
 $B,$
 I
 $V \circ 4 \setminus$
 $/ \leq \mathfrak{q}$
 V
 $\mathfrak{C}$
 $\bullet R,$
 v
 W
 $y//$
 $\mathfrak{a}.$
 $oc,$
 fu''
 $m\mathfrak{z}-1$
 $\mathfrak{A},$
 $\mathfrak{A}_4$
 $\bullet \mathfrak{A}$
 $\bullet Ro$

Рис. X 11.21. Полигон с тремя дирекционными углами

(XII.28)

должны определяться с учетом допустимых отклонений. Следует иметь в виду, что если в проекте не приняты во внимание оптимальные отклонения стенок крепи, армировки, отвесных и горизонтальных направлений, то строители могут оказаться перед необходимостью дополнительных затрат времени и средств на увеличение объемов работ и перед необходимостью изменения проектных параметров. Поэтому в проекте должны быть отражены основные нормы на соблюдение основных размеров выработки, допускаемые отклонения осей и направлений, допускаемые отклонения стенок крепи, высотных отметок, уклонов и расстояний между стенками выработки и элементами размещаемого оборудования. В проекте должны содержаться также требования к обеспечению маркшейдерских работ приборами, специальными средствами измерений и устройствами, обеспечивающими высокую производительность труда и безопасность маркшейдера, необходимую точность выноса строительных и монтажных осей, надежность закрепления реперов, выполнение инклинометрических, профильных и других специальных съемок.

Для обеспечения проходки горных выработок составляются: проект построения разбивочной сети на промплощадке; проект маркшейдерских работ при сооружении шахтных стволов; проект проходки шахтных стволов специальными способами; проект проведения выработок встречными забоями, включающий предварительную оценку точности смыкания забоев, выбор вариантов методики

и техники ориентирования, центрирования и построения подземных полигонометрических ходов и сетей; проект закладки реперов наблюдательных станций для наблюдения за движением горных пород, деформациями зданий, сооружений и земной поверхности под влиянием проходческих работ.

Список литературы

1. *Руководство по маркшейдерским работам в шахтном строительстве*/И. И. Добкин, В. Ш. Кронгауз, А. А. Вапшевич и др. Л., ВНИМИ, 1963 (ротапринт).
2. Добкин И. И., Филатов С. А. Проблемы стандартизации в маркшейдерском деле. — Тр. ВНИМИ, сб. XXVI М., 1970.
3. *Руководство по строительству зданий и сооружений шахтной поверхности*/И. И. Добкин, В. Б. Лебедев, Е. Д. Платонов и др. М., Стройиздат, 1971.
4. Игошин А. А. *Маркшейдерские работы при строительстве шахт*. М., Углетехиздат, 1951.
5. Казаковский Д. А., Белоликов А. Н., Кротов Г. А. и др. *Маркшейдерское дело. Специальный курс*. М., Недра, 1970.
6. *Приборы вертикального визирования для маркшейдерского контроля за положением скользящей опалубки*/М. Д. Нешитин, В. И. Беженцев, Е. Д. Платонов и др. — *Шахтное строительство*, 1970, № 12.
7. Николаенко В. Г., Соловьев В. Н. *Маркшейдерские работы при сооружении вертикальных шахтных стволов*. М., Недра, 1977.
8. *Маркшейдерское дело*/Д. Н. Оглоблин, П. П. Бастан, Г. И. Герасименко и др. М., Недра, 1972.
9. *Строительные нормы и правила. Часть III*, глава 11. М., Стройиздат, 1978.
10. *Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ*. Л.—М., Недра, 1973.

Маркшейдерские работы при подходе к опасным зонам

1. Общие положения

К опасным зонам относят зоны возможных внезапных выбросов угля и газа, проявления горных ударов, прорывов воды и другие, в которых ведение горных работ допускается только при соблюдении требований, предусмотренных нормативными документами [1—4]. Проекты границ опасных зон и мероприятий по обеспечению безопасности работ в этих зонах составляют соответствующие службы горных предприятий. Порядок и сроки утверждения проектов установлены нормативными документами.

На угольных и сланцевых шахтах проекты границ зон, опасных по прорывам воды, составляют совместно маркшейдерская и геологическая службы шахты. Способ определения границы опасной зоны зависит от достоверности контура затопленных выработок. Контур считается достоверным, если он нанесен на исходные планы горных выработок по данным маркшейдерских съемок, выполненных после остановки забоев выработок в соответствии с требованиями инструкции [5]. При этом правильность нанесения контура затопленных выработок может быть проверена по материалам съемок (журналу вычисления координат, журналу замера горных выработок) или подтверждена другими документами (материалами по ликвидации шахты, крыла, горизонта; проектами затопления выработок и др.). Если изображенный контур затопленных выработок не удовлетворяет всем перечисленным условиям, то он считается недостоверным.

При достоверном контуре затопленных выработок ширину опасной зоны определяют расчетным способом или построением. Участки угольных пластов (слоев пород) в опасных зонах, граничащие с затопленными выработками в тех же пластах (слоях пород), называют барьерными целиками, а участки, расположенные в пластах, залегающих под или над пластом с затопленными

выработками, — предохранительными целиками. Ширину барьерных целиков рассчитывают из условия их устойчивости против раздавливания весом опирающихся на них пород. Границы предохранительных целиков определяют исходя из размеров зоны водопроводящих трещин, образующейся в толще пород над горными выработками.

Барьерными называют также целики в зонах, опасных по прорывам воды из незатрапонируемых скважин, а также междушахтные целики, предусматриваемые для предотвращения поступления воды из данной шахты в смежную.

Расчет барьерных целиков на угольных и сланцевых шахтах, а также условия, при которых возникает необходимость оставления предохранительных целиков, и их построение приведены в п. 2.

При недостоверном контуре затопленных выработок границу опасной зоны (границу безопасного ведения горных работ) располагают от этого контура на расстоянии, превышающем расчетную ширину барьерного целика на величину возможной погрешности изображенного контура затопленных выработок. Величину погрешности оценивают в каждом отдельном случае на основе анализа всех имеющихся данных, характеризующих положение контура затопленных выработок. Такими данными являются планы (разрезы) с недостоверным контуром выработок, результаты визуальных обследований земной поверхности в районе затопленных выработок, съемки устьев шахтных стволов и шурфов, породных отвалов, провалов, а также других элементов, характеризующих контур затопленных выработок, сравнение их фактического положения с изображенным на сохранившихся планах (разрезах) горных выработок, сведения о выходе керна, потери промывочной жидкости при бурении скважин вблизи контура затопленных выработок, сведения, полученные от лиц

посещавших выработки до их затопления, и др.

До составления проекта границы опасной зоны главный маркшейдер шахты проверяет по материалам маркшейдерских съемок и другим документам правильность и полноту нанесения контура затопленных выработок на исходные чертежи горной графической документации. Исходя из результатов проверки, он определяет степень достоверности контура затопленных выработок, обосновывает в проекте границу опасной зоны и методику маркшейдерских работ по установлению этой границы в натуре. Материалы проекта проверяет главный маркшейдер вышестоящей организации. Примерное содержание проекта приведено в п. 3.

Методику выполнения маркшейдерских работ определяют с учетом требований технической инструкции [5]. В проектах, предусматривающих проведение выработок вдоль границ опасных зон, устанавливают методику работ по заданию направлений этим выработкам, приравнивая их к капитальным горным выработкам. В выработках/проводимых вдоль границ междушахтных барьерных целиков, прокладывают маркшейдерские опорные сети.

Проекты границ опасных зон у затопленных выработок подлежат утверждению до рассмотрения программы развития горных работ на очередной год, в котором предусматривается проведение выработок вблизи опасной зоны. До утверждения проекта проводить горные выработки на расстоянии менее 200 м от затопленных не допускается.

Утвержденные границы опасных зон, независимо от причин их образования (внезапные выбросы, горные удары, затопленные выработки и др.), маркшейдерская служба сразу после утверждения наносит условными обозначениями на исходные и другие чертежи горной графической документации. Опасные зоны у затопленных выработок главный маркшейдер шахты фиксирует в «Книге учета опасных зон».

Не менее чем за месяц до приближения выработок к границе опасной зоны главный маркшейдер шахты письменно уведомляет об этом главного инженера шахты и начальника соответствующего участка горных работ.

За 15—20 дней до подхода горных выработок к границе опасной зоны главный (участковый) маркшейдер с отметкой в книге маркшейдерских предписаний выдает начальнику соответствующего участка горных работ эскиз с изображенными на нем положением забоев проходимых выработок на дату выдачи эскиза и границами опасной зоны. На эскизе указывают расстояние до

границы опасной зоны от пунктов съемочной сети или других характерных постоянных знаков.

Своевременную остановку забоев выработок у утвержденной границы опасной зоны контролирует маркшейдерская служба шахты.

При проведении горных выработок на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, а также в других опасных зонах главный маркшейдер шахты заранее уведомляет главного инженера шахты как о входе выработок в опасные зоны, так и о выходе из них.

Маркшейдерская служба шахты участвует в разработке проекта и осуществлении (в пределах обязанностей, предусмотренных должностной инструкцией) мероприятий по безопасности при ведении горных и буровых работ в опасных зонах. При составлении проектов спуска воды из затопленных выработок маркшейдерская служба совместно с геологической определяет ожидаемый объем и давление воды, направление бурения водоспускных скважин, их длину и диаметры, дебит скважин, а также пути стока воды к водосборнику.

Объем воды, подлежащий спуску, определяют как произведение объема вынутаго из затопленных выработок полезного ископаемого и вмещающих пород на коэффициент заполнения. Под коэффициентом заполнения понимают отношение объема заполненных водой оставшихся пустот в выработанном пространстве к первоначальному его объему. В зависимости от устойчивости вмещающих пород и давности погашения выработок коэффициент заполнения на угольных месторождениях при системах разработки с полным обрушением кровли принимают для очистных выработок равным 0,3—0,5, а для подготовительных — 0,3—1,0. Более надежно принимать коэффициент заполнения по данным, полученным при спуске (откачке) воды из затопленных выработок в близких геологических и горнотехнических условиях.

Давление воды в затопленных выработках определяют по данным замеров уровня воды в горных выработках, сообщающихся с затопленными, или в скважинах. При отсутствии таких замеров уровень воды принимают равным статическому, определенному в период разведки месторождения.

Для более эффективного использования водоспускных скважин их направляют в затопленные подготовительные выработки. Исходя из планируемого местоположения устья скважины и точки выхода ее в затопленную выработку, определяют длину и угол наклона водоспускной скважины.

Расчет дебита скважины [6] производят по формуле

$$Q = 4 \cdot 10^3 B^2 \sqrt{\frac{Pg}{0,031 + 1}} \quad (\text{XIII.1})$$

где Q — дебит скважины, $\text{м}^3/\text{ч}$; B — диаметр скважины, принимаемый по наружному диаметру бурового наконечника, м ; p — высота водяного столба над устьем скважин, м ; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ — ускорение силы тяжести; l — длина скважины от кондуктора до затопленной выработки, м .

В процессе спуска воды из затопленных выработок дебит скважин уменьшается в связи с уменьшением величины p .

Расчет дебита скважин используют для определения дополнительного притока воды по шахте и продолжительности периода спуска воды. Необходимость в расчете дебита скважин, если его не замеряют, возникает во время спуска воды для оценки полноты осушения выработок по площади. При отсутствии локальных водоемов выше уровня воды над водопускными скважинами должно удовлетворяться (приближенно) равенство

$$2 \cdot 10^3 S^{\text{фс}2} \text{ и } / \text{ ода } x$$

$$X \quad \wedge \quad Vp_2) - A \quad t \sim v_0 K_0 \quad + \quad v_n K n, \quad (\text{XIII.2})$$

где p_1 и p_2 — высота столба воды над устьем каждой из водопускных скважин при рассматриваемых двух положениях уровня воды в затопленных выработках, м ; t — время, за которое высота столба воды понизилась с p_1 до p_2 ч; A — приток воды к затопленным выработкам, $\text{м}^3/\text{ч}$; $v_0 K_0$ — соответственно объем очистных выработок между рассматриваемыми уровнями воды (м^3) и принятый в проекте коэффициент заполнения для очистных выработок; $i_n K n$ — то же, для подготовительных выработок; n — число водопускных скважин.

Перенесение с утвержденного проекта в натуре точки заложения водопускной скважины и задание ее направления производят от точек съемочной сети 1 разряда. Направление скважин задают двумя отвесами, выставленными на продолжении ее оси. Метками на отвесах фиксируют задаваемый угол наклона скважины. Правильность установки

направляющей трубы (кондуктора) проверяют дважды: до и после герметизации устья скважины. Допустимое расхождение определяют в каждом конкретном случае исходя из допустимого отклонения от проектной точки выхода скважины в затопленную выработку. Проектные и фактические геометрические элементы водопускной скважины указывают в акте ее заложения и испытания средств герметизации устья, подписываемом главным геологом шахты, главным маркшейдером шахты и буровым мастером.

При недовольном контуре затопленных выработок проведение выработок в опасной зоне допускается только с бурением опережающих скважин для проверки отсутствия затопленных выработок на расстоянии d_0 , достаточном для предотвращения прорыва воды в проводимую выработку. На угольных и сланцевых месторождениях расстояние d_0 при углах падения $\alpha < 30^\circ$ и мощности пласта $t < 3,5 \text{ м}$ рассчитывают по формуле

$$d_0 = 5m + 0,05Y, \quad (\text{XIII.3})$$

где H — расстояние по вертикали от земной поверхности до проводимой выработки, м .

В Донецком бассейне при $\alpha > 30^\circ$ расстояние d_0 , рассчитанное по формуле (XIII.3), увеличивают на A , приведенное в табл. XIII.1.

Число опережающих скважин, их направление и длину определяют из расчета, чтобы на любом участке проверяемой зоны расстояние от возможного положения затопленной выработки в пласте до скважины было не более 5 м. Принятое расстояние, как правило, менее ширины зоны повышенной водопроницаемости угля вокруг выработки в пластах слабых и средней крепости. Поэтому при расстоянии до скважины не более 5 м затопленная выработка будет обнаружена притоком воды в скважину или нарушением режима циркуляции промывочной жидкости при бурении.

В более прочных угольных пластах (например, антрацитовых) вода из затопленных выработок может не поступать в скважину при расстояниях между ними менее 5 м. Однако при таком расположении скважин прорыва воды в действующие выработки не произойдет, так как ширина проверяемой зоны, рассчитанная по формуле (XIII.3), является для этих пластов завышенной.

Пример определения направлений опережающих скважин при проведении подготовительной выработки в опасной зоне приведен на рис. XIII.1. Исходные данные: $t = 2 \text{ м}$, $Y = 220 \text{ м}$, угол падения пласта $\alpha < 30^\circ$, длина кондуктора 5 м, A^1 — граница опасной зоны.

Б

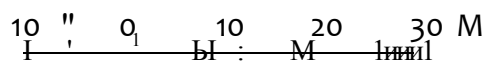


Рис. XIII.1. Схема расположения опережающих скважин

Последовательность действий для определения направлений опережающих скважин следующая.

1. Определяют d_0 по формуле (XII.1.3)
 $d_0 = 5m + 0,05H = 5 \cdot 2 + 0,05 \cdot 220 = 21 \text{ м}$.

2. Откладывают на плане горных выработок от границы опасной зоны АБ по направлению простирания пласта величину d_0 , а от проектируемой выработки ГД по направлению вкрест простирания пласта величину $d_0 \cos \alpha$ и получают границу площади I—II—III—IV, подлежащей проверке опережающими скважинами.

3. От точки II по линии II—III откладывают возможную наименьшую ширину затопленной выработки (2 м) и получают точку O_x .

4. Скважину задают как касательную к дуге окружности, проведенной из точки радиусом 5, и получают точку C_2 .

5. Из точки C_x по линии II—III откладывают расстояние $5 + 2 = 7 \text{ м}$ и получают точку O_2 .

6. Скважину $2i$ задают как касательную к дуге окружности радиуса 5 м, проведенной из точки O_2 , и получают точку C_2 .

7. Скважину 3_2 проводят по оси проектируемой выработки.

8. Скважину A_r располагают между скважинами 2_x и 3_r с таким расчетом, чтобы расстояние от ее забоя до точки C_2 и до скважины 3_x порознь не превышали 12 м. Зоны,

проверяемые скважинами, на рис. XIII.1 заштрихованы.

9. Аналогичным образом располагают опережающие скважины и в сторону падения пласта.

10. Наносят границу проверенной зоны по простиранию $1_2—П^{\wedge}$. Отложив от нее в сторону устьев скважин расстояние d_0 , находят границу, до которой можно продвинуть подготовительную выработку после выполнения очередного цикла буровых работ. В рассматриваемом примере шаг продвижения забоя выработки составил 40 м.

При длине кондуктора более 5 м бурение опережающих скважин следует начинать не доходя до границы опасной зоны на длину кондуктора, уменьшенную на 5 м, так как до герметизации устья скважины можно бурить в опасной зоне не более 5 м.

Очистные выработки в опасной зоне при недостоверном контуре затопленных выработок проводят, как правило, после предварительного оконтуривания участка подготовительными выработками (скважинами). У оконтуривающих скважин границу опасной зоны устанавливают на расстоянии d_0 от них в сторону проходимой выработки.

Маркшейдерские работы по заданию и проверке правильности заложения опережающих и оконтуривающих скважин такие же, как водоспускных, учитывая, что каждая при пересечении с затопленной выработкой может стать водоспускной.

Расчет и построение границ опасных зон у незатампонированных (некачественно затампонированных) скважин, пересекающих затопленные выработки или обводненные породы, а также границ опасных зон у дизъюнктивов, пересекающих затопленные выработки, приведены в п. 2.

Определение условий безопасной подработки наземных водотоков и водоемов, обводненных пород и водоносных горизонтов, а также построение предохранительных целиков под ними приведено в гл. XXII.

2. Расчет и построение зон, опасных по прорывам воды {барьерных и предохранительных целиков), на угольных и сланцевых месторождениях

Ширину барьерных целиков у затопленных выработок в пластах мощностью до 3,5 м с углом падения до 30° и не опасных по горным ударам определяют по формуле

$$d = \gamma_t + 0,05H + 0,002L_f \quad (\text{XII.1.4})$$

где d — ширина целика в плоскости пласта, м; γ_t — вынимаемая мощность пласта, м; H — расстояние по вертикали от земной поверхности до барьерного целика, м; L — суммарная протяженность подземных теодолитных ходов (от ближайших общих или начальных маркшейдерских пунктов), используемых для определения контура затопленных выработок и границ барьерного целика со стороны действующих выработок, м.

Протяженность теодолитных ходов, проложенных после 1950 г., умножается на коэффициент 0,5.

Третье слагаемое в формуле (XII.4) учитывает погрешность маркшейдерских съемок при определении контура затопленных выработок и границ барьерного целика. Принятый коэффициент 0,002 соответствовал требованиям точности подземных съемок, пред-

усмотренных маркшейдерской инструкцией 1939 г. С 1950 г. эти требования значительно повысились. В связи с этим, оставляя прежний коэффициент при L , протяженность теодолитных ходов, проложенных после 1950 г., уменьшают вдвое.

Если по расчету ширина барьерного целика получается менее 20 м, то ее принимают равной 20 м.

При углах падения пластов более 30° в Донецком угольном бассейне ширину барьерных целиков d' определяют по формуле

$$d' = d + A, \quad (\text{XII.5})$$

где $d \geq 20$ м — ширина барьерного целика, рассчитанная по формуле (XII.4); A — поправка, учитывающая влияние угла падения пласта на устойчивость барьерного целика (табл. XII.1), м.

В пластах мощностью более 3,5 м и в пластах с углом падения более 30° (кроме Донецкого угольного бассейна) барьерные целики, как правило, не оставляют, а производят спуск или откачку воды из затопленных выработок. Для проведения подготовительных выработок с целью спуска воды границу опасной зоны устанавливают на расстоянии от затопленных, рассчитываемом по формуле (XII.4) или (XII.5) в зависимости от угла падения пласта.

У затопленной выработки, пройденной по породе, ширину барьерного целика d_n принимают равной

$$d_n = 0,05A + 0,002L + A_n. \quad (\text{XII.6})$$

Значения H и L те же, что и в формуле (XII.4). Величину A_n для барьерных целиков, вытянутых по простиранию, при углах падения α слоев пород 0—30° принимают равной 0, а при $45^\circ < \alpha < 90^\circ$ — равной 10 м. При $30^\circ < \alpha < 45^\circ$ величину A_n определяют интерполяцией.

Для барьерных целиков, вытянутых по направлению падения слоев пород, величина $A_n = 0$.

Таблица XII.1

Величины поправки A

стороны целика	Угол падения пласта, градусы				
	30	35	40	45—70	71—90
По простиранию пласта	0	6	13	20	Барьерные целики не оставляют 10
По падению пласта	0	3	7	10	

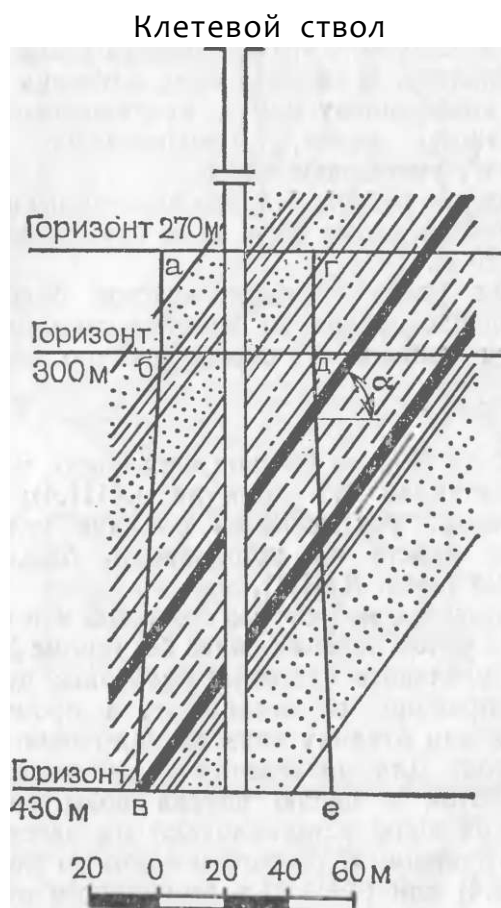


Рис. XIII.2. Вертикальный разрез барьерного целика у затопленного шахтного ствола:
абв и где — границы барьерного целика

Если по расчету d_n получается менее 20 м, то принимают 20 м.

У затопленных вертикальных стволов и шурфов ширину барьерного целика d_c по всем направлениям принимают в плане не менее 20 м и рассчитывают ее по формуле

$$d_c = 0,05H + 0,002L + 5, \quad (\text{XII } 1.7)$$

где H — вертикальное расстояние от земной поверхности до горизонта, на котором строят барьерный целик, м; L — то же, что и в формуле (XII 1.4).

Барьерный целик у шахтного ствола, затопленного между горизонтами 270 и 430 м, показан на рис. XIII.2.

В пластах, опасных по горным ударам, ширина барьерных целиков должна быть не менее чем в неопасных пластах, и одновременно должна удовлетворять требованиям «Инструкции по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих пласты, опасные по горным ударам».

В пласте, залегающем под затопленными выработками, опасную зону (предохранительный целик) строят в том случае, если

расстояние между затопленными выработками и пластом по нормали к нему менее $40t$ (t — вынимаемая мощность пласта). Если в пласте предусматривают проходить только подготовительные выработки, то опасную зону в нем строят при расстоянии от пласта по нормали до затопленных выработок менее $10h$ (h — высота подготовительной выработки в черне).

Под ранее подработанными затопленными выработками опасные зоны строят в пластах, залегающих на расстоянии по нормали от затопленных выработок менее $40m_1$ (m_1 — суммарная мощность вынимаемого и ранее вынутых пластов). Правила безопасности [1] допускают проведение повторной подработки затопленных выработок на расстоянии по нормали от них менее $40m_1$, но более $40t$ только при благоприятных горно-геологических условиях, т. е. когда под затопленными выработками залегают глинистые породы достаточной мощности, отсутствуют дизъюнктивы и т. п. Повторную подработку при этом следует производить не ранее чем через 6 месяцев после предыдущей.

В пласте, залегающем над затопленными очистными выработками, опасную зону (предохранительный целик) строят, если расстояние между затопленными выработками и пластом по нормали к нему менее $25t_2$ при $\alpha < 45^\circ$ и менее $40t_2$ при $\alpha > 45^\circ$ (t_2 — вынутая мощность пласта в затопленных выработках).

Над затопленными подготовительными выработками опасные зоны строят в пласте при расстоянии до него по нормали менее $10h_1$, где h_1 — высота (в черне) затопленной выработки).

В формулах для расчета барьерных целиков и определения расстояний, при которых строят опасные зоны в пластах под и над затопленными выработками, не учитываются физико-механические свойства пород, система разработки (формулы получены для условий разработки с полным обрушением кровли) и другие факторы, влияющие на устойчивость барьерных целиков и на водопроницаемость пород подработанной толщи. Поэтому в благоприятных горно-геологических условиях при наличии положительного заключения специализированной организации и по согласованию с органами госгортехнадзора приведенные нормы могут быть уменьшены.

Границы предохранительных целиков (опасных зон) в пластах под и над затопленными выработками строят по углам разрывов от границ барьерных целиков (опасных зон) в пластах с затопленными выработками. Величины углов разрывов принимают со-

тласно Правилам (Указаниям) по охране сооружений для данного бассейна (месторождения). Если в Правилах (Указаниях) не приведены величины углов разрывов, то их принимают на 10° больше соответствующих углов сдвижения в коренных породах, но не более 90° . В Донецком бассейне для построения предохранительных целиков под (над) затопленными выработками угол разрывов γ'' принимают равным $85 + a$ (a — угол падения пласта).

Построение предохранительных целиков в пластах под и над затопленными выработками показано на рис. XIII.3. При этом принималось, что отметка уровня воды в затопленных выработках больше высотной отметки верхней границы предохранительного целика в пласте над затопленными выработками.

В тех случаях, когда в пласте над затопленными выработками высотная отметка верхней границы предохранительного целика, полученной по углу разрывов, больше отметки уровня воды в затопленных выработках, то за верхнюю границу предохранительного целика принимают изогипсу пласта с высотной отметкой уровня воды. При высотной отметке уровня воды меньшей отметки нижней границы предохранительного целика, полученной по углу разрывов, опасной зоны в вышележащем пласте не возникает.

Построение границ опасных зон под (над) затопленными выработками, пройденными во вмещающих породах, производят так же, как под (над) подготовительными выработками, пройденными по пласту.

У незатампонируемых или некачественно затампонируемых разведочных скважин, пересекающих затопленные выработки или обводненные породы, опасные зоны (барьерные целики) устанавливают во всех пересеченных скважиной пластах, а также в пластах, удаленных от забоя скважины на расстоянии по нормали к ним менее 40τ . Барьерные целики строят в плоскости пласта в виде окружности с центром в месте пересечения пласта скважиной. Радиус окружности рассчитывают как ширину барьерного целика у затопленной выработки.

В пластах, залегающих ниже забоя скважины, за центр окружности принимают точку пересечения пласта нормалью, проведенной к нему из забоя скважины.

Если на вертикальном разрезе вкрест простирания пласта расстояние по нормали к пласту от границы барьерного целика до ствола скважины менее 20τ , то барьерный целик увеличивают настолько, чтобы это расстояние равнялось 20τ .



Рис. XIII.3. Построение предохранительных целиков в пластах под и над затопленными выработками:

АВВГ — контур затопленных выработок; *абвг* — контур охраняемой площади; *дежч* — контур предохранительного целика в пласте под затопленными выработками; *иклт* — то же, в пласте над затопленными выработками

Для обеспечения устойчивости барьерных целиков у скважин их можно строить радиусом, значительно меньшим приведенного выше. Необходимость увеличения барьерного целика до вышеуказанного вызвана значительной погрешностью определения по данным инклинометрии места пересечения пласта скважиной. Так, по 17 скважинам Центрального района Донбасса расхождения между фактическим местоположением скважины в пласте и нанесенным по данным инклинометрии составили в плане: до 5 м на пяти скважинах, от 6 до 10 м на семи скважинах, от 11 до 15 м на двух и от 16 до 20 м на трех скважинах. Глубина последних скважин 530—600 м, угол падения $58-60^\circ$.

При отсутствии данных об искривлении ствола вертикально заданной скважины за центр барьерного целика в пластах с углом падения $\alpha \wedge 45^\circ$ принимают вертикальную проекцию на пласт устья скважины, а радиус окружности увеличивают (если отсутствуют другие данные) по сравнению с расчетным на $0,08H'$ при $H' < 300$ м и на $0,14H'$ при $H' > 500$ м, где H' — измеренное расстояние по скважине от ее устья до пласта. При H' от 300 до 500 м увеличение радиуса барьерного целика определяют интерполяцией.

Если скважина встречена горной выработкой в вышележащем пласте, то при неизвестном ее искривлении за центр окружности опасной зоны (барьерного целика) в ниже-

	Б	⊙	Р	В	
			1		-140 м
			1:		
⊙			о		-160 м
		•			
					-180 м
			М		-189 м
	А — 0,14 Н' —		-0,08/у'^Г		-200 м

лежащем пласте можно принимать точку, лежащую на продолжении прямой, соединяющей устье скважины с точкой встречи ее в вышележащем пласте. При этом радиус окружности, рассчитанный для скважины с известным искривлением, увеличивают при $H'' \leq 300$ м на $0,08H''$ и при $H'' > 500$ м на $0,14H''$ (H'' — вертикальное расстояние между пластами). При промежуточных значениях H'' радиус окружности определяют интерполяцией.

а — план лежащего К', висячего К крыла пласта и плоскости сместителя С; б—вертикальный разрез I—I по линии падения пласта (ае — линия скращения лежащего крыла пласта со сместителем, дг — граница опасной зоны (проведена через точку г параллельно линии скращения ае))

Собранные филиалами ВНИМИ сведения по искривлению вертикально заданных разведочных скважин при углах падения пластов 46—65° показали, что примерно 90% скважин отклонились в сторону восстания пластов. В рассмотренных 37 скважинах Донбасса и 56 скважинах Кузбасса величины отклонений в плане не превысили соответственно 0,17Я' [7] и 0,20Я'. В направлении по простиранию величину возможного отклонения скважин от вертикали можно принять 0,08Я', а в направлении, обратном простиранию, — 0,14Я'.

У затампонированных скважин проектов опасных зон не составляют. Однако во многих случаях наблюдались поступления воды из таких скважин. Так, из подработанных, в основном затампонированных, 3227 скважин на шахтах Донбасса воду в горные выработки дали 428 [8]. Из 43 скважин притоки превышали $15 \text{ м}^3/\text{ч}$. Установлено, что 13 из них не тампонировались; 3 — пересекли обводненные разрывные нарушения и притоки из них достигали $200 \text{ м}^3/\text{ч}$; 22 скважины пересекли обильные водоносные горизонты и оказались некачественно затампонированными; 5 — расположены под водоемами и также некачественно затампонированы.

Опасные зоны устанавливают у разрывных нарушений (дизъюнктивов), пересекающих затопленные выработки, в целях предотвращения вскрытия зоны дизъюнктива до выяснения ее обводненности и предупреждения,

таким образом, возможного прорыва воды в проходимую выработку. Порода зоны влияния дизъюнктива до получения других данных считается обводненными и при установлении границы опасной зоны их приравнивают к затопленным выработкам.

Для проверки обводненности пород зоны дизъюнктива бурят не менее двух опережающих скважин: одну — по ходу выработки, вторую — по нормали к поверхности сместителя. В зависимости от обводненности дизъюнктива определяют безопасность его вскрытия подготовительной выработкой. Границу опасной зоны для проведения подготовительной выработки до бурения опережающих скважин определяют в каждом отдельном случае, исходя из возможной погрешности изображенного на чертежах горной графической документации местоположения дизъюнктива, но не ближе 30 м от поверхности сместителя по нормали к ней.

При слабой обводненности пород зоны дизъюнктива, пересекающего затопленные выработки, границы опасных зон устанавливают в обоих крыльях пласта от линии скрещения с поверхностью сместителя на расстоянии, равном ширине барьерного целика (считая $L = 0$), но не менее 20 м. Если пересечение дизъюнктива с затопленными выработками попадает в зону сдвижения пород от намечаемых очистных выработок, то ширину барьерного целика (если она недостаточна) увеличивают настолько, чтобы на границе целика расстояние по нормали к пласту до вышележащего сместителя было равно 40 т. Положение границы опасной зоны, удовлетворяющее этому требованию, — определяют графически на вертикальных разрезах вкрест простирания пласта (рис. XIII.5) или по формуле

$$L = 40 \text{ м} \cos \alpha (\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta + \cos \gamma) \sin \gamma - \operatorname{ctg} \alpha \cos \gamma - \operatorname{ctg} \beta \quad (XIII.8)$$

где L — расстояние в плане от линии скрещения по нормали к ней до границы опасной зоны; α — угол падения пласта; β — угол падения сместителя; γ — угол в плане между направлениями линий падения сместителя и пласта (см. рис. XIII.5); δ — угол в плане между линиями падения пласта и скрещения.

Если линия скрещения пласта со сместителем совпадает с линией падения пласта ($X=0^\circ$), то вертикальный разрез вкрест простирания пласта строят в некотором удалении от линии скрещения и по полученному на разрезе расстоянию по нормали между пластом и сместителем определяют положение гра-

ницы опасной зоны, на которой это расстояние равно 40 т.

Междушахтные барьерные целики по верхнему разрабатываемому пласту, а также по нижележащим пластам, удаленным от вышележащих на расстояние по нормали к ним не менее 40 т (т — вынимаемая мощность нижележащего пласта) рассчитывают так же, как барьерные целики у затопленных выработок. В этих случаях при определении L учитывают суммарную протяженность теодолитных ходов от стволов смежных шахт к барьерному целику.

Если расстояние по нормали между вышележащим и нижележащим рабочими пластами менее 40 т, то барьерный целик в нижележащем пласте строят по правилам построения предохранительных целиков под затопленными выработками. За охраняемую площадь принимают площадь барьерного целика в вышележащем пласте. При этом ширина барьерного целика по нижележащему пласту должна быть не менее рассчитанной по формуле (XIII.4) или (XIII.5).

3. Примерное содержание проектов по установлению границ зон, опасных по прорывам воды

Проекты установления границ опасных зон состоят из пояснительной записки и графических материалов [3].

При достоверном контуре затопленных выработок в проектах приводят:

геологическую и гидрогеологическую характеристики участка затопленных выработок (литологический состав пород, их трещиноватость и водопроницаемость, тектоника);

сведения о затопленных выработках (наименование выработок, их размеры, глубина разработки, вынимаемые мощности и углы падения пластов, система разработки, притоки воды до затопления выработок, причины и время их затопления, уровень и объем воды в затопленных выработках);

обоснование достоверности контура затопленных выработок (соответствие точности маркшейдерских съемок требованиям действовавшей в то время инструкции по производству маркшейдерских работ; результаты проверки правильности нанесения контура затопленных выработок по материалам съемок, а при невозможности проверки указать, какими документами подтверждена достоверность контура затопленных выработок; сопоставление дат остановки забоев выработок и их съемки);

сведения о выработках, проектируемых к проходке в направлении к затопленным (название выработок, их назначение, сечения, время их проведения);

определение границ опасных зон (расчет барьерных и построение предохранительных целиков) и методику маркшейдерских работ по установлению границ в натуре;

выкопировки из исходных чертежей горных выработок с изображением на них затопленных и проектируемых выработок, барьерных и предохранительных целиков, дизъюнктивов и с указанием высотных отметок почвы пласта и уровня воды в затопленных выработках, мощности и углов залегания пластов и др.; чертежи по построению барьерных и предохранительных целиков.

При недостоверном контуре затопленных выработок дополнительно приводят обоснование принятой границы опасной зоны с приложением используемых для этой цели материалов (планы горных выработок, геологические разрезы, эскизы выработок, составленные на основании опроса лиц их посещавших до затопления, результаты визуальных обследований и контрольных съемок устьев горных выработок и других элементов, характеризующих контур затопленных выработок, сведения о выходе керна и потери промывочной жидкости при бурении скважин вблизи затопленных выработок и др.).

В проектах установления границ опасных зон (барьерных целиков) у незатампонируемых скважин, пересекающих затопленные выработки или обводненные породы, приводят:

сведения о литологическом составе пород, их трещиноватости, расположении и мощности слоев глинистых отложений, водоносных горизонтов, обводненных пород, затопленных выработок, перебуренных скважиной, агрессивности подземных вод;

технические данные скважины (глубина, диаметры, обсадные трубы, тампонаж и др.), возможный приток воды из скважины;

замеры искривлений скважины;

расчет ширины барьерных целиков; методику маркшейдерских работ по установлению границ целиков в натуре;

выкопировки из исходных планов горных выработок с изображенными на них барьерными целиками, а также геолого-технический

разрез скважины с построением барьерных целиков.

В проектах установления границ опасных зон у дизъюнктивов, пересекающих затопленные выработки, приводят:

назначение и параметры проектируемых выработок;

элементы залегания и амплитуду дизъюнктива, мощность и состав нарушенных пород в зоне его влияния, ранее наблюдавшиеся водопроявления при вскрытии дизъюнктива горными выработками;

обоснование положения сместителя на участке проходимой выработки и возможные отклонения от этого положения;

обоснование проектируемой границы опасной зоны и методики маркшейдерских работ по установлению этой границы в натуре;

параметры опережающих скважин, способы герметизации их устьев;

меры по безопасности на случай большого поступления воды из зоны дизъюнктива;

выкопировки из исходных планов горных выработок с изображением ожидаемого положения дизъюнктива, границ опасной зоны, проектируемых опережающих скважин;

вертикальные разрезы по построению границ опасной зоны.

Список литературы

1. *Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах.* М., Недра, 1973.
2. *Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт.* М., Недра, 1976.
3. *Временная инструкция по безопасному ведению горных работ у затопленных выработок.* М., изд. Минуглепрома СССР, 1978 (ротапринт).
4. *Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом.* М., Недра, 1972.
5. *Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ.* М., Недра, 1973.
6. *Временное руководство по спуску воды из затопленных выработок на шахтах Министерства угольной промышленности СССР.* М., изд. Минуглепрома СССР, 1975 (ротапринт).
7. *Левченко И. А., Кацнельсон И. Н. Зона возможной встречи вертикально заданной разведочной скважины в разрабатываемом пласте.* — Тр. ВНИИ, сб. 106. Л., 1977.
8. *Кинзерская Л. В., Бондаренко Ф. К., Ксенда И. М. Качество тампонажа разведочных скважин и подработка их шахтами.* — Уголь Украины, 1976, № 9.

Теория погрешностей и уравнильные вычисления

1. Основные положения

Термины и определения, применяемые в теории погрешностей и уравнильных вычислениях, регламентированы Государственным стандартом СССР: ГОСТ 16263—70 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Термины и определения» и ГОСТ 8.011—72 «Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности измерений и формы представления результатов измерений». Термины и определения результатов измерений установлены -отраслевым [стандартом Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР «Измерения геодезические. Математические методы обработки».

Измерением называют нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Наблюдением называют операцию, выполняемую в процессе измерений, в результате которой получают одно значение из группы значений, подлежащих совместной обработке для получения результата измерения.

Таким образом, однократное измерение называется наблюдением, а измерением называют многократное наблюдение измеряемой величины.

Погрешностью (ошибкой) измерения называют отклонение результата измерения от истинного (безошибочного) значения измеряемой величины. Исправленным результатом измерения будет результат измерения, исправленный путем исключения систематических погрешностей.

Качество результатов измерений. Любые наблюдения и измерения, как бы тщательно и какими бы совершенными средствами они не выполнялись, содержат погрешности (ошибки). Нельзя получить абсолютно точные результаты измерений (наблюдений). Это же откосится и к значениям любых функций результатов измерений*

В инженерной практике необходимо знать качество результатов измерений, используемых для решения тех или иных задач. Качество результатов измерений и функций их характеризуется тремя показателями: надежностью, правильностью и точностью.

Теория погрешностей (ошибок) рассматривает вопросы оценки качества результатов измерений. Эти вопросы тесно связаны с уравнильными вычислениями.

Составляющие общей погрешности и показатели качества измерений. Выделяют три составляющие общей погрешности — три вида погрешностей и соответствующие им показатели качества: грубые погрешности или промахи, вероятность отсутствия которых в результатах измерений характеризуется надежностью исключения грубых погрешностей; систематические погрешности, точность исключения которых из результатов измерений характеризует правильность (верность) результатов измерения; случайные (неизбежные) погрешности, величины и закон распределения которых характеризует точность результатов измерений.

Грубая погрешность, или промах, является самой опасной составляющей общей погрешности. По своей величине она может существенно превышать систематические и случайные погрешности и значительно изменять и даже совершенно исказить получаемый результат. Поэтому результаты измерений, содержащие грубые погрешности, не должны использоваться. Практика показывает, что грубые погрешности могут иметь место даже при весьма аккуратном производстве измерений исправными высококачественными инструментами по тщательно разработанной методике.

Основным методом выявления грубых погрешностей является проба на допустимость невязок, возникающих при наличии контрольных — избыточных измерений, выполненных, по воз-

возможности, разными методами и инструментами и в различных условиях. Результаты измерений, вызвавшие недопустимую невязку, бракуются, как содержащие грубые погрешности, и измерения повторяются вновь. Одним из основных показателей качества результатов измерений служит надежность исключения грубых погрешностей. Очевидно, чем больше избыточных измерений (чем больше степеней свободы), тем надежнее выявляются промахи. Надежность зависит не только от числа степеней свободы, но и от характера возникающих условий. Надежность значительно повышается, если каждый результат измерений входит в несколько независимых условий, имеющих различный характер. Числовое значение надежности, находящееся в пределах от нуля до единицы, может быть получено для данных конкретных условий, методов и инструментов в результате специально проводимых исследований или обобщением итогов предыдущей практики путем статистической обработки многочисленных результатов измерений.

Систематическими погрешностями называются составляющие общей погрешности, остающиеся постоянными или закономерно изменяющиеся при повторных измерениях одной и той же величины. Принципиально всегда (практически иногда весьма сложно) могут быть определены величины и знак систематической погрешности a . Всегда необходимо исключать из результатов измерений систематические погрешности и получать исправленные результаты измерений. Как всякая измеряемая величина, систематическая погрешность не может быть определена абсолютно точно. Таким образом, в отличие от грубых погрешностей систематические погрешности не могут быть абсолютно точно исключены из результатов измерений.

Как правило, необходимо учитывать точность (погрешность m_c) исключения систематических погрешностей. Важным показателем качества результатов измерений является правильность (верность) измерений, отражающая относительную близость к нулю систематических погрешностей. Числовым значением правильности может служить отношение среднего квадратического отклонения результата наблюдения к средней квадратической погрешности исключения систематической погрешности. Это отношение желательно иметь больше единицы.

Случайная погрешность — составляющая общей погрешности, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях

одной и той же величины. Случайные погрешности неизбежны, они всегда присутствуют в результатах измерений. Улучшая методику, инструменты и условия измерений, можно лишь уменьшить величину случайной погрешности. Третьим основным показателем качества результатов измерений является точность измерений. Численно точность характеризуется средней квадратической погрешностью и законом распределения совокупности случайных погрешностей. Чем выше точность, тем меньше погрешность.

В большинстве курсов теории погрешностей и уравнительных вычислений рассматриваются в основном только случайные погрешности, полагая, что результаты измерений свободны от грубых погрешностей, а погрешности исключения m_a систематических погрешностей а пренебрегаемо малы по сравнению со случайной составляющей погрешности измерения.

Исключение систематических погрешностей может производиться различными способами. Применяется непосредственное определение систематической погрешности путем ее измерения или расчета с использованием других измеренных величин или предшествующего опыта и специальных исследований. Найденное значение a вводят в результат измерения $/$, получают исправленный результат измерения $/_и = \phi (/ \gg \langle ? \rangle$. В простейшем случае $/_и = I$ — В практике весьма часто найденной поправкой исправляют несколько результатов измерений. В этом случае исправленные результаты измерений $/_и$ становятся зависимыми. Широко практикуется исключение систематической погрешности в процессе измерений путем соответствующей организации их. Этот прием имеет то принципиальное преимущество, что здесь (в некоторых случаях) в каждый результат измерения входит своя независимо исключаемая поправка и исправленные результаты независимых измерений остаются независимыми. Систематические погрешности o и характеристика их точности t_0 могут определяться косвенным методом (при наличии избыточных измерений) путем соответствующей обработки не исправленных результатов измерений I . Это может быть выполнено в том случае, когда числовые значения невязок, возникающих при наличии избыточных измерений, формируются не только случайными, но и систематическими погрешностями. Систематические погрешности определяются тем точнее, чем в большей степени невязки зависят от них. Для исключения системати-

ческих погрешностей может быть использован и метод рандомизации, т. е. перевода систематических погрешностей в случайные. Определение и исключение систематических погрешностей и оценка точности этого определения или исключения (нахождение m_0) являются задачей специальных дисциплин — маркшейдерии, геодезии и т. д.

Учет точности исключения систематических погрешностей. При совместном использовании исправленных результатов независимых измерений $/_{\text{и}}$ необходимо различать два случая:

исправленные результаты измерений $/_{\text{и}}$ не имеют общих поправок исключения систематических погрешностей, и они остаются независимыми;

совместно используемые исправленные результаты независимых измерений имеют хотя бы одну общую поправку, исключаящую а, и они становятся взаимозависимыми (взаимокоррелированными). При их использовании необходимо учитывать общие систематические погрешности а и точность их исключения m_G .

Избыточные измерения. В маркшейдерско-геодезической практике и при выполнении исследовательских работ стремятся, если возможно, производить измерений значительно больше, чем это необходимо для определения искомым функций (координат, площадей, объемов и др.), появляются «лишние» — избыточные результаты измерений. Эти избыточные измерения необходимы для оценки качества измерений, контроля результатов измерений от грубых погрешностей, выявления систематических погрешностей и для количественной оценки случайных погрешностей измерений. Избыточные измерения (при надлежащем использовании их) повышают качество результатов работ. При наличии избыточных измерений неизбежно встает вопрос об уравнивании (уравновешивании) результатов измерений.

Задача уравнивательных вычислений, необходимость в которых вызывается избыточными измерениями, заключается, в первую очередь, в согласовании результатов измерений, в уничтожении многозначности (неопределенности) решения, или в уничтожении невязок, возникающих при наличии избыточных измерений в силу погрешностей измерений. При этом обычно ставится еще ряд задач: 1) повышение точности результатов уравнивания, т. е. нахождение наиболее точных (наиболее вероятных, правильное — обладающих наибольшей плотностью веро-

ятности) значений измеряемых величин, следовательно и функций их. Это достигается при выборе оптимального, наиболее близкого к строгому, способа уравнивания; 2) оценка точности измеренных и уравненных значений измеряемых величин; 3) оценка точности интересующих функций уравненных величин.

Уравниваемые величины. В уравнивательных вычислениях могут участвовать как результаты измерений, так и вычисленные (неизмеренные) значения различных величин. Практически большинство результатов измерений еще до совместного уравнивания подвергается математической обработке, т. е. в той или иной мере тоже являются вычисленными величинами. С позиции уравнивательных вычислений нет необходимости различать измеренные и вычисленные величины: все они являются уравниваемыми величинами.

Среди уравниваемых величин целесообразно выделять однородные и неоднородные, равноточные и неравноточные величины. Равноточными могут быть только однородные величины. Частным случаем неравноточных величин следует выделить величины, погрешность которых принимается равной нулю. Такие величины принято называть жесткими (не подлежащими исправлению). К ним весьма часто относят исходные для решения задачи данные. Необходимо различать независимые и зависимые (коррелированные) уравниваемые величины.

Независимые и зависимые величины. Многие совместно уравниваемые величины взаимозависимы. Так, например, зависимы исправленные результаты измерений, полученные путем придания общей поправки, исключаящей систематическую погрешность. В маркшейдерско-геодезической практике согласно рекомендациям учебной литературы обычно уравниваемые величины считаются независимыми. Это, уменьшая трудоемкость уравнивательных вычислений, снижает качество результатов уравнивания как в части значений функций уравненных величин, так и особенно в части оценки точности их. Для повышения качества результатов уравнивания необходимо учитывать взаимозависимость. Если она вызвана поправками, исключаящими систематические погрешности, то в качестве уравниваемых величин следует рассматривать не исправленные результаты измерений $/_{\text{и}}$ на равных основаниях с ними поправки, исключаящие систематические погрешности $с$ (с учетом m_i и m_j). Уравнивание зависи-

мых величин также можно выполнить, используя аппарат обобщенного метода наименьших квадратов.

Исходные данные — величины, необходимые для решения поставленной задачи и не могущие быть полученными в результате измерений. Например, при проложении теодолитных ходов и при развитии трилатерации необходимыми исходными данными будут координаты одного пункта и дирекционный угол одной стороны (всего три величины). При развитии триангуляции необходимо иметь уже четыре величины — координаты пункта, дирекционный угол и длину стороны. Исходные данные для уравниваемой сети берутся из результатов ранее выполненных работ. При минимально необходимом числе их они не участвуют в уравнивании. При наличии исходных данных больше, чем необходимо, они уже участвуют в уравнивании и принятие их безошибочными вызывает искажение результатов уравнивания.

Классификация способов уравнивания. Способы уравнивания разделяются на строгие и приближенные (упрощенные).

I. Строгие способы уравнивания основаны на методе наименьших квадратов и являются оптимальными для уравнивания величин, погрешности которых подчиняются нормальному или близким к нему законам распределения. При уравнивании этими способами значения уравниваемых величин получаются с наибольшим весом (с наименьшей погрешностью) по сравнению со значениями, получаемыми при упрощенных способах. Результаты уравнивания при использовании любого из строгих способов получаются тождественными и могут различаться только за счет округления.

Строгие способы разделяются на две группы: IА — базируются на классическом методе наименьших квадратов и служат для уравнивания независимых величин, IБ — базируются на обобщенном методе наименьших квадратов и служат для уравнивания зависимых величин. Каждая из этих групп делится на четыре способа.

1а. Коррелятный способ уравнивания, ранее называвшийся способом условных измерений (уравнений), способом условий. Здесь применяется прямой путь решения задачи — находятся поправки к независимым уравниваемым величинам при классическом методе наименьших квадратов и к зависимым — при обобщенном методе наименьших квадратов. Решение может вестись в нескольких вариантах: одногрупповое решение уравнений; двухгрупповое решение; многогрупповое решение уравнений

(вплоть до числа групп, равного числу уравнений).

1б. Параметрический способ уравнивания, ранее называвшийся способом посредственных измерений (уравнений), методом косвенных определений, способом необходимых неизвестных. Здесь применяется косвенный (окольный, обходной) путь решения задачи. В первую очередь находятся поправки к приближенным значениям выбранных «определяемых» величин и затем посредством их находятся поправки к уравниваемым величинам (если это необходимо). Решение может вестись в нескольких вариантах: с исключением некоторых определяемых величин соответствующим преобразованием параметрических уравнений поправок; с приведением всех уравнений поправок к одному весу; с введением фиктивных весов и т. п.

1в. Комбинированный способ — сочетание параметрического способа с условными уравнениями, или коррелятного способа с определяемыми неизвестными. Здесь также возможны варианты, аналогичные способам 1а и 1б.

1г. Способ готовых, конечных формул применяется при уравнивании простейших совокупностей и элементарных построений. Широко используется при уравнивании многократных наблюдений одной и той же величины, а также при решении не связанных между собой условий и при уравнивании типовых, стандартных фигур и сетей. Различают: способ среднего арифметического; способ весового среднего; распределение невязки условного уравнения связи между величинами, образующими это условие. Этот прием используется в двухгрупповом способе уравнивания Урмаева — Крюгера при решении уравнений первой группы; вычисление поправок или уравненных значений по готовым заранее составленным формулам для типовых задач, например при аппроксимации периодических функций, при уравнивании геодезических четырехугольников, центральных систем и т. п.

II. Приближенные способы уравнивания, число которых не ограничено, решают только основную задачу уравнивания — согласование результатов измерений. При этом точность уравниваемых величин в результате уравнивания может не повышаться и даже может понижаться, а оценка точности результатов уравнивания может значительно усложниться. Достоинство того или иного приближенного способа определяется большей

производительностью его (по сравнению со строгим способом) и близостью получаемых результатов уравнивания к соответствующим результатам строгого уравнивания. Приближенные способы можно разделить на три группы, каждую из которых, в свою очередь, на несколько способов. Результаты уравнивания одной и той же совокупности будут различными в зависимости от принятого приближенного способа уравнивания.

IIА. Приближенные, близкие к строгим, способы уравнивания, позволяющие получить несмещенные значения уравниваемых величин и асимптотически нормальные оценки точности, например способы О. Коши, Лагранже, Чебышева, Монте-Карло, фильтр Кальмана, быстрее спуска и т. п. Эти в общем-то распространенные способы не нашли применения в маркшейдерско-геодезической практике.

IIБ. Приближенные способы, формально базирующиеся на применении аппарата формул метода наименьших квадратов, но в целях уменьшения объема работ допускающие отдельные отклонения от принципа наименьших квадратов. Например, все или некоторые зависимые уравниваемые величины принимаются независимыми; некоторые величины, участвующие в уравнивании (исходные данные, результаты предыдущего уравнивания, длины или дирекционные углы некоторых сторон и т. д.), принимаются безошибочными; за независимые уравниваемые величины берутся те или иные зависимые функции измеренных величин, произвольно (по некоторым правилам) придаются веса уравниваемым величинам; при решении последующих условных уравнений не принимаются во внимание уже выполненные решения и т. п.

IIВ. Приближенные способы, разработанные применительно к решению отдельных стандартных задач, сформулированные в виде правил и очередности действий и основанные на ряде допущений, аналогичных перечисленным в IIБ. Например, общераспространенные способы уравнивания теодолитных ходов, полигонометрических сетей, типовых фигур триангуляций, угловых и линейных засечек и т. д.

Каждая из трех групп приближенных способов уравнивания, как и группы строгого уравнивания, делится на несколько способов уравнивания: На — аналогичный коррелятному способу (находятся непосредственно поправки к уравниваемым величинам); Пб — аналогич-

ный параметрическому способу (находятся поправки к приближенным или счислимым значениям выбранных определяемых величин и т. д.).

Все способы уравнивания и* оценки точности по технике выполнения можно разбить на следующие приемы: 1) уравнивание на ЭЦВМ по заранее составленным типовым программам, 2) уравнивание на ЭЦВМ по специально составленным индивидуальным программам, 3) аналитическое уравнивание с использованием малых настольных вычислительных машин, приборов, таблиц и номограмм, 4) графоаналитическое уравнивание, 5) графическое уравнивание. Первый прием начинает широко внедряться в повседневную практику, второй применяется при решении частных (нетиповых) сложных задач и при исследовательских работах, третий прием применяется при отсутствии непосредственной связи с вычислительным центром и для решения небольших по объему задач, а также при решении их на месте производства измерений. Четвертый и пятый приемы применяются для решения небольших задач при необходимости наглядного представления о точности получаемых результатов и выявления грубых и систематических погрешностей. В последнее время при использовании ЭЦВМ наиболее часто применяется параметрический способ уравнивания, более удобный для составления стандартных программ решения маркшейдерско-геодезических задач.

2. Оценка точности (теория погрешностей).

Погрешность наблюдения (измерения) δ равна разности между результатом наблюдения L и истинным значением измеряемой величины L^0

$$\delta = L - L^0 \quad (\text{XIV.1})$$

В общем случае погрешность наблюдения δ образована двумя составляющими — случайной погрешностью наблюдения $\delta_{\text{сл}}$ и систематическими погрешностями $\delta_{\text{сис}}$ (их может быть несколько)

$$\delta = \delta_{\text{сл}} + \delta_{\text{сис}} \quad (\text{XIV.2})$$

Конечно, при этом должны быть надежно (гарантированно) исключены грубые погрешности. Для получения исправленного результата наблюдения $L_{\text{ис}}$ совершенно необходимо вскрыть все систематические погрешности $\delta_{\text{сис}}$ и исключить их

$$L_{\text{ис}} = L - \delta_{\text{сис}} \quad (\text{XIV.3})$$

$$\varphi_{\cdot} - \varphi_{\mathcal{L}_{\cdot}} \ll = ! \ll + 2 \quad (\text{XIV.4})$$
$$m^{\wedge}(\text{H a } 6) = (\wedge)^2 m_2(\text{H a } 6) + \langle \text{XIV}_{-5} \rangle$$

$$T_{<H} = (T_H)_{\pi} + 2(1 - \beta)^2, \quad (\text{XIV}_6)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial t} \right) = \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2} - \frac{1}{\rho^2} \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} \right)^2 ;$$

290>

Совокупность случайных погрешностей большинства событий, рассматриваемых в инженерной практике и в экспериментальных исследованиях, подчиняется закону нормального распределения, называемому также законом Гаусса. Совокупности случайных погрешностей с нормальной функцией распределения обладают следующими основными свойствами: 1) случайные погрешности как положительные, так и отрицательные встречаются одинаково часто; 2) по абсолютному значению малые погрешности встречаются чаще, чем большие; 3) по абсолютной величине погрешности практически не могут превышать некоторого предела; 4) среднее арифметическое случайных погрешностей стремится к нулю при неограниченном возрастании числа членов совокупности

$$(B_1 + B_2 + \dots + B_{rt}) : i \rightarrow 0$$

при $y \rightarrow 0$. (XIV.8)

Мера точности. Средняя квадратическая погрешность. Для оценки точности случайного события необходимо иметь совокупность случайных погрешностей этого события. При оценке точности указывается функция распределения совокупности, а сама совокупность случайных погрешностей b_i ($i = 1, j$) заменяется одним числом. За такое число, характеризующее точность (меру точности), наиболее часто принимают среднюю квадратическую погрешность (среднее квадратическое отклонение) m , вычисляемую по формуле (XIV.7). Чем больше средняя квадратическая погрешность, тем меньше точность. За меру точности в существующей литературе принимается $h = 1/m$ (XIV.7). ГОСТ 16263—70 предусматривает возможность выражать количественно точность обратной величиной модуля относительной погрешности. Например, если относительная погрешность

измерения равна $1/10\,000$, то точность равна 10^4 .

Средняя и срединная (вероятная) погрешности. Иногда для характеристики точности вычисляют не среднюю квадратическую, а среднюю арифметическую или просто среднюю погрешность t , численно равную среднему арифметическому из абсолютных значений погрешностей совокупности $t = \frac{1}{n} \sum |v_i|$. В некоторых странах для характеристики точности применяют вероятную (срединную) погрешность p , численно равную среднему члену упорядоченной по абсолютным значениям совокупности случайных погрешностей. При нормальной функции распределения и при значительном объеме совокупности, т. е. при большом числе случайных погрешностей ($n \rightarrow \infty$), по которым вычисляются m , t и определяется p , между ними существуют зависимости:

$$p = \frac{2}{3}m; \quad t = \frac{4}{5}t; \quad m = \frac{5}{4}t = \frac{3}{2}p.$$

Эти зависимости при сравнительно не*

большом n носят приближенный характер. Показатели точности и форма представления результатов измерений. Основными показателями точности исправленных результатов измерений и точности других величин, используемых в инженерной и исследовательской практике, являются: 1) средняя квадратическая погрешность (среднее квадратическое отклонение) случайной составляющей погрешности измерения t , определяемая по отклонениям от среднего арифметического; 2) стандартная аппроксимация функции распределения (плотности вероятности) случайной составляющей; 3) средние квадратические погрешности исключения систематических погрешностей m_{GJ} ; 4) стандартные аппроксимации функций распределения погрешностей исключения oj ; 5) функции связи $f_i = \Phi(f, oj)$.

ГОСТ 8.011—74 предусматривает стандартные аппроксимации шести функций распределения, графическое изображение которых приведено на рис. XIV.1. Нормальная (усеченная) функция распределения (рис. XIV.1, а) имеет весьма широкое распространение. Ветви кривой, выходящие за $3t$ и $-3t$, отброшены, усечены, считая, что на практике случайные погрешности b не могут превышать по абсолютному значению утроенной средней квадратической погрешности $b_{пред} < \pm 3t$. Таким образом, измерения с b , большей $3t$, считаются промахами, и такие измерения отбрасываются (бракуются). Треугольная (симпсона) $b_{наиб} = -2,4t$ показана на рис. XIV.1, б, трапециевидная

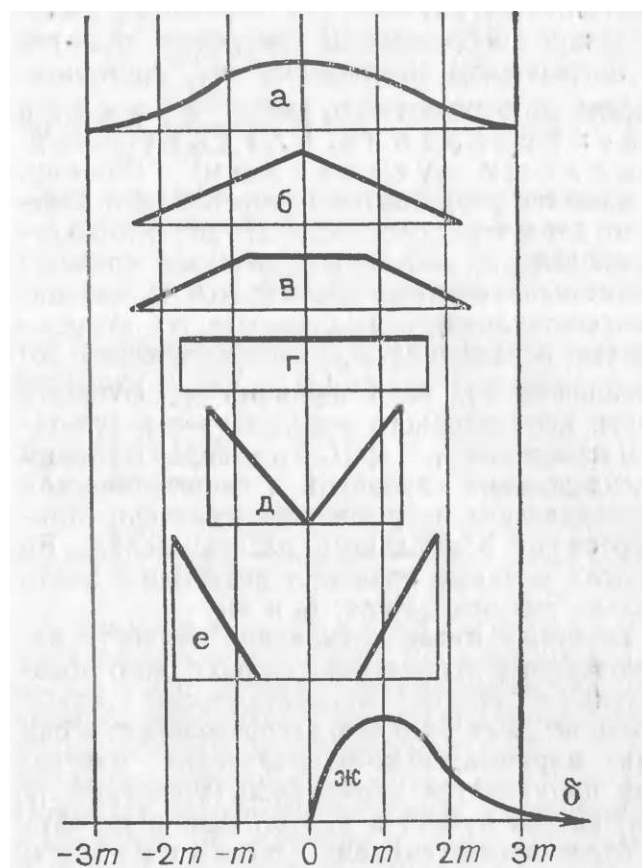


Рис. XIV.1. Графики функций распределения: а — нормальное; б — треугольное; в — трапециевидное; г — равномерное; д — антимодальное I; е — антимодальное II; ж — Релея

$b_{наиб} = -2,3t$ на рис. XIV.1, ей равномерная $b_{наиб} = -1,7t$ на рис. XIV.1, з (этой функции распределения подчиняются погрешности округления чисел: $b_{наиб} = -0,5$ округляемой цифры и $t = 0,29$ округляемой цифры). Антимодальная I $b_{пред} = 1,4t$ и антимодальная II $b_{пред} = 1,8t$ (рис. XIV.1, д, е), таким функциям распределения подчиняются погрешности некоторых радионавигационных наблюдений. Функция распределения Релея (усеченная) (рис. XIV.1, ж) $b_{пред} = +3,3t$ встречается сравнительно редко; ему подчиняются, например, погрешности измерения длины короткими лентами или проволоками, вызываемые ошибками укладки ленты в створ измеряемой линии. При введении поправки $c = -k'm$ ($k' = 1,0—1,2$) распределение будет близким к нормальному и $b_{пред} = -1,7t$. Величины, являющиеся функциями нескольких результатов измерений с распределениями, приведенными выше, будут иметь распределения, близкие к нормальному.

В маркшейдерско-геодезической практике в подавляющем

большинстве случаев как случайные составляющие погрешности измерения $t/$, так и погрешности исключения $m_{с\lambda}$ систематических погрешностей σ_{λ} имеют функции распределения, близкие к нормальным (усеченным). Поэтому, в качестве результатов измерений и в качестве характеристики всех других используемых величин можно ограничиться приведением: исправленных результатов $/_{и}$, случайной составляющей погрешности $t/$, погрешностью исключения $m_{с\lambda}$, систематической погрешности σ_{λ} , вида функции ϕ , функции связи исправленного результата с результатом измерений $/_{и} = \phi (/_{и}, \sigma_{\lambda})$ и видов функций распределения случайной и систематической составляющих погрешностей, если они отличаются от нормального распределения. Во многих случаях практики достаточно иметь только два показателя: $/_{и}$ и $t_{и}$.

Точечный метод оценивания точности заключается в приведении только одного показателя — средней квадратической погрешности m . Зная функцию распределения, а она для маркшейдерско-геодезических измерений принимается нормальной (усеченной на $3m$) весьма просто и быстро можно перейти к более прогрессивному оцениванию доверительными интервалами.

Доверительный интервал с доверительной вероятностью 95% получим путем умножения точечной оценки t на коэффициент, равный 2,0 (от 1,96 до 3—4 в зависимости от числа степеней свободы), а с доверительной вероятностью 99% — путем умножения на 2,6 (от 2,58 до 6—9 в зависимости от числа степеней свободы, использованных для получения m) и т. д. Доверительную вероятность называют надежностью интервала.

Веса. Весом p называется величина, обратно пропорциональная квадрату средней квадратической (средней или срединной) погрешности

$$p = A : \sigma_{\lambda}^2 \quad A = m^2 \quad \text{при } p_0 = 1, \quad (\text{XIV.9})$$

где A — коэффициент пропорциональности (произвольно выбираемое постоянное, численно равное квадрату средней квадратической погрешности такой величины, вес которой равен единице); m_0 — средняя квадратическая погрешность единицы веса; m_0 — величина не наименованная.

Веса используются для облегчения теоретических выводов, упрощения техники уравнительных вычислений неравноточных и неоднородных величин и для сравнительной оценки точности однородных величин, т. е.

величин, имеющих одну и ту же размерность (наименование).

Средняя квадратическая погрешность единицы веса. При оценке точности неоднородных и неравноточных величин используется средняя квадратическая погрешность единицы веса, вычисляемая по формуле

$$m_0 = \sqrt{[p\sigma_{\lambda}^2] : n}, \quad (\text{XIV.10})$$

$$\text{где } [p\sigma_{\lambda}^2] = \frac{p_1 \sigma_{\lambda 1}^2 + p_2 \sigma_{\lambda 2}^2 + \dots + p_n \sigma_{\lambda n}^2}{n}$$

где σ_{λ} — истинные случайные погрешности $\sigma_{\lambda} = \sqrt{L^2}$; p — соответствующие веса.

Связь между весами и погрешностями. Обратный вес.

$$m_i = \frac{m_0}{\sqrt{p_i}}, \quad m_0 = m_i \sqrt{p_i} = \sqrt{A_{\lambda}}$$

$$Q_i = \frac{m_0}{\sqrt{p_i}} \quad \text{»} \quad m_i = m_0 \sqrt{p_i}. \quad (\text{XIV.11})$$

Обратным весом или весовым коэффициентом q называют величину, равную единице, деленной на вес.

Веса неоднородных величин. При совместном уравнивании разнородных величин, например углов и длин сторон, неизбежно встает вопрос о вычислении весов, так как для разнородных уравниваемых величин понятие равноточности неприменимо. Веса вычисляются по общей формуле (XIV.9). При этом безразлично, в каких единицах выражать средние квадратические погрешности, например средние квадратические погрешности всех углов можно выражать в секундах или в минутах и т. д., а средние квадратические погрешности всех длин сторон в метрах или в сантиметрах и т. д. Необходимо только коэффициенты и свободные члены уравнений выражать в той же системе единиц. При этом и поправки за уравнивание будут получаться в тех же выбранных единицах. Коэффициент пропорциональности A должен быть принят одним и тем же как при вычислении весов углов, так и при вычислении весов длин сторон.

Оценка точности измеренных величин. Средняя квадратическая погрешность результатов наблюдений n_{λ} (наб), измерений $t/$, исправленных результатов измерений $t/_{и}$ и средняя квадратическая погрешность исключения систематической погрешности $m_{с\lambda}$ могут быть априорными, т. е. полученными до производства наблюдений или измерений, и апостериорными, — основанными на опыте, полученными после производства оцениваемых наблюдений или измерений.

Априорные значения погрешностей могут быть получены двумя путями: 1) путем теоре-

тического расчета с расчленением измерительного процесса на составные элементарные части. Например, погрешность измерения угла теодолитом одним круговым приемом можно рассчитать как погрешность среднего из разности двукратных наведений и четырехкратных отсчетов на каждом направлении с учетом погрешностей центрирования, редукций и местных условий (рефракции и др.); 2) обобщением большого опыта, отраженного в монографиях, статьях, инструкциях, справочниках и др. для оценки типовых часто встречающихся в инженерной практике измерений. При этом необходимо учитывать условия работы, применяемый метод измерения, используемые инструменты, опытность наблюдателя и др. Контролем является совпадение результатов теоретических расчетов с данными, приведенными в литературных источниках.

Апостериорные (основанные на опыте) **значения средних квадратических погрешностей** могут быть получены по результатам многократных измерений. При этом необходимо различать следующие возможности: 1) средние квадратические погрешности, полученные по внутренней сходимости (в частном случае по отклонениям от среднего арифметического), погрешности m_i и $t/$ (наб) в случае измерения i и m_0 в случае измерения 0 ; 2) по сравнению с эталоном $t_{и}$ и t_0 ; 3) по материалам строгого совместного уравнивания исправленных результатов измерений без учета m_a могут быть получены $t_{и}$;

4) по материалам строгого уравнивания с учётом m_c могут быть получены значения $t_{и}$ и t_a . Как правило, они несколько отличаются от априорных значений; 5) и 6) то же, что 3) и 4), но в уравнивание включены исходные данные, принимаемые безошибочными (могут быть получены только приближенные значения $t_{и}$; $t/$ и t_{cy} как правило, несколько завышенные).

Средняя квадратическая погрешность результатов равноточных наблюдений. I наблюдалось n раз, результаты наблюдений: $l_{11}/0, \dots, l_{1n}$. Результат измерения $I = [I] : n$. Вероятнейшие поправки (поправки с наибольшей плотностью вероятности) $v_i = I - l_i$ при $i = 1, n$; $[v] = 0$;

$$m_i \sim \frac{if}{V} \frac{[w]}{n(n-1)} \sim \frac{m_i}{Vn} \text{ (наб)}$$

$$m_i = \frac{1,25}{Vn(n-1)} [M] \quad (\text{XIV.12})$$

Средняя квадратическая погрешность при неравноточных измерениях. I измерялись неравноточно n раз. Результаты измерений: $l_{11}/0, \dots, l_{1n}$. Окончательный результат измерений $I = [p] : [p]$. Вероятнейшие поправки $v_i = I - l_i$ при $i = 1, n$; $[pv] = 0$.

$$m_i = \frac{[pv]}{[p](n-1)}$$

$$m_i = \frac{[pw]}{[p](n-1)} = Y[p] \quad (\text{XIV.13})$$

Средняя квадратическая погрешность по измерениям эталона. Эталон, истинное безошибочное значение которого L^0 , равноточно отнаблюдено n раз, результаты наблюдений: $l_{11}/2, \dots, l_{1n}$. Истинные ошибки наблюдений $8/ = l_i - L^0$. Предполагая систематическую погрешность постоянной по величине и знаку, получаем $0 = [e] : n$. Если $a = 0$, то m_i (наб) = $K[e^2] : n$. Если $a \neq 0$, то $6 = 8 - 0^*$. m_i (наб) = $K[64 : (n-1)]$; $m_i = t_r$ (наб) : $\sqrt{fn} \sqrt{m_1} = \sqrt{fm^2_t} + m_a$. Можно приближенно принять $m_i = m_G$.

Оценка точности уравниваемых величин. При строгом совместном уравнивании исправленных результатов измерений n величин i -й, ($i = 1, n$), т. е. при независимости уравниваемых величин и при отсутствии избыточных зависимых исходных данных, принимаемых безошибочными, может быть получено в случае равноточных измерений значение средней квадратической погрешности уравниваемых величин m_{iu} и в случае неравноточных (неоднородных измерений) значение средней квадратической погрешности единицы веса m_{i0} и средние квадратические погрешности уравниваемых величин i -й.

$$m_{i0} = \frac{1}{V} \frac{[w]}{n-t} \quad m_{iu} = \frac{1}{V} \frac{[pw]}{n-t} \quad (\text{XIV.14})$$

где n — число всех совместно уравниваемых величин; t — число величин, необходимых для решения данной задачи; v — поправки

за уравнивание $\sum v = L \setminus L$ — уравненные значения уравниваемых величин.

В результате уравнивания даже равнозначных независимых величин уравненные значения L получаются в общем случае неравноточными $t^{\wedge} \neq h^m L_2 \wedge h^m L_2 \neq m L_n$. Среднее квадратическое значение погрешностей уравненных значений можно получить по формуле

$$m_{L_x} = \frac{1}{Y} \sqrt{\frac{\sum u_j^2}{n}} = \frac{1}{Y} \sqrt{\frac{\sum u_j^2}{(n-t)n}} \quad \text{ГПФ} \quad (\text{XIV.15})$$

где $c =$ — среднее значение коэффициента уменьшения погрешностей уравниваемых величин за счет уравнивания.

При строгом совместном уравнивании с учетом точности исключения систематических погрешностей, когда уравниваемыми величинами являются результаты измерений li , z_{ij} ($i = 1, \dots, r$) и исключаемые систематические погрешности ou , m_G ($i = 1, \dots, k$) всего $(n + k)$ уравниваемых величин при числе определяемых величин $(t + k)$ и при отсутствии зависимых исходных данных, принимаемых безошибочными, можно вычислить среднюю квадратическую погрешность единицы веса m_0 , средние квадратические погрешности уравниваемых величин m_{L_i} , t_a и коэффициент уменьшения погрешностей "уравниваемых величин" c

$$\begin{aligned} \text{Щ} &= \sqrt{\frac{[pw]}{(n+k) - (t+k)}} \\ m_{L_i} &= m_0 \cdot m_{L_i} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{p_c}} \\ &+ k \\ &- n + k \end{aligned} \quad (\text{XIV.16})$$

Сравнение значений средних квадратических погрешностей уравниваемых величин, вычисленных по материалам уравнивания со значением тех же погрешностей, определенных до уравнивания, дает представление об объективности и надежности полученной оценки точности.

Средние квадратические погрешности уравненных значений $L_i = L_i + v_i$, $o_i = a_i + o_i$ исправленных уравненных значений $L_n = \phi(L, O_i)$ и др. как при равнозначных, так и при

неравнозначных уравниваемых величинах вычисляются как погрешности функций уравненных величин (см. погрешности функций).

Точность получения средней квадратической погрешности зависит от объема совокупности погрешностей, использованной для вычисления t . Чем больше совокупность, тем точнее t , вычисленная по этой совокупности, следовательно, тем меньше $t(t)$ — средняя квадратическая погрешность средней квадратической погрешности. Объем совокупности случайных погрешностей характеризуется числом степеней свободы, т. е. числом избыточных измерений g . Для совокупности истинных случайных погрешностей $g = n - 0 = g$, для совокупности вероятнейших случайных погрешностей $g = n - t$

$$t(t) = \frac{m_{t=g}}{\sqrt{2g}} \frac{t(t)}{t} = \frac{100}{\dots} \quad (\text{XIV.17})$$

Средняя квадратическая относительная погрешность определения t достигает десятков процентов, а предельная — сотен (см. табл. XIV.4).

Вероятностная оценка точности. В маркшейдерско-геодезической практике случайная погрешность результатов измерений и их функций характеризуется средней квадратической погрешностью (средним квадратическим отклонением). Закономерности же, свойственные случайным величинам, называемые статистическими или стохастическими, проявляются только в совокупностях случайных величин. Такие закономерности изучаются теорией вероятностей, математической статистикой и т. п. Поэтому переход от средней квадратической погрешности (отвлеченной величины, характеристики точности) к фактически существующим погрешностям, к реально могущим появиться, к ожидаемым, к предельным и т. д. может быть осуществлен только вероятностным путем с использованием основных понятий теории вероятности.

Вероятность события — количественная (числовая) мера объективной возможности появления случайного события. Величина вероятности события проявляется в частоте, с которой появляется это событие при массовых испытаниях (повторных опытах). Относительной частотой, или частотой, события называется отношение числа появления этого события к общему числу испытаний. Частость — приближенное значение вероятности.

Рассматриваемые в теории вероятности явления называются событиями. Последние чаще всего реализуются в результате проведения испытаний. Применительно к теории ошибок под событиями можно понимать появление случайных ошибок с тем или иным знаком в заданных пределах по абсолютной величине их и т. п.; под испытаниями — производство избыточных измерений, уравнительных вычислений и др.

Совокупности событий могут быть дискретными — прерывными, например совокупность целых чисел, совокупность шаров в урне и т. п. Если совокупность поддается счету, то говорят о числе случаев или шансов. В противоположность дискретным совокупности событий могут быть непрерывными — континуумами, например совокупность всех действительных чисел (целых и дробных), совокупность всех точек на отрезке прямой и т. п. Общее число случаев или шансов непрерывной совокупности, очевидно, всегда равно бесконечности.

Классическое наиболее наглядное определение вероятности, приведенное ниже, относится к дискретной совокупности с общим числом случаев, имеющим конечное значение, хотя все выводы, связанные с этим определением, справедливы и для дискретных совокупностей с бесконечно большим числом членов и для континуумов. Под вероятностью p (математической вероятностью, мерой или коэффициентом вероятности) какого-либо события A понимается отношение числа случаев (шансов), благоприятствующих появлению данного события t , к числу всех возможных случаев n

$$P(A) = \frac{t}{n} \quad (\text{XIV.18})$$

Значения вероятности лежат в пределах от 0 до 1. Вероятность $p = 1$, называемая достоверностью, показывает, что событие обязательно должно наступить. Невозможность наступления события характеризуется вероятностью, равной нулю, т. е. $p = 0$. Вероятность, близкую к единице, можно рассматривать как практическую достоверность того, что событие наступит, а вероятность, близкую к нулю, — как практическую достоверность того, что событие не наступит.

При вычислении вероятности необходимо соблюдать следующие условия:

1) все случаи (шансы) должны быть несовместимы (несовместными), т. е. появление одного случая исключает появление другого;

2) все случаи должны быть равновозможны, т. е. ни одному из всех возможных слу-

чаев не должны сопутствовать более благоприятные условия;

3) случаи, рассматриваемые в данной группе событий, должны составлять полную группу, т. е. при подсчете числа шансов как всех, так и благоприятствующих, должны быть учтены все возможные события, так чтобы никакие другие события, кроме учтенных, не могли наступить.

Математическое ожидание. Математическим ожиданием случайной величины называется сумма произведений числовых значений этой случайной величины на их вероятность

$$MO(x) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n \quad (\text{XIV.19})$$

где x — случайная величина; $x_1, x_2, \dots, x_n$ — числовые значения, которые может принимать случайная величина; $p_1, p_2, \dots, p_n$ — вероятности соответствующих числовых значений; n — число значений случайной величины, представляющее полную группу, т. е. $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$.

С позиций инженерной практики, теории погрешностей и метода наименьших квадратов под математическим ожиданием измеряемой величины можно понимать истинное (безошибочное) значение этой величины, получаемое как среднее весовое при весьма большом числе измерений (при $n \rightarrow \infty$ и при отсутствии систематической составляющей погрешности).

В практике работ число измерений n сравнительно невелико. Мы располагаем не всей совокупностью возможных значений измеряемой величины, а только некоторой выборкой из этой совокупности. В этом случае получаем только приближенное значение математического ожидания (Пр. зн. MO), или выборочное среднее, или вероятнейшее значение измеряемой величины. Здесь под вероятностями p_i приведенные в сумме к единице

$$\text{Пр. зн. } MO(x) = \frac{x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n}$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i p_i \quad \text{или} \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (\text{XIV.19a})$$

При равноточных измерениях $p_1 = p_2 = \dots = 1/n$

$$\text{Пр. зн. } MO(x) = \frac{x_1}{n} + \frac{x_2}{n} + \dots + \frac{x_n}{n} \quad (\text{XIV.196})$$

Так как совокупность возможных значений измеряемой величины является непрерывной совокупностью, т. е. число всех членов этой совокупности равно бесконечности, то, строго говоря, приближенное значение математического ожидания, которое в общем случае можно понимать как уравненное значение измеряемой величины (вне зависимости от метода уравнивания), следовало бы называть не вероятнейшим значением, а значением с наибольшей плотностью вероятности, так как в случае непрерывной совокупности вероятность любого частного значения равна нулю.

Математическое ожидание квадрата средней квадратической погрешности при $n \rightarrow \infty$ называется дисперсией, а средняя квадратическая погрешность, вычисляемая при конечном n , — приближенным значением дисперсии или выборочной дисперсией

$$D_x = MO [x - MO(x)]^2 = S [X - MO(x)]^2 p(x). \quad (XIV.20)$$

Корень квадратный из дисперсии, взятый с положительным знаком, называется стандартом, стандартным отклонением или средним квадратическим отклонением.

Закон больших чисел. Зная вероятность события p , можно вычислить &-вероятнейшее число появления событий при производстве n испытаний: $k = np$. Если провести n испытаний, то в общем случае число появлений событий не будет равно k . Число появлений событий при испытаниях является случайной величиной, но при большом числе испытаний частота, т. е. отношение фактического появления событий a к числу испытаний, будет приближаться к вероятности события p при $n \rightarrow \infty$.

Приближение частоты к вероятности носит не асимптотический, а статистический или стохастический характер, т. е. в процессе приближения отклонения частоты от вероятности могут иметь различные знаки и после-

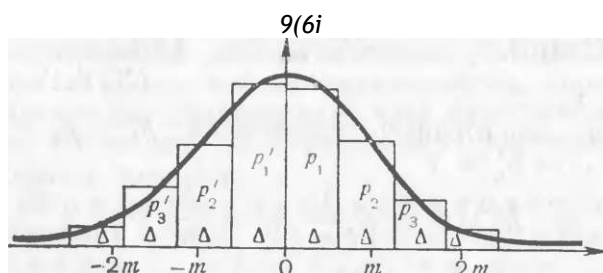


Рис. XIV.2. График распределения погрешностей

дующее значение частоты может отличаться от вероятности на большую величину, чем предыдущее значение частоты.

Закон больших чисел можно сформулировать примерно так: относительная частота при неограниченном возрастании числа испытаний отличается от вероятности меньше сколь угодно малой, наперед заданной величины.

Кривая распределения при многократных испытаниях. Измеряя многократно и равномерно какую-нибудь величину, например горизонтальный угол, истинное (безошибочное) значение которой известно, можно получить, как разности между истинным и измеренными значениями, ряд истинных случайных погрешностей: $b^{\wedge}, b_2, \dots, b_n$. Если результаты измерений не содержат грубых и систематических погрешностей, то полученная совокупность истинных случайных погрешностей на практике в подавляющем большинстве случаев обладает свойствами, рассмотренными в параграфах «Свойства случайных погрешностей» и «Показатели точности и форма представления результатов измерений».

Расположим погрешности в возрастающем или убывающем порядке и разобьем всю совокупность погрешностей на выбранные подходящие интервалы: $0-A, A-2A, \dots, 0-(-A), (-A)-(-2A)$ и т. д. Подсчитаем при $[a] = n$ число погрешностей a , попадающих в каждый интервал, и приближенные значения вероятностей (частоты) появления ошибок в соответствующих интервалах

$$p_2 = \frac{a(-A) - (-2A)}{n} \text{ и т. д., } [a] = n. \quad (XIV.21)$$

Вычисленные вероятности (частоты), так же как и погрешности b , являются случайными величинами и обладают аналогичными свойствами. Эти свойства можно охарактеризовать более детально как графически, так и аналитически.

Отложим на оси b от нуля в обе стороны в выбранном масштабе интервалы A (рис. XIV.2). Построим на отложенных отрезках прямоугольники с площадями i , пропорциональными соответствующим p , или,

если считать интервалы Δ равными единице, со сторонами, пропорциональными p . Получим гистограмму, площадь которой равна единице. Построенная гистограмма наглядно показывает характер распределения случайных погрешностей измерений. Из рис. XIV.2 видно, что чем больше по абсолютной величине погрешности, тем меньше частота (приближенное значение вероятности) их появления. Частота появления равных по абсолютной величине положительных и отрицательных погрешностей примерно одинакова.

Если число погрешностей n (объем совокупности погрешностей) бесконечно увеличивать, а интервал Δ уменьшать, то в пределе вместо ступенчатой гистограммы получим плавную кривую. Эта кривая является графическим изображением закона распределения случайных погрешностей или закона распределения вероятности появления погрешностей, или закона распределения плотности вероятности погрешностей, так как ординаты функции распределения $\Phi(b)$ называются плотностью вероятности соответствующих значений b .

Закон нормального распределения. Практика и теоретические исследования показывают, что распределение большинства случайных величин и, в частности, случайных погрешностей измерения подчиняется одному общему закону, называемому законом нормального распределения, или законом распределения Гаусса. Математически закон нормального распределения может быть записан в таком виде

$$p = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{b^2}{2\sigma^2}} \quad (XIV.22)$$

где $h = 1/\sigma^2$ — мера точности.

На рис. XIV.3 дано графическое изображение закона нормального распределения по-

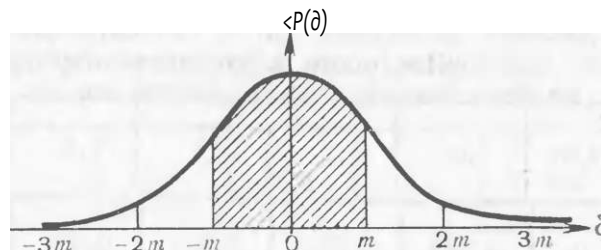


Рис. XIV.3. Вероятность появления погрешности в пределах $\pm t$

грешностей b . Площадь под кривой равна единице

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(b) db = 1 \quad (XIV.23)$$

Площадь под кривой, расположенная между какими-либо значениями b , равна вероятности появления погрешности, заключенных в этих пределах. Так, площадь, заключенная между $b = -t$ и $b = t$ (заштрихованная на рис. XIV.3), равна примерно 68% всей площади. Это показывает, что из всей совокупности случайных погрешностей с наибольшей вероятностью можно ожидать, что 68% погрешностей будет по абсолютной величине меньше и 32% — больше среднеквадратической погрешности, т. е. вероятность появления погрешностей, по абсолютной величине меньших среднеквадратической, равна 0,68, больших — 0,32. Вероятность появления погрешностей по абсолютной величине больше 2σ (удвоенной среднеквадратической) равна 0,045, больше 3σ — 0,003 и т. д.

Таким образом, закон нормального распределения позволяет вычислить вероятность появления погрешностей в любых интервалах, если известно значение средней квадратической погрешности

Интервалы	$\pm 0,5\sigma$	$\pm \sigma$	$\pm 2\sigma$	$> 2\sigma$	$> 3\sigma$	$> 4\sigma$	$> 5\sigma$
Вероятность появления погрешностей	0,3829	0,6827	0,9545	0,0455	0,0027	0,000065	0,0000006

Ниже приведены значения p — вероятности того, что фактические погрешности не превысят по абсолютной величине значе-

ния km т. е. будут лежать в пределах доверительного интервала от $-km$ до $+ km$.

$p, \%$	50	60	68,3	70	80	90	95	99	99,7	99,9	99,99
k	0,67	0,64	1,00	1,04	1,28	1,65	1,96	2,58	2,97	3,29	3,89

Таблица XIV. 1

Плотности вероятности нормированного нормального распределения

б/те	,0	.1	.2		.4	,5	,6	,7	,8	.9
0	0,399	0,397	0,391	0,381	0,368	0,352	0,333	0,312	0,290	0,266
1	0,242	0,218	0,194	0,171	0,150	0,130	0,111	0,094	0,079	0,066
2	0,054	0,044	0,035	0,028	0,022	0,018	0,014	0,010	0,008	0,006
3	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	—	—	—

Плотность вероятности. Совокупность погрешностей измерения является континуумом, т. е. непрерывной совокупностью, число членов которой равно бесконечности. Поэтому вероятность появления погрешности, имеющей определенное конкретное числовое значение, всегда равно нулю $p(\text{const}) = 1 : \infty = 0$ при $t_i \rightarrow \infty$. Ординаты кривой распределения $\phi(\delta)$ называются плотностью вероятности соответствующих значений δ . Плотность вероятности погрешности, имеющей значение x можно представить так:

$$\phi(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad \text{при } \sigma \rightarrow 0. \quad (\text{XIV.24})$$

При нормальном распределении наибольшую плотность вероятности имеют случайные погрешности δ , близкие к нулю. По мере увеличения абсолютного значения случайной погрешности δ ее плотность вероятности уменьшается. Средняя квадратическая погрешность является для данных условий измерения постоянной величиной, характеризующей соответствующую точность измерения, т. е. является мерой точности измерения. Если все случайные погрешности данной совокупности выразить в долях средней квадратической погрешности этой совокупности, т. е. все случайные погрешности δ поделить на σ , то получим нормированное распределение, для которого средняя квадратическая погрешность равна единице, площадь под кривой тоже равна единице и все погрешности являются безразмерными величинами. Плотности вероятности для значений в пределах от 0 до 3,9 с интервалом в 0,1 приведены в табл. XIV.1. С помощью табл. XIV.1 можно построить в выбранном масштабе графическое изображение закона нормального распределения случайных погрешностей в виде гистограммы (см. рис. XIV.2) или в виде кривой (см.

рис. XIV.3) по заданному (известному) значению t .

Центральная предельная теорема, рассматриваемая в теории вероятностей, состоит в том, что если случайная величина является суммой других независимых или слабо зависимых случайных величин, то она подчиняется нормальному закону распределения, если ни одно из слагаемых не является преобладающим по отношению к сумме. В инженерной маркшейдерско-геодезической практике погрешности большинства измерений подчиняются нормальному закону, так как погрешности измерений являются результатом большого числа источников погрешностей. При этом ни один из источников не вызывает доминирующей погрешности. Если же один из источников вызывает преобладающую погрешность, сравниваемую по величине с общей погрешностью измерения, и она не подчиняется нормальному закону, то ее следует рассматривать как систематическую погрешность и соответствующим образом исключить или уменьшить.

Примером распределения, отличного от нормального, может служить распределение погрешностей округления чисел. Погрешности округления имеют только один источник — сам процесс округления. Они лежат в пределах от $-0,5$ до $+0,5$ округляемой цифры и все возможные в этих пределах погрешности равновероятны. Средняя квадратическая погрешность равна $0,5 : \sqrt{3} = 0,288$. Такой закон распределения погрешностей называется равномерным распределением с пределами от $-0,5$ до $+0,5$. Если рассматривать округленные числа, полученные как суммы (или произведение) других округленных с примерно одинаковыми погрешностями чисел, то погрешности таких сумм округленных чисел уже будут подчиняться нормальному закону распределения.

Проверка нормального распределения. При определении средней квадратической погреш-

ности по опытным данным по совокупности сравнительно большого объема p целесообразно проверить, согласуется ли распределение этой совокупности с нормальным распределением. Для этого строится гистограмма или кривая распределения (см. рис. XIV.2), затем по значению средней квадратической погрешности t с помощью табл. XIV.1 строится гистограмма или кривая нормального распределения. Зрительное сравнение построенных графиков дает представление о характере распределения анализируемой совокупности. Целесообразно вычислить эксцесс (меру крутости) E и асимметрию s

$$E = \frac{h^4}{nm^3} \quad s = \frac{h^3}{nm^2} \quad (XIV.25)$$

которые при нормальном распределении и большом n должны равняться нулям. Если $E < 1/15 : n$ и $s < 1/7,5 : n$, то рассматриваемое распределение можно считать близким к нормальному.

Доверительные интервалы. Связь между средней квадратической погрешностью (точечной оценкой) и значениями случайных погрешностей можно осуществить с помощью доверительного интервала с заданной доверительной вероятностью. Значение средней квадратической погрешности t соответствует доверительному интервалу от $(l - mt)$ до $(l + mt)$ с вероятностью $p = 0,6827$ нахождения l в пределах этого интервала и с вероятностью $1 - 0,6827 = 0,3173$ нахождения l вне пределов этого интервала. При расширении интервала вероятность нахождения внутри его (доверительная вероятность) увеличится, а вероятность нахождения вне интервала уменьшится. Так, при увеличении доверительного интервала до $2t$, т. е. от $(l - 2t)$ до $(l + 2t)$, доверительная вероятность $p = 0,9545$, а при величине доверительного интервала от $-3t$ до $+3t$ доверительная вероятность $p = 0,9973$. Значения коэффициентов кратности для перехода от средней квадратической погрешности к границам доверительного интервала, соответствующим заданной доверительной вероятности, выраженной в процентах, приведены выше (см. закон нормального распределения). Например, для доверительной вероятности $p = 99\%$ доверительный интервал будет от $(l - 2,58/72)$ до $(l + 2,58/72)$, для $p = 99,99\%$ — от $(l - 3,89/72)$ до $(l + 3,89/72)$.

Оценка при ограниченном числе избыточных измерений. Закон нормального распределения справедлив, когда объем совокупности неограниченно велик и, следовательно, средняя квадратическая погрешность из-

Таблица XIV.2

Вероятность (в %) появления ошибок, превышающих kt , при вычислении m по различному числу степеней свободы

g	2	2,5	3	3,5
∞	4,55	1,24	0,27	0,05
20	5,92	2,12	0,70	0,22
15	6,40	2,46	0,90	0,32
10	7,34	3,14	1,34	0,58
9	7,66	3,38	1,50	0,68
8	8,06	3,70	1,70	0,80
7	8,56	4,10	2,00	1,00
6	9,24	4,66	2,40	1,28
5	10,20	5,44	3,00	1,72
4	11,62	6,68	4,00	2,48
3	13,94	8,78	5,76	3,94
2	18,36	12,96	9,54	7,24
1	29,52	24,22	20,58	17,72

вестна с высокой надежностью. Надежность получения средней квадратической погрешности зависит от числа избыточных измерений (данных) g . Это обстоятельство необходимо учитывать при переходе от средней квадратической погрешности m к случайным погрешностям b и при вычислении доверительных интервалов. При сравнительно небольшом g следует пользоваться табл. XIV.2 и XIV.3, вычисленными на основании распределения Стьюдента, которое при $g \rightarrow \infty$ совпадает с нормальным распределением. Число избыточных данных называется также числом степеней свободы.

Пример пользования табл. XIV.2. Определить, сколько погрешностей из 100 будет превышать двойную среднюю квадратическую погрешность t , если t получена надежно по весьма большому числу избыточных данных. Пользуясь первой строкой табл. XIV.2, получаем около 5%. Если же средняя квадратическая погрешность t вычислена по $g = 3$, то вероятность появления погрешностей, превышающих $2m$, составит уже около 14%.

В табл. XIV.3 приведены значения доверительных интервалов k , выраженные в единицах средней квадратической погрешности m и отвечающие заданной доверительной вероятности или надежности p для различного числа степеней свободы (избыточных данных) g .

Пример пользования табл. XIV.3. Определить доверительный интервал с доверительной вероятностью (надежностью) $p = 0,99$

Таблица XIV.3

Значение коэффициента k для вычисления доверительных интервалов ($I \pm km$)

γ	0,70	0,90	0,95	0,99	0,997	0,999
∞	1,036	1,645	1,960	2,576	2,968	3,291
120	1,041	1,658	1,980	2,617	3,021	3,373
60	1,046	1,671	2,000	2,660	3,077	3,460
30	1,055	1,697	2,042	2,750	3,230	3,646
20	1,064	1,725	2,086	2,845	3,376	3,849
15	1,073	1,753	2,131	2,947	3,495	4,073
10	1,093	1,812	2,228	3,169	3,892	4,587
9	1,100	1,833	2,262	3,250	4,024	4,781
8	1,108	1,860	2,306	3,355	4,199	5,041
7	1,119	1,895	2,365	3,499	4,442	5,408
6	1,134	1,943	2,447	3,707	4,800	5,959
5	1,156	2,015	2,571	4,032	5,376	6,869
4	1,190	2,132	2,776	4,604	6,435	8,610
3	1,250	2,353	3,182	5,841	8,891	12,922
2	1,386	2,920	4,303	9,925	18,216	31,600
1	1,963	6,314	12,706	63,66	212,2	636,6

для $l = 215,34$ и $|T| = \pm 0,26$ при $\gamma = 6$. Из табл. XIV.3 выбираем $k = 3,707$; доверительный интервал — от $(l - km)$ до $(l + km)$ или $l \pm km$, $215,34 \pm 0,96$. Если не учитывать распределение Стьюдента, т. е. выбирать при $\gamma = \infty$, а не при $\gamma = 6$, то получили бы $215,34 \pm 0,67$.

Из табл. XIV.2 и XIV.3 видно, что оценка точности при $\gamma < 6-10$ мало надежна, а при γ порядка единиц не заслуживает до-

верия и может производиться только для грубо ориентировочных прикидок.

Точность получения средней квадратической погрешности m (m) также может быть оценена с помощью доверительного интервала с учетом числа степеней свободы γ , но в этом случае нижние y_1 и верхние y_2 границы не одинаковы в силу асимметричности доверительного интервала. В табл. XIV.4 приведены нижние и верхние границы доверительных

Таблица XIV.4

Нижние y_1 и верхние y_2 границы доверительных интервалов средней квадратической погрешности — $y_1^{m < m} < y_2^{m}$ для различного числа степеней свободы γ

	0,90		0,95		0,99	
	y_1		y_1	y_2	y_1	y_2
200	0,92	1,09	0,91	1,11	0,89	1,15
100	0,90	1,13	0,88	1,16	0,84	1,22
20	0,80	1,36	0,76	1,44	0,71	1,64
10	0,74	1,59	0,70	1,76	0,63	2,15
6	0,69	1,92	0,64	2,20	0,57	2,98
5	0,67	2,09	0,62	2,45	0,55	3,48
4	0,65	2,37	0,60	2,87	0,52	4,39
3	0,62	2,92	0,57	3,73	0,48	6,47
2	0,58	4,40	0,52	6,28	0,43	14,10
1	0,51	15,90	0,45	31,90	0,36	159,00

интервалов средних квадратических погрешностей, выраженные в единицах средней квадратической погрешности.

Надежность оценки точности. При оценке точности доверительными интервалами доверительная вероятность иногда называется надежностью. Так, при $\gamma = 0,68$ доверительный интервал $\pm t$ гарантирует оценку точности с надежностью 0,68, или 68%, доверительный интервал $\pm 2t$ — с надежностью 0,95, доверительный интервал $\pm 3t$ — с надежностью 0,997 и т. д. Если число степеней свободы ($\gamma = p - 1$) будет равно 3, то при доверительном интервале $\pm 2t$ надежность уже будет равна 0,86, а при $\pm 3t$ — 0,94 и т. д. Таким образом, точность и надежность неразрывно связаны между собой и можно сравнивать точности двух величин только при одинаковой их надежности. Результат сравнительной оценки точности при ограниченном числе избыточных измерений (степеней свободы) γ зависит от выбранной доверительной вероятности (надежности). Например, при $\gamma_2 = 4$ и $m = 1,8$ доверительные интервалы для доверительных вероятностей 0,70 и 0,99 соответственно будут: $\pm 2,14$ и $\pm 8,29$ ($2,14 = 1,8 \times 1,190$ и т. д.); при $\gamma_2 = 15$ и $t_2 = 2,5$ соответствующие доверительные интервалы будут $\pm 2,68$ и $\pm 7,36$. Таким образом, при сравнении на уровне доверительной вероятности 70% первое измерение точнее второго в 1,25 раза, а при сравнении на уровне доверительной вероятности 99% получается, что уже второе измерение точнее первого в 1,13 раза.

Пример оценки точности результата измерения, состоящего из ряда равноточных наблюдений. Измерен угол, истинное (безошибочное) значение которого известно, $L^\circ = 32^\circ 41' 31'' 0$. Произведено 20 равноточных наблюдений угла ($n = 20$). Результаты наблюдений приведены в табл. XIV.5, при этом значения градусов и минут ($32^\circ 41'$) опущены. В графе 3 вычислены истинные погрешности наблюдений $\delta_i = l_i - L^\circ$; частное $[e] : n$ не равно нулю. Следовательно, есть основание считать, что результаты наблюдений содержат постоянную систематическую погрешность $o = [z] : n = I - L^\circ = +3''$, где $I = [I] : n = 32^\circ 41' 34''$ — полученный результат измерения. Исправленный результат $l_{\text{и}} = l_i - a = 32^\circ 41' 31''$ в данном случае совпадает с истинным значением L° , так как систематическая погрешность o получена из сравнения I с L° . Для оценки точности вычислены случайные составляющие погрешности наблюдений $b = 8 - o$ (графа 4, табл. XIV.5) они же

Таблица XIV.5

Пример оценки ряда равноточных наблюдений

n	h %	$e = l - L^\circ$	$b = e - a$	$l_{\text{и}}$ $l - G$
1	13"	—18"	—21"	10*
2	36	+5	+2	33
3	25	—6	—9	22
4	20	—11	—14	17
5	28	—3	—6	25
6	56	+25	+22	53
7	36	+5	+2	33
8	45	+14	+11	42
9	40	+9	+6	37
10	31	0	—3	28
11	43	+12	+9	40
12	35	+4	+1	32
13	54	+23	+20	51
14	31	0	—3	28
15	21	—10	—13	18
16	22	—9	—12	19
17	18	—13	—16	15
18	42	+11	+8	39
19	45	+14	+11	42
20	40	+9	+6	37
ΣI 2 in	681 34,0	+61 +3,0	+1 0	621 31,0

в данном случае и вероятнейшие поправки наблюдений v , равные разности между исправленными результатами наблюдений $l_{\text{и}}$ и исправленным результатом измерения $[l_{\text{и}}] : n$, и получена $[v^2] = 2693$.

Средняя квадратическая погрешность наблюдения (однократного измерения) $t / (\text{наб.}) = \sqrt{[v^2] : (n - 1)} = 12''$, средняя квадратическая погрешность измерения (среднего арифметического из наблюдений) $t / = \sqrt{[y^2] : n(n - 1)} = m_i (\text{наб.}) : [f-h] = 2'',7$, средняя квадратическая погрешность исправленного результата измерения $t = \sqrt{[y^2] : n(n - 1)} = m_i (\text{наб.}) : [f-h] = 2'',7$, средняя квадратическая погрешность исправленного результата измерения $t = \sqrt{[y^2] : n(n - 1)} = m_i (\text{наб.}) : [f-h] = 2'',7$.

Для сравнения фактического распределения погрешностей $b = -v$ с нормальным вычисляют асимметрию (скошенность кривой распределения) s и эксцесс (крутость кривой распределения) E . При нормальном распределении и $l/\gamma \rightarrow 0$ $s = 0$ и $E = 0$. При $n = 10-40$

Таблица XIV.6

Фактическое p и нормальное p' распределения

Интервалы		k	P	b	$b: m$	Φ	P'
от	до						
—24"	—18"	1	5	—21"	1,81	0,08	4
—18	—12	3	15	—15	1,29	0,17	9
—12	—6	2	10	—9	0,78	0,29	16
—6	0	3	15	—3	0,26	0,39	21
0	6	5	25	3	0,26	0,39	21
6	12	4	20	9	0,78	0,29	16
12	18	0	0	15	1,29	0,17	9
18	24	2	10	21	1,81	0,08	4
—24	24	20	100	0	8,28	1,86	100

средняя квадратическая погрешность получения асимметрии $m_s = 0,7—0,4$, а средняя квадратическая погрешность эксцесса $t_E = 0,9—0,7$. Для рассматриваемого примера $n = 20$, $[b^2] = 2693$, среднее квадратическое отклонение $t = J^*[b^2] : n = 11,6$; $[b^3] = 1975$; $[b^4] = 792\,570$. По формуле (XIV.25) получаем: $E = [b^4] : / \Gamma t^4 - 3 = 2,19 - 3 = -0,81$; $s = [b^3] : \Gamma t^3 = +0,06$. Вычисленные значения эксцесса и асимметрии отличаются от теоретических значений (нуля) в пределах точности получения их. Следовательно, по этим показателям гипотеза о нормальном распределении фактических наблюдений не отвергается.

Для наглядного сравнения фактического распределения с нормальным можно построить гистограмму распределения b . Выбрав подходящий интервал, например $A = t : 2 \ll b$ ", подсчитаем число погрешностей k , попадающих в соответствующие интервалы (графа 3, табл. XIV.6), и вычислим относительные частоты (веро-

ятности) $p = (k : n)$ 100 нахождения погрешностей b в границах выбранных интервалов (графа 4, табл. XIV.6). В графе 5 табл. XIV.6 выписаны в секундах значения центров интервалов b ", а в графе 6 — те же величины, выраженные в единицах среднего квадратического отклонения $t = 11",60$ (нормированные значения погрешностей), по которым, пользуясь табл. XIV.1, получены соответствующие плотности вероятностей нормального распределения Φ , а затем и вероятности $P' = (\Phi : E\Phi)$ ЮО (графа 8, табл. XIV.6). По данным граф p и p' табл. XIV.6 построен рис. XIV.4. Сравнение гистограммы (ступенчатой диаграммы) с кривой нормального распределения с учетом небольшого числа членов совокупности ($n = 20$) не дает основания считать фактическое распределение отличным от нормального.

Доверительные интервалы. Краткая запись оценки исправленного результата измерений $/_{и} = 32^\circ 41' 31",0$, $t_{и} = 3",8$ может быть представлена в другой форме — в виде доверительного интервала с доверительной вероятностью $0,68$ (68%) : $(/_{и} - t_{и}) < /_{и} < (/_{и} + t_{и})$ или $32^\circ 41' 27",2 < /_{и} < 32^\circ 41' 34",8$. С доверительной вероятностью $0,95$ (см. табл. XIV.3) $/_{и} - 1,96 t_{и} < /_{и} < /_{и} + 1,96 t_{и}$, а с доверительной вероятностью $0,999 - 32^\circ 41' 18",5 < /_{и} < 32^\circ 41' 43",5$ и т. д. Эти доверительные интервалы получены исходя из нормального распределения в предположении, что $t_{и}$ вычислено по весьма большому числу избыточных измерений (степеней свободы) при $n = \Gamma = \infty$ (верхняя строка табл. XIV.3). В инженерной практике число степеней сво-

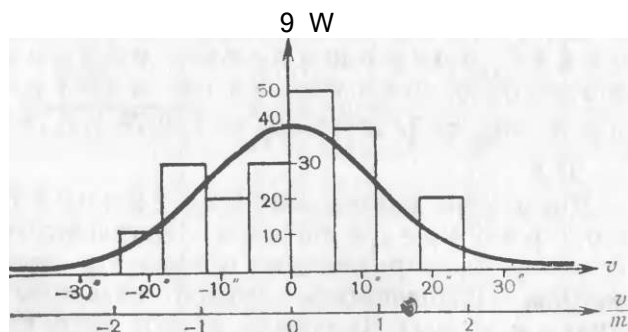


Рис. XIV.4. Пример распределения погрешностей наблюдений

боды, как правило, небольшое и для доверительных интервалов следует пользоваться распределением Стьюдента (Госсета), учитывающим ограниченное число степеней свободы g . Значения коэффициента k для вычисления доверительных интервалов ($t_{\alpha} - k t_{\alpha}$) при распределении Стьюдента приведены в табл. XIV.3 во всех строках, за исключением верхней ($g = \infty$), в которой даны k для нормального распределения. В рассматриваемом примере при $z = n - 1 = 19$ для доверительной вероятности 0,95 получим $k = 2,095$ вместо $k = 1,960$ при $g = \infty$, а для доверительной вероятности 0,999 получим $k = 3,894$ вместо 3,291 и значение доверительного интервала $32^{\circ} 41' 16", 2 < \alpha < 32^{\circ} 41' 45", 8$, т. е. размах доверительного интервала $29", 6$ вместо $25", 0$ при $g = \infty$.

Доверительный интервал средней квадратической погрешности ($t_{\alpha} = 3", 8$) можно получить, выбрав соответствующие коэффициенты из табл. XIV.4. Так, для доверительной вероятности (надежности) 0,95 при $g = 19$ получим коэффициенты $u_1 = 0,75$, $u_2 = 1,47$ и, следовательно, $2", 8 < t_{\alpha} < 5", 6$. Для доверительной вероятности 0,99 получим доверительный интервал $2", 7 < t_{\alpha} < 6", 4$ и т. п. средняя квадратическая погрешность средней квадратической погрешности $t(t_{\alpha}) = t_{\alpha} : V_{2g} = 0", 62$, при доверительной вероятности 0,95 получим $t(t_{\alpha}) = 2,09 \cdot 0,62 = 1", 30$, размах $2", 60$, а при доверительной вероятности 0,99 получим $t(t_{\alpha}) = 2,86 \cdot 0,62 = 1", 77$, размах $3,54$, что хорошо согласуется с размахом доверительных интервалов.

Погрешности функций

Средняя квадратическая погрешность m_x функций $x = F(I_1)$ исправленных результатов I_i ($i = 1 \dots n$) независимых измерений I_i вычисляется по формуле

$$m_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial x}{\partial I_i} \right)^2 m_{I_i}^2} \quad (XIV.26)$$

где $x = F(I_i) = F(I_1, \dots, I_n, a_1, \dots, a_k)$, $I_{ni} = g_i(h, \dots, j)$, $m = \Phi n(I_n, O_j)$ ($n = 1, k$) Φ — функция связи результатов измерений I_i ($i = 1, n$) с исключенными систематическими погрешностями o_j ($j = 1,$

k) m_i — средняя квадратическая погрешность результата измерения m_c — средняя квадратическая погрешность исключения систематической погрешности o_j , $f_i =$

$\frac{\partial x}{\partial I_i} = \frac{\partial x}{\partial I_i} \cdot \frac{\partial I_i}{\partial I_i}$. Вычисляя частные производные $\frac{\partial x}{\partial I_i}$, пренебрегают одночленами, содержащими множители a , а вычисляя $\frac{\partial x}{\partial a}$ пренебрегают одночленами, содержащими a^2 . При использовании весов p средняя квадратическая погрешность функции будет вычисляться по формуле

$$m_x^2 = m^2 \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial x}{\partial I_i} \right)^2 \right] + \left(\frac{\partial x}{\partial a} \right)^2 m_a^2 \quad (XIV.27)$$

где $q = 1 : p$ — обратные веса; $q_i = 1 : p_i = m^2 : A$; $q = 1 : p = m^2 : A$; $m_Q = J/\sim A$ $q_x = 1 \cdot P_x$ — обратный вес функции x .

При равноточных измерениях, когда $m_{i\pm} = \dots = m_{in} = m$, погрешность функции будет вычисляться по формуле

$$(XIV.28)$$

В случае, когда m_a пренебрегаем малыми по сравнению с m , среднюю квадратическую погрешность функции вычисляют по формуле

$$m_x^2 = m^2 \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial x}{\partial I_i} \right)^2 \right] + \left(\frac{\partial x}{\partial a} \right)^2 m_a^2 \quad (XIV.29)$$

Если каждая из систематических погрешностей входит только в один исправленный результат измерения — $Z_i = \Phi(I_i)$ ($i = 1, a$) $I_{i2} = \Phi_2(h, \dots, j)$ ($i = b, c$); ..., $I_{in} = \Phi_n(I_n, \dots, a_i)$, ($i = 3, k$), то средняя квадратическая погрешность функции

$$m_x^2 = m^2 \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial x}{\partial I_i} \right)^2 \right] + \left(\frac{\partial x}{\partial a} \right)^2 m_a^2 \quad (XIV.30)$$

где $\frac{\partial x}{\partial I_i} = \frac{\partial x}{\partial I_i} q = m$; L , $m_Q = VA$.

Средняя квадратическая погрешность исправленного результата измерения I_i ; $x = I_i = \Phi(I, tf)$ при ($i = 1, k$)

$$m_x = \frac{\partial x}{\partial I_i} m \quad (XIV.31)$$

Средняя квадратическая погрешность исправленного результата измерения для некоторых типовых функций связи $\frac{1}{n} = f(l, \sigma)$

Функция связи 1 вида $\frac{1}{n} = I +$ например I — измеренный гироскопический азимут, a — поправка гироскопа, или $\frac{1}{n}$ — измеренные дальномером длины сторон примерно равностороннего построения, o — поправка, практически не зависящая от длины,

$$\tau_{\text{и}}^2 = m_I^2 + m_o^2 \quad (\text{XIV.31.1})$$

Функция 2 вида $\frac{1}{n} = l +$ например I — длина линии, измеренная лентой (провоолокой), o — поправка за эталонирование в единицах измерения, отнесенная на единицу длины, т. е. выраженная в относительной мере,

$$K = \tau \setminus + \quad (\text{XIV.31.2})$$

Функция 3 вида $\frac{1}{n} = l + \sigma^* + a_2$, например: I — длина линии, измеренная дальномером (с использованием номинальных значений коэффициента и слагаемого дальномера), Ox — определенная поправка коэффициента дальномера, o_2 — определенная поправка слагаемого дальномера,

$$K = \tau \setminus + {}^{1\leq}T_1 \quad m_{o_2} \quad (\text{XIV.31.3})$$

Функция 4 вида $\frac{1}{n} = l + l/a^* + D o_2$, например: I — превышение, измеренное нивелиром по ходу длиной D , — поправка за длину рейки, отнесенная к единице превышения, o_2 — поправка, исключая систематическую погрешность, пропорциональную длине хода, отнесенная на единицу длины хода, $m \setminus = m_2 + p_m^2 \quad D \cdot m^*$; обычно погрешность измерения превышения относят на 1 км нивелирного хода $g_{\text{км}}$. Тогда

$$\text{Щ} = m_{\text{и}} \quad V D_{\text{км}}$$

$$\text{и} < = + \setminus^2 < + \text{я ч}, - \quad (\text{XIV.31.4})$$

Средняя квадратическая погрешность алгебраической суммы исправленных результатов независимых измерений с функциями связи одного и того же вида

$$\begin{aligned} * &= \setminus I \setminus + \setminus I_2 = \Phi(\setminus L, \setminus C \setminus) + \Phi(\text{H}, 07) = \\ &= F(h, \setminus 2 \setminus \dots, \text{од}); \\ m^2 &= < + m \setminus + [\vee X \setminus - \end{aligned} \quad (\text{XIV.32})$$

Погрешность суммы при функции связи 1 вида

$$\begin{aligned} \setminus h \setminus &= h + \sigma \setminus, \quad \setminus \text{и} \setminus = h + \\ < = &+ T^2, + 4 T \setminus = T_{\text{и}1}^2 + T_{\text{и}2}^2 + 2 T_{\text{а}}^2. \end{aligned} \quad (\text{XIV.32.1})$$

При функции связи 2 вида

$$\begin{aligned} \setminus \text{и} \setminus &= h + \setminus l \setminus f, \quad *_{\text{и}} = h + \\ &= \ll \text{Si} + + \end{aligned} \quad (\text{XIV.32.2})$$

При функции связи 3 вида

$$\begin{aligned} \setminus \text{и} \setminus &= \setminus l + \setminus l \setminus \sigma \setminus + \sigma \setminus_2 \quad \setminus \text{и} \setminus_2 = *2 + + \ll \\ < &= 4 + < + \{h + < +^4 < = \\ &= \tau_{\text{и}1} + +^2 \setminus^1 \setminus 2 < +^2 < \ll \end{aligned} \quad (\text{XIV.32.3})$$

При функции связи 4 вида

$$\begin{aligned} \setminus \text{и} \setminus_1 &= l_{\text{г}} + \setminus j \setminus O \setminus i + D i \setminus o_2 \quad ; \setminus \text{и} \setminus_2 = \setminus 2 + \\ m \setminus_1 &= m \setminus_1 + m \setminus_1 + (l_1 + l_2 \vee m \setminus_1 + \\ &+ \setminus^p \setminus l + D \setminus l \setminus f \quad K_{\sigma} = \setminus^T \setminus l \setminus l + \tau_{\text{и}2} + \\ &+ 2 \setminus / \wedge 4 + 2 \setminus 0, 0 \wedge. \end{aligned} \quad (\text{XIV.32.4})$$

Средняя квадратическая погрешность линейной функции исправленных результатов независимых измерений

$$\begin{aligned} x &= a^{\wedge} u \setminus + a_2 / u^2 + \dots + a_n l u \setminus \\ Y &= \begin{matrix} a^* & m^{\wedge} \\ (\text{За} \setminus & m \setminus \end{matrix} \quad (\text{XIV.33}) \end{aligned}$$

Средняя квадратическая погрешность произведения исправленных результатов независимых измерений

$$\begin{aligned} x &= \setminus \text{и} \setminus_1 / \setminus \text{и} \setminus_2 = \Phi(\setminus^1 \setminus \setminus \sigma \setminus) \setminus \Phi(\setminus^2 \setminus \setminus * \setminus) \bullet \\ \text{Погрешность произведения при функции связи 1 вида} \\ \setminus \text{и} \setminus_1 &= \setminus l + a, \quad \setminus \text{и} \setminus_2 = + \\ < &= \setminus \text{H} + \setminus \text{H} + (\setminus^1 + \setminus^2)^2 \cdot^2 a = \\ &= \setminus \text{K} + \setminus \text{X}, 2 + \quad (m_{\text{Xi}} : x_{\text{xf}} = \\ &= (\ll \setminus \text{и} \setminus_1 : \setminus \text{HI})^2 + \setminus^m \setminus_{\setminus, 2} \bullet + \text{H} \bullet^x \vee \end{aligned} \quad (\text{XIV.34.1})$$

При функции связи 2 вида

$$= l_1 + l_2 G^t \quad \text{ИЗ} = K +$$

$$r_{*2}^2 = \frac{l_2^2}{2} + \frac{l_2^2}{h^2} + \frac{H/2}{12V^2 m_0^2}$$

$$K_1 : \wedge^2 = (m i_1 : i)^2 +$$

$$+ K - i_2)^2 + 4T2. \quad (\text{XIV.34.2})$$

При функции связи 3 вида

$$/H = /i + k o_r + o_2, \quad /иГ = h + \quad + a_2 >$$

$$< = /H + < H + +$$

$$+ C i + i_2)^2 < ; \quad K \cdot 4)^2 = (\langle / , : h f +$$

$$+ (\langle I , : h i + \quad +$$

$$+ (1 : \wedge + 1 : i_2)^2 \text{я} \text{ф},. \quad (\text{XIV.34.3})$$

При функции связи 4 вида

$$/и1 = /1 - Г \cdot l_1^{(T)} + C i C T o, \quad /и2 = i_2 + \quad +$$

$$+ O_r o_2; \quad T^*_{4} = \phi \Pi^{\wedge} + \quad + y^2 / \wedge +$$

$$+ C i^d 2 + \quad + \tau a_r : \quad K_4 = \chi? =$$

$$= (\langle I , : i f + (\tau \Gamma_2 : h f + \quad + < +$$

$$+ (D_1 : i_1 + D_2 : Z_2)^2 m^2_2. \quad (\text{XIV.34.4})$$

Пример оценки точности функции исправленных результатов измерений. Измерены 20-метровой лентой равноточно три стороны примыкающих прямоугольников (рис. XIV.5). Результат измерений: $l_1 = 200,03$ м, $l_2 = 200,121$ м, $l_3 = 199,912$ м. Случайная составляющая погрешности результата измерения, отнесенная к длине ленты, составляет $\pm 0,010$ м (на 20 м), следовательно, случайная средняя квадратическая погрешность результатов измерений $m^{\wedge} = n x / 2 = m / g = 0,010 / 7720 = 0,032$ м. Уравнение ленты по материалам компарирования $\Pi = 20,000 - 0,017$ м. Погрешность компарирования 0,002 м. Таким образом, поправка о для исключения систематической погрешности равна $-0,017$ м (на 20 м) или $o = -0,00085$ и средняя квадратическая погрешность поправки $m_c = 0,002$ м (на 20 м) или $m_a = 0,0001$. Функция связи будет иметь такой вид: $/и = / + /a$ и исправленные значения длины $/и1 = l_1 + l_{1o} = 200,030 - 0,170 = 199,860$, $/иa = 199,951$; $/и3 = 199,742$; $P_2 = /и1 /и2 = 39962,21$ м², $P_2 = 39920,44$ м², $P = P_2 + P_2 = 79882,65$ м². Оценка точности площади прямоугольников P_1, P_2, P — функций измеренных рас-

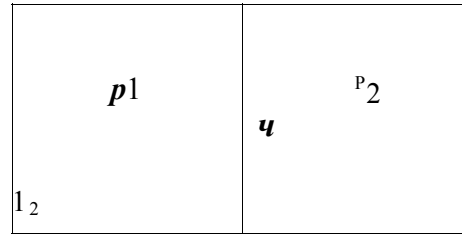


Рис. XIV.5. Два примыкающих прямоугольника

стояний $/и1, /и2, /и3$, выполнена в пяти вариантах.

1-й вариант. Пренебрегаем ошибкой систематической погрешности $m_0 = 0,002$ м (на ленту), считая ее малой величиной по сравнению со случайной погрешностью $t/ = 0,010$ м (на ленту), $m_j = \Pi / n + 1 \setminus \tau \setminus = (200 - 0,032)^2 + (200 - 0,032)2^1 = 81,9$, $t|_{>2} = 81,9$. При вычислении m_p считаем $P = P_1 + P_2$ и не учитываем взаимозависимость P_1 и P_2 , получаем $m_p^2 = m_p + t^2 i_2 = 163,8$.

2-й вариант. При вычислении m_p учитывается взаимозависимость P_1 и P_2 , $P = \frac{y}{x} \cdot \frac{1}{m_s} = (\cdot , + \wedge ' 4 + \frac{1}{x} t^2_2 + l[m]_s = 245,8$.

3-й и 4-й варианты аналогичны 1-му и 2-му, только вместо $m_i = 0,032$ м используется $m_i = \sqrt{m^2_1 + (m_a)^2} = 0,038$ м. Соответственно получаем: $|л| > = 115,5$; $trip = 115,5$; $tr = 231,0$ и $t^2, = 346,6$.

5-й вариант. Учитывается точность исключения систематической погрешности m_a и взаимосвязь, возникающая в силу систематической погрешности o , участвующей в образовании $/и1, /и2$ и $/и3$; $P_{\pm} = /и1 /и2$, $m^{\wedge} = \frac{1}{2} m^2_t + \frac{1}{2} t^2_r + (2/x/2)^2 t^2 = 145,9$, $t^{\wedge} = 145,9$; $m_l = (i_2 + y^2 m^2_t + \frac{1}{2} t^2_r + 1 \setminus \tau \setminus + (2/l + 2/x/3)^2 t^2 = 501,8$. Полученные результаты оценки точности, выполненной строгим способом (вариант 5) и приближенными, применяемыми на практике способами (варианты 1, 2, 3, 4), для сравнения сведены в табл. XIV.7. Расхождения полученных погрешностей в вариантах достигают 75%.

Допустимые невязки, погрешности условных уравнений связи. Каждое избыточное измерение вызывает условие, которое можно записать в виде условного уравнения связи $F(L_1, L_2, \dots, L_n) = 0$ (здесь L — безошибочное значение измеряемых величин). Если в условное уравнение вместо безошибочных

Таблица XIV.7

Погрешности площадей прямоугольников

Вариант	$m_{P_1} = m_{P_2} =$ м ²	m_{P_2} м ²	m_{P_1} в % к 1-му варианту	m_{P_2} в % к 5-му варианту
1	9,0	12,8	100	57
2	—	15,7	122	70
3	10,8	15,2	119	68
4	—	18,6	145	83
5	12,1	22,4	175	100

значений L подставить исправленные результаты измерений l_i , то в правой части уравнения вместо нуля получим невязку условного уравнения $w = F(l_{i1}, l_{i2}, \dots, l_{in})$, величина которой позволяет судить о наличии или об отсутствии грубых погрешностей, а невязки нескольких уравнений дают представление и о точности произведенных измерений. За допустимую невязку $w_{доп}$ принимается средняя квадратическая погрешность условного уравнения связи $T_{ру}$ умноженная на коэффициент доверительного интервала k (см. табл. XIV.3), которому придают обычно значения от 2 до 3

$$w_{доп} = k m_{F_{у}} = k \sqrt{\sum_{i=1}^n (f_{iу})^2} \quad (XIV.35)$$

где $F = F(l_u) = F(l_i, a_j)$;

$$f_{ui} = \frac{\partial F}{\partial l_i} \quad B =$$

$$A_j = \frac{\partial F}{\partial a_j}; \quad m_Q = 1/n A, \quad f. = \frac{dF}{dh}$$

$$dF \quad i = 1, n; \quad j = 1, k.$$

При производстве маркшейдерских работ обычно принимается $k = 2$, а некоторых геодезических работ $k = 2,5$. При $w_{доп} = 2m_f$ вероятность появления невязок (при отсутствии грубых погрешностей) более допустимых равна 0,045, т. е. в этом случае необоснованно бракуется примерно 5% измерений. При $w = 2,5T_p$ процент необоснованно бракуемых измерений уменьшается до 1%.

Приращение ДА: функций $x = F(l, OY)$, соответствующее приращениям аргументов Δl , вычисляется по формуле

$$\Delta F = 1. \quad \kappa. \quad (XIV.36)$$

Наибольшее значение приращения функции

$$\Delta F_{(наиб)} = \frac{dF}{dO} \Delta O \quad (XIV.36a)$$

Средняя квадратическая погрешность функции зависимых величин может быть вычислена, если зависимые величины выразить через независимые параметры и затем использовать выражения (XIV.26).

Средняя квадратическая погрешность M_x функции уравненных (зависимых) величин при уравнивании методов наименьших квадратов (строгим способом) всегда меньше средней квадратической погрешности T_x соответствующей функции измеренных — уравниваемых величин. Вычисление M_x всегда сложнее, чем вычисление T_x .

Вычисление приближенного значения средней квадратической погрешности функции уравненных величин M_x (прибл.). На практике для приближенного представления о величине M_x функции уравненных величин $F_{mm}(L)$ $i = 1, n$ довольно часто ограничиваются вычислением T_x соответствующей функции измеренных величин $x = l^{зм}$ ($k > 0$). При этом для выражения оцениваемой функции F_{mm} выбирают наивыгоднейший (кратчайший) путь. Иногда среднюю квадратическую погрешность одной и той же функции x вычисляют, используя различные, возможные при избыточных измерениях, независимые или частично зависимые пути составления функции $F_{нзм}$ и получают $T_{x,9}$, $T_{x,11}$, $T_{x,12}$ и т. д. В этом случае приближенное значение средней квадратической погрешности уравненных величин получают по формуле

$$M_1 (\text{прибл}) = T_{x,9}^2 : (1 + n^2 m_{X''}^2 + m_{l,1}^2 : m_{X''}^2 + \dots) \quad (XIV.37)$$

Средняя квадратическая погрешность функции уравненных величин, при уравнивании коррелятным способом (методом условий)

$$M_1 = m_{0l}^2 [qiff] + [qlyy] - N \quad =$$

$$= m_x - m_0 N, \quad (XIV.38)$$

где

$$x = F_{yp} (L_{1f} L_2, \dots, L_n) = F_{yp} (l_{yp}, c_{yp});$$

$$f = dF / dL$$

$m\%$ — A — квадрат средней квадратической погрешности единицы веса. При большом числе степеней свободы $\gamma = (n + k) —$

$$ml = [p_{vv}] : (n - 1). \quad (XIV.38a)$$

При малом числе γ (меньше 8—10) принимается априорное значение t_0 ; кроме того, здесь m_x — средняя квадратическая погрешность функции исправленных (неуравненных) результатов измерений; $m_0^2 N$ — уменьшение квадрата средней квадратической погрешности функции измеренных величин t за счет уравнивания; N вычисляют при уравнивательных вычислениях в процессе решения нормальных уравнений коррелят

$$\frac{[gaff] [qbf]^*}{[qaa] \wedge [qbb]} \cdot \frac{[qrf(r-1)]^*}{[qrr(r-1)]} \quad (XIV.386)$$

$a_{1i}, a_2, \dots, a_n, a_{n+1}, \dots, r_{1i}, r_2, \dots, r_{1t}, r_{n+1}, \dots, r_{n+k}$ — коэффициенты условных уравнений поправок (γ — число условных уравнений).

При равноточных измерениях $t = t_2 = \dots = t_n = t$, средняя квадратическая погрешность функции уравненных величин

$$M_1 = \frac{III + [9/YU] - [qaf]^2 : [qaa] - [qbf] : [qbb]}{[qrr(r-1)]} \quad (XIV.39)$$

где

$$q_i = 1, \quad q_f = ml : m \quad [qaf] = [a_i / t] + [? / \langle \rangle] \cdot III = [bji] + [q/bj] / \quad \text{и т. д.}$$

Средняя квадратическая погрешность функции уравненных величин при уравнивании параметрическим способом (методом косвенных определений)

$$M_{i_{yp}} = m; \quad I \quad I_{paa} + \frac{[l_2 - II^2]}{[pbbA]} + \dots + \frac{Ur(t-1)P}{[ptt.(t-1)]} + \frac{[l_{t+i-t}^2]}{[p(i+1)(i+1)HJ]} + \frac{[f_{Uk}(t+k-1)]^2}{[p(i+1)(i+1)HJ]} \quad (XIV.40)$$

где

$$F_{yp} = F(X, Y, \dots, T, o_1, \dots, o_k),$$

$$f_i = \frac{dF}{dX} \quad || = a^j$$

$$f_{ui} = \frac{dF}{dX} \quad \cdot f_{t+k} = \frac{af}{aad}.$$

f — число определяемых неизвестных, необходимых для решения поставленной задачи; k — число исключенных систематических погрешностей, учитываемых при совместном уравнивании; члены, стоящие в фигурных скобках, вычисляются попутно при решении нормальных уравнений поправок. Конечно, определяемые величины можно поменять местами, скажем, поставив ба на первое место.

Среднюю квадратическую погрешность функции уравненных величин можно вычислить и с помощью весовых коэффициентов

$$\begin{aligned} & (fflQll + Vlf2Ql2 + \dots + 2fJtQlt + \\ & \quad + 2ff(t+k)Qi(t+k) \backslash \\ & \quad hf2^2 + \dots + 2^2 / + K \\ & \quad + \dots + 2ff(t+k) \textcircled{2} \\ & \quad fiftQtt + \\ & \quad + \dots + 2ff(t+k)Qt(t+k) \backslash \\ & \quad f_{i(t+k)} f_{(t+k)} Q_{(t+k)} \quad v+k) - \end{aligned} \quad (XIV.40a)$$

Весовые коэффициенты Q могут быть получены при решении нормальных уравнений поправок.

Средняя квадратическая погрешность уравненного значения последней t и предпоследней ($i = 1$) по порядку исключения определяемой величины

$$\begin{aligned} & \frac{III}{t^2} \quad [p(t+k)(t+k)-(t+k-1)] \quad ' \\ & M_{t-1}^2 \sim M_t^2 \quad \frac{II^2}{[p(t+k-1)(t+k-1)]} \cdot \frac{p(t+k)(t+k)(t+k-2)}{X(t+k-2)} \quad (XIV.41) \end{aligned}$$

Числовые значения выражений, стоящих в квадратных скобках, получаются попутно при решении нормальных уравнений. Средняя квадратическая погрешность любой другой определяемой величины может быть

вычислена как погрешность функции уравненной величины, при этом вид функции будет весьма простым.

Средняя квадратическая погрешность функции приближенно уравненных величин. При приближенном (не строгом) уравнивании функцию уравненных величин следует представить как функцию независимых величин, выразив ее через уравниваемые величины и поправки $x = F_{yp} (l_x + v_{li} \dots, l_n + v_{ln}, o + v_{Gv} \dots, Ok + v_{Gk})$, разложить в ряд Тейлора $F_{H3M} (l_n^* + v_{Gk}) + [f_4] + [f_5] + [f_6] + \dots$ затем поправки выразить через невязки, невязки через уравниваемые независимые величины и воспользоваться выражением (XIV.29).

3. Уравнительные вычисления

Уравниванием (уравновешиванием) называют процесс нахождения уравненных значений L или поправок v к уравниваемым (измеренным) величинам l , устраняющих несогласованность между уравниваемыми величинами или их функциями, возникающую при избыточных измерениях. Как правило, при уравнивании производится и оценка точности измеренных и уравненных величин и их функций.

Уравнительные вычисления по существу сводятся к решению системы неопределенных уравнений, системы g уравнений с n или $(n + k)$ неизвестными при $n > g$. Такая система уравнений не имеет однозначного решения, ее можно решить бесчисленным числом способов. Каждый такой способ дает свои уравненные значения L . Для придания определенности (однозначности) решений системы неопределенных уравнений и одновременно для нахождения оптимальных (в смысле точности) уравненных значений могут быть применены различные методы: наименьших квадратов, Чебышева, Монте-Карло, фильтрации Калмана, Коши и др. В маркшейдерско-геодезической практике применяется метод (принцип) наименьших квадратов.

Метод наименьших квадратов помимо однозначности решения задачи обладает еще весьма ценным свойством — уравненные значения L случайных величин, подчиняющихся нормальной функции распределения, получают с наибольшим весом (с наименьшей погрешностью) по сравнению с другими методами.

При уравнивании по методу наименьших квадратов (при независимых равноточных уравниваемых величинах) ставится требование, чтобы сумма квадратов поправок ($v =$

$-L - l$) была минимальной: $[v^2] = \min$. При неравноточных уравниваемых величинах сумма произведений квадратов поправок на их веса должна быть минимальной: $[v^2 p] = \min$.

Выбор способа уравнивания производится с учетом экономических факторов и сроков, отводимых на решение задачи. По точности получаемых результатов предпочтение должно быть отдано методу наименьших квадратов. При методе наименьших квадратов могут быть применены коррелятный или параметрический способы с их модификациями. При правильном применении оба способа дают тождественные результаты уравнивания. Поэтому выбор между коррелятным и параметрическим способами производится только с позиций производительности труда и организации работ.

В первом приближении выбор способа уравнивания производится по числу нормальных уравнений — коррелят (при коррелятном способе) и поправок (при параметрическом способе), считая, что решение нормальных уравнений составляет одну из наиболее трудоемких операций. Число нормальных уравнений при коррелятном способе равно числу условных уравнений, т. е. числу избыточных измерений g , а при параметрическом способе — числу определяемых величин $(l + k)$, т. е. числу необходимых измерений t и числу k , включенных в уравнивание поправок для исключения систематических погрешностей.

Вычисления при параметрическом способе уравнивания обладают большим единообразием и стандартностью, чем при коррелятном способе. Алгоритмы отличаются большей универсальностью и легче поддаются программированию, поэтому в последнее время в связи с широким внедрением ЭВМ наблюдается тенденция к предпочтению для применения параметрического способа уравнивания.

Параметрический способ уравнивания (метод косвенных определений).

Для решения поставленной задачи всего измерено n величин и в совместное уравнивание включается k поправок, определенных для исключения систематических погрешностей. Таким образом, общее число уравниваемых величин равно $(n + k)$. Число определяемых величин $(t + k)$ равно числу необходимых для решения задачи измерений t и числу исключенных систематических погрешностей k . Число избыточных измерений (число степеней свободы) $z = (n + k) - (t + k) = n - t$.

$l_1, l_2, \dots, l_n$ — результаты измерений (измеренные значения);

$m_1, m_2, \dots, m_n$ — средние квадратические погрешности измерений;
 $a_1, a_2, \dots, a_k$ — полученные значения поправок для исключения систематических погрешностей;
 $T_{01}, T_{02}, \dots, T_{0k}$ — средние квадратические погрешности поправок;
 $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ — функции связи;
 $l_1, l_2, \dots, l_n$ — исправленные значения результатов измерений $l_m = \Phi_m(k, o')$;
 $V_1, V_2, \dots, V_n$ — поправки за уравнивание к результатам измерений $(l_m + V_m =$
 $V_{01}, V_{02}, \dots, V_{0k}$ — поправки к a за уравнивание $G_i + y^i = O_i$
 $L_1, L_2, \dots$ — уравненные значения исправленных результатов измерений $L = \Phi(l + V, G + V_0) = \Phi(l + V, G + V_0) = \Phi(l + V, G + V_0)$
 $x, y, \dots, t$ — приближенные значения определяемых величин, необходимых для решения задачи;
 $b_1, b_2, \dots, b_k$ — поправки к приближенным значениям;
 $o_1, o_2, \dots, o_k$ — приближенные, «полученные» значения поправок (обычно принимается $o = 0$ при $I =$
 $b_1, b_2, \dots, b_k$ — поправки к приближенным значениям o ($b_0 =$
 $X, Y, \dots, T$ — уравненные значения определяемых величин $(X = x + b^*, \dots, T =$
 $a_1, a_2, \dots, a_k$ — уравненные значения поправок для исключения систематических погрешностей $o' = a +$
 $+ b a$).

Порядок действия и формы записи

1. Выписка измеренных значений (в таблицу), исходных данных (в произвольной форме) и составление схемы (в масштабе). В табл. XIV.8 из материалов измерений выписываются: N, l, o, m, t_a и выписываются или вычисляются $l_n = q > i(l_i, G_j)$.

Таблица XIV.8

Уравниваемые и уравненные значения

No	m	I	$\Phi(l, a)$	l_i	L	V
1	M_1	I_1	$\Phi_1(l_1, a)$	l_1	L_1	V_1
2	M_2	I_2	$\Phi_2(l_2, a)$	l_2	L_2	V_2
n	M_n	I_n	$\Phi_n(l_n, a)$	l_n	L_n	V_n
$n+1$	M_{01}	I_{*1}		0		V_{01}
$n+k$	M_{0k}	I_{*k}		0		V_{0k}

В тех случаях, когда систематические погрешности o исключались в процессе измерений и их значения неизвестны, но в результате измерений получены l_i и известны g_{a_i} , в графе I в строках $(n+1) \dots (n+k)$ ставится прочерк, а в строках $1 \dots n$ той же графы I ставится 0. Это не осложняет совместного уравнивания l и o .

2. Выявление числа определяемых величин: выбор $X, Y, \dots, T$ и составление параметрических уравнений связи (исходных уравнений). Число определяемых величин $t >$ необходимых для решения задачи, равно числу необходимых измерений, выявляется из существа решаемой задачи, число систематических погрешностей k , включаемых в совместное уравнивание, определяется по материалам измерений. Число параметрических уравнений равно общему числу уравниваемых величин $(l+k)$, а число определяемых величин равно $(t+k)$, $n > t$. Параметрические уравнения связи имеют вид $l(X, Y, \dots, T) - L = 0$ или в раскрытом виде:

$$\begin{aligned}
 1. & M^*, Y, \dots, T) - \\
 & - \Phi_1(l^*, Y, \dots, T) = 0; \\
 2. & l_2(X, Y, \dots, T) - \\
 & - \Phi_2(l_2^*, Y, \dots, T) = 0; \quad (XIV.42)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n. & f_n(X, Y, \dots, T) - \\
 & - \Phi_n(l^n, Y, \dots, T) = 0; \\
 & l + l. \quad o - o' = 0;
 \end{aligned}$$

$$n + k$$

Таблица XIV. 18

Параметрические уравнения поправок

N_0	P	δx_a	δy_b	$\dots$	δt_t	δa_{U+l}	$\dots$	$\delta a_{(t+k)}$	w	s	v
1	P_1	a_x	b_z		κ	$(t+1)i$		$(t+k)!$	w_j	4	
2	P_2	a_2	b_2	.	κ	$(t+1)a$	.	$(t+k)_2$	w_2		u_2
n	P_n	a_n	b_n		in	$(t+1)n$		$(t+k)_n$	W_n		V_n
$n+1$	P_{O_x}	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
κ	$P_{\circ k}$	0	0	0	0	0	0	1	0	1	vc_k

получившихся невязок путем сравнения с априорным значением m . Уменьшение средней квадратической погрешности за счет уравнивания составляет в среднем $c = V(t+k) : (n+k)$.

12. Оценка **точности** функций уравненных величин выполняется по выражениям (XIV.40) или (XIV.40, а), а оценка точности последних по порядку исключения опреде-

ляемых величин — по выражению (XIV.41). При оценке точности по (XIV.40, а) весовые коэффициенты Q получаются при решении нормальных уравнений поправок (табл. XIV. 10). Если положить $w'_1 = -1$, а все остальные $w' = 0$, то из решения нормальных уравнений вместо $b_a, b_u \dots$ получим $Q_{n1} > Q_{12}$ -- Если положить $w'_2 = -1$, а все остальные $w' = 0$, то получим $Q_{21}, Q_{22} \dots$ и т. д.

Таблица XIV.10

Нормальные уравнения поправок б

δx	δy	δt	$\delta a_{\pm}$	W				
$[paa]$	$[pab]$	$[pat]$	$[pa(t+1)]$	$[pa(t+k)]$	$[paw]$	$[pas]$		
	$[pbb]$	$[pbt]$	$[pb(t+1)]$	$[pb(t+k)]$	$[pbw]$	$[p^s]$		

$[ptt]$	$[pt(t+1)]$	$[pt(t+k)]$	$[ptw]$	$[pts]$
	$[p(t+1) X (t+1)]$	$[p(t+1) X (t+k)]$	$[p(t+1) w]$	$[p(t+1) s]$
		$[p(t+k) X (*+1)]$	$[p(t+k) w]$	$[p(t+k) s]$

Уравниваемые значения и поправки

N_0	m	I	$\Phi(\nu, o)$	$'_и$	ν	L^*	L
1	[72]	к	$\Phi_1(\kappa, o)$	$'_{H1}$	0_1		L_1
2	m_2	к	$\Phi_2(/a, <*)$		V_2	4	L_i
n	m_n	In	$\Phi_L(/L, o)$	кп	V_n		$' i n$
$n + 1$			—	0	ν_{0x}	*	—
$n + k$	m_{Gk}	Ok	—	0	ν_{0k}		—

Коррелятный способ
(метод условий)

Рассмотрим общий случай: уравнивается t_i неравноточных измерений и в совместное уравнивание включается k поправок a , определенных для исключения систематических погрешностей. Всего уравнивается $(n + k)$ величин, определяется (необходимо измерить) $(t + k)$ величин.

1. Составление схемы (в подходящем масштабе), выписка исходных данных (в произвольной форме) и результатов измерений в табл. XIV.11.

В табл. XIV.11 из материалов измерений выписываются $N/, /, m o$ и t_a , в четвертую графу заносятся функции связи и вычисляются $/_{\omega} = \Phi^{\wedge}(/; O_j)$ или, в зависимости от характера измерений и предварительной обработки их, выписываются уже полученные значения $/_{и}$, тогда $o = O$, но и в этом случае необходимо записать функции связи. Оба эти варианта записи значений уравниваемых величин для выполнения уравнивательных вычислений равноценны.

2. Определение числа условных уравнений γ , равного числу избыточных измерений, производится по формуле

$$\gamma = (n + k) - (t + k) = n -$$

где n — число всех измерений, произведенных для решения поставленной задачи; t — число измерений, необходимых для решения этой задачи, выявляемое из существа решаемой задачи и свойств измеренных величин; k — число поправок a , включаемых в совместное уравнивание. Для включения o в совместное уравнивание необходимо иметь значение m_G и знать функцию связи Φ .

Значение самой поправки o может быть и неизвестно, если ею уже исправлены результаты измерений, т. е. получены значения $/_{и}$. Такая ситуация, в частности, имеет место, когда систематическая погрешность исключается в процессе измерения соответствующей организации этих измерений.

3. Условные уравнения связи или условные уравнения уравниваемых величин должны быть независимыми, т. е. каждое последующее уравнение не должно быть следствием предыдущих. Уравнения целесообразно выбирать наиболее простого вида и располагать их в порядке возрастания сложности. Общий вид условных уравнений

$$L_i + L_2 + \dots + L_n = 0;$$

$$F_r(L_1, L_2, \dots, L_n) = 0, \quad (XIV.46)$$

где

$$L_i = \Phi_i / \kappa + \nu_{0j} O_j + \nu_{aj}.$$

4. Вычисление невязок w условных уравнений — свободных членов условных уравнений поправок. Невязки w вычисляются путем подстановки в уравнения (XIV.46) числовых значений уравниваемых величин

$$w_i = F_i(h_i | l_{и} \gg \dots \gg l_{nn}) >$$

$$U > r = F_r(/_{иx}, /_{ВЯ} \dots /_{ин}). \quad (XIV.47)$$

Вычисленные значения невязок сравниваются с допустимыми (см. п. 6). Если фактические невязки больше допустимых и тщательной проверкой не обнаружено ошибок в вычислениях, то результаты измерения считаются недоброкачественными.

Условные уравнения поправок

$A\mathfrak{E}$	$\mathfrak{A}$	$\frac{1}{a}$	$\frac{2}{b}$	$\dots$	$\frac{\Gamma}{z}$	s	VP	v
$\frac{1}{2}$	$\mathfrak{A}_2$ <12	a_2 a_2	b_2 b_2		$\frac{\Gamma 1}{\Gamma 2}$	$\%$ S_2	$ViPi$ v_2p_2	Vl v_2
$\frac{n}{1+1}$	$\mathfrak{A}_n$ $\mathfrak{A}_{n+i}$	a_n $\mathfrak{A}_{n+1}$	b_n b_{n+i}		$\frac{\Gamma n}{\Gamma_{n+1}}$	S_n S_{n+1}	$VnPn$ $V.V+lPl+l$	Vn v_{Gl}
$n+k$	$\mathfrak{A}_{n+k}$	$Vtl+k$	b_{n+k}		$\frac{\Gamma n+k}{\Gamma_{n+k}}$	S_{n+k}	$Vn+kPn+k$	V_{o_k}
w κ	— —	w_x Kz	W_2 K_2	$\dots$	w_r K_r	$\frac{[pw]}{[Kw]} =$		

5. Условные уравнения поправок составляются на основании уравнений (XIV.46):

$$I. \quad a\partial + a_2v_2 \quad b \quad a_nv_n + a_{n+1}v_{Gl} - f$$

$$H \quad h \quad a_{n+k}v_{o_k} + w_x - 0;$$

$$r. \quad r_xv_{\pm} + r_2v_2 - | \quad h \quad r_nv_n + r_{n+1}v_{Gl} +$$

$$4 \quad h \quad + u^*r = 0, \quad (XIV.48)$$

где

$$\frac{dF_x}{dh}, a_2 = \frac{dF!}{dl_2}, \dots, o-tl \frac{dF z}{dl_n}$$

$$\frac{dF_x}{dox} \gg \dots \gg a_{n+k} = \frac{dF \Gamma}{do_k} \gg$$

$$\frac{dF_r}{dh} \gg \frac{dF_r}{dl_2} \gg \dots \gg \frac{dF_r}{dl_n}$$

$$\frac{dF_r}{do_x} \gg \dots \gg r_{tl+k} = \frac{dF_r}{do_k}$$

условные уравнения поправок записываются в виде табл. XIV.12. В графу q заносятся обратные веса уравниваемых величин $q = 1 : p = m^2 : A$; графа s — построчные суммы — введена для контроля дальнейших вычислений; графы pv , v , и строка K заполняются после решения нормальных уравнений коррелят (п. 8).

6. Допустимые невязки вычисляют по выражению (XIV.35), используя числовые значения частных производных, полученных в п. 5. При этом W_j доп = $k'm_0 V$ [даа], w_2 доп = $k'm_0 V lqbb$] и т. д. $k' = 2,0—2,5$,

значение m_0 принимается в соответствии с действующими инструкциями, техническими предписаниями и т. п. с учетом фактической точности результатов измерений (графа t , табл. XIV.П и графа q , табл. XIV.12); $m'b = m \cdot \Gamma_{qi} = V A$.

7. Нормальные уравнения коррелят записываются сокращенно в виде табл. XIV.13. Коэффициенты нормальных уравнений вычисляются по данным табл. XIV. 12 с построчным контролем (с учетом исключенных симметричных коэффициентов). Графа $\mathfrak{E}$ введена для контроля последующих вычислений.

8. Решение нормальных уравнений и вычисление коррелят может быть осуществлено любым способом. Некоторые из возможных схем решения приведены ниже, в разделе «Решение нормальных уравнений». Полученные значения коррелят заносятся в табл. XIV. 12.

9. Вычисление поправок v к уравниваемым значениям производится в табл. XIV. 12 по коррелятным уравнениям поправок

$$vi = qi (ai/Ci + hK_2 H + r_{\pm}K_r) =$$

$$= \mathfrak{A}_2 (viPi)$$

$$Vn+k = \mathfrak{A}_{n+k} (a_{n+k}Ki + b_{n+k}K_2 + \dots + r_{n+k}K_r) =$$

$$= \mathfrak{A}_{n+k} (Vn+kPn+k). \quad (XIV.49)$$

Контроль вычисления поправок осуществляется по формуле $[pvv] = -[Kw]$.

10. Вычисление уравненных значений исправленных результатов измерений L производится по одной из формул: $L = \langle p (Z/, v_o), L' = I_{H+} v; L = \phi (/_w v_a) + v; V = \phi (/_o') + v, o' = o + v_a$ и записывается в табл. XIV.11.

Нормальные уравнения коррелят

A'i	K ₂	. . .	K ₂	W	2'	V
[qaa]	[qab]	. . .	[qar]	W ₁	[qas]	
	Iqbb]	. . .	\qbr]	w ₂	Iqbs]	
		. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
			[qrr]	w _r	Iqrs]	

11. Заключительным контролем вычислений служит равенство нулю левых частей условных уравнений (XIV.46) при подстановке в них уравниваемых значений L . Этим не контролируется правильность определения числа условных уравнений z .

12. Оценка точности уравниваемых величин производится так же, как и при параметрическом способе (см. параметрический способ уравнивания п. 11).

13. Оценка точности функций уравниваемых величин осуществляется в соответствии с выражениями (XIV.38) и (XIV.39).

Двухгрупповые способы уравнивания

Условные уравнения поправок при решении можно разбить на группы и решать каждую группу уравнений отдельно так, чтобы в конечном счете получить те же поправки v , что и при совместном решении всех уравнений. В частности, уравнения можно разбить на две группы. Такие приемы решения уравнений целесообразны только в том случае, если при этом повышается производительность труда.

На практике для решения уравнений поправок с разбивкой их на две группы применяют три способа: последовательных приближений, Крюгера и Урмаева—Крюгера.

Способ последовательных приближений. z условных уравнений поправок разбивают на две группы. В первую группу входят i уравнений, во вторую $Я$ уравнений так, что $i + Я = z < n$.

Первая группа

$$Wi + a_2 v_2 + \dots + a_n v_n + w_a = 0; \quad (XIV.50)$$

$$Wi + h^2 v_2 + \dots + in v_n + w_t = 0;$$

Вторая группа

$$«л + «2^2 Ч — + Wri + u > a = 0;$$

$$V i + \frac{1}{4} \dots B V v i + \dots =$$

По способу наименьших квадратов решают только первую группу уравнений и вычисляют все n первичных поправок v' . Исправляют все измерения первичными поправками $l + v' = L'$ и с помощью исправленных значений V вычисляют исправленные свободные члены условных уравнений второй группы.

Вторую группу уравнений решают с исправленными свободными членами, не учитывая уравнений первой группы, и вычисляют вторичные поправки v'' . Исправляют (уже исправленные первичными поправками) все измерения вторичными поправками $L' + v'' = L''$ и вычисляют исправленные свободные члены условных уравнений первой группы. Решают первую группу уравнений с исправленными свободными членами и вычисляют третичные поправки v''' . Исправляют все измерения полученными поправками $L'' + v''' = L'''$ и вычисляют вторично исправленные свободные члены второй группы.

Решения производят до тех пор, пока последующие поправки в пределах необходимой точности не будут равны нулям. Оче-

видно, что при повторных решениях уравнений придется выполнять только часть всех действий, а именно вновь решать только столбец свободных членов и вычислять корреляты по красным строкам.

Система уравнений может быть разбита на три и больше число групп. В частности, система из t уравнений может быть разбита на z групп, т. е. в каждую группу будет входить только одно уравнение. Такой прием применяют при уравнивании нивелирных ходов и полигонометрии; он известен под названием «Метод полигонов проф. В. В. Попова».

Способ Крюгера — двухгрупповое уравнивание с преобразованием коэффициентов и свободных членов условных уравнений поправок второй группы. Так же, как и при способе последовательных приближений, в первую очередь решают первую группу уравнений без учета уравнений второй группы и вычисляют первичные поправки v . Затем преобразуют коэффициенты и свободные члены второй группы уравнений так, чтобы, решив эти преобразованные уравнения второй группы, вычислив вторичные поправки v'' и сложив их с первичными поправками v' получить суммарные поправки $v = v' + v''$ такие же, как из совместного решения всех уравнений.

Таким образом, в способе Крюгера уравнения первой и второй групп решаются однократно. Преобразование коэффициентов и свободных членов уравнений второй группы производят с помощью вспомогательных коррелятов, которые вычисляют одновременно с решением уравнений первой группы путем добавления в таблицы уравнений столько граф, сколько уравнений отнесено во вторую группу.

Двухгрупповой способ Крюгера представляет значительный теоретический интерес и может иметь практическое значение для уравнивания при двух и более (во времени) очередях построения уравниваемых объектов. При уравнивании уже законченных построением объектов этот способ практически не применяют, так как в этом случае он не дает повышения производительности труда по сравнению с одnogрупповым способом.

Способ Урмаева—Крюгера. Как и в способах, описанных выше, все условные уравнения разбивают на две группы, но в первую группу относят только те условные уравнения поправок, которые, во-первых, имеют коэффициенты, равные $+1$, -1 или 0 , и, во-вторых, не связаны друг с другом общими поправками, т. е. в каждое последующее уравнение поправок не входят поправки,

уже вошедшие в предыдущие уравнения. Все остальные уравнения относятся во вторую группу. Этот способ уравнивания целесообразно применять в том случае, когда имеется значительное число уравнений, могущих быть отнесенными в первую группу. В частности, это имеет место при уравнивании триангуляций в углах.

При способе Урмаева—Крюгера каждое условное уравнение первой группы решается самостоятельно (независимо от всех остальных) путем распределения невязки условия поровну на каждое измерение, входящее в это условие. Таким образом, при вычислении первичных поправок отпадает надобность в составлении условных уравнений поправок, нормальных уравнений коррелятов и т. д. Преобразованные значения свободных членов уравнений второй группы равны невязкам соответствующих условных уравнений, вычисленным не по измеренным значениям, а по исправленным первичными поправками. Преобразование коэффициентов условных уравнений поправок второй группы производят также относительно просто (без вычисления вспомогательных коррелятов).

Решение нормальных уравнений

Нормальные уравнения поправок при параметрическом способе уравнивания или нормальные уравнения коррелятов при коррелятном способе уравнивания могут быть решены любым способом из применяемых при решении системы алгебраических линейных g уравнений с t неизвестными. В практике маркшейдерско-геодезических уравнивательных вычислений решение нормальных уравнений производится по сокращенной схеме Гаусса, обладающей сравнительной простотой, однообразием действий, наличием промежуточных контролей и, что особенно ценно, позволяющей попутно вычислять весовые коэффициенты, необходимые для оценки точности функций уравниваемых величин. В табл. XIV.14 приведена схема решения трех нормальных уравнений коррелятов. Эту таблицу можно рассматривать и как пример решения нормальных уравнений поправок. Для этого следует символы K_1, K_2, K_3 заменить на b_1, b_2, b_3 . В схеме решения для сокращения записи во всех коэффициентах опущены множители $q = 1 : p$ — обратные веса в нормальных уравнениях коррелятов или p — веса в нормальных уравнениях поправок, от этого общность схемы не пострадала. Воспользовавшись табл. XIV.14, нетрудно перейти к решению любого числа нормальных уравнений. В про-

Таблица XIV.14

Сокращенная схема решения нормальных уравнений

K_2	κ_2	$\mathbb{L}_3$	w	2	1
$laa]$ —1	$—[ab] \begin{smallmatrix} [ab] \\ : [aa] \end{smallmatrix}$	$—[ac] \begin{smallmatrix} [ac] \\ : [aa] \end{smallmatrix}$	$—Z_0! \begin{smallmatrix} w_1 \\ : [aa] \end{smallmatrix}$	$: [aa]$	2^* 3^*
	$\begin{smallmatrix} [bb] \\ —[ab] \ [ab] : [aa] \\ [bb-\backslash] \\ —1 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} [ee] \\ —[ac] \ [ab] : [aa] \\ [be \ 1] \\ -[be-1] \quad : \quad [bb-1] \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} —w_x \ [ab] : [aa] \\ [w_2-\backslash] \\ -[w_2-1] \quad : \quad [66-1] \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} — \quad [ab] : [aa] \\ [2_2 \cdot 1] \\ -[S_2 - 1] : [MM] \end{smallmatrix}$	4 5 6^* 7^*
$\kappa_2 =$		$\begin{smallmatrix} [cc] \\ —[ac] \ [ac] : [aa] \\ -[be-1] \ [6c-1] : [bb-1] \\ [cc-2] \\ —1 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} w_3 \\ —w_i \ [ac] : [aa] \\ -[w_2-\backslash] \ [be-1] : [66-1] \\ [w_3-2] \\ —[tc i_3-2] : [a>2] \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} — \quad [ac] : [aa] \\ -[S_2 \cdot 1] \ [foM] : [66-1] \\ [f_3-2] \\ -[2_3 \cdot 2] : [cc-2] \end{smallmatrix}$	8 9 10 11^* 12^*

$$K_3 = —[uy2] : [cc-2]$$

Таблица XIV. 15

Решение нормальных уравнений способом последовательных приближений

а ,	κ,	K,	w	2	1
$\begin{bmatrix} [aa] \\ [ab] \\ [ac] \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} [lab] \\ [lbb] \\ [lbc] \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} [ac] \\ [lbc] \\ [cc] \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} m_2 \\ dO_2 \\ dO_3 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} v \\ \frac{v}{2} \\ \frac{v}{3} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} -1 \\ [lab] \\ [bb] \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} [lab] \\ [aa] \\ -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} [ac] \\ [aa] \\ [lbc] \\ [lbb] \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} dO \\ [aa] \\ dO_2 \\ [lbb] \\ dO_3 \\ [cc] \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} Si \\ [aa] \\ s_2 \\ [bb] \\ 2_3 \\ [cc] \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 5^* \\ 6^* \\ 7^* \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} [ac] \\ [cc] \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} [lbc] \\ [lce] \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 3 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1\text{-е приближение} \\ 2\text{-е приближение} \\ 3\text{-е приближение} \\ \text{И т. д.} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 8 \\ 9 \\ 10 \end{bmatrix}$	

цессе решения уравнений целесообразно осуществлять построечный контроль в колонке по строкам, отмеченным звездочкой. Контроль вычисления коррелят осуществляется по формуле $[K (\text{£} - \text{до})] = -[\text{до}]$.

В табл. XIV. 15 приведена одна из возможных схем решения нормальных уравнений способом последовательных приближений. Эта схема применяется при решении на ЭВМ. Значение первой корреляты в первом приближении вычисляют в предположении, что в уравнении 5* все остальные корреляты равны нулю. Значение второй корреляты в первом приближении вычисляется аналогично из уравнения 6* и т. д. Значения коррелят во втором и последующих приближениях вычисляются с учетом значений коррелят, полученных в предыдущем приближении.

Уравнивание зависимых величин. В практике вычислений часто приходится иметь дело с зависимыми величинами. Например, при измерении на пункте О направлений на пункты А, В и С (скажем, методом круговых приемов) вычисленные углы АОВ и ВОС будут зависимы, так как ошибка в направлении ОВ войдет в оба угла. Дирекционные углы нескольких сторон, определенные гиро-

компасом, также будут зависимы, если при их вычислении использовано одно и то же значение гирокомпасной поправки. Длины сторон, исправленные одной и той же поправкой на компарирование мерного инструмента, также будут зависимы и т. п.

Уравнивание зависимых величин может быть выполнено двумя путями. Во-первых, зависимые величины выражают через независимые параметры, которые и уравнивают общепринятым способом. Например, зависимые углы можно выразить через независимые направления и уравнивать направления. Дирекционные углы, определенные гирокомпасом, можно выразить через независимые «гироскопические азимуты» и поправку гирокомпаса и уравнивать совместно как азимуты, так и поправку и т. д. Такой метод уравнивания зависимых величин путем выражения их через независимые рассмотрен выше. Второй путь заключается в уравнивании самих зависимых величин с использованием аппарата формул обобщенного способа наименьших квадратов ($P_{ij}V_iV_j = \min$).

4. Уравнивание триангуляций

Уравнивание параметрическим способом (методом косвенных определений). При уравнивании триангуляционных сетей за определяемые величины, получаемые уравниванием, обычно принимают координаты определяемых пунктов, поэтому иногда этот способ уравнивания называют еще и уравниванием в координатах.

При уравнивании триангуляционных сетей в направлениях число определяемых величин t равно удвоенному числу определяемых пунктов p'' плюс число пунктов p' , на которых измерялись направления $t = 2p' + p''$. В качестве определяемых величин помимо координат определяемых пунктов X, Y принимаются и ориентирные углы Z на каждом пункте, на котором измерялись направления. Под ориентирным углом понимается дирекционный угол нулевого направления сводки измеренных на пункте направлений.

Типовое параметрическое уравнение связи (см. уравнивательные вычисления, параметрический способ уравнивания) для каждого измеренного направления

$$\arctg \frac{\Delta_k^k Z^Y}{\Delta_k^k Z^X} \sim Z_i \sim Li_k = (XIV.51)$$

Здесь пять определяемых величин — координаты начального X_i, Y_i и конечного X_k, Y_k пунктов и ориентирный угол Z_i на начальном пункте измеряемого направления Li_k .

Если в параметрическое уравнение связи вместо уравненных значений подставить приближенные значения определяемых величин и измеренное значение направления, то в правой части вместо нуля получим свободный член параметрического уравнения поправок. Соответствующее параметрическое уравнение поправок будет иметь такой вид

$$a_{i-k} + b_{i-k} \Phi Y_i - C Li_{i-k} - B^k \Phi Y_k - b_{z_i + w_{i-k}} = v_{i-k} \quad (XIV.52)$$

$$a_{i-k} = -a_{k-i} = p'' \sin T_{i-k} : s_{L_{i-k}} =$$

$$= p(Y_k - Y_i) : s_{i-k}$$

$$b_{i-k} = -b_{k-i} = -p'' \cos T_{i-k} : s_{L_{i-k}} =$$

$$= -P''(x_k - x_i) : s_{i-k}$$

Параметрическое уравнение поправок для обратного направления отличается от при-

веденного уравнения для прямого направления li_k только поправкой ориентирного угла bZ_k и свободным членом

Для сокращения числа нормальных уравнений поправок целесообразно исключить из параметрических уравнений поправок ориентирные поправки bZ . Для каждого пункта, на котором измеряли направления, составляют одно добавочное фиктивное параметрическое уравнение поправок. Это уравнение получается как алгебраическая сумма уравнений, составленных для всех направлений, измеренных с пункта. Уравнению приписывается отрицательный вес, равный единице, деленной на удвоенное число направлений, измеренных с пункта. В этом случае вес измеренного направления равен 0,5.

После исключения ориентирных поправок bZ все уравнения направлений, измеренных с данного пункта на данный же пункт, отпадают, так как в этих уравнениях в качестве неизвестных участвуют только ориентирные поправки bZ . Уравнения для прямых направлений li_k будут отличаться от уравнений для обратных направлений только свободными членами, а такие два уравнения можно заменить одним с весом, равным 1 и имеющим следующий вид:

$$+ B^k \Phi Y_i - a_{i-k} dx_k - b_{i-k} dy_k + \dots = \quad (XIV.52a)$$

где

$$W_{i-k}^* = W_{k-i} = \frac{1}{2} (w_{i-k} + w_{k-i})$$

Таким образом, общее число параметрических уравнений поправок после исключения ориентирных поправок будет равно числу линий на схеме сети, соединяющих определяемые пункты с данными, и определяемые между собой плюс число пунктов, на которых измеряли направления. Параметрические уравнения поправок, имеющие вес, не равный единице (все добавочные, фиктивные уравнения), можно заменить уравнениями, имеющими вес, равный единице. Для этого все коэффициенты и свободный член достаточно умножить на корень квадратный из веса уравнения. При отрицательном весе уравнение следует умножить на корень квадратный из абсолютного значения веса, вес приведенного уравнения получится равным -1 .

Все вычисления по уравниванию сети целесообразно расположить в порядке, рекомендуемом в п. 3 (см. уравнивательные вычисления).

Уравнивание триангуляционных сетей в углах производится аналогичным образом, но в этом случае число определяемых величин равно удвоенному числу определяемых пунктов $t = 2p'$ и параметрическое уравнение связи для измеряемого угла ftqik в общем случае будет иметь вид

$$\arctg \quad \sim \arctg \quad - \quad \$_{q1k} = 0, \quad (XIV.53)$$

а соответствующее параметрическое уравнение поправок

$$\begin{aligned} & -a_{q\_ibx_q} - b_{q\_fiy_q} + (ai\_k - a_{>i-q}) bx_t + \\ & + (bi\_k - bi\_q) by_t + CLk-fiXk + \\ & + bk-ibyk + VOqik = Vqik. \end{aligned} \quad (XIV.54)$$

Здесь a и b имеют те же значения, что и при уравнивании в направлениях; свободный член Wqk равен разности значений угла $Pqik$, вычисленного по приближенным координатам и измеренного. При уравнивании триангуляционных сетей в углах не приходится учитывать поправок к ориентирным углам, что уменьшает объем уравнительных вычислений. Нельзя однозначно перейти от направлений к углам (за исключением случая всех возможных комбинаций углов на каждом пункте), поэтому, если измеряли направления, то уравнивание в углах приходится рассматривать как упрощенное (приближенное), если же измеряли углы, то уравнивание будет строгое.

Уравнивание коррелатным способом (методом условий). В триангуляционных сетях измеренными величинами в основном являются углы треугольников или направления, отвечающие сторонам треугольников. В большинстве случаев на пунктах триангуляции измеряют направления способом круговых приемов. Иногда в качестве измеряемых величин фигурирует сравнительно незначительное число сторон — базисов или базисных сторон и дирекционных углов или азимутов.

Триангуляционные сети при уравнивании разбиваются на свободные и несвободные. Свободными называют триангуляционные сети, в которых измерены только углы или направления и имеется необходимое число исходных данных, равное четырем, — координаты одного пункта, длина одной стороны и дирекционный угол одного направления или, что равносильно, координаты двух пунктов. Такие сети можно уравнивать, не располагая числовыми значениями исходных данных. Поправки к измеренным величинам, получаемые

в результате уравнивания, не зависят от ошибок исходных данных.

Несвободными называются такие триангуляционные сети, в которых измерены углы или направления и число исходных данных больше четырех, включая в исходные данные и измеренные длины сторон, и дирекционные углы (азимуты). Такие сети нельзя уравнивать, не располагая числовыми значениями исходных данных. Получаемые в результате уравнивания поправки к измеренным величинам будут зависеть не только от ошибок измерений, но и от ошибок исходных данных, т. е. поправки измерений будут несвободными от ошибок исходных данных.

Различают уравнивание триангуляционной сети в углах и в направлениях в зависимости от того, что измерялось — углы или направления. Первой, весьма ответственной задачей при уравнивании коррелатным способом является определение числа условных уравнений. Число условных уравнений в сетях с измеренными углами может быть подсчитано по формуле

$$r = n - 2p'', \quad (XIV.55)$$

где p — число измеренных углов; p'' — число определяемых пунктов.

В сетях с измеренными направлениями

$$r = n - 2p'' - p', \quad (XIV.55.1)$$

где p — число измеренных направлений; p'' — число определяемых пунктов; p' — число пунктов, на которых измерялись направления.

Для контроля целесообразно число условных уравнений определять графически. Условные уравнения, возникающие в триангуляционных сетях, можно разбить на две группы: уравнения геометрического и тригонометрического вида.

Условные уравнения (коррелатные уравнения связи) геометрического вида наиболее просты. При составлении их используют геометрические соотношения между измеряемыми углами. Условные уравнения геометрического вида могут быть записаны как алгебраическая сумма измеряемых углов или направлений. При составлении условных уравнений тригонометрического вида используют тригонометрические соотношения. В них фигурируют не сами измеряемые углы или направления, а тригонометрические функции углов.

Условные уравнения тригонометрического вида сложнее,

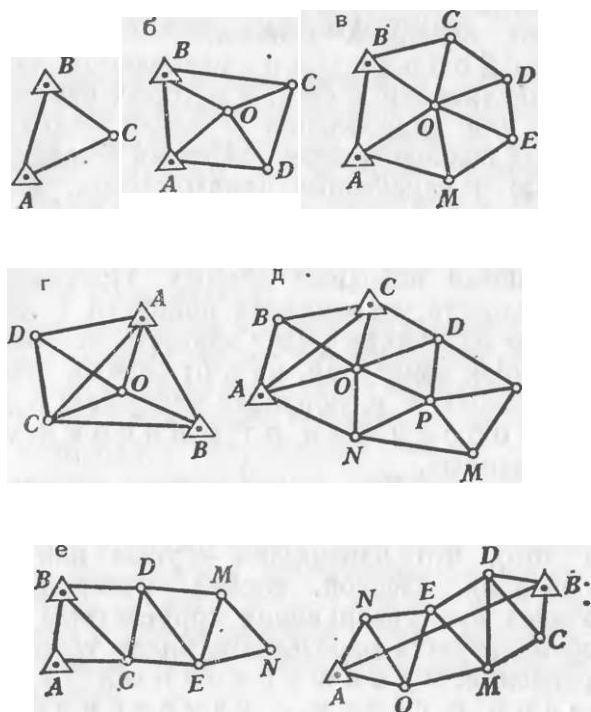


Рис. XIV.6. Свободные триангуляционные сети: а — треугольник; б — центральная система; в — шестивершинная центральная система; г — геодезический четырехугольник с центральной системой; д — сложная сеть; е — ряд треугольников; ж — ряд треугольников между двумя пунктами

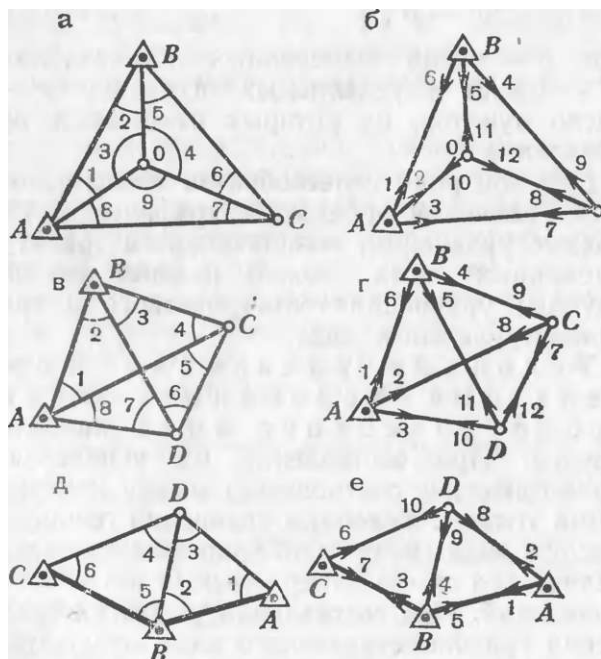


Рис. XIV.7. Типовые фигуры триангуляции: а — центральная система (измерены углы); б — центральная система (измерены направления); в — геодезический четырехугольник (измерены углы); г — геодезический четырехугольник (измерены направления); д — вставка в угол (измерены углы); е — вставка в угол (измерены направления)

чем условные уравнения геометрического вида, поэтому целесообразнее составлять условные уравнения в геометрической форме. Однако не все условия, возникающие в сети, можно записать в геометрической форме. В свободной сети число условных уравнений тригонометрического вида равно числу линий, которые необходимо удалить со схемы сети для того, чтобы триангуляционная сеть превратилась в простую цепь треугольников.

Для свободных триангуляционных сетей с измеренными углами, изображенными на рис. XIV.6, воспользовавшись приведенной выше формулой, получим число условных уравнений; $\gamma_a = 3 - 2 \cdot 1 = 1$; $\gamma_b = 12 - 2 \cdot 3 = 6$, в том числе одно уравнение тригонометрического вида; $\gamma_v = 18 - 2 \cdot 5 = 8$, тригонометрических — 1; $\gamma_r = 14 - 2 \cdot 3 = 8$, тригонометрических — 2; $\gamma_d = 29 - 2 \cdot 7 = 15$, тригонометрических — 3; $\gamma_e = 15 - 2 \cdot 5 = 5$, тригонометрических — 0; $\gamma_{ж} = 20 - 2 \cdot 6 = 8$, тригонометрических — 1. Для тех же сетей в случае измерения направлений получим: $\gamma_a = 6 - 2 \cdot 1 - 3 = 1$, тригонометрических — 0; $\gamma_b = 16 - 2 \cdot 3 - 5 = 5$, тригонометрических — 1; $\gamma_v = 24 - 2 \cdot 5 - 7 = 7$, тригонометрических — 1; $\gamma_r = 18 - 2 \cdot 3 - 5 = 7$, тригонометрических — 2; $\gamma_d = 36 - 2 \cdot 7 - 9 = 13$, тригонометрических — 3; $\gamma_e = 22 - 2 \cdot 5 - 7 = 5$, тригонометрических — 0; $\gamma_{ж} = 28 - 2 \cdot 6 - 8 = 8$, тригонометрических — 1.

Различают восемь видов условных уравнений; из них четыре — геометрического вида: 1) фигур (треугольников или многоугольников); 2) сумм или разностей; 3) горизонтов (только при уравнивании в углах); 4) дирекционных углов или азимутов; и четыре — тригонометрического вида: 1) полюсов; 2) сторон или базисов; 3) координат (одновременно ординат и абсцисс); 4) проекций сторон треугольников. При составлении условных уравнений для данной триангуляционной сети необходимо учитывать, что все выбранные условные уравнения должны быть независимы друг от друга, т. е. каждое последующее уравнение не должно быть следствием предыдущих. Условные уравнения целесообразно нумеровать в порядке возрастания их сложности, записывая в первую очередь уравнения геометрического вида, не связанные друг с другом общими углами или направлениями, затем все остальные уравнения геометрического вида и, наконец, условные уравнения тригонометрического вида.

В сети, изображенной на рис. XIV.7, а, возникает пять условных уравнений, из них одно тригонометри-

ческое. Записывают в первую очередь наиболее простые и не связанные друг с другом условные уравнения треугольников ABO , BCO и AOC . Для сокращения записи безошибочные или уравненные значения измеряемых углов обозначены арабскими цифрами. Условные уравнения: 1) $1 + 2 + 3 - 180^\circ = 0$; 2) $4 + 5 + 6 - 180^\circ = 0$; 3) $7 + 8 + 9 - 180^\circ = 0$. В качестве четвертого условного уравнения можно написать условное уравнение горизонта вокруг точки O ; 4) $3 + 4 + 9 - 360^\circ = 0$. В качестве пятого условного уравнения необходимо записать уравнение тригонометрического вида, в частности уравнение полюса. За полюс можно принять центральную точку O , тогда получим уравнение

$$5) \sin 1 \sin 5 \sin 7 : \sin 2 \sin 6 \sin 8 = 1. \quad (\text{XIV.55.2})$$

Это же уравнение можно записать и в логарифмической форме

$$\lg \sin 1 + \lg \sin 5 + \lg \sin 7 - \\ - (\lg \sin 2 + \lg \sin 6 + \lg \sin 8) = 0. \quad (\text{XIV.55.3})$$

Для составления условных уравнений полюсов можно применять простое мнемоническое правило. Выбрав точку полюса, пишут произведение всех сторон, сходящихся в полюсе. Например, для точки O (см. рис. XIV.7, а) это произведение напишется так: $O \cdot A \cdot O \cdot B \cdot O \cdot C$. Разделив полученное произведение само на себя, переставив при этом в знаменателе на последнее место сторону, стоящую на первом месте, получим тождество

$$\frac{O \cdot A \cdot O \cdot B \cdot O \cdot C}{O \cdot A \cdot O \cdot B \cdot O \cdot C} = 1 \quad \text{или} \quad \frac{OA \cdot OB \cdot OC}{OA \cdot OB \cdot OC} = 1$$

заменяв отношения сторон в каждом треугольнике отношениями синусов противолежащих им углов, получим условное уравнение полюса.

В типовой триангуляционной сети — геодезическом четырехугольнике, изображенном на рис. XIV.7, б, возникает четыре условных уравнения:

$$\begin{aligned} 1) & 1 + 2 + 3 + 4 - 180^\circ = 0, \\ 2) & 5 + 6 + 7 + 8 - 180^\circ = 0, \\ 3) & 1 + 2 + 7 + 8 - 180^\circ = 0, \\ 4) & \frac{\sin 1 \sin 3 \sin 5 \sin 7}{\sin 2 \sin 4 \sin 6 \sin 8} = 1. \end{aligned} \quad (\text{XIV.55.4})$$

В несвободной геодезической сети, изображенной на рис. XIV.7, д, называемой вставкой пункта в жесткий угол, даны координаты трех пунктов A , B и C (следовательно, даны и длина стороны BA и BC и дирекционные углы TBA и TBC) — возникает четыре уравнения. Из них условные уравнения треугольников: 1) $1 + 2 + 3 - 180^\circ = 0$; 2) $4 + 5 + 6 - 180^\circ = 0$; условное уравнение дирекционных углов 3) $TBC + 5 + 2 - TBA - 0$ или условное уравнение разности 3) $2 + 5 - Z.CBA = 0$ и условное уравнение сторон

$$4) BA \sin 1 \sin 4 : BC \sin 3 \sin 6 = 1 \quad (\text{XIV.55.5})$$

или в логарифмическом виде

$$4) \lg BA + \lg \sin 1 + \lg \sin 4 - \\ - (\lg BC + \lg \sin 3 + \lg \sin 6) = 0. \quad (\text{XIV.55.6})$$

При измерении в триангуляционных сетях направлений условные уравнения будут составляться аналогично приведенным выше, за исключением условий горизонтов, которые при уравнивании в направлениях не возникают.

Все вычисления целесообразно производить в определенной последовательности, приведенной в п. 3 (см. уравнивательные вычисления).

Последовательное групповое уравнивание. При уравнивании триангуляционных сетей в углах условные уравнения при их решении целесообразно разбивать на две группы, применяя способ Урмаева—Крюгера. Хотя решение условных уравнений с разбивкой на группы и не дает значительной экономии труда, но позволяет все вычисления уложить в более компактные схемы (см. п. 3).

5. Уравнивание трилатераций

Трилатерации, как правило, целесообразно уравнивать строгим способом, т. е. способом, основанным на методе наименьших квадратов. Измеренными величинами являются длины сторон треугольников. В отличие от угловых измерений в триангуляциях линейные измерения в трилатерациях приходится считать неравноточными и при уравнивании учитывать веса измерений. При вычислении трилатерации с примерно равными сторонами практически часто можно считать ошибки измерения всех сторон равными и в этом случае веса всех измеренных длин принимают одинаковыми, равными единице. Для сокращения, не на-

рушая общности, в основном все вопросы изложены применительно к уравниванию равноточно измеренных длин. Переход к уравниванию неравноточно измерений осуществляют путем учета весов измерений.

В результаты измерений длин сторон l , как правило, вносятся поправки для исключения систематических погрешностей. Так, при измерении длин лентами или проволоками учитывается поправка за компарирование o . Исправленное значение длины l_i в этом случае имеет функцию связи 2 вида, а именно $l_i = l + \Delta l$. При измерении длин радио- и светодальномерами учитываются поправки к коэффициенту дальномера o_1 и к постоянному слагаемому o_2 . В этом случае имеем функцию связи 3 вида: $l_i = l + \Delta l + o_2$. Поправки o определяются с погрешностью m_o , которые в ряде случаев целесообразно учитывать, т. е. производить совместное уравнивание результатов измерений l с поправками a и с учетом точности измерений t и точности определения поправок m_o (см. уравнивательные вычисления).

Уравнивание может быть выполнено как параметрическим, так и коррелятным способом и сочетанием их. При развитии трилатерации, как правило, выполняют сравнительно мало избыточных измерений, значительно меньше, чем в триангуляции. Поэтому, если исходить из числа нормальных уравнений, предпочтение следует отдать коррелятному способу. Учитывая довольно сложный вид условных уравнений, значительный объем вычислений при нахождении свободных членов и коэффициентов условных уравнений поправок и в то же время единообразие и стандартность вычислений при уравнивании параметрическим способом, а также удобство программирования алгоритмов этого способа для вычислений на ЭВМ, многие отдают предпочтение параметрическому способу.

Параметрический способ уравнивания. Измеренными величинами являются длины сторон треугольников. В качестве определяемых величин целесообразно принять координаты определяемых пунктов. Каждая измеренная сторона дает одно параметрическое уравнение связи и соответствующее параметрическое уравнение поправок. Общее число параметрических уравнений связи p будет равно числу измеренных сторон. Число искоемых поправок t к приближенным (счислимым) координатам определяемых пунктов будет равно удвоенному числу определяемых пунктов. Поправки определяются из решения нормальных уравнений поправок, следовательно, число нормальных уравнений

будет равно удвоенному числу определяемых пунктов.

Параметрическое уравнение связи, одно-типное для любой измеренной стороны $s^{\wedge}$, будет иметь такой вид

$$V(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2 - s_{ik}^2 = 0, \quad (\text{XIV.56})$$

где X_k, Y_k, X_i, Y_i — координаты определяемых пунктов (безошибочные или уравненные значения); $s^{\wedge}$ — уравненное значение измеренной длины стороны между этими пунктами.

Подставив в выражение (XIV.56) приближенные значения координат и измеренное значение длины стороны, получим свободный член W_{ik} параметрического уравнения поправок

$$w_{ik} = V(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2 - s_{ik}^2 = S_{ik}(\text{вычисл}) - S_{ik}(\text{изм}). \quad (\text{XIV.57})$$

Значение свободного члена можно вычислить и по такой приближенной формуле

$$W_{ik} = \frac{(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2}{\text{ЦПШ}} - S_{ik}^{\wedge} \quad (\text{XIV.57'})$$

Типовое параметрическое уравнение поправок, в котором поправка измеренной стороны V_{ik} выражена через поправки координат пунктов i и k и свободный член w_{ik} , имеет такой вид

$$a_{ik}bx_i + b_{ik}by_i - a_{ik}bx_k - b_{ik}by_k + w_{ik} = v_{ikt} \quad (\text{XIV.58})^*$$

где

$$\begin{aligned} CL_{ik} &= -\cos T_{ik} = -\frac{(X_k - X_i) : s_{ik} = (Y_k - Y_i) : s_{ik}}{s_{ik}} \\ b_{ik} &= -b_{ki} = -\sin T_{ik} = \\ &= -(Y_k - Y_i) : S_{ik} = (Y_i - Y_k) : S_{ik}. \end{aligned}$$

Каждой измеренной стороне соответствует одно уравнение вида (XIV.58). Всего таких уравнений будет n при t неизвестных ($n > t$). От n уравнений необходимо перейти к нормальным уравнениям поправок, решив которые получим поправки к приближенным координатам, а по ним — и уравненные координаты. Все вычисления целесообразно вести в соответствии с п. 3 «Уравнивательные вычисления». Формулы для решения треугольников и вычисления координат приведены в гл. IV.

Уравнивание с учетом точности исключения систематических погрешностей. При измерении длин радио- и светодальномерами определяются две поправки a_1 и a_2 для испра-

зления (уточнения) номинальных значений коэффициента и постоянной слагаемой даль- номера. Функция связи исправленного зна- чения длины стороны l_i с результатами изме- рения l и поправками o (функция связи 3 вида) будет иметь такой вид

$$l_i = l + l_01 + o_{Г2},$$

где —выражена в относительном (без- размерном) виде; $\angle t_2$ — в тех же единицах что и l . Для совместного уравнивания необ- ходимо знать gn/l , t_{a1} и t_{a2} .

В соответствии с п. 3 число параметриче- ских уравнений связи (и поправок) будет рав- но $(n + 2)$, а число определяемых величин $(t + 2)$. В этом случае n параметрических уравнений связи будет иметь такой вид

$$— + — K_2) \otimes — \\ — (Sik + SikO1 + (Y_2) = 0, \quad (XIV.56a)$$

а последние два уравнения:

$$n + 1. \quad \angle J_1 — O_K = 0,$$

$$l + 2. \quad a_2 — a_2 = 0.$$

При вычислении свободных членов в пер- вых n уравнениях (XIV.57) или (XIV.57') вместо s (изм.) следует понимать s (испр.). Свободные члены двух последних уравнений $(n + 1)$ и $(n + 2)$ будут равны нулю

$$1 \dots l. \quad w_{ik} = s \text{ (вычисл)} — s \text{ (испр);} \\ я + 1. \quad 1 = 0; \\ л + 2. \quad w_{n+2} = 0; \quad (XIV.57a)$$

Таким образом, свободные члены первых n уравнений останутся без изменения.

Параметрические уравнения поправок бу- дут иметь такой вид

$$1 \dots n. \quad a_{ik}bxi + b_{iffiyi} — \\ — a_{,ik}bxt — b_{ik}by_k — Sik^{\wedge}Oi — \\ — 6a_2 + W_{ik} = Vikl \\ Pik = A : m \setminus k > \\ n+l. \quad \ddot{y}a_2 = \ddot{y}a_{a19} \quad p_{Gi}=A:ml_i; \quad (XIV.58a)$$

Число нормальных уравнений поправок будет уже не t , а $(t + 2)$. Решив нормальные

уравнения, получим поправки к приближен- ным значениям координат и к значениям $a^{\wedge}$ и a_2 .

Коррелатный способ уравнивания. Трила- терационные сети, как и триангуляционные, при уравнивании могут быть разбиты на свободные и несвободные. Число исходных данных, необходимых для вычисления коор- динат пунктов трилатерационной сети, равно трем (координаты одного из пунктов и дирек- ционный угол одной из сторон). Поэтому с в о б о д н о й трилатерационной сетью на- зывают сеть, имеющую только три исходных данных. Все остальные сети трилатерации будут н е с в о б о д н ы м и, так как в та- ких сетях вычисляемые при уравнивании поправки к измеренным длинам не свободны от влияния ошибок исходных данных. В боль- шинстве случаев трилатерационные сети бу- дут несвободными. Свободными практически могут быть только самостоятельно развива- емые сети.

Подсчет числа коррелатных уравнений связи (условных уравнений) возникающих в с в о - б о д н ы х трилатерационных сетях, можно производить по формуле

$$r = n — 2p + 3 \quad (XIV.59)$$

где r — число условных уравнений; n — число измерений; p — число всех пунктов.

Подсчитаем число условных уравнений, возникающих в с в о б о д н ы х сетях, изо- браженных на рис. XIV.8. Треугольниками обозначены данные пункты, кружками — определяемые, стрелками — данные дирек-

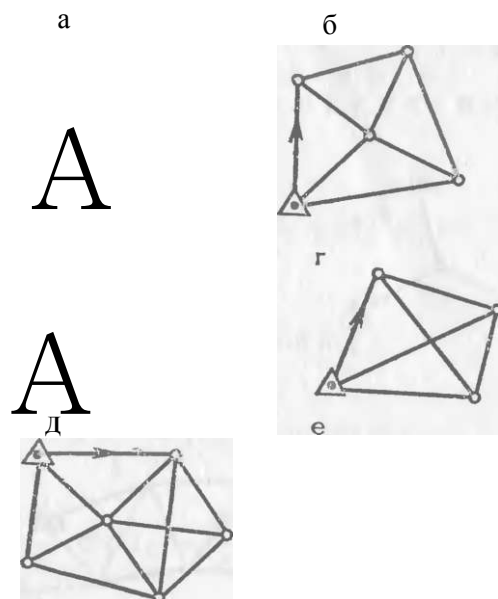
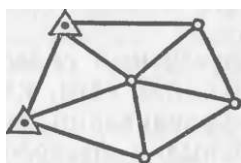
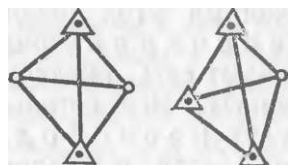
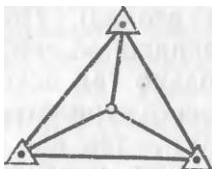


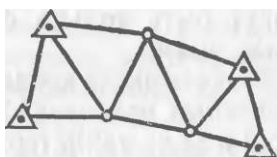
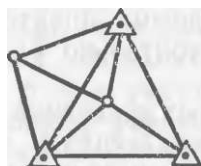
Рис. XIV.8. Свободные трилатерационные сети



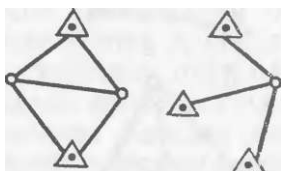
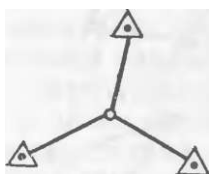
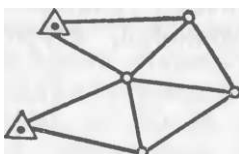
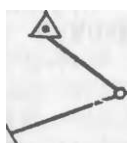
д



ж



XIV.9. Несвободные трилатерационные сети



ж

ционные углы, т. е. стороны, дирекционные углы которых даны

$$\Gamma_a = 3 - 2 - 3 + 3 = 0; \quad \Gamma_b = 8 - 2 - 5 + 3 = 1;$$

$$\Gamma_v = 6 - 2 - 4 + 3 = 1;$$

$$\Gamma_r = 6 - 2 - 4 + 3 = 1;$$

$$\Gamma_d = 11 - 2 - 6 + 3 = 2;$$

$$\Gamma_e = 15 - 2 - 8 + 3 = 2.$$

Схемы несвободных сетей на рис. XIV.9 показаны так, как это принято для триангуляционных сетей. При построении схем трилатерационных сетей целесообразно прочерчивать только измеренные стороны так, как это показано на рис. XIV.10. Общее число условных уравнений для несвободных сетей, т. е. при наличии в сети не менее двух данных пунктов, определяется по формуле

$$\Gamma = p - 2p'', \quad (\text{XIV.59a})$$

где p'' — число вновь определяемых пунктов; p — число измеренных линий.

Подсчитаем число условных уравнений в сетях, изображенных на рис. XIV.9 и XIV.10.

$$\Gamma_a = 2 - 2 - 1 = 0; \quad \Gamma_b = 9 - 2 - 4 = 1;$$

$$\Gamma_v = 3 - 2 - 1 = 1; \quad \Gamma_r = 5 - 2 - 2 = 1;$$

$$\Gamma_d = 3 - 2 - 1 = 1; \quad \Gamma_e = 6 - 2 - 2 = 2;$$

$$\Gamma_{\text{ж}} = 9 - 2 - 3 = 3.$$

Подсчет числа условных уравнений может быть произведен и графически, что рекомендуется всегда делать в качестве контроля.

Условные уравнения в трилатерационных сетях имеют довольно сложный вид, аналогичный по своему характеру условным уравнениям тригонометрического вида, возникающим в триангуляциях. При уравнивании трилатераций условное уравнение F выгодно представить по частям в виде алгебраической суммы вспомогательных функций η :

$$F(B, L_2, \dots, L_n) = ih(L_1, L_2, \dots, L_n) + \dots + iML_{1f}L_{2>\dots, L_n} = 0. \quad (\text{XIV.60})$$

В зависимости от вида выбранной вспомогательной функции η говорят о различных видах или о различных формах условных уравнений. Различают следующие виды условных уравнений: угловые, линейные, координатные, площадные и др. Виды условных уравнений взаимозаменяемы, так что возникшее в трилатерационной сети условное уравнение можно записать в любой форме — в угловой, площад-

.10. Несвободные трилатерационные сети

ной и т. д. Следовательно, все условные уравнения, возникающие в данной трилатерационной сети, можно записать в одной форме, например в линейной. Но если это практически целесообразно, то можно представить часть уравнений в одной форме, например в угловой, часть в другой — например в координатной, и т. д.

Типовым элементом конструкции трилатерационной сети, в которой возникают условные уравнения, является центральная система. Встречается и геодезический четырехугольник, но его можно рассматривать как частный случай центральной системы. В центральной системе возникает одно условие. При выражении условного уравнения в угловой форме применительно к обозначениям, принятым на рис. XIV.11, условное уравнение можно записать так

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 - 360^\circ = 0,$$

$$\text{или} \quad -360^\circ = C. \quad (\text{XIV.61})$$

Невязку или свободный член w определяют по углам y_i вычисленным по измеренным длинам сторон,

$$w = -360^\circ. \quad (\text{XIV.61a})$$

Условное уравнение поправок углов

$$J_j i; y + tt = 0. \quad (\text{XIV.62})$$

Необходимое для уравнивания условное уравнение поправок измеренных расстояний имеет вид

$$2 \cdot sv_s + 2 \cdot ar \cdot v_r + 0,4848w'' = 0,$$

где

$$ac, = \text{ctg } a / + \text{ctg } p,$$

$$= \frac{\text{ctg } a_i + \text{ctg}}{i} \quad (\text{XIV.63})$$

w'' — $E Y - 360^\circ$ выражена в секундах, длина сторон s и r — в километрах, а поправки v_s и v_r — в сантиметрах.

После составления условных уравнений поправок длин дальнейшая работа по уравниванию трилатерации — переход к нормальным уравнениям, их решение, вычисление поправок v_s и v_n контроль решения и оценка точности производятся в соответствии с п. 3.

Получив уравненные длины, надо заново решить все треугольники и вычислить уравненные углы, которые могут быть использованы для определения уравненных коор-

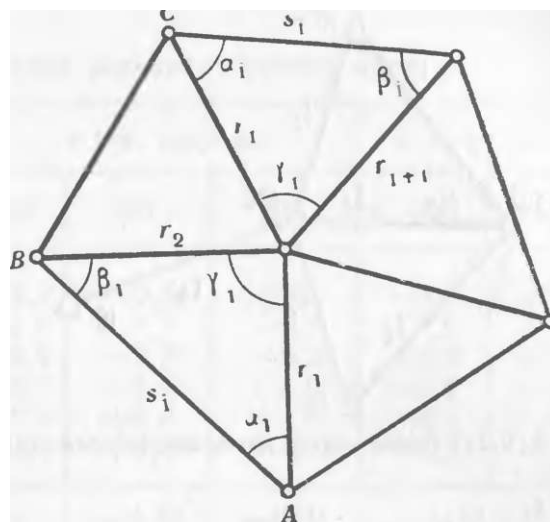


Рис. XIV.11. Центральная система

динат. Заключительным контролем уравнительных вычислений является равенство 360° суммы уравненных углов y . Вместо решения треугольников можно непосредственно по уравненным длинам вычислить координаты определяемых пунктов. В этом случае заключительным контролем всех вычислений может служить равенство уравненного значения последней замыкающей стороны ее значению, вычисленному по координатам. Уравненные значения углов можно получить и не решая треугольников, путем нахождения поправок к вычисленным углам. Такой путь вычисления уравненных углов, а затем и вычисление уравненных координат по уравненным углам и длинам сторон треугольников практически наиболее целесообразен. Поправки к углам могут быть найдены по следующим дифференциальным формулам:

$$v''a_i = p'' \cdot I_{i+1} \quad (\text{ctg } P / + \text{ctg } y /) -$$

$$= \frac{v_{ri}}{si} \text{ctgv}^* \quad \frac{v_{Si}}{Si} \text{ctgp}$$

$$II \quad (\text{ctg } at + \text{ctg } V /)$$

$$\wedge \text{ctg } a / - - \wedge \text{ctg } T_1 - h$$

$$Si \quad (\text{ctg } \psi + \text{ctg } p^\wedge -$$

$$\frac{k}{p} \cdot \frac{h}{ho} = \frac{V}{102}$$

$$\frac{h}{h} = \frac{h}{h} \quad)^5$$

J4

Рис. XIV.12. Схема сети, измеренные величины /

$$V_{r_{i+1}} \cdot \frac{1}{ru} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{a_i}{ctg P} \quad (XIV.64)$$

Обозначения сторон и углов соответствуют рис. XIV.11. Очевидно, что $v_a + \text{впр.} + \text{"Yi} =$

Если при уравнивании центральной системы длины двух или нескольких сторон не подлежат изменению, то необходимо в условном уравнении поправок принять равными нулю коэффициенты при поправках к этим двум или нескольким длинам. Если же заданы координаты более чем двух пунктов, то при уравнивании (помимо приравнивания нулю коэффициентов при поправках к сторонам, заданным координатами концов) необходимо определить число дополнительных возникающих условных уравнений и записать их. Так, если в центральной системе (см. рис. XIV.11) заданы координатами три пункта A, B и C, то в написанном условном уравнении $a_{\&1} = 0$ и $a_{\&2} = 0$. Кроме этого условного уравнения возникает еще второе условие (условие жесткого угла), которое может быть записано (за полюс центральной системы принят пункт B) в виде

$$P_i + a_2 - Z \text{ CBA} = 0,$$

а условное уравнение поправок в виде

$$b_m \{ o_{r_2} + b_{r_2} v_{r_2} + b_{r_a} v_{r_a} + 0,4848 \text{ш}_2 = 0; \\ , \quad - \quad ctgoi + ctgyi \quad .$$

$$И_{r_{ш}} - \frac{Ctgy_2 + Ctgp_3}{r_3} ;$$

$$b \quad \frac{ctgy_1 + ctgy_2}{r_2} \quad (XIV.63a)$$

Пример уравнивания трилатерационной сети параметрическим способом. На схеме уравниваемой сети (рис. XIV.12) треугольниками показаны пункты 14, 15, 16, координаты которых даны и принимаются жесткими (безошибочными). Пункты 102 и 103, показанные кружками, подлежат определению. Измерена равноточно радиодальномером длина шести сторон $/j, /_2, /_3, /_4, /_5$ и $/_6$, $= 9 \text{ см.}$

Две поправки o_r и a_2 , обозначенные через $/_7$ и $/_8$, определены для исключения систематических погрешностей, т. е. для исправления номинальных значений коэффициента и постоянной слагаемой дальномера. Функция связи исправленных длин $/_и$ с результатами измерений I и поправками имеет вид

$$/_и = / + 10^{-2} A/,$$

где $AI = 10^{-3}/a_x + o_2$ (здесь $/_и$ и $/$ выражены в метрах, $A/$ — в сантиметрах, o_1 — в сантиметрах на 1 км, o_2 — в сантиметрах, $m_{G1} = 2 \text{ см на 1 км}$, $t_{a2} = 5 \text{ см}$. На пункте 103 теодолитом измерены три направления $/_9, /_{10}$ и $/_{11}$, $m_9 = m_{10} - m_{12} = 6",4$.

Уравнивание выполнено в трех вариантах.

Вариант 1 — общепринятый способ уравнивания трилатераций. В этом варианте считаются измеренными шесть сторон $1_r = /_6$, o_r и o_2 в совместное уравнивание не включаются, $m_{0\pm}$ и t_{aa} не учитываются или учитываются только при определении $t/_и$, $/_и$ принимаются независимыми. При составлении параметрических уравнений и вычислении свободных членов используются выражения (XIV.56—XIV.58). Результаты измерений и получаемые поправки к длинам приведены в табл. XIV.16 в первых шести строках обозначенных (1) и в графе (1), параметрические уравнения и нормальные уравнения поправок — в табл. XIV.17, XIV.18, XIV.19, в соответствующих строках (1) и графах (1), поправки к приближенным координатам определяемых пунктов — в табл. XIV.20.

В варианте 2 в совместное уравнивание включены поправки a , исключающие систематические погрешности с учетом точности их определения. Таким образом, учитывается уравниваемых величин уже не шесть, а восемь: строки (1) + (2) и графы (2) табл. XIV.16.

Сравнение результатов, полученных по вариантам 1 и 2 уравнивания, показывает, что поправки как к уравниваемым величинам — графы (1) и (2) табл. XIV.16, так и к определяемым — графы (1) и (2) табл. XIV.20 заметно отличаются, достигая относительно друг друга 100% и более. Апостериорные

Таблица XIV.16

Уравниваемые значения и поправки трех вариантов уравнивания

в	№ </>	m	P	'и	v (см. секунды)			v _c = lv ₀ , + a _{н2}	
					(1)	(2)	(3)	(2)	(3)
(1)	1	9,0	1,0	2 526,665	- 4,2	—0,3	+4,9	—3,6	- 4,2
	2	9,0	1,0	3 025,162	—3,9	- 4,2	- 4,8	- 4,0	- 4,6
	3	9,0	1,0	2 791,935	—6,9	- 2,2	- 5,2	—3,8	- 4,4
	4	9,0	1,0	3 229,930	- 7,7	—5,3	- 4,9	- 4,1	- 4,8
	5	9,0	1,0	3 478,240	+2,9	+3,0	+4,0	- 4,4	- 5,1
	6	9,0	1,0	3 218,308	+3,0	+4,5	- 0,1	- 4,2	- 4,8
	7	2,0	20,2	0		—0,75	—0,91	m _n — 9,0 τ ₀ (1) = 8,7	
	8	5,0	3,2	0	—	—1,75	—1,87		
(3)	9	6",4	2,0	49° 6' 16",3			—Г,8	m ₀ (2) = 10,0 m _в (3) = 7,9	
	10	6,4	2,0	99 21 27 ,2	—	—	+5,8		
	И	6,4	2,0	146 58 50 ,6	—	—	- 4,0		

значения m_0 (см. табл. XIV.16) не могут служить мерой точности в силу весьма малого числа степеней свободы. Погрешности координат (см. табл. XIV.20), вычисленные с использованием априорного значения $m_0 = 9$ для варианта 1, имеют меньшие значения, чем для варианта 2, хотя заведомо следует считать точность варианта 2 выше точности варианта 1. Это свидетельствует о завышении

получаемой точности при использовании приближенных, менее строгих способов уравнивания и заставляет весьма осторожно подходить к таким оценкам.

Вариант 3 является примером совместного уравнивания линейных и угловых измерений. Он не предназначен для сравнительной оценки вариантов и приведен здесь только для сокращения записи, так как при совместном

Таблица XIV.17

Параметрические уравнения поправок трех вариантов уравнения

в	№	p	(1)				(2)		(3)	(1)-(3)
				6#Ю2	6*103	6^103	6 O _x	6a ₂	6z	w
(1)	1	1,0	0,873	0,487			- 2,5			0
	2	1,0	—0,163	0,987	0,163	—0,987	—3,0	—1	—	9,30
	3	1,0	—0,992	0,127	—	—	- 2,8	—1	—	0
	4	1,0	0,493	—0,870	—	—	- 3,2	—1	—	—24,90
	5	1,0	—	—	—0,655	—0,756	—3,5	—1	—	0
	6	1,0	—	—	0,839	—0,545	- 3,2	—1	—	0
K ²)	7	20,2	—				1	—		0
	8	3,2	—	—	—	—	—	—1	—	0
(3)	9	2,0			0,448	—0,388			—1	0
	10	2,0	—0,673	—0,111	0,673	0,110	—	—	—1	10,2
	И	2,0	—		0,349	0,538	—	—	—1	- 6,4

Таблица XIV. 18

Нормальные уравнения поправок двух вариантов уравнивания

в	(1)				(2)		w'
	6*Ю2	6УЮ2	6 Чоз	6^у юз	60i	6gз	
(1)	2,016 —0,291 —0,027 0,161	—0,291 1,984 0,161 —0,974	—0,027 0,161 0,160 —0,123	0,161 —0,974 —0,123 1,843	—0,493 —1,750 —0,881 7,351	—0,211 —0,731 —0,347 2,288	—13,80 30,84 1,53 —9,18
(2)	—0,493 —0,211	—1,750 —0,731	—0,881 —0,347	7,351 2,288	76,02 18,20	18,20 9,20	51,78 15,60

Таблица XIV. 19

Нормальные уравнения третьего варианта уравнивания

6*Ю2	6^Ю2	6*Ю3	6УМз	60j	6Юб	6 2	w'
2,922 —0,143 -0,933 0,013 —0,493 —0,211 1,346	—0,143 2,008 0,013 —0,998 —1,750 —0,731 0,220	—0,933 0,013 2,711 0,053 —0,881 —0,347 —2,940	0,013 —0,998 0,053 2,747 7,351 2,288 —0,520	0,493 1,750 -0,881 7,351 76,02 18,20	—0,211 —0,731 —0,347 9,288 18,20 9,200	1,346 0,220 —2,940 -0,520 51,78 15,60 6,000	—27,53 28,60 10,79 —13,82 51,78 15,60 —7,60

Таблица XIV.20

Поправки к координатам трех вариантов уравнивания

№ пункта	Исходные данные X, Y	№ пункта	Приближенные координаты x, y	Поправки б* и бy (см)		
				(1)	(2)	(3)
14	923 712,463	102	925 918,878	+4,7	+4,1	+8,1
14	608 762,912	102	609 994,077	-17,1	—15,5	—12,9
15	924 326,710	103	926 410,918	+ 0,7	0,0	-3,1
15	612 804,031	103	607 009,104	-4,4	+ 1,6	+4,1
16	928 688,055		m _x (103)	±8,4	±8,5	±8,2
16	609 638,324		т _y (103)	±7,7	±10,3	±7,1

уравнивании используются все приведенные здесь материалы уравнивания линейных измерений. В этом варианте участвуют все И уравниваемых величин — строки (1) -f + (2) + (3) табл. XIV.16. Всего получается 11 параметрических уравнений поправок — строки (1) + (2) + (3) и 7 определяемых величин — графы (1) + (2) + (3) табл. XIV.17. Соответствующие нормальные уравнения поправок приведены в табл. XIV.19. Результаты уравнивания даны в графах (3) табл. XIV.16 и XIV.20. Все вычисления в каждом из вариантов целесообразно вести в соответствии с п. 3.

Искусственный прием уравнивания трилатераций. Для повышения производительности труда за счет упрощения техники вычисления коэффициентов и свободных членов уравнений поправок (а это повышение производительности будет особо заметно при уравнивании неравноточно измеренных длин, что практически является наиболее частым случаем) можно рекомендовать следующий искусственный прием уравнивания.

За определяемые величины принимают координаты определяемых пунктов, а за измеряемые — квадраты длин сторон, уменьшенные вдвое. Тогда параметрические уравнения связи будут иметь вид

$$(XIV.65)$$

Свободный член уравнения поправок можно вычислять по формуле

$$= 4 - \text{И}^{**} \sim * < \rangle^2 + (\gamma^k \sim \gamma^i) 2 - s^? * \text{Б} \quad (XIV.66)$$

Параметрическое уравнение поправок, связывающее поправки координат ox , oy с поправкой половины квадрата стороны i' , в общем виде напишется так

$$l'_{ik} = a'_{ik} \delta x_i + b'_{ik} \delta y_i \sim a'_{ik} \delta k \sim \sim b'_{ik} \delta y_k + w'_{ik} \quad (XIV.67)$$

Под v'_{ik} следует понимать поправку к половине квадрата стороны $S/2$, b_x и b_y — поправки к приближенным координатам определяемых пунктов. Коэффициенты a'_{ik} и b'_{ik} вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned} *_{ik} &= - a_{ki} = x_i - x_k = \sim (x_k \sim x_i) \\ b'_{ik} &= - b_{ki} - Y_I - Y_k = - \{Y_k - y_I\}. \end{aligned} \quad (XIV.67a)$$

И, наконец, определяют поправку к измеренной стороне

$$v_{ik} = - \frac{v'_{ik}}{b'_{ik}} \quad (XIV.68)$$

При равноточно измеренных длинах $m_{s_{IL}} = \dots = m_{s_{s}}$ средние квадратические погрешности квадратов длин сторон, деленных пополам, не будут одинаковы, а будут пропорциональны длинам сторон $t(0,5s^{\wedge}) = s_{ik} m_{s_{s}}^{-0.5}$ сюда при равноточно измеренных длинах веса поправок v'_{ik} , а следовательно, и веса уравнений поправок будут определяться по формуле

$$P_{ik} = \frac{1}{s_{ik} m_{s_{s}}^2} \quad \text{при} \quad A = m_{s_{s}} p_{ik} = 1 \quad 4k \quad (XIV.69)$$

Так как эти веса зависят только от особого приема уравнения, то их можно назвать уравнительными весами уравнений поправок. При неравноточных измерениях длин сторон $m_{s_{i1}} = m_{s_{i2}} = \dots = m_{s_{in}}$ веса уравнений поправок будут вычисляться по формуле

$$P_{ik} = \frac{1}{s_{ik} m_{s_{i1}}^2} \frac{A}{s_{ik}^2 m_{s_{i1}}} \quad \text{или} \quad P_{ik} \sim P_{ik}' P_{s_{ik}} \quad (XIV.70)$$

где P_{ik} — общий вес уравнения поправок при неравноточном измерении длин; P_{ik}' — уравнительный вес уравнения поправок; $P_{s_{ik}}$ — вес измерения длины стороны.

6. Уравнивание полигонометрии

Применяемые способы. При уравнивании одиночных ходов и полигонометрических сетей широко применяются сокращенные способы уравнивания, формально базирующиеся на аппарате метода наименьших квадратов. Применительно к коррелятному способу уравнивания отступление от строгого способа — метода наименьших квадратов сводится к раздельному независимому уравниванию в первую очередь измеренных углов и во вторую очередь остальных величин, заменяя здесь измеренные длины функциями их — приращениями координат, которые принимаются независимыми. При этом вычисляемые по уравненным координатам значения дирекционных углов отличаются от соответствующих значений, полученных на первом этапе уравнивания. Для строгого совместного уравнивания измеренных углов.

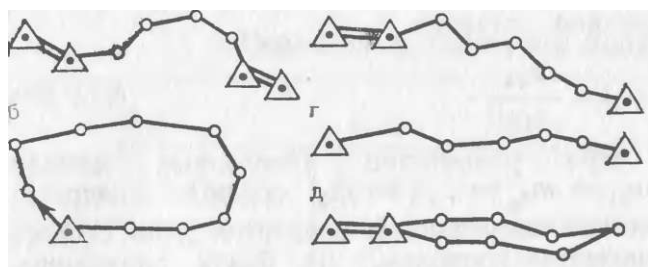


Рис. XIV.13. Одиночные полигонометрические хода

и длин необходимо располагать достаточно обоснованными (точными) погрешностями измерения углов τ_r и длин m_s . Обычно знают только весьма и весьма приближенные значения τ_r и m_s , особенно m_s . «Строгое» же уравнивание при малонадежных τ_r и m_s сводится к приближенному (упрощенному) способу уравнивания и в уравненные значения p и s вносятся дополнительные искажения. Первый этап уравнивания — уравнивание только измеренных углов всегда легко может быть выполнено. Оно, как правило, выполняется строгим способом в полном соответствии с методом наименьших квадратов.

Таким образом, уравненные на первом этапе углы не имеют дополнительных искажений, вызываемых приближенным способом уравнивания. Маркшейдерская практика использования результатов полигонометрических работ предъявляет повышенные требования в части точности к дирекционным углам и в значительно меньшей степени — к координатам пунктов. Строго совместное уравнивание P и s при недостаточно обоснованных τ_r и m_s , вносящие в углы и в дирекционные углы дополнительные искажения и иногда довольно значительные, даже при

весьма обоснованных τ_r и m_s повышает точность уравненных углов весьма и весьма незначительно. Так, например, в замкнутом ходе при числе углов $n = 20$ средняя квадратическая погрешность угла τ_r в среднем уменьшается в $1^{\sqrt{38}} : 40 = 0,975$ раз, т. е. точность повышается на 2,5%; при $n = 10$ погрешность уменьшается в 0,95 раза, а при $n = 40$ — в 0,99 раза. В таких условиях вряд ли можно считать оправданным риск получить дополнительные искажения, ради столь малых уточнений за счет строгого способа уравнивания. Поэтому в обычной инженерной практике следует считать более обоснованным и рациональным, а в части получения дирекционных углов и более точным раздельное, приближенное уравнивание полигонометрии с принятием за окончательно уравненные значения дирекционных углов, полученные на первом этапе уравнивания.

Упрощенное уравнивание одиночного хода. Различают несколько видов одиночных полигонометрических (теодолитных) ходов: разомкнутый теодолитный ход, проложенный между двумя данными пунктами и данными дирекционными углами на концах (рис. XIV.13, а); замкнутый (рис. XIV.13, б); проложенный между двумя данными пунктами с данным дирекционным углом на одном конце хода (рис. XIV.13, в); проложенный между двумя данными пунктами (рис. XIV.13, г); висячий двойной, аналогичный замкнутому ходу (рис. XIV.13, д); висячий двойной с контрольным дирекционным углом (рис. XIV.14, а); висячий с двумя контрольными дирекционными углами (рис. XIV.14, б); висячий с контрольным дирекционным углом (рис. XIV.14, в); висячий (рис. XIV.14, г). При уравнивании одиночных ходов широко применяют упрощенный способ уравнивания, базирующийся на коррелятном способе уравнивания.

Уравнивание разомкнутого хода. В разомкнутом ходе (рис. XIV.15) даны координаты начальной и конечной точек хода X^* , Y_n и дирекционные углы примычных (исходных) направлений T_0 и T_n . Измерено p углов и $(p - 1)$ длин сторон. Всего измерено $(2p - 1)$ величин, число определяемых пунктов $(n - 2)$. Для каждого пункта необходимо определить абсциссу и ординату, следовательно, число определяемых величин равно $2(n - 2)$. Число коррелятных уравнений связи, соответствующее числу избыточных измерений, $z = (2n - 1) - 2(n - 2) = 3$. Из них одно — условное

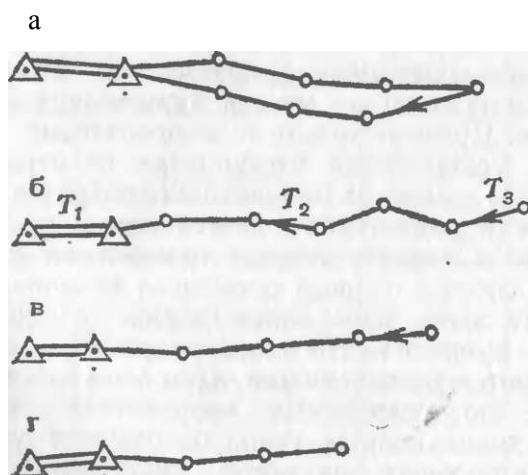


Рис. XIV.14. Висячие хода

Уравнение дирекционных углов или суммы углов, второе — уравнение абсцисс и третье — ординат. При строгом уравнивании необходимо совместно решить возникающие три уравнения при $[pv^2] = \min$ (v — поправки измеренных углов и длин; p — веса измерений). При упрощенном способе уравнивания эти уравнения решают раздельно, последовательно, наиболее простым путем, принимая при решении уравнений координат приращения координат за измеренные независимые величины. Практика показала, что во многих случаях такой прием уравнивания удовлетворяет запросы производства.

Порядок действий при упрощенном уравнивании следующий.

1. Определяют угловую невязку хода $f_p = T_n$ (выч) — Γ_n (дан). Исправляют углы поправками β_r , если невязка не превышает допустимую, и вычисляют исправленные дирекционные углы. При равноточном измерении углов

при неравноточном

где q — обратный вес; A — постоянное число.

Допустимая угловая невязка f_p (доп). = $2m\sqrt{V-n}$ или f_p (доп) = $21\Gamma A [q^{\wedge}T$

2. Вычисляют приращения координат по исправленным дирекционным углам и по измеренным длинам сторон, приведенным на плоскость проекции $Ax = s \cos T$; $Ay = s \sin T$.

3. Вычисляют невязки координат f_x и f_y , общую линейную невязку f_s , относительную невязку хода $f_s : [s]$ и сравнивают ее с заданной допустимой невязкой

(XIV.71)

4. Распределяют невязки абсцисс f_x и ординат f_y между приращениями абсцисс и ординат пропорционально длинам сторон и вычисляют уравненные координаты определяемых пунктов:

$$\begin{aligned} x_{из} &= x_{ф} + \Delta x_f; \\ &= \text{И) } V, \end{aligned} \quad (\text{XIV.72})$$

и М v ^ v f e П-2

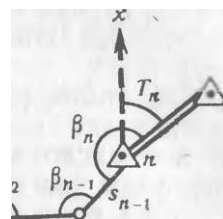


Рис. XIV.15. Разомкнутый I теодолитный ход

Уравнивание замкнутого теодолитного хода (см. рис. XIV.13, б) производят аналогичным образом. Изменяются только формулы для вычисления невязок: $f_p = f(5 - 180^\circ (n - 2))$; $f_x = E Ax$; $f_y = E Dy$.

При уравнивании хода, опирающегося на данный пункт (см. рис. XIV.13, в), возникают только два условия — ординат и абсцисс. Поправки к вычисленным приращениям координат вычисляют так же, как и при уравнивании разомкнутого хода.

При уравнивании хода, проложенного между двумя данными пунктами (рис. XIV.13, г), возникает только одно условие — суммы проекций измеренных сторон хода на направление, соединяющие данные пункты. Координаты пунктов хода вычисляют в два этапа. По измеренным углам и длинам с произвольно принятыми значениями дирекционного угла первой стороны и координат первого пункта вычисляют координаты последнего пункта хода p в условной системе. По координатам первого и последнего пунктов вычисляют дирекционный угол направления $(1 - n)$ в данной системе координат T_c и в условной системе $T_{\backslash n}$ и определяют поправку $\Delta T = T_{c\ n} - T_{\backslash\ ни}$. Исправив поправкой ΔT дирекционные углы всех сторон, вычисленные ранее в условной системе, вычисляют приращения координат уже в данной системе координат. Получив невязки f_x и f_y , распределяют их так же, как и при уравнивании разомкнутого хода.

Уравнивание двойного висячего хода (рис. XIV.13, д). Если прямой и обратный ходы пройдены по разным точкам, то уравнивание производится так же, как и замкнутого хода (рис. XIV.13, б). Если прямой и обратный ходы пройдены по одним и тем же точкам, то дважды вычисляют дирекционные углы всех сторон хода. Если разность дирекционных углов не превышает допустимой невязки f_p (доп), то берут средние значения дирекционных углов всех сторон.

В этом случае приращения координат получаются без контроля

$$/p \text{ (доп)} = 2 \text{тр} \sqrt{\Gamma 2 \text{п}},$$

где $л$ — число пунктов, на которых измерялись углы (по два угла на каждом пункте).

Уравнивание двойного висячего (замкнутого) хода с контрольным дирекционным углом, определенным независимо от измерения углов хода, например гироскопическим способом (см. рис. XIV.14, а). Дирекционный угол исходной стороны T_1 , его средняя квадратическая погрешность m_{1t} , контрольный дирекционный угол последней стороны T_2 , его средняя квадратическая погрешность m_2 , число измеренных углов P по первому ходу n , число измеренных углов (У) по второму ходу n_2 . Все углы измерялись равноточно со средней квадратической погрешностью тр . В первую очередь вычисляют поправки к углам второго хода v_{p2} , к углам первого хода v_{p1} , к исходному дирекционному углу VT_1 и к контрольному дирекционному углу VT_2 по формулам:

$$v = \frac{w'B - wA}{CB - A^2} \cdot \frac{ш + up'L}{5},$$

$$v_{Ti} = (V + v_{T_i} \sim B) (V + \dots) \quad (\text{XIV.73})$$

где

$$w = \Gamma_1 + \text{£} p \pm \text{л} 180^\circ - 7y,$$

$$w' = r_1 + 2P \pm \ll 180^\circ - r_2;$$

$$m \backslash \frac{ml}{m_b} \cdot A = Qi + Яг >$$

$$B = A + n; \quad C = Л + n_{1e}$$

Средняя квадратическая погрешность уравненного контрольного дирекционного угла

$$ml \text{ (уравн)} = ml / q_2 - iL - \frac{ЯI(C-A)^*}{\dots} \quad (\text{XIV.74})$$

Эта погрешность потребуется при дальнейшем уравнивании, если ход будет продолжен. Уравнивание приращений координат производят аналогично разомкнутому ходу, изображенному на рис. XIV.13, б.

Пример уравнивания. $\dots \pm 25''$, $m_2 = \pm 30''$, $лш = \pm 20''$, $n = 7$, $\dots = 5$, путем вычислений получено $о; = +60''$, $о;' = -20''$.

Решение. $q_1 = (25)^2 : (20)^2 = 1,6$; $q_2 = (30)^2 : (20)^2 = 2,2$; $A = 3,8$; $B = 10,8$; $C = 8,8$; $v^* = +5'',5$; $\dots = -7'',5$; $v_T = -3'',2$; $v_{Ta} = +4'',4$.

Контроль. $v_{Ti} + 7vq, - v_T = -60'',1$; $(w = +60'')$; $v_T + \dots - v^* = +19'',9$; $(a/ = -20'')$.

Если прямой и обратный ходы пройдены по одним и тем же точкам, то уравнивание такого хода производят аналогично висячему ходу с контрольным дирекционным углом (см. рис. XIV.14, в).

Уравнивание висячего хода с двумя контрольными дирекционными углами (см. рис. XIV.14, б). T_2 — дирекционный угол исходной стороны, его погрешность m_2 ; T_2 — первый контрольный дирекционный угол, его погрешность m_2 ; T_3 — второй контрольный дирекционный угол, его погрешность m_3 ; p — число измеренных углов P по ходу между T_2 и T_3 ; n_2 — число углов P' по второму ходу; углы равноточны, средняя квадратическая погрешность их тр , T_2 и T_3 независимы.

Поправки за уравнивание:

$$a' = \frac{w'C + wg_2}{CD - q_1}, \quad V_{q2} = \frac{Op_4}{r} \cdot w$$

$$v_{Ti} = q_x v^{\wedge} \quad v_{Tz} = q_2 (n_p, - i_p);$$

$$v_{Ti} = \dots \quad (\text{XIV.75})$$

где

$$a, = 71 + \text{£} p \pm \dots, 180^\circ - \Gamma_2;$$

$$<7! = m^2 : m|; \quad q_2 = m^2 : m|; \quad \dots = m| : m^2;$$

$$л = Яг + <7_2; \quad ^5 = Я2 + яг. \quad с = л + n \backslash$$

$$D = B + n_i;$$

$$m \backslash_z (yp) = m^2 \{ <7_3 - ^\wedge C : (CD - q) \}.$$

Пример. $m_1 = \pm 25''$; $m_2 = \pm 30''$; $m_3 = \pm 30''$; $mp = \pm 20''$; $л = 8$; $ш = -70''$; $n_1 = 5$; $ш' = +30''$.

Решение. $\dots = 1,6$; $q_2 = 2,2$; $\dots = 2,2$; $Л = 3,8$; $В = 4,4$; $С = 11,8$; $Д = 9,4$; $^\wedge = -1'',9$; $v_p^\wedge = +5'',6$; $От = +9'',0$; $\dots = -16'',5$; $v_{Ts} = +4'',2$.

Контроль. $\dots - W = V_T - V_T + nVa = +70'',3$; $\dots - w' - v_T + ^\wedge Go/ - \dots - ^\wedge 3 = -30'',2$.

Уравнивание висячего хода с контрольными дирекционными

углом (см. рис. XIV.14, в). $7\backslash$ — дирекционный угол исходной стороны, его погрешность $m_{7\backslash}$; T_2 — дирекционный угол контрольной стороны, его погрешность t_2 ; $л$ — число углов P между дирекционными углами, погрешности углов тр. Поправки за уравнивание:

$$\begin{aligned} &= - \quad (?! + q_2 + n)\backslash \quad v_{T_1} = \\ v_{T_2} &= W > \quad W = 7\backslash + Л P \pm я 180^\circ - \Gamma_a; \\ &= m\backslash: m\backslash; \quad q_2 = mf : m\backslash; \\ t^2 m_2 (UP) &= {}^m T_i t^1 - : (<7\backslash + <?2 + Л)\}. \end{aligned} \quad (XIV.76)$$

В всячем теодолитном ходе (см. рис. XIV. 14, з) нет избыточных измерений и вопрос об уравнивании не возникает. Прокладка таких ходов не рекомендуется.

Упрощенные способы уравнивания полигонометрических сетей базируются как на коррелятном, так и на параметрическом способах. Уравнивание сетей методом, аналогичным применяемому при уравнивании одиночных ходов, сводится к составлению в явной или в скрытой форме условных уравнений, возникающих в сети, и к упрощенному решению их. Все уравнения разбивают на три группы: уравнения дирекционных углов или сумм углов, уравнения абсцисс и уравнения ординат. Уравнения решают последовательно по группам. Внутри каждой группы все уравнения решают совместно в явном виде или такими приемами, которые дают тот же результат, что и совместное решение. Уравнения ординат и абсцисс решают независимо друг от друга и независимо от уравнений дирекционных углов. При этом за независимо измеренные величины принимают приращения координат, что значительно упрощает решение условных уравнений. Приращениям координат придают веса, обратно пропорциональные длинам сторон или вычисляемые другим, более обоснованным способом. Общее число условных уравнений $г$, возникающих в полигонометрической сети, вычисляют по формуле

$$г = 3 (C - 1 + m), \quad (XIV.77)$$

где C — число сторон, заданных дирекционным углом и координатами конца стороны, к которому примыкает ход; m — число замкнутых многоугольников.

Из общего числа уравнений одна треть — уравнения дирекционных углов, одна треть — уравнения ординат и одна треть — уравне-

ния абсцисс. Если в уравниваемой сети помимо жестких сторон будут даны (измерены) дирекционные углы (азимуты) некоторых сторон, то число условных уравнений дирекционных углов соответственно увеличится.

Организация вычислительных работ по уравниванию полигонометрии. Даны три жесткие стороны 1, 2 и 3. Сеть проложенных ходов образует одну узловую точку 4, которая в сочетании с любой соседней точкой хода составляет узловую сторону 4 (см. рис. XIV. 16). Все углы измерены равноточно, ошибки длин сторон пропорциональны длинам в половинной степени.

Общее число условных уравнений, возникающих в сети, $г = 3 (C - 1 + m) = 3 (3 - 1 + 0) = 6$, из них два уравнения дирекционных углов, два уравнения абсцисс и два уравнения ординат. Полигонометрическая сеть узловой стороной 4 разбивается на три одиночных хода. Обозначив: P — измеренные левые по ходу углы, T — данные дирекционные углы, n_1, n_2, n_3 — число измеренных углов соответственно в первом, втором и в третьем ходах, составляют два условных уравнения первой группы — уравнения дирекционных углов:

$$1) * i + \text{£ } p + \text{£ } P \pm \text{Ш } 0^\circ - \Gamma_2 = 0;$$

$$2) 7\backslash + 2 P + \text{£ } P \pm * ' 180^\circ - 7 V = 0$$

или

$$1) ^\wedge + ^\wedge + ^\wedge \pm ^\wedge 180^\circ - 7, = 0;$$

$$2) T_i + h + l_s \pm \text{£}'180^\circ - \Gamma_3 = 0. \quad (XIV.78)$$

Сумма углов в каждом ходе с номером i заменена одной величиной Γ_i . Этим величинам следует придать веса

$$P_i = A : w_i,$$

где A — произвольное постоянное.

Для решения условных уравнений необходимо перейти к условным уравнениям поправок:

$$v_h + v_h + w_{i=0} > \quad 2) \quad v_h + v_{p\%} + w_2 = 0. \quad (XIV.79)$$

Затем составить нормальные уравнения коррелят:

$$(XIV.80)$$

$$\mathcal{L}_c \quad \wedge_{cv} \quad u \parallel$$

Рис. XIV. 16. Полигонометрическая сеть

решить их и вычислить поправки

$$\% = 4 - \quad " \text{ и } = 4 P_3^* \bullet \quad (\text{XIV.81})$$

Поправки углов P для каждого хода будут равны между собой и для хода с номером i получатся делением V_i на число углов этого хода $u_p = V_i : \text{ш.}$ Получив значения исправленных углов $P +$ вычисляют дирекционные углы и приращения координат для всех сторон полигонометрической сети, после чего составляют условные уравнения абсцисс:

$$3) X_1 + \mathcal{L} A^* + \mathcal{L} A X - X_2 = 0;$$

$$4) \quad = 0$$

или

$$3) X_1 + /_1 + /_2 - X_2 = 0;$$

$$4) X_1 + /_2 + /_3 - \quad = 0. \quad (\text{XIV.82})$$

Символами l_i обозначены суммы приращений абсцисс по каждому ходу. Им придаются веса, обратно пропорциональные длинам ходов $p_i \sim A : [s]_i$. Решив независимо эти уравнения (аналогично уравнениям дирекционных углов), получим поправки к приращениям абсцисс, а затем и уравненные значения абсцисс всех пунктов сети. Также составляются и решаются уравнения ординат. В результате вычисляются поправки к приращениям ординат и уравненные ординаты.

В практике уравнивания полигонометрических сетей наряду с изложенным применя-

ется прием, дающий тождественные результаты и известный под названием — способ полигонов проф. В. В. Попова. Такие же результаты дает и прием, известный под названием — уравнивание методом эквивалентной замены.

Метод узловых точек. Из упрощенных способов уравнивания полигонометрических сетей, базирующихся на параметрическом способе, широко применяется прием, называемый «Уравнивание методом узловых точек». Применительно к сети, изображенной на рис. XIV. 16, он заключается в следующем.

По данным дирекционным углам γ_i , T_2 , T_6 и измеренным углам P вычисляют дирекционный угол (i) узловой стороны 4. Получают три значения:

$$\Gamma_4 (1) = J^1 + 2 P \pm 180^\circ;$$

$$\Gamma_4 (2) = \gamma_i - \sum P \pm 180^\circ;$$

$$\Gamma_4 (3) = T_3 - \sum P \pm 180^\circ. \quad (\text{XIV.83})^*$$

За уравненное значение принимается весовое среднее

$$T^* = \frac{\gamma_4(1)P_1 + \gamma_4(2)P_2 + \gamma_4(3)P_3}{P_1 + P_2 + P_3}$$

$$P_i = t l_i \quad (\text{XIV.84}).$$

После этого вычисляют уравненные дирекционные углы всех сторон полигонометрической сети, рассматривая ее как три одиночных хода, проложенных между данными и узловой сторонами. По уравненным дирекционным углам и измеренным (исправленным и приведенным на плоскость проекции) сторонам вычисляют приращения координат и координаты узлового пункта

$$x_4^* (1) = x_2 + \sum A^*; \quad x_4^* (2) = X_2 + \sum \Delta$$

$$M_3 = X_3 + 2^{\cdot 1} \Delta^* \rightarrow \quad (\text{XIV.85})$$

Ординаты пункта 4 вычисляют аналогичным образом. За уравненные координаты пункта 4 принимают средние весовые из вычисленных абсцисс и ординат, придавая им веса $p_i = A : [s]_i$. Затем вычисляют уравненные координаты всех пунктов сети, рассматривая ее как три одиночных хода. При наличии в сети двух и более узловых точек уравненные дирекционные углы узловых сторон и.

координаты узловых пунктов находят как весовые средние **методом** последовательных приближений. Метод последовательных приближений изложен в главе «Уравнивание нивелировок».

Строгое уравнивание полигонометрических сетей. Необходимо иметь значения средних квадратических погрешностей измерения углов $tr_1, tr_2, \dots$ (обычно углы измеряют равноточно: $\{tr_1 = tr_2 = \dots = tr\}$) и значения средних квадратических погрешностей измерения длины сторон $m_{s_1}, m_{s_2}, \dots$. Уравнивание одиночных ходов методом наименьших квадратов производят коррелятным способом. В разомкнутом теодолитном ходе (см. рис. XIV.15) возникает три условных уравнения (дирекционных углов, абсцисс и ординат):

$$3) Y_r + \sum M - Y_n = 0; \quad (XIV.86)$$

Соответствующие условные уравнения поправок имеют вид:

$$1) \sum_{i=1}^n \Delta \alpha_i = 0, \quad \Delta \alpha_i = T_n (\text{выч}) - T_n (\text{дан});$$

$$2) \sum_{i=1}^n 0,485 (y_n - y_i) \nu_{p_i} +$$

$$+ \sum_{i=1}^n 2 \cos T_i \nu_{f_i} + \Delta = 0;$$

$$w_2 = x_n (\text{выч}) - X_n (\text{дан});$$

$$3) \sum_{i=1}^n 0,485 (x_n - x_i) \nu_{p_i} +$$

$$- \sum_{i=1}^n 2 \sin T_i \nu_{f_i} + \Delta = 0;$$

$$\Delta_3 = Y_n (\text{выч}) - Y_n (\text{дан}). \quad (XIV.87)$$

Значения W_i , ur и tr выражены в секундах; $\Delta, \Delta_3, \Delta_4$ — в секундах; x и y , участвующие в образовании коэффициентов, выражены в километрах.

Для совместного решения трех условных уравнений по-

правкам составляют три нормальных уравнения коррелят, вычисляют значения коррелят и по ним — поправки к углам ur и к длинам сторон ν_s . При совместном уравнивании разнородных величин необходимо учитывать веса измерений. При этом погрешности при вычислении весов, невязки и коэффициенты условных уравнений поправок для однородных величин следует выражать безразлично в каких, но в одних и тех же единицах измерения. При уравнивании полигонометрии необходимо выражать, например, в секундах tr , $w_{\pm}$ и r и в сантиметрах m_s , w_2 , w_3 , x и y . В этих же единицах будут получаться и поправки ur и ν_s .

Получив уравненные углы и длины, вычисляют по ним приращения координат и уравненные координаты всех пунктов.

Целесообразнее воспользоваться дифференциальными формулами и, не вычисляя заново полигонометрического хода, получить поправки к приращениям координат и уравненные координаты. Для этого, используя поправки к углам ur , вычисляют поправки

к дирекционным углам ν_T

$$\nu_T = \frac{\sum_{i=1}^n \nu_{p_i} \sin \alpha_i}{\sum_{i=1}^n \sin \alpha_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \nu_{p_i} \sin \alpha_i}{\sum_{i=1}^n \sin \alpha_i}$$

(контроль вычислений). (XIV.88)

Затем вычисляют поправки к приращениям координат по формулам:

$$\nu_{Ax} = \nu_s \cos T \quad \nu_{Ay} = \nu_s \sin T$$

$$\Delta_3 = \sum_{i=1}^n \sin \alpha_i \quad (XIV.89)$$

Получив исправленные приращения координат, вычисляют уравненные координаты всех пунктов.

Решение трех условных уравнений можно и целесообразно выполнять двумя групповым способом. В первую группу относят первое условное уравнение — дирекционных углов. Решение его при равноточно измеренных углах сводится к распределению угловой невязки поровну на каждый угол

$$\nu_{p_i} = \nu_{02} = \frac{w_{\pm}}{n} \quad \text{fin} \quad (XIV.90)$$

Условные уравнения поправок второй группы после преобразования коэффициентов имеют вид:

$$1) \sum_{i=1}^n V_i - 0,485 (v_{cp} - y_i) v_i + \sum_{i=1}^n E_i \cos \gamma_i + \langle b = 0; \\ 2) \sum_{i=1}^n |j_i - 0,485 (*_{cp} - *,) \% + \sum_{i=1}^n S_i \sin \gamma_i + n f = 0, \quad (XIV.91)$$

где

$$V_{cp} = \sum_{i=1}^n v_i; \quad *_{cp} = \sum_{i=1}^n \gamma_i;$$

t_{ij} и t_{ij} — невязки соответственно абсцисс и ординат, выраженные в сантиметрах и вычисленные по углам, исправленным первичными поправками v

При уравнивании с учетом точности исключения систематической погрешности — при включении в совместное уравнивание поправки с за компарирование ленты или проволоки с учетом m_e точности определения ее необходимо в условные уравнения координат (XIV.87) добавить члены, содержащие v_g . Полученная после решения нормальных уравнений поправка v_c используется при вычислении поправок сторон $u_{KS} = v_s - f - sv_c$, здесь координаты и длины сторон должны быть выражены в километрах, а m_c и v_G — в сантиметрах на 1 км.

Строгое уравнивание полигонометрических сетей, образованных небольшим числом ходов, производится коррелятным способом аналогично уравниванию одиночных ходов. При строгом уравнивании больших полигонометрических сетей целесообразно применение обобщенного способа наименьших квадратов — уравнивание функций измеренных величин, заменяя, скажем, звенья полигонов двумя или тремя зависимыми величинами с учетом их зависимости. В такой постановке строгое уравнивание целесообразно вести в две группы и за окончательные дирекционные углы принимать значения их, полученные в первой группе. Наряду с коррелятным способом при уравнивании сетей становится конкурентоспособным и параметрический способ.

7. Уравнивание нивелировок

Техника уравнивательных вычислений нивелировок в общем случае значительно проще, чем уравнивание триангуляции, трилатерации и полигонометрии. Поэтому нивелировки, как правило, целесообразно уравнивать строгим способом, т. е. способом, основанным на принципе наименьших квадратов. Может быть применен любой из способов: коррелятный, групповой коррелятный, с решением условных уравнений последовательными приближениями непосредственно на схеме (способ полигонов проф. В. В. Попова); параметрический способ в различных вариантах (нахождение поправок к приближенным значениям определяемых величин или нахождение самих определяемых величин, принимая за определяемые величины отметки пунктов или превышения); последовательных приближений и др.

При уравнивании нивелировок превышения, измеренные на отдельных пунктах, объединяют в группы по нивелирным линиям и за измеренные подлежащие уравниванию, принимают превышения по нивелирным линиям или по отдельным участкам линий. При этом под измеренными превышениями понимают превышения, исправленные всеми необходимыми поправками. При уравнивании нивелирных сетей за отдельные нивелирные линии принимают нивелирные ходы, проложенные между соседними узловыми пунктами нивелирных сетей и между узловыми пунктами и пунктами, имеющими жесткие, не подлежащие изменению отметки. При уравнивании отдельных нивелирных линий за участки нивелирных линий (секции) принимают ходы между двумя смежными постоянными знаками. Нивелирные сети высокого качества целесообразно уравнивать с учетом m_{Gx} и m_{ae} — точности исключения двух систематических погрешностей, причем пропорциональна длине хода L_y и o_2 пропорциональна превышению $D\#$. Функция связи в этом случае имеет вид

$$D\#_{исп} = \sum_{i=1}^n LO_i + D\#_{ae} \quad (\text{функция связи 4 вида}).$$

Нивелирование можно считать равноточным, если оно выполнено одним и тем же методом, одним или однородными инструментами и примерно в одинаковых условиях. В этом случае за веса превышений по нивелирным линиям принимают величины, обратно пропорциональные длинам этих линий или числу штативов. При совместном уравни-

нивании неравноточной нивелировки за веса превышений по нивелирным линиям следует принимать величины, обратно пропорциональные квадратам средних случайных погрешностей превышений. Если нивелирная линия длиной L пройдена нивелировкой различной точности так, что часть линии пройдена со средней погрешностью, равной r_1 , на 1 км хода, вторая часть линии $L_2 = L - L_1$ пройдена с погрешностью r_2 , то вес p_L линии L вычисляют по формуле

$$p_m = A:(i_j^2 L_1 + r_1^2 L_2). \quad (\text{XIV.92})$$

При неравноточном нивелировании все нивелирные линии уравниваемой сети разбивают на группы. В каждую группу объединяют линии равноточного нивелирования. Целесообразно иметь минимально возможное число групп. Для каждой группы нивелирных линий вычисляют среднюю квадратическую случайную погрешность превышения на 1 км хода по невязкам замкнутых полигонов, образованных линиями данной группы, или по невязкам прямых и обратных ходов между смежными постоянными знаками. При отсутствии или недостаточности данных для вычислений значения средних квадратических случайных погрешностей могут быть взяты из инструкции по нивелированию.

При наличии не менее восьми — десяти замкнутых полигонов средняя случайная погрешность

$$m_y = \frac{1}{n} \sqrt{\sum p_i^2}$$

где n — число замкнутых нивелирных полигонов; f — невязки нивелирных полигонов, мм; P — периметры соответствующих полигонов.

Если нивелирные полигоны примыкают один к другому и образуют сеть полигонов, то при вычислении средней погрешности учитывают и $(n + 1)$ -й полигон, охватывающий всю нивелирную сеть.

Если нивелировка выполнена двойным ходом в прямом и обратном направлениях, то средняя погрешность для каждой нивелирной линии

где q — число секций в нивелирной линии; A — расхождение превышений прямого и обратного ходов по каждой секции нивелир-

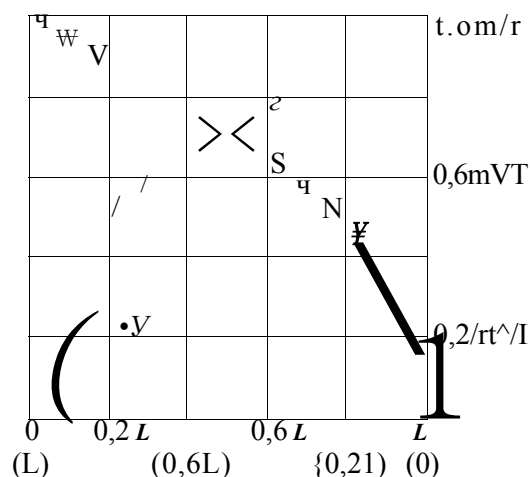


Рис. XVI.17. Погрешности уравниваемых высот

ной линии, мм; I — длина секции, т. е. расстояние между смежными постоянными знаками, км; $s = \frac{Q}{D}$ — расхождение превышений прямого и обратного ходов по нивелирной линии, мм; L — длина нивелирной линии, км.

Если секций в нивелирной линии немного (меньше 5—7), то среднюю погрешность целесообразнее вычислять по формуле

$$m_y = \frac{1}{n} \sqrt{\sum p_i^2} \quad (\text{XIV.95})$$

Уравнивание одиночного нивелирного разомкнутого или замкнутого хода наиболее просто производится коррелятным способом и при равноточном нивелировании сводится к распределению невязки хода пропорционально длинам секций или числу штативов.

Средняя квадратическая погрешность уравниваемой высоты (отметки) любого пункта нивелирного хода

$$m_{H,ур} = m_V \sqrt{L} = \frac{m_V}{\sqrt{L}} \quad (\text{XIV.96})$$

где t — средняя квадратическая погрешность измеренного превышения на 1 км хода; I — расстояние от пункта, погрешность высоты которого определяется, до исходного пункта, высота которого принимается за исходную, безошибочную, км; L — длина всей уравниваемой нивелирной линии.

При этом в разомкнутом ходе безразлично, от которого из двух данных пунктов считать расстояние / до определяемого пункта.

Значения средних квадратических погрешностей уравнированных высот пунктов, расположенных на различных расстояниях от исходных жестких пунктов, показаны на рис. XIV.17. Погрешности уравнированных высот выражены в долях средней погрешности измеренного превышения по всему ходу — в долях $\sqrt{V \sim l}$, а расстояния от исходных пунктов — в долях длины хода L . Пунктирными линиями показаны значения средних квадратических погрешностей высот пунктов, вычисленных по измеренным неуровненным превышениям. Графиком можно пользоваться для вычисления средних погрешностей высот и превышений вместо приведенной выше формулы (XIV.96).

Список литературы

1. Бахурин И. М. Курс маркшейдерского дела. Специальная часть. М., Высшая школа, 1962.
2. Большаков В. Д., Гайдаев П. А. Теория математической обработки геодезических измерений. М., Недра, 1975.
3. Венцель Е. С. Теория вероятностей. М., Физматгиз, 1964.
4. Келль И. Г. Избранные труды. М., Недра, 1964.
5. Никифоров Б. И. Полигональные условия трилатерации. — Геодезия и аэрофотосъемка, 1966, № 4.
6. Никифоров Б. И. Строгое уравнивание триангуляции между двумя исходными пунктами. — Геодезия и картография, 1967, № 12.
7. Смирнов Н. В. Белугин Д. А. Теория вероятностей и математическая статистика в приложении к геодезии. М., Недра, 1969.
8. Справочник геодезиста (в двух книгах). М., Недра, 1975.

Способы маркшейдерских вычислений

Маркшейдерские вычисления выполняют с числами, которые, как правило, содержат погрешности, вызванные погрешностями измерений или округлением. Такие числа называются приближенными. Во избежание излишних затрат труда и потери точности маркшейдерские расчеты должны выполняться по правилам вычислений с приближенными числами.

В настоящее время средствами механизации маркшейдерских вычислений являются в основном настольные счетные машины. Для ускорения и упрощения вычислений используют таблицы логарифмов, натуральных значений тригонометрических функций и других часто употребляемых величин.

Вычисления с малой точностью выполняют на логарифмической линейке или с помощью номограмм.

В связи с созданием вычислительных центров, оборудованных универсальными электронными цифровыми вычислительными машинами, наиболее трудоемкие маркшейдерские вычисления могут выполняться на ЭВМ, что особенно эффективно при наличии телеграфной или фототелеграфной связи между вычислительным центром и горными предприятиями.

1. Действия с приближенными числами

Абсолютной погрешностью ε_a приближенного числа a называют абсолютное значение разности

$$\varepsilon_a = |a - a_0| \quad (\text{XV. 1})$$

где a_0 — истинное значение числа.

Предельной абсолютной погрешностью приближенного числа называют возможно меньшее число Δ_a , удовлетворяющее неравенству

$$a_0 \in [a - \Delta_a, a + \Delta_a] \quad (\text{XV. 2})$$

Отношения погрешностей ε_a и Δ_a к абсолютному значению числа a называют соответственно относительной и предельной относительной погрешностями. Относительные погрешности часто выражают в процентах или в промилях ($1\% = 0,01$).

При вычислениях с приближенными числами их погрешности вызывают погрешности в результатах счета. Поэтому результат вычислений — также приближенное число.

Предельные абсолютные и относительные погрешности функции $u = f(a_1, a_2, \dots, a_n)$ приближенных величин вычисляют по формулам:

$$\Delta_u = \sum_{i=1}^n \left| \frac{df}{da_i} \right| \Delta_{a_i} \quad (\text{XV. 3})$$

$$\varepsilon_u = \frac{\Delta_u}{u} \quad (\text{XV. 4})$$

где $\left| \frac{df}{da_i} \right|$ — абсолютные значения частных производных функций по аргументам a_i ; Δ_{a_i} — предельные абсолютные погрешности аргументов a_i .

Примеры.

$$\begin{aligned} H &= a_1 + a_2 \\ &= 100 + 20 \\ &= 120 \end{aligned} \quad (\text{XV. 5})$$

$$\begin{aligned} u &= c_1 - a_2 \\ A_{u,1} &= A_{c_1} + A_{a_2} \\ &= 0,01 + 0,02 \\ &= 0,03 \end{aligned} \quad (\text{XV. 6})$$

$$\begin{aligned} u &= 0,03 \\ &= 0,03 \end{aligned} \quad (\text{XV. 7})$$

$$u = \frac{f}{l}$$

$$D \quad D_r \quad B$$

$$Bu = + a^2 \quad (XV.8)$$

$$u = a^n,$$

$$A_u = |na^n - 1| D_a \\ = I^n 1 \quad (XV.9)$$

$$u = \lg a,$$

$$\lg \frac{1}{a} - \lg Da = 0,436a. \quad (XV.10)$$

Примеры иллюстрируют известные правила накопления погрешностей при выполнении приближенных вычислений [1]:

1. Предельная абсолютная погрешность алгебраической суммы равна сумме предельных абсолютных погрешностей слагаемых.

2. Относительная погрешность суммы заключена между наибольшей и наименьшей из относительных погрешностей слагаемых.

3. Предельная относительная погрешность разности близких чисел может достигать больших значений.

4. Предельная относительная погрешность произведения (частного) равна сумме относительных погрешностей сомножителей (делимого и делителя).

5. Относительная погрешность n -й степени приближенного числа равна умноженной на n относительной погрешности основания.

6. Абсолютная погрешность десятичного логарифма числа примерно вдвое меньше относительной погрешности самого числа.

Изложенным способом можно оценить предельные абсолютную и относительную погрешности результата любых вычислений. Если необходимо решить обратную задачу — получить результат с заранее заданной абсолютной погрешностью, то, записав формулу предельной абсолютной погрешности результата, можно установить предельные абсолютные погрешности исходных данных и заранее принять меры по обеспечению требуемой точности. При двух и более исходных данных задача решается неоднозначно, так как одно и то же значение предельной абсолютной погрешности результата можно обеспечить при различных соотношениях погрешностей исходных данных. Поэтому допустимые погрешности исходных данных следует устанавливать с учетом возможной точности измерений в конкретных условиях.

Пример. Катет h прямоугольного треугольника должен быть определен с предельной относительной погрешностью $\gamma_{\text{хот}} = 0,0005$. С какой точностью должен быть измерен катет s этого треугольника, если известно, что прилежащий к нему острый угол $\alpha = 30^\circ$ будет измерен с погрешностью не более Γ ?

Решение.

$$h = s \operatorname{tg} \alpha,$$

$$\Delta h = \Delta s \operatorname{tg} \alpha + s \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Delta \alpha$$

$$\sin 2\alpha \quad \Delta \alpha$$

При $b_h = 1/1000$, $\Delta \alpha = \Gamma \ll 1/3440$ получаем, что сторона s должна быть измерена с предельной относительной погрешностью $b_s = 1/3000$.

При вычислениях с приближенными числами нецелесообразно удерживать неверные цифры, так как это приводит к излишним затратам труда и создает неправильное представление о точности получаемых результатов. Поэтому приближенные числа следует записывать, сохраняя только значащие цифры. Значащими называют все цифры числа, начиная с первой слева и до последней справа, которая имеет абсолютную погрешность не более единицы. При подсчете числа значащих цифр не учитывают нули с левой стороны числа. Например, числа 703,1; 0,0403; 305,200 имеют соответственно четыре, три, шесть значащих цифр.

При записи приближенного числа значащими цифрами это число округляют, отбрасывая часть числа, следующую после последней значащей цифры. Если при этом первая отбрасываемая цифра больше 4, то последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу. Но эта цифра не увеличивается, если она четная, а отбрасывается только цифра 5. Например, $79,2327 = 79,23$; $125,4652 = 125,47$; $43,2463 = 43,25$; $128,475 = 128,48$; $27,445 = 27,44$.

Предельная абсолютная погрешность результата вычислений, определенная по приведенной ранее формуле, заведомо превосходит абсолютную погрешность результата, так как эта формула соответствует случаю, когда различные погрешности усиливают друг друга, хотя на практике они обычно частично компенсируются. При массовых вычислениях, когда не учитывают погрешность каждого результата, пользуются приведенными ниже правилами вычислений с приближенными числами. При соблюдении этих правил в большинстве случаев все цифры полученного результата будут значащими,

хотя в отдельных случаях возможны погрешности в несколько единиц последнего знака.

Правила вычислений с приближенными числами следующие:

1. При записи чисел учитывать только значащие цифры.

2. Если при сложении и вычитании некоторые числа имеют больше десятичных знаков, чем другие, то их следует округлять, сохраняя одну лишнюю цифру.

3. При сложении и вычитании сохранять в результате столько десятичных знаков, сколько их в приближенном данном с наименьшим числом десятичных знаков.

4. Малые разности двух чисел вычислять как поправку к числу, используя для этого соответствующие формулы.

5. Если при умножении и делении некоторые числа имеют больше значащих цифр, чем другие, то их предварительно следует округлять, сохраняя одну лишнюю цифру.

6. При умножении и делении в результате следует сохранить столько значащих цифр, сколько их имеет приближенное данное с наименьшим числом значащих цифр.

7. При возведении в квадрат и куб в результате сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет приближенное значение самого числа.

8. При извлечении квадратного и кубического корней в результате брать столько значащих цифр, сколько их имеет приближенное значение подкоренного числа.

9. Пользоваться таблицами логарифмов, имеющих столько знаков, сколько значащих цифр в числе с наименьшим числом значащих цифр.

10. Не выписывать и не вычислять величины, которыми можно пренебречь без ущерба для точности конечного результата.

2s Настольные счетные машины

Для выполнения маркшейдерских вычислений используют арифмометры, электромеханические клавишные вычислительные машины и электронные клавишные вычислительные машины.

Арифмометры — настольные вычислительные машины. Рычажные арифмометры типа «Феликс» предназначены в основном для выполнения умножения и деления. Максимальная разрядность числа, набираемого установочными рычагами на барабане, — 9 разрядов. Емкость счетчика результатов — 13 разрядов, емкость счетчика оборотов — 8 разрядов.

Правила обращения. Чтобы избежать поломки арифмометра, не допуска-

ется: вращать рукоятку, если не защелкнуты барашки; вращать рукоятку и барашки, когда каретка остановилась между разрядами; перемещать каретку при незащелкнутых рукоятке и барашках; резко передвигать каретку на несколько разрядов, резко ударять ограничитель хода каретки в ее крайних положениях. Во избежание ошибок в вычислениях нельзя останавливать рукоятку до окончания оборота. Если начат лишний оборот при умножении или начали вращать рукоятку не в ту сторону, или при делении раздался звонок, то необходимо закончить начатый оборот и лишь после этого вращать рукоятку в обратную сторону. Вращать рукоятку следует отрывисто со скоростью 180—200 об/мин.

Выполнение действий. Перед началом вычислений показания счетчиков приводят к нулю. При сложении набирают установочными рычагами число на барабане арифмометра и делают рукояткой обзор в положительном направлении (по часовой стрелке). При вычитании вращают рукоятку в отрицательном направлении (против часовой стрелки). На счетчике результатов получается алгебраическая сумма. Отрицательная величина на счетчике результатов показывается дополнительным числом.

При умножении установочными рычагами набирают один из сомножителей и, вращая рукоятку в положительном направлении, набирают на счетчике оборотов второй сомножитель. Произведение считают на счетчике результатов.

Деление выполняется способом последовательного вычитания делителя из делимого или подбором делимого на счетчике результатов. При последовательном вычитании делимое устанавливают на счетчике результатов, делитель — на барабане. Вращением рукоятки в отрицательном направлении очищают счетчик результатов, получая значение частного на счетчике оборотов. При делении способом подбора ставят на барабане значение делителя и, вращая рукоятку в положительном направлении, набирают на счетчике результатов значение делимого, получая значение частного на счетчике оборотов.

Для извлечения квадратного корня можно использовать приближенную формулу

$$V^{\circ}A = \frac{— 0,5}{a} + 0,5a, \quad {}^{\circ}(XV.11)$$

где a — приближенное значение корня. При определении a по логарифмической линейке вычисленное таким образом значение корня имеет шесть значащих цифр.

Для выполнения вычислений с меньшими затратами труда рекомендуется: при умноже-

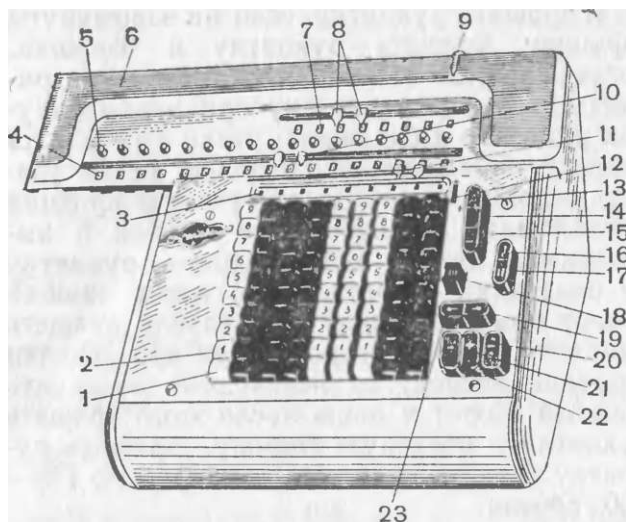


Рис. XV.1. Вычислительная многоклавишная полуавтоматическая машина ВМП-2:

1 — клавиши поразрядного гашения клавиатуры; 2 — установочная клавиатура; 3 — окна контроля установки чисел на клавиатуре; 4 — окна счетчика результатов; 5 — поворотные головки для установки чисел в счетчике результатов; 6 — каретка; 7 — окна счетчика оборотов; 8 — передвижные запятые счетчика оборотов; 9 — указатель положения каретки; 10 — передвижные запятые счетчика результатов; 11 — передвижные запятые для чисел на клавиатуре; 12 — переключатель счетчика оборотов; 13 — клавиша освобождения клавиши повторения; 14 — клавиша повторения; 15 — клавиша прерывания деления; 16 — клавиша гашения счетчика оборотов; 17 — клавиша гашения счетчика результатов; 18 — клавиша общего гашения клавиатуры; 19 — клавиша подачи каретки вправо; 20 — клавиша деления; 21 — клавиша сложения; 22 — клавиша вычитания; 23 — клавиша подачи каретки влево

нии ставить на барабане сомножитель с большим числом знаков; при умножении нескольких чисел на одно и то же число установить это число на барабане и умножать его на данные числа; умножение на цифры 6, 7, 8, 9 заменять умножением на (10—4), (10—3), (10—2), (10—1), т. е. вращением рукоятки в положительном направлении набирать лишнюю единицу в предыдущем старшем разряде и вращением в обратном направлении — вычитать соответственно 4, 3, 2, 1 из последующего младшего разряда; при делении на одно и то же число более трех раз получать частные умножением на величину, обратную делителю.

Проверка арифмометра. Умножают число 123 456 789 на числа, кратные 9. При умножении этого числа на 9 на счетчике результатов должно получиться 1 111 111 101. В том же положении каретки поворачивают рукоятку еще 9 раз. На счетчике результатов должно получиться 2 222 222 202, а на счетчике оборотов — нули. При вращении рукоятки еще девять раз должно получиться

3 333 333 303 и т. д. Вращение рукоятки столько же раз против часовой стрелки должно привести счетчик результатов к нулевому положению. Если указанные условия не выполняются, то арифмометр неисправен и нуждается в ремонте.

Электромеханические клавишные вычислительные машины. Имеется много типов вычислительных клавишных машин с электрическим приводом. Наиболее распространенные — вычислительная многоклавишная* полуавтоматическая машина ВМП-2 (рис. XV.1) и вычислительная многоклавишная автоматическая машина ВМА-2' (рис. XV.2).

Машина ВМП-2 производит четыре арифметических действия, причем умножение выполняется полуавтоматически, а остальные действия — автоматически. Емкость установочной цифровой клавиатуры 9 разрядов* счетчика результатов 17 разрядов, счетчика оборотов 8 разрядов. Приводом является универсальный электродвигатель мощностью 30 Вт, который может включаться в сеть напряжением 110 или 220 В.

Набор чисел на клавиатуре 2 производят нажатием цифровых клавиш в соответствующих разрядах. При нажатии любой клавиши в разряде поднимается ранее нажатая клавиша этого разряда. Клавиша 1 служит для гашения набора цифр. Установленное на цифровой клавиатуре число видно в окнах 4 контроля установки чисел. Машина ВМП-2 имеет двенадцать клавиш и рычагов управления. При сложении, вычитании и делении клавиша 14 с надписью «П» должна находиться в верхнем положении, при умножении эта клавиша должна быть прижата.

При умножении множимое набирают на клавиатуре 2. Пользуясь клавишей сложения 21 с надписью «+» и клавишами 19, 23 поразрядного передвижения каретки, набирают на счетчик оборотов 7 значение множителя. В окнах 4 счетчика результатов читают значение произведения.

При делении каретку 6 устанавливают в крайнее правое положение. Делимое, набранное на клавиатуре (начиная с крайнего левого разряда), нажатием на клавишу «+» переносят в счетчик результатов. Появившаяся единица в счетчике оборотов гасится клавишей 16. На высших разрядах цифровой клавиатуры набирают делитель. При нажатии на клавишу 20 автоматически выполняется деление. Частное читается в окнах 7 счетчика оборотов. Нажатием на клавишу 15 можно остановить деление на любом разряде.

Машина ВМА-2 (см. рис. XV.2) автоматически производит четыре арифметических действия, на ней удобно выполнять

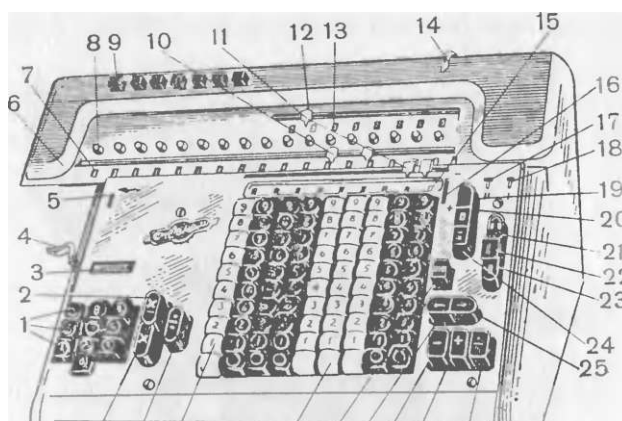
комбинированные арифметические вычисления. В отличие от ВМП-2, машина ВМА-2 имеет клавиатуру 1 для установки множителя. На ней можно набирать числа не более восьми разрядов. Умножение выполняется автоматически. Множимое набирают на клавиатуре 32, множитель — на клавиатуре 1. Установленное на клавиатуре 1 число видно в окне 3. При нажатии на клавишу 34 происходит умножение, после чего полученное произведение читается в окнах 7 счетчика результатов. Если произведение необходимо вычесть из числа, полученного ранее в счетчике результатов, то выполняют умножение нажатием клавиши 2. Для выполнения многократного умножения имеется клавиша 21, которая позволяет переносить число из счетчика результатов в установочный механизм. Переносимое число не должно иметь <юлее восьми знаков. Клавиша 21 действует, когда рычаг 17 опущен вниз.

Машина ВМА-2 имеет универсальный электромотор мощностью 30 Вт и может включаться в сеть напряжением 110 или 220 В.

Электронные клавишные вычислительные машины (ЭКВМ) — наиболее современный тип машин. Достоинства ЭКВМ — многообразие выполняемых операций, простота обслуживания, бесшумность, практически мгновенное выполнение вычислений, высокая надежность. Отечественной промышленностью выпускаются разнообразные типы ЭКВМ, в том числе микрокалькуляторы и настольные ЭКВМ. Правила выполнения вычислений на ЭКВМ излагаются в инструкциях по эксплуатации, прилагаемых заводом-изготовителем к каждой машине.

Микрокалькуляторы «Электроника БЗ-19М» и «Электроника БЗ-21» показаны на рис. XV.3.

Габаритные размеры микрокалькулятора «Электроника БЗ-19М» 166X86X41 мм, масса 0,4 кг. Микрокалькулятор работает от встроенных аккумуляторов или от сетевого блока питания, подключаемого к сети переменного тока напряжением 220 В. Подзарядка аккумуляторов осуществляется от сетевого блока питания. Микрокалькулятор оперирует семиразрядными десятичными числами. Ввод чисел и действия над ними осуществляют нажатием соответствующих клавиш. Исходные данные и результаты вычислений фиксируются светящимися цифрами на светодиодных индикаторах. Автоматически выполняются четыре арифметических действия, вычисляются десятичные и натуральные логарифмы и антилогарифмы, тригонометрические и обратные тригонометрические функции, извлекаются квадратные корни, возводятся числа в степень и вычисляются обратные величины для действительных чисел.



34 / 33 32 7 Г7 / 7 1
31 30 29 28 27 26

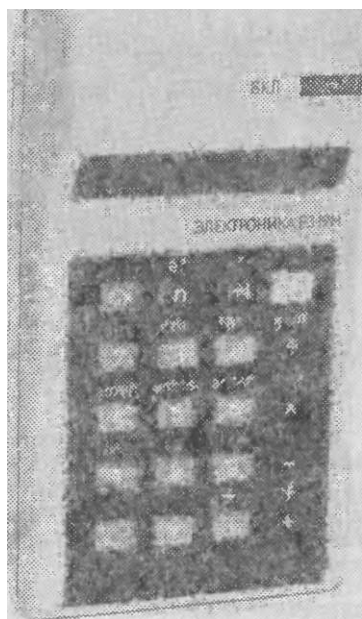
Рис. XV.2. Вычислительная многоклавишная автоматическая машина ВМА-2:

1 — клавиатура для установки множителя; 2 — клавиша отрицательного умножения; 3 — окно контроля установленного множителя; 4 — рычаг гашения множителя; 5 — рычаг выключения возвратов каретки после умножения; 6 — каретка; 7 — окна счетчика результатов; 8 — поворотные головки для установки чисел в счетчике результатов; 9 — клавиши ограничителя движения каретки при делении; 10, 11, 12 — передвигаемые запяты; 13 — окна счетчика оборотов; 14 — указатель положения каретки; 15 — окна контроля установки чисел на клавиатуре; 16 — переключатель счетчика оборотов; 17 — выключатель автоматического гашения счетчика результатов; 18 — выключатель автоматического гашения счетчика оборотов; 19 — клавиша освобождения клавиши 20; 20 — клавиша включения автоматического гашения установочной клавиатуры; 21 — клавиша переноса числа из счетчика результатов в установочный механизм; 22 — клавиша гашения счетчика оборотов; 23 — клавиша гашения счетчика результатов; 24 — клавиша прерывания деления; 25 — клавиша подачи каретки вправо; 26 — клавиша деления; 27 — клавиша сложения; 28 — клавиша вычитания; 29 — клавиша подачи каретки влево; 30 — клавиша общего гашения установочной клавиатуры; 31 — клавиши поразрядного гашения клавиатуры; 32 — установочная клавиатура; 33 — клавиша передачи делимого в счетчик результатов; 34 — клавиша умножения

Микрокалькулятор заменяет таблицы логарифмов и тригонометрических функций.

Микрокалькулятор «Электроника БЗ-21» (рис. XV.3, б) отличается от предыдущего микрокалькулятора тем, что оперирует с восьмиразрядными десятичными числами и может работать по программам, составленным исполнителем. Длина программы до 60 шагов, она может содержать условные и безусловные переходы, обращения к подпрограммам. Программы заносятся с клавиатуры микрокалькулятора в его программную память. Габаритные размеры микрокалькулятора 185X100X42 мм, масса 0,4 кг.

Настольные ЭКВМ подразделяются на машины с ручным управлением («Искра-111»,



«Искра-1122», «Искра-121», «Искра-122», «Электроника ЗС-07» и др.) и машины, имеющие программный режим управления («Искра-123», «Искра-125», «Электроника-70», «Электроника ТЗ-16», «Электроника 15 ВСМ-5» и др.)

Настольная ЭКВМ «Искра-122» с ручным управлением, показанная на рис. XV.4, предназначена для выполнения научно-технических и простейших математических расчетов. Габариты машины 40X38X13 см, масса 15 кг, питание от сети переменного тока напряжением 220 В. Машина оперирует с 16-разрядными десятичными числами с естественной запятой. С учетом знаков и запятых автоматически выполняет четыре арифметических действия, а также накопление, операции с константами, обратное деление, извлечение квадратного корня, возведение в степень. Для сохранения промежуточных результатов имеются пять регистров памяти. Ввод исходных данных и команд осуществляется вручную с клавиатуры машины. Исходные данные и результаты вычислений выводятся на визуальный индикатор из газоразрядных индикаторных ламп.

ЭКВМ «Электроника 15 ВСМ-5», показанная на рис. XV.5 имеет программный режим управления, предназначена для выполнения научно-технических и математических расчетов средней сложности. Габариты машины 58X47X18 см, масса 25 кг, питание от сети переменного тока напряжением 220 В. Машина оперирует 16-разрядными числами с естественной и плавающей запятой. Результаты счета выдаются на световое табло, одновременно могут быть выведены два числа. Запоминающее устройство ЭКВМ имеет 128 регистров. Числа и программы вводятся, в запоминающее устройство с клавиатуры или со встроенного считывающего устройства с магнитной ленты бытового кассетного магнитофона. Завод-изготовитель прилагает к машине магнитную ленту с записью библиотеки стандартных программ для решения задач алгебры, линейной алгебры и математической статистики. Простая система кодирования операций позволяет составлять программы для выполнения достаточно сложных расчетов, максимальная длина программы 960 шагов. Возможности ЭКВМ могут быть, расширены при использовании дополнительного периферийного оборудования (внешнее запоминающее устройство, электрифицированная пишущая машинка, фотосчитыватель с перфоленты и т. д.).

По своим возможностям и области применения ЭКВМ с программным управлением являются вычислительными устройствами, промежуточными между настольными ЭКВМ.

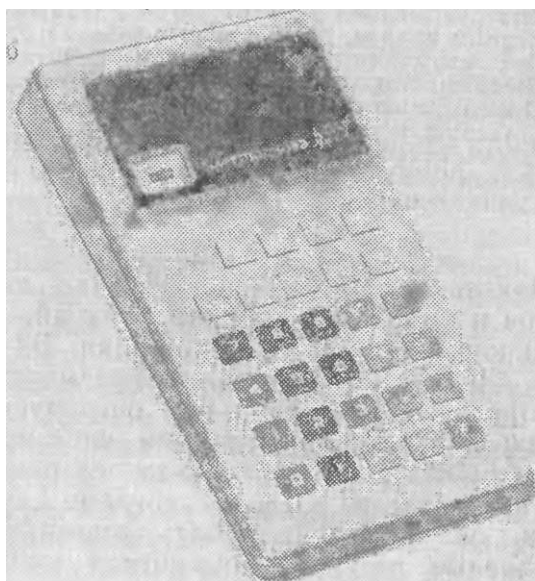


Рис. XV.3. Микрокалькуляторы:

а — «Электроника БЗ-19М»; б — «Электроника БЗ-21»

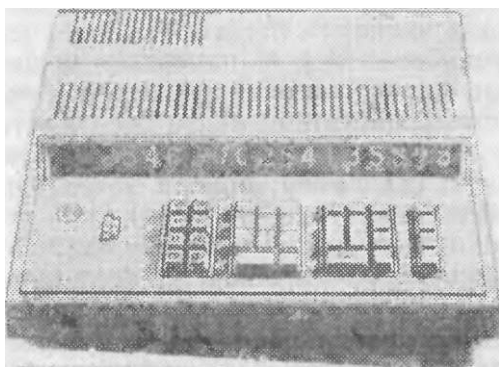


Рис. XV.4. Электронная клавишная вычислительная машина «Искра-122»

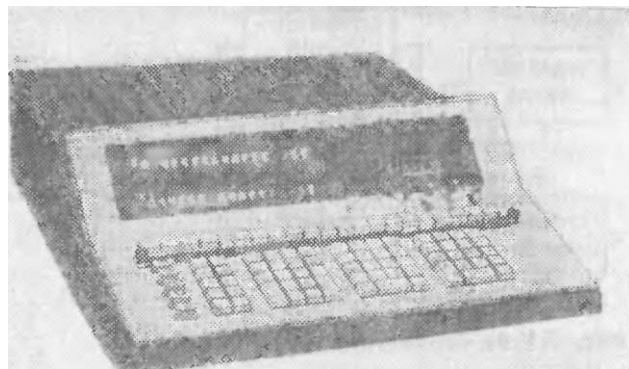


Рис. XV.5. Электронная клавишная вычислительная машина «Электроника 15 BCM-5»

с ручным управлением и универсальными электронными вычислительными машинами.

3. Электронные цифровые вычислительные машины с программным управлением

Общие сведения об устройстве ЭВМ. В электронных цифровых вычислительных машинах (ЭВМ) арифметические операции и другие действия выполняются с помощью электронных приборов, обеспечивающих чрезвычайно высокую скорость вычислений и позволяющих применить принцип программного управления для автоматического производства расчетов.

Принцип программного управления реализуется с помощью программы вычислений, состоящей из последовательности команд-указаний, какие операции и в какой последовательности должна выполнять ЭВМ.

На ЭВМ можно решать самые сложные и разнообразные задачи, поскольку решение можно свести к последовательному выполнению арифметических действий и анализу результатов, получаемых на промежуточных этапах. ЭВМ позволяют обеспечить любую точность вычислений как программным путем, так и включением в их состав необходимого числа электронных приборов, физически реализующих разряды чисел.

Современные ЭВМ состоят из семи основных типов устройств: устройств ввода (УВ); оперативного запоминающего устройства (ОЗУ); внешнего запоминающего устройства (ВЗУ); арифметического устройства (АУ); устройства управления (УУ); устройств вывода (УВЫ); пульта управления (ПУ).

Основные связи между устройствами показаны на структурной схеме (рис. XV.6).

Устройства ввода предназначены для ввода в ЭВМ программы решения задачи и исходных числовых данных. С этой целью как программа, так и числовые данные наносятся на бумажную ленту (перфоленту) или картонные карты (перфокарты) в виде определенной последовательности отверстий (пробивок). Перфорация выполняется на электромеханических устройствах подготовки перфолент или перфокарт.

С помощью фотоэлектрических или электромеханических блоков устройств ввода информация, нанесенная на карты и ленты, преобразуется в электрические сигналы, поступающие в оперативное запоминающее устройство.

Оперативное запоминающее устройство служит для приема информации от других устройств машины, ее хранения и пересылки. Структура движения информации к ОЗУ и от него к другим устройствам показана на схеме двойными стрелками. Обычно ОЗУ реализуется набором связанных друг с другом электромагнитных элементов. ОЗУ условно разбито на ячейки, в свою очередь каждая ячейка разделена на разряды. В каждом разряде могут быть зафиксированы 0 и 1. Набор нулей и единиц определяет значение числа в целом и образует слово. Система счисления, использующая 0 и 1, называется двоичной, а каждый двоичный разряд — битом. Восемьразрядное двоичное слово называется байтом.

Внешнее запоминающее устройство используется для постоянного хранения информации и программ, а также в тех случаях, когда объем информации не вмещается в ОЗУ. В качестве ВЗУ обычно используются накопители на магнитных лентах (НМЛ), магнитных барабанах (НМБ) или дисках (НМД). Принципы записи и чтения информации в ВЗУ аналогичны



Рис. XV.6. Структурная схема ЭВМ

используемым в электронной записывающей аппаратуре (например, магнитофонах). Между ВЗУ и ОЗУ возможен двусторонний обмен информацией.

Арифметическое устройство предназначено для выполнения арифметических действий с числами, хранящимися в ОЗУ. Кроме того, с помощью арифметического устройства вырабатываются управляющие сигналы, позволяющие машине выбирать путь дальнейших вычислений в зависимости от предыдущих результатов.

Устройство управления обеспечивает автоматическое выполнение заданной программы. Оно расшифровывает информацию, содержащуюся в программе, и вырабатывает управляющие сигналы другим устройствам, указывая, что им надлежит делать.

Пульт управления предназначен для пуска и остановки машины, контроля за ходом вычислений и оперативного вмешательства в работу машины.

Устройство вывода служит для печати или перфорации результатов. Результаты печатаются на алфавитно-цифровом печатающем устройстве (АЦПУ) в виде таблиц и графиков со скоростью 300—600 строк/мин. В некоторых ЭВМ результаты могут быть выведены на телетайп или электрифицированную пишущую машинку со скоростью около 10 знаков/с. Перфорация результатов выполняется на выходных ленточных или карточных перфораторах со скоростью 20 — 150 знаков/с.

Для наглядного представления результатов вычислений в виде таблиц, графиков могут быть использованы устройства их изображения на телевизионных экранах (дисплеи), а также приборы для автоматического построения чертежей (графопостроители). С помощью дисплеев возможен также ввод данных в ЭВМ по каналам связи с корректировкой информации, изображенной на экране (с помощью клавишного набора или с применением специальных устройств типа «световых перьев»).

Для автоматизации процесса чтения информации с чертежей используются считывающие устройства. Они позволяют автоматически фиксировать на перфоленте, перфокартах или магнитной ленте координаты характерных точек чертежей и служебную информацию (например, номера точек, шифры обводимых контуров и т. п.).

Автоматическая и синхронная работа* устройств ЭВМ обеспечивается последовательным выполнением машинных команд. Различают машинные команды, выполняющие следующие функции: ввод информации и запись ее в фиксированные ячейки ОЗУ, пересылку информации в ОЗУ и между ОЗУ и ВЗУ, арифметические и логические действия с числами, безусловный переход к тем или иным местам программы, а также переход по условию (в зависимости от результатов, предыдущих действий), печать или перфорацию результатов, останов работы машины.

Каждая команда представляет собой совокупность цифр (кодов), подразделяющуюся на несколько групп.

Первая группа цифр называется **кодом операции** и определяет, какую операцию следует выполнить. Вторая группа носит **служебный характер**, устанавливая, как изменится команда перед ее исполнением. Третья группа называется **адресной частью** и в зависимости от функций команд, перечисленных выше, указывает: адреса ячеек ОЗУ, куда следует ввести информацию; адреса в ОЗУ, НМЛ, НМБ или НМД, между которыми должен быть выполнен обмен информацией; адреса ячеек ОЗУ, откуда следует взять числа для выполнения операции и куда должен быть послан результат; адреса ячеек ОЗУ с алфавитно-цифровой информацией, которую следует печатать или перфорировать.

В зависимости от числа адресов в адресной части машинной команды различают одно-, двух- и трехадресные ЭВМ и ЭВМ со свободной адресацией.

Процесс вычислений по программе обычно сводится к следующему. Машина выбирает из ОЗУ первую команду программы и посылает ее в УУ. В УУ выделяется кодовая и адресная части команды. Кодовая часть настраивает АУ или УУ на выполнение операции, соответствующей коду. Под действием адресной части выбираются числа из ОЗУ и выполняется необходимая операция. Далее машина выбирает следующую команду и аналогичным образом выполняет ее. В случае, когда встречена команда безусловного или условного перехода, последовательность выполнения команд нарушается: машина пе-

переходит к выполнению команды, адрес которой указан в команде перехода.

Системы счисления и формы представления чисел, используемые в ЭВМ. Большинство ЭВМ работает в двоичной системе счисления. Для реализации этой системы в ЭВМ используются электронные элементы, способные принимать только два устойчивых состояния. Так, наличие высокого напряжения на выходе элемента соответствует 1, низкого — 0. Любое число N в двоичной системе счисления может быть представлено в виде

$$iV_2 = a_n 2^n + a_{n-1} 2^{n-1} + \dots + a_1 2^1 + a_0 2^0 + \frac{a_{-1}}{2} + \frac{a_{-2}}{2^2} + \dots + \frac{a_{-i}}{2^i}$$

целая часть дробная часть

Числа $\{a_i\}$ могут принимать значения 0 или 1. В этом случае число записывают как $a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0 . a_{-1} a_{-2} \dots a_{-i}$

Пример. Записать десятичное число 19,5 в двоичной системе счисления. Имеем $19,5 = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1}$. Число запишется в виде 10011,1.

Правила арифметических действий с двоичными числами приведены в табл. XV.1.

Пример. Необходимо сложить, а затем умножить два двоичных числа: 10111 (двадцать три) и 10011 (девятнадцать). Имеем;

$$\begin{array}{r} 10111 \\ 10011 \\ \hline 101010 \text{ (сорок два)} \end{array} \quad \begin{array}{r} \times \\ 10111 \\ \hline 10111 \\ 10111 \\ 10111 \\ \hline 110110101 \text{ (четыре-} \\ \text{тридцать} \\ \text{семь)} \end{array}$$

Для сокращения записей двоичных чисел и команд используется восьмеричная система счисления.

Число N в восьмеричной системе счисления может быть представлено в виде

$$iV_8 = a_n 8^n + a_{n-1} 8^{n-1} + \dots + a_1 8^1 + a_0 8^0$$

целая часть дробная часть

где цифры $\{a_i\}$ могут принимать значение 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Например, десятичное число 19,5 может быть представлено как $2 \cdot 8^1 + 3 \cdot 8^0 + 4 \cdot 8^{-1}$. Оно запишется 23,4 (8). Восьмеричное число можно легко записать в виде двоичного числа, если каждый разряд восьмеричного числа представить в двоичной системе счисления

Таблица XV. 1

Правила действий с двоичными числами

Сложение	Вычитание	Умножение
$0 + 0 = 0$	$0 - 0 = 0$	$0 \times 0 = 0$
$0 + 1 = 1$	$1 - 0 = 1$	$0 \times 1 = 0$
$1 + 0 = 1$	$1 - 1 = 0$	$1 \times 0 = 0$
$1 + 1 = 10$	$10 - 1 = 1$	$1 \times 1 = 1$

сложения тройкой (триадой) двоичных цифр. Так, восьмеричное число 23,4 запишется как $23,4$ (восьмерично) или $010, 011, 100$ (двоично) или $10011,1$.

Перевод десятичных чисел в двоичную систему счисления выполняется в ЭВМ автоматически. Для этой цели десятичные числа фиксируются в двоично-десятичном коде в виде четверок (тетрад) двоичных цифр (0 или 1). Соответствие между десятичными и двоично-десятичными цифрами иллюстрируется табл. XV.2.

Например, десятичное число 89 запишется в двоично-десятичном коде как 1000 1001.

Представление чисел и команд в ЭВМ. В зависимости от конструкции или режима работы ЭВМ оперируют числами с плавающей или фиксированной запятой. При представлении чисел с плавающей запятой последние записываются в нормализованной форме

$$N = m a^p,$$

где m — мантисса числа; p — его порядок; a — основание системы счисления.

Абсолютное значение мантиссы должно находиться в пределах $a^{-1} < m < 1$. Так, десятичное число $13,78 = 0,1378 \cdot 10^2$ имеет мантиссу $0,1378$, порядок $+2$ и за-

Таблица XV.2

Соответствие десятичных и двоичных цифр

Десятичная цифра	Двоичная тетрада	Десятичная цифра	Двоичная тетрада
0	0000	6	0110
1	0001	7	0111
2	0010	8	1000
3	0011	9	1001
4	0100		
5	0101		

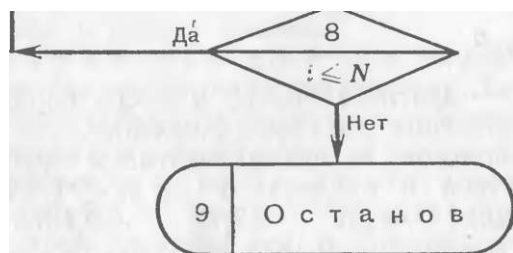
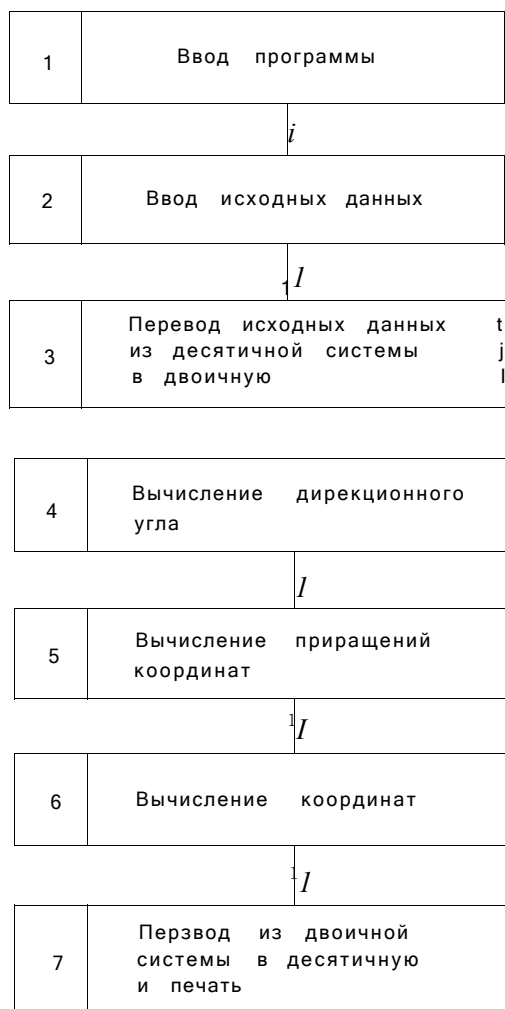


Рис. XV.7. Блок-схема вычисления всячего теодолитного хода; первоначально $i = 1$

писывается как $-0,1378 + 02$. При записи в ЭВМ чисел с фиксированной запятой обычно допускается их представление в виде правильных дробей, причем допустимый диапазон изменения чисел в этом случае обычно составляет $-0,9999 \dots -5 + 0,9999 \dots$

Составление программ для ЭВМ обычно складывается из следующих этапов.

1. Математическая формулировка задачи и разработка алгоритма. Математическая формулировка задачи содержит перечень исходных

данных и последовательность математических действий, приводящих от исходных данных к результату. Алгоритм задачи является точным предписанием, определяющим вычислительный процесс, ведущий от варьируемых начальных данных к искомому результату. Алгоритм обычно наглядно реализуется в виде блок-схемы. На рис. XV.7 показана блок-схема вычисления всячего теодолитного хода, состоящего из N точек.

2. Составление программы. Программы составляют с использованием средств автоматизации программирования. С этой целью разработаны и используются алгоритмические языки АЛГОЛ, ФОРТРАН, КОБОЛ, Ассемблер, ПЛ-1, РПГ и др. При использовании алгоритмических языков программы пишутся в удобной, близкой к обычным математическим записям форме и автоматически переводятся в систему команд той или иной машины с помощью программ-трансляторов. Это позволяет существенным образом уменьшить время программирования. Процесс программирования обычно начинают с составления блок-схемы программы, а затем шаг за шагом записывают операторы программы. Для стандартных математических операций (y , $\ln$, $\log$, ex , $\sin$, $\cos$, $\arctg$ и т. п.) используются подпрограммы, имеющиеся в математическом обеспечении ЭВМ и включаемыми в составляемую программу в виде отдельных блоков, к которым возможно обращение с разных мест программы.

3. Отладка программы. После того как программа составлена, она переносится на перфоленгу или перфокарты. Чтобы проверить правильность работы программы, составляют отладочный (тестовый) пример. Последний должен быть достаточно простым и вместе с тем охватывать возможные варианты решения задачи. Отладочный пример просчитывают вручную и на ЭВМ, совпадение результатов указывает на правильность составленной программы. В случае, если результаты не совпадают, то проверяют результаты промежуточных вычислений (путем выдачи этих результатов на печать) и выявляют ошибочные участки программы. Для автоматизации процесса отладки используются специально разработанными отладочными программами.

Основные технико-эксплуатационные характеристики отечественных ЭВМ. По назначению ЭВМ делятся на собственно вычислительные для выполнения трудоемких вычислений, управляющие — для оптимального управления процессами и информационные — для обработки и хранения больших объемов информации [2]. По вычислительной мощ-

Table XV J

Таблица 3.3.3		Средняя стоимость из СМН				
2014	Средняя стоимость работ по ремонту и содержанию объектов	Материальные ресурсы	Финансовые ресурсы	в том числе: 30		
				по проекту	из бюджета	
«ар-30»	5 000	по проекту	Проектная стоимость 30	6592 руб.	Платежи 30 для проекта 13 руб.	
«ар-30»	12 000	1, 2, 3	30	6596	Платежи 30 для проекта 13 руб.	
«СНС-4»	20 000	2	45	1952	Платежи 30 для проекта 13 руб.	
«СНС-5»	20 000	2	37	из 10 384 руб. 6138 руб.	30 руб. 30 руб.	
«СНС-6»	10 275	2, 3	43	из 10 384 руб. 6138 руб.	30 руб. 30 руб.	
«СНС-6»	1 100	1	30 руб. 6138 руб.	31758 руб.	30 руб. 30 руб.	
«СНС-6»	10 000	1	30 руб. 6138 руб.	10-112 руб.	30 руб. 30 руб.	
«СНС-10»	10 000	2	4 руб.	1011 руб.	30 руб. 30 руб.	
«СНС-10»	500 000	2	6 руб.	1011 руб.	30 руб. 30 руб.	

после различного жидкого, среднего и большого ЗЕМ.

В среднем ЗЕМ относится к числу с обилием ОЗУ 2—8 т/га (вместе) и со средним биотрофизмом до 5 т/га сорняков/га. Среднее ЗЕМ имеет ОЗУ 16—65 т/га, следовательно, биотрофизм — 20—30 т/га сорняков/га, больше ЗЕМ — ОЗУ на столь же величине, следовательно — также величина операций/га. В зависимости от количества сорняков в разложении времени, что исключает использовать ресурсы почвы большую часть попутной, лишняя собственная эквивалентна с ЗЕМ. Для большого ЗЕМ характерны развитие многолетних травянистых растений, особенно ОЗУ. Соединение с ЗЕМ и при более распространённых отнесении ЗЕМ приведены в табл. XV.3.

Для оперативности и удобства обитомое вычислений используется ЭВМ «Мир-2» «Мир-3». В постоянной памяти этих машин размещены программы базового числа программ решения общеразностных и частных краевых задач (решение систем линейных уравнений, вычисления корней уравнений высших степеней, вычисления определителей матриц, решение дифференциальных урав-

нени, вычисление элементарных функций
и т. п.)

Информация может вводиться непосредственно с записывающей аппаратуры на магнитный диск. Программирование на язык машинного языка осуществляется с помощью алгоритмических языков, близких к словесному и формульному описанию, языку Мира и (вспомогательный язык) языка программирования, близкого к естественным языкам, машинное описание выполняется в ригиты. На языке «Янтра-2» можно одновременно решать несколько задач. Результаты вычисления на записывающей аппаратуре выводятся на экран. Программатор работает в быстрой последовательности. Для более гибкого выполнения в системе можно использовать ЯМЗ - БСМЗ-4, БСМЗ-5, БСМЗ-6, БСМЗ-7, БСМЗ-8, БСМЗ-9, БСМЗ-10, БСМЗ-11, БСМЗ-12, БСМЗ-13, БСМЗ-14, БСМЗ-15, БСМЗ-16, БСМЗ-17, БСМЗ-18, БСМЗ-19, БСМЗ-20, БСМЗ-21, БСМЗ-22, БСМЗ-23, БСМЗ-24, БСМЗ-25, БСМЗ-26, БСМЗ-27, БСМЗ-28, БСМЗ-29, БСМЗ-30, БСМЗ-31, БСМЗ-32, БСМЗ-33, БСМЗ-34, БСМЗ-35, БСМЗ-36, БСМЗ-37, БСМЗ-38, БСМЗ-39, БСМЗ-40, БСМЗ-41, БСМЗ-42, БСМЗ-43, БСМЗ-44, БСМЗ-45, БСМЗ-46, БСМЗ-47, БСМЗ-48, БСМЗ-49, БСМЗ-50, БСМЗ-51, БСМЗ-52, БСМЗ-53, БСМЗ-54, БСМЗ-55, БСМЗ-56, БСМЗ-57, БСМЗ-58, БСМЗ-59, БСМЗ-60, БСМЗ-61, БСМЗ-62, БСМЗ-63, БСМЗ-64, БСМЗ-65, БСМЗ-66, БСМЗ-67, БСМЗ-68, БСМЗ-69, БСМЗ-70, БСМЗ-71, БСМЗ-72, БСМЗ-73, БСМЗ-74, БСМЗ-75, БСМЗ-76, БСМЗ-77, БСМЗ-78, БСМЗ-79, БСМЗ-80, БСМЗ-81, БСМЗ-82, БСМЗ-83, БСМЗ-84, БСМЗ-85, БСМЗ-86, БСМЗ-87, БСМЗ-88, БСМЗ-89, БСМЗ-90, БСМЗ-91, БСМЗ-92, БСМЗ-93, БСМЗ-94, БСМЗ-95, БСМЗ-96, БСМЗ-97, БСМЗ-98, БСМЗ-99, БСМЗ-100, БСМЗ-101, БСМЗ-102, БСМЗ-103, БСМЗ-104, БСМЗ-105, БСМЗ-106, БСМЗ-107, БСМЗ-108, БСМЗ-109, БСМЗ-110, БСМЗ-111, БСМЗ-112, БСМЗ-113, БСМЗ-114, БСМЗ-115, БСМЗ-116, БСМЗ-117, БСМЗ-118, БСМЗ-119, БСМЗ-120, БСМЗ-121, БСМЗ-122, БСМЗ-123, БСМЗ-124, БСМЗ-125, БСМЗ-126, БСМЗ-127, БСМЗ-128, БСМЗ-129, БСМЗ-130, БСМЗ-131, БСМЗ-132, БСМЗ-133, БСМЗ-134, БСМЗ-135, БСМЗ-136, БСМЗ-137, БСМЗ-138, БСМЗ-139, БСМЗ-140, БСМЗ-141, БСМЗ-142, БСМЗ-143, БСМЗ-144, БСМЗ-145, БСМЗ-146, БСМЗ-147, БСМЗ-148, БСМЗ-149, БСМЗ-150, БСМЗ-151, БСМЗ-152, БСМЗ-153, БСМЗ-154, БСМЗ-155, БСМЗ-156, БСМЗ-157, БСМЗ-158, БСМЗ-159, БСМЗ-160, БСМЗ-161, БСМЗ-162, БСМЗ-163, БСМЗ-164, БСМЗ-165, БСМЗ-166, БСМЗ-167, БСМЗ-168, БСМЗ-169, БСМЗ-170, БСМЗ-171, БСМЗ-172, БСМЗ-173, БСМЗ-174, БСМЗ-175, БСМЗ-176, БСМЗ-177, БСМЗ-178, БСМЗ-179, БСМЗ-180, БСМЗ-181, БСМЗ-182, БСМЗ-183, БСМЗ-184, БСМЗ-185, БСМЗ-186, БСМЗ-187, БСМЗ-188, БСМЗ-189, БСМЗ-190, БСМЗ-191, БСМЗ-192, БСМЗ-193, БСМЗ-194, БСМЗ-195, БСМЗ-196, БСМЗ-197, БСМЗ-198, БСМЗ-199, БСМЗ-200, БСМЗ-201, БСМЗ-202, БСМЗ-203, БСМЗ-204, БСМЗ-205, БСМЗ-206, БСМЗ-207, БСМЗ-208, БСМЗ-209, БСМЗ-210, БСМЗ-211, БСМЗ-212, БСМЗ-213, БСМЗ-214, БСМЗ-215, БСМЗ-216, БСМЗ-217, БСМЗ-218, БСМЗ-219, БСМЗ-220, БСМЗ-221, БСМЗ-222, БСМЗ-223, БСМЗ-224, БСМЗ-225, БСМЗ-226, БСМЗ-227, БСМЗ-228, БСМЗ-229, БСМЗ-230, БСМЗ-231, БСМЗ-232, БСМЗ-233, БСМЗ-234, БСМЗ-235, БСМЗ-236, БСМЗ-237, БСМЗ-238, БСМЗ-239, БСМЗ-240, БСМЗ-241, БСМЗ-242, БСМЗ-243, БСМЗ-244, БСМЗ-245, БСМЗ-246, БСМЗ-247, БСМЗ-248, БСМЗ-249, БСМЗ-250, БСМЗ-251, БСМЗ-252, БСМЗ-253, БСМЗ-254, БСМЗ-255, БСМЗ-256, БСМЗ-257, БСМЗ-258, БСМЗ-259, БСМЗ-260, БСМЗ-261, БСМЗ-262, БСМЗ-263, БСМЗ-264, БСМЗ-265, БСМЗ-266, БСМЗ-267, БСМЗ-268, БСМЗ-269, БСМЗ-270, БСМЗ-271, БСМЗ-272, БСМЗ-273, БСМЗ-274, БСМЗ-275, БСМЗ-276, БСМЗ-277, БСМЗ-278, БСМЗ-279, БСМЗ-280, БСМЗ-281, БСМЗ-282, БСМЗ-283, БСМЗ-284, БСМЗ-285, БСМЗ-286, БСМЗ-287, БСМЗ-288, БСМЗ-289, БСМЗ-290, БСМЗ-291, БСМЗ-292, БСМЗ-293, БСМЗ-294, БСМЗ-295, БСМЗ-296, БСМЗ-297, БСМЗ-298, БСМЗ-299, БСМЗ-300, БСМЗ-301, БСМЗ-302, БСМЗ-303, БСМЗ-304, БСМЗ-305, БСМЗ-306, БСМЗ-307, БСМЗ-308, БСМЗ-309, БСМЗ-310, БСМЗ-311, БСМЗ-312, БСМЗ-313, БСМЗ-314, БСМЗ-315, БСМЗ-316, БСМЗ-317, БСМЗ-318, БСМЗ-319, БСМЗ-320, БСМЗ-321, БСМЗ-322, БСМЗ-323, БСМЗ-324, БСМЗ-325, БСМЗ-326, БСМЗ-327, БСМЗ-328, БСМЗ-329, БСМЗ-330, БСМЗ-331, БСМЗ-332, БСМЗ-333, БСМЗ-334, БСМЗ-335, БСМЗ-336, БСМЗ-337, БСМЗ-338, БСМЗ-339, БСМЗ-340, БСМЗ-341, БСМЗ-342, БСМЗ-343, БСМЗ-344, БСМЗ-345, БСМЗ-346, БСМЗ-347, БСМЗ-348, БСМЗ-349, БСМЗ-350, БСМЗ-351, БСМЗ-352, БСМЗ-353, БСМЗ-354, БСМЗ-355, БСМЗ-356, БСМЗ-357, БСМЗ-358, БСМЗ-359, БСМЗ-360, БСМЗ-361, БСМЗ-362, БСМЗ-363, БСМЗ-364, БСМЗ-365, БСМЗ-366, БСМЗ-367, БСМЗ-368, БСМЗ-369, БСМЗ-370, БСМЗ-371, БСМЗ-372, БСМЗ-373, БСМЗ-374, БСМЗ-375, БСМЗ-376, БСМЗ-377, БСМЗ-378, БСМЗ-379, БСМЗ-380, БСМЗ-381, БСМЗ-382, БСМЗ-383, БСМЗ-384, БСМЗ-385, БСМЗ-386, БСМЗ-387, БСМЗ-388, БСМЗ-389, БСМЗ-390, БСМЗ-391, БСМЗ-392, БСМЗ-393, БСМЗ-394, БСМЗ-395, БСМЗ-396, БСМЗ-397, БСМЗ-398, БСМЗ-399, БСМЗ-400, БСМЗ-401, БСМЗ-402, БСМЗ-403, БСМЗ-404, БСМЗ-405, БСМЗ-406, БСМЗ-407, БСМЗ-408, БСМЗ-409, БСМЗ-410, БСМЗ-411, БСМЗ-412, БСМЗ-413, БСМЗ-414, БСМЗ-415, БСМЗ-416, БСМЗ-417, БСМЗ-418, БСМЗ-419, БСМЗ-420, БСМЗ-421, БСМЗ-422, БСМЗ-423, БСМЗ-424, БСМЗ-425, БСМЗ-426, БСМЗ-427, БСМЗ-428, БСМЗ-429, БСМЗ-430, БСМЗ-431, БСМЗ-432, БСМЗ-433, БСМЗ-434, БСМЗ-435, БСМЗ-436, БСМЗ-437, БСМЗ-438, БСМЗ-439, БСМЗ-440, БСМЗ-441, БСМЗ-442, БСМЗ-443, БСМЗ-444, БСМЗ-445, БСМЗ-446, БСМЗ-447, БСМЗ-448, БСМЗ-449, БСМЗ-450, БСМЗ-451, БСМЗ-452, БСМЗ-453, БС

«Минск-22М». Ввод информации в ЭВМ «Минск-32» осуществляется с перфоленты, перфокарт и с пультовой пишущей машинки со скоростью соответственно 1500 строк/с, 600 карт/мин, 1—2 знака/с. Вывод информации можно производить на перфоленту со скоростью 80 строк/с, на перфокарты — 100 карт/мин, на алфавитно-цифровое печатающее устройство (АЦПУ) — 400 строк/мин. Для ЭВМ «Минск-32» разработаны программы трансляторы, позволяющие пользоваться алгоритмическими языками ФОРТРАН, КОБОЛ, АЛГАМС, ЯСК.

В настоящее время основными серийно выпускаемыми ЭВМ для решения задач, требующих больших объемов вычислений, являются машины серии ЕС (единой системы). Машины серии ЕС относятся к третьему поколению ЭВМ и выполнены на миниатюрных интегральных схемах и микромодулях. Единая система ЭВМ создана в содружестве с представителями социалистических стран — участников Совета Экономической Взаимопомощи и представляет собой унифицированную систему программно совместимых ЭВМ разной мощности (ЕС-1020, ЕС-1030, ЕС-1040, ЕС-1050 к их модификации).

В состав ЕС-1020 входит процессор и периферийные устройства. Процессор состоит из вычислителя и оперативного запоминающего устройства емкостью от 64 до 256 тыс. байтов (16384—65536 десятичных восьмиразрядных чисел).

В минимальный состав периферийных устройств ЕС-1020 и ЕС-1030 входят:

1. Устройство управления накопителями на магнитных дисках ЕС-5551, к которому подключается 2 накопителя ЕС-5056 емкостью каждый $7,25 \cdot 10^6$ байт.
2. Устройство управления на магнитных лентах ЕС-5010, к которому подключается 4 накопителя ЕС-5511 емкостью каждый $25 \cdot 10^6$ байт.
3. Устройство ввода с перфокарт ЕС-6012 со скоростью ввода 500 карт/мин.
4. Устройство вывода на перфокарты ЕС-7010 со скоростью вывода 100 карт/мин.
5. Устройство ввода с перфоленты ЕС-6022 со скоростью ввода 1500 строк/с.
6. Устройство вывода на перфоленты ЕС-7022 со скоростью вывода 150 строк/с.
7. Печатающее устройство АЦПУ ЕС-7030 со скоростью печати 650—900 строк/мин.
8. Электрифицированная пишущая машинка ЕС-7070 со скоростью печати 10 знаков/с.

Для ЭВМ серии ЕС разработаны устройство оптического считывания документов, позволяющее автоматически читать документы со скоростью 35000 документов/ч, дисплей с размером экрана 28 см по диагонали,

графопостроители рулонного и планшетного типа (ЕС-7051, 7052 и 7053).

Для ЭВМ серии ЕС имеется развитая система математического обеспечения, позволяющая автоматизировать процесс программирования. Помимо языка Ассемблер, который дает возможность использовать все особенности машины, пользователю предоставлена возможность применять языки, ориентированные на различные классы задач: для научно-технических задач — Фортран, для экономических — КОБОЛ, для различных задач обработки данных — РПГ и для более универсальных задач — ПЛ-1.

Применение ЭВМ для решения маркшейдерских задач. В связи с созданием в объединениях горнодобывающей промышленности информационно-вычислительных центров (ИВЦ), оборудованных современными ЭВМ, и внедрением на предприятиях автоматизированных систем управления (АСУ) маркшейдеры получили возможность применять ЭВМ для автоматизации трудоемких вычислений.

Необходимость перехода от маркшейдерских вычислений на настольных машинах к вычислениям на ЭВМ с программным управлением определяется следующими факторами [3]: функциональной связью маркшейдерских задач с АСУ предприятиями; экономическим эффектом; экономией труда специалистов высокой квалификации; ускорением процесса камеральной обработки результатов маркшейдерских измерений; повышением точности результатов за счет применения более совершенных методов обработки; повышением качества документации.

Общая технологическая схема решения маркшейдерских задач с использованием ЭВМ и телетайпной связи с предприятиями показана на рис. XV.8. Процесс обработки информации при решении маркшейдерских задач на ЭВМ включает следующие этапы [7]:

- 1) подготовку исходных данных (заполнение входных форм),
- 2) кодирование исходных данных на информационных пунктах предприятий (подготовку перфоленты),
- 3) автоматическую передачу информации по линии связи в информационно-вычислительный центр,
- 4) ввод исходных данных в ЭВМ,
- 5) решение задачи,
- 6) вывод результатов на перфоленту (при использовании курьерской связи результаты печатаются на АЦПУ),
- 7) передачу данных с ИВЦ на предприятие.

Требования к алгоритмам и программам маркшейдерских вычислений, к документации (входным и выходным документам), а также положения по работе маркшейдера при вычислениях на ЭВМ изложены в дополнениях к технической инструкции по производству маркшейдерских работ [3]. Алгоритм решения маркшейдерской задачи включает: 1) постановку задачи; 2) математическое описание задачи и способы ее решения; 3) макеты входных и выходных форм; 4) технологическое описание процесса решения задачи, включая методику контроля; 5) блок-схему алгоритма; 6) другие сведения, необходимые для функционирования алгоритма или требуемые отраслевыми инструкциями по оформлению алгоритмов и программ.

Алгоритм предусматривает возможные варианты решения задачи, а также включает контрольные расчеты для проверки работы ЭВМ.

Исходные данные задачи размещаются во входном документе, представляющем собой формуляр, в котором отводится место для заголовка программы и имеется таблица для числовых данных. Допускается использовать в качестве входного документа журналы полевых измерений, каталоги или другие документы.

Выходной документ, получаемый в результате решения задачи на ЭВМ, имеет вид отчетного документа, пригодного для включения в маркшейдерскую вычислительную документацию. Выходной документ содержит заголовок решения задачи, все исходные данные и результаты решения, представленные в табличной форме.

Дополнением к технической инструкции [3] предусмотрена технология необходимых контролей при заполнении входных форм, подготовке данных на информационном пункте предприятия, передаче данных по каналам связи, решении задачи на ЭВМ.

Маркшейдерские работы при вычислениях на ЭВМ включают: 1) заполнение входных форм и контроль заполнения; 2) исправление ошибок в исходных данных, обнаруженных при решении задачи на ЭВМ; 3) контроль и оформление выходных документов; 4) ведение вычислительной документации.

При заполнении входных форм руководствуются положениями, данными в указаниях по решению задачи на ЭВМ. Их контроль выполняют повторным заполнением с последующей считкой двух форм или проверкой заполнения вторым исполнителем.

При получении выходных документов с результатами решения задач на ЭВМ сверяется совпадение исходных данных во вход-

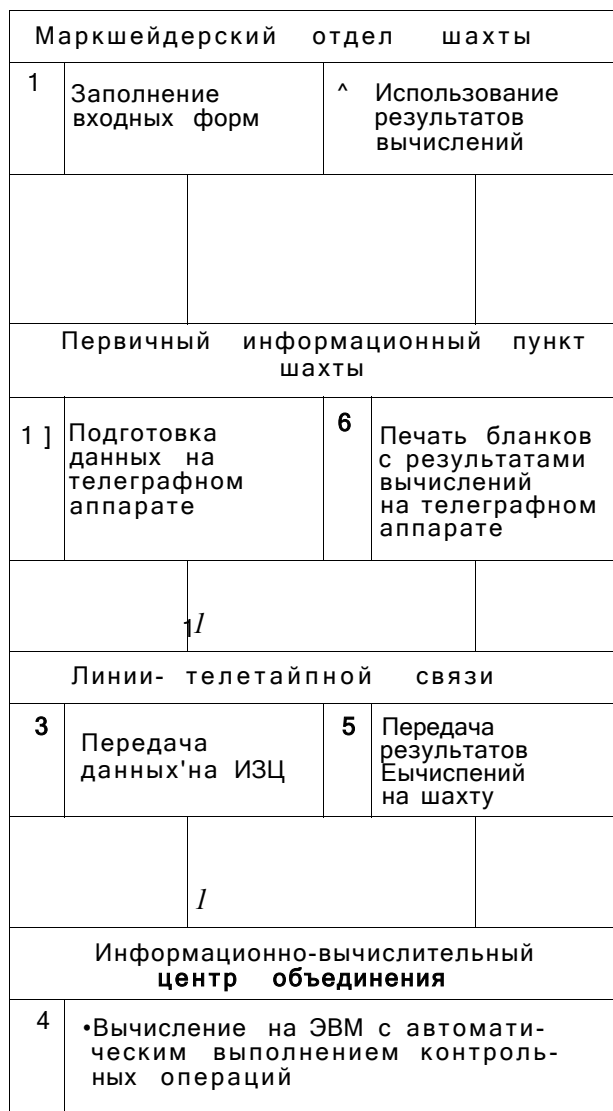


Рис. XV.8. Технологическая схема решения маркшейдерских задач на ЭВМ

ных и выходных документах, а также в двух экземплярах выходных документов задачи. Документы заверяются подписями исполнителей, выполнивших подготовку и контроль исходных данных, контроль выходных документов и вычерчивание эскизов. Входные и выходные документы брошюруются в журналы. По каждому виду задач ведется один экземпляр журнала входных и два экземпляра журнала выходных документов.

В соответствии с требованиями, изложенными выше, во ВНИМИ составлены программы решения наиболее распространенных маркшейдерских задач. Указания по пользованию этими программами содержатся в работах [5]—[9].

Разработанные программы широко используются в угольной промышленности, а также на некоторых горнорудных предприятиях

Таблица XVIА

ШАХТА «СЕВЕРНАЯ»

Замкнутый теодолитный ход по центральному уклону и людскому ходу № 1 пласта К₂-
Исход, данные — Ж. 2, стр. 10, измерен., углы и длины — Ж. 1, стр. 4—10 Маркшейдер
Петров В. В. 1 06 1975

L = 20 K = 3,0 F = 0,10 Z = — 0,3 Y = 70 Вариант 3

Измеренные			Вычисленные					N	
S/V	PP	H	D/R/B	A	X	Y	Z		
27,665	0,960	1 842 115	27,669	870 439	13 978,246	1 878,125	—287,228	1	
— 104 115		893 322		912 553				13 977,554	1 905,786
25,555	1,132	1 800 030	25,115	5 914	14 002,665	1 906,220	—291,799	516	
— 104 115	0,915		—0,001	37,215					5 943
25,575			0,007						
105 545			1,190						
37,840	1,070	1 795 830	45,317	5 812	14 039,874	1 906,868	—298,793	518	
— 102 830	1,123								
37,860									0,003
103 700									—0,011
46,225	1,050	1 795 945	0,006	5 756	14 085,184	1 907,637	—308,001	520	
— 112 437	1,115								
46,255									1,198
113 530									1,112
42,460	1,253		41,869	5 756					
—93 700									
42,445	1,253		0,006						
92 945									

Программы обеспечивают автоматизацию всего процесса вычислений, достаточно просты в использовании и контролируют весь технологический процесс обработки информации.

Программа вычисления и уравнивания ходов маркшейдерских опорных и съемочных сетей [8] позволяет вычислять и уравни-

вать координаты пунктов и дирекционные углы сторон, а также определенные тригонометрическим нивелированием отметки пунктов в ходах опорных и съемочных сетей.

По программе вычисляется висячий ход; двойной ход, т. е. проложенный дважды в одном направлении или прямо и обратно; разомкнутый или замкнутый ходы; ход,

опирающийся на пункты с известными координатами; ход, опирающийся на гироскопически определенный дирекционный угол.

Для вычисления высотных отметок пунктов предусмотрена обработка следующих типов ходов тригонометрического нивелирования: висячего или замкнутого хода с однократным измерением превышений сторон по направлению хода, висячего или замкнутого хода с измерением превышений прямо и обратно.

Результаты вычислений выдаются ЭВМ в виде табл. XV.4.

Программа вычисления и уравнивания подземных маркшейдерских сетей [5] предназначена для совместного уравнивания подземных полигонометрических сетей, в том числе с гироскопически определенными дирекционными углами. Программа может быть использована во всех случаях, когда для обработки полигонометрических сетей рекомендуется использовать отдельные методы уравнивания: полигонов, узлов, последовательных приближений и эквивалентной замены.

Программа вычисления и уравнивания пунктов маркшейдерских съемочных сетей, определенных методом обратных засечек [9], позволяет вычислять координаты и высотные отметки пунктов съемочных сетей при измерении горизонтальных направлений или углов и углов наклона линий визирования. Предусмотрено использование при засечке до 10 опорных пунктов.

Программа определения объемов складов полезного ископаемого [6] обеспечивает определение на ЭВМ объемов складов сложной формы по данным тахеометрической съемки. Используются координаты и высотные отметки исходных пунктов, а также данные тахеометрической съемки. Результатом вычислений является значение объема полезного ископаемого. При использовании программы возможно вычерчивание плана склада в изолиниях на графопостроителе. Образец такого плана представлен на рис. XV.9.

Описанные выше программы разработаны для ЭВМ серии «Минск». В настоящее время во ВНИМИ ведутся работы по созданию программ для маркшейдерских вычислений на ЭВМ серии ЕС. Разрабатывается унифицированная система программ для обработки данных подземных маркшейдерских съемок, комплекс программ для маркшейдерской подсистемы АСУ угольных разрезов. В частности, программы построения на ЭВМ цифровой модели разреза для оперативного определения объемов добычи угля, расчета необходимых для других подсистем АСУ горнотехнических и геологических пара-

метров открытых горных работ. Разрабатывается система программ, предназначенная для автоматизации работ при геометризации и оценке запасов угля. Предусмотрена организация банков геологических данных во внешней памяти ЭВМ, оценка на ЭВМ запасов с подразделением их на категории, по классам мощности и зольности, автоматизированное построение геолого-маркшейдерской документации с применением ЭВМ и графопостроителей.

Кроме перечисленных выше, ряд программ решения маркшейдерских задач разработан в других научно-исследовательских организациях и институтах (в Донецком политехническом, Новочеркасском политехническом, Московском горном, в ДонУГИ, во ВНИИГидроугле и др.).

4. Приборы и приспособления для вспомогательных маркшейдерских вычислений

Логарифмическая линейка служит для выполнения умножения, деления, возведения в степень, извлечения корня, определения тригонометрических функций, логарифмов и антилогарифмов чисел.

Точность логарифмической линейки определяется ее длиной и для наиболее распространенной линейки длиной 250 мм составляет 3—4 значащие цифры. Имеется много конструкций логарифмических линеек и, в частности, логарифмические линейки для геодезических и маркшейдерских вычислений (МГМ и ВГС). Описание конструкций линеек и правила выполнения арифметических операций на них приведены в работе [10].

Номограмма — график функциональной зависимости между несколькими переменными, позволяющий достаточно просто находить искомое значение одной из переменных по известным значениям других.

Различают три типа номограмм: из выравненных точек, сетчатые, со специальными индексами. Наиболее употребительные и совершенные — из выравненных точек.

Ф у н к ц и о н а л ь н а я ш к а л а — основной элемент номограмм из выравненных точек. Функциональной шкалой номограммы называется линия, на которой в определенном масштабе отложены значения функции $f(u)$, а подписаны значения аргументов u . Масштаб шкалы определяют как длину отрезка, которая соответствует единице изменения функции. Если L — длина шкалы, а $f(u'')$ и $f(u')$ — соответственно максимальные и минимальные значения функ-

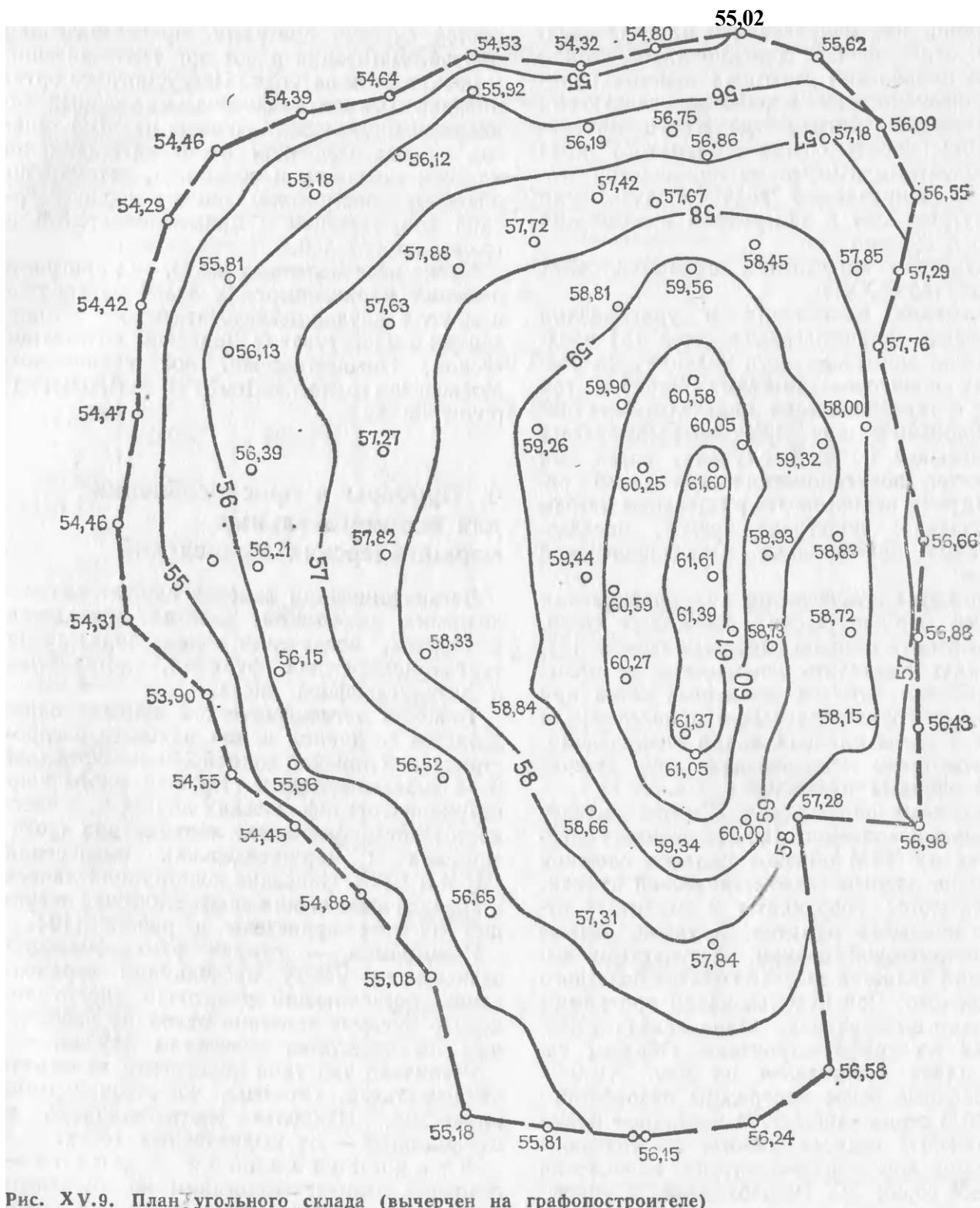


Рис. XV.9. План угольного склада (вычерчен на графопостроителе)

ции, то масштаб m равен $L : [/(u'')] —$

Номограммы из выравненных точек, представляющие зависимость между тремя переменными U_1 , u_2 и u_3 , состоят из трех шкал, построенных для функций $f(u_1)$, $f(u_2)$ и $f(u_3)$ так, чтобы три любые точки, лежащие

на шкалах u_1 , u_2 и u_3 , удовлетворяли уравнению прямой линии. Подобное соответствие позволяет по известным значениям двух переменных (например, u_1 и u_2) находить искомое значение третьей переменной u_3 . Для этого соединяют прямой линией точки шкал u_1 и u_2 с заданными значениями двух:

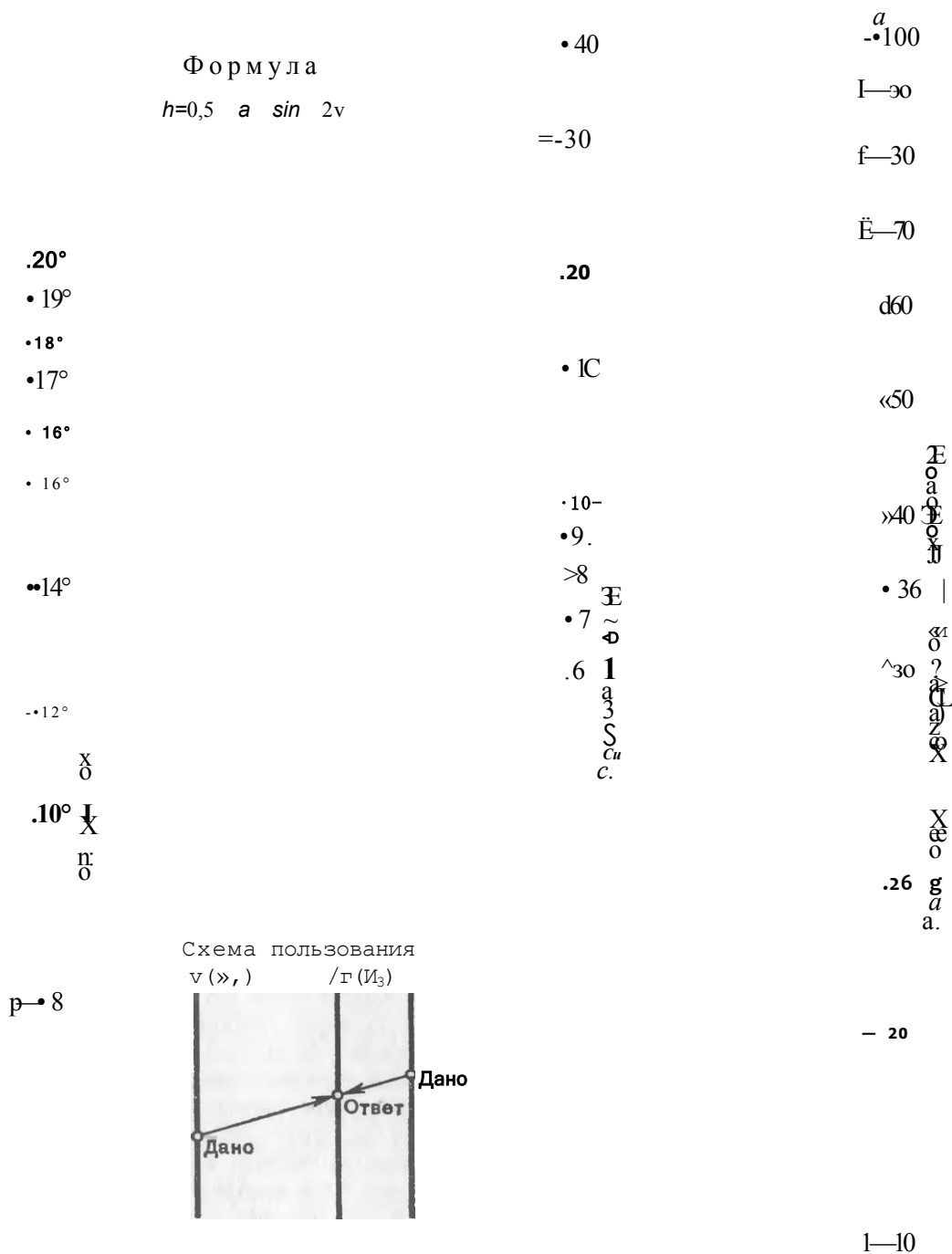


Рис. XV.10. Номограмма для определения превышений при тахеометрической съемке для линий с углом наклона от 6 до 25°

переменных. Искомое значение переменной находят в пересечении этой прямой со шкалой «з» (рис. XV.10).

Номограммы из выравненных точек для трех переменных бывают с тремя прямолинейными параллельными шкалами, с двумя параллельными прямолинейными и одной криволинейной шкалой, ЛГ-образные, W-

образные, с двумя криволинейными и одной прямолинейной шкалой, круговые и прямоугольные. Выбор подходящей формы номограммы определяется видом функциональной зависимости между переменными. Построение номограмм из выравненных точек для уравнений с числом переменных больше трех производят графическим исключением неиз-

вестных, последовательно составляя (комбинируя) номограммы для трех переменных.

В маркшейдерской практике номограммы могут использоваться для решения широкого круга задач, не требующих высокой точности. Многие из необходимых для маркшейдера номограмм можно найти в работе [4].

Список литературы

1. Березин И. С., Жидков Н. И. Методы вычислений. Т. I. М., Наука, 1966.
2. Бириштейн А. А., Филиппов В. Д., Цветков В. И. Электронные вычислительные машины и программирование. М., Статистика, 1975 г.
3. Маркшейдерские вычисления на ЭВМ (дополнение к § 17.2 технической инструкции по производству маркшейдерских работ). Л., ВНИМИ, 1977 (ротапринт).
4. Павлов Ф. Ф., Левит Д. Е. Атлас номограмм для маркшейдерских вычислений. М., Углетехиздат, 1953.
5. Программа уравнивания систем подземных полигонов с гироскопически определенными дирекционными углами. Л., ВНИМИ, 1972 (ротапринт).
6. Программа определения объемов угольных складов по данным тахеометрической съемки. Л., ВНИМИ, 1974 (ротапринт).
7. Решение маркшейдерских задач на ЭВМ, вычислительных центров/И. И. Финаревский, З. Д. Низгурецкий, Е. И. Рыхлюк и др. М., Недра, 1975.
8. Указания по вычислению и уравниванию ходов подземных маркшейдерских сетей на ЭВМ «Минск-22/32». Л., ВНИМИ, 1972 (ротапринт).
9. Указания по вычислению и уравниванию обратной геодезической засечки на ЭВМ «Минск-32». Л., ВНИМИ, 1975 (ротапринт).
10. Хренов Л. С., Визиров Ю. В. Логарифмическая линейка. М., Высшая школа. 1968.

Горная графическая документация

1. Основные определения и классификация чертежей горной графической документации

Горной графической документацией называют чертежи, полученные в результате натурных измерений, их математической обработки и построенные методом геометрических проекций, представляющие ситуацию и рельеф земной поверхности, расположение и ситуацию горных выработок и геологическую ситуацию или любые их комбинации, составленные для нужд горного производства. Чертежи горной графической документации разделяют на исходные и производные.

Исходным относят чертежи, составленные соответствующими специалистами непосредственно на основании результатов натурных измерений, а **производным** — чертежи, составленные путем репродукции или уменьшения исходных чертежей с возможным изменением их содержания.

Чертежи горной графической документации классифицируют по их назначению. Все чертежи разделяют на пять комплектов: чертежи земной поверхности, горных выработок, горно-геологические и горно-геометрические, производственно-технические, для планирования и руководства горными работами. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ в качестве обязательной горной графической документации предусматривает первый и второй комплекты.

Систему координат согласуют с территориальными инспекциями Госгеокадзора Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Координаты пунктов вычисляют в принятой системе координат в проекции Гаусса, как правило в трехградусных зонах.

2. Масштабы и разграфка чертежей горной графической документации

Чертежи горной графической документации в зависимости от их содержания и назначения составляют в масштабах 1 : 5; 1 : 10;

1 : 20; 1 : 50; 1 : 100; 1 : 200; 1 : 500; 1 : 1000; 1 : 2000; 1 : 5000; 1 : 10000 и 1 : 25000.

Горную графическую документацию, как правило, составляют в разграфке квадратных планшетов. В основу разграфки планов в масштабе 1 : 5000 и крупнее, создаваемых на участках земной поверхности площадью до 20 км², а также планов горных выработок при открытом и подземном способах разработки месторождений принят лист в масштабе 1 : 5000, охватывающий площадь 2X2 км². Разделение листа в масштабе 1 : 5000 на планшеты в масштабах 1 : 2000; 1 : 1000 и 1 : 500 показано на рис. XVI.1. Лист в масштабе 1 : 5000 обозначают арабскими цифрами. Ему соответствуют четыре листа в масштабе 1 : 2000, каждый из которых обозначают присоединением к номеру листа в масштабе 1 : 5000 одной из первых четырех заглавных букв русского алфавита (А, Б, В, Г). Листу в масштабе 1 : 2000 соответствуют четыре листа в масштабе 1 : 1000, обозначаемых римскими цифрами (I, II, III, IV), или шестнадцать листов в масштабе 1 : 500, обозначаемых арабскими цифрами (1, 2, 3, ..., 16).

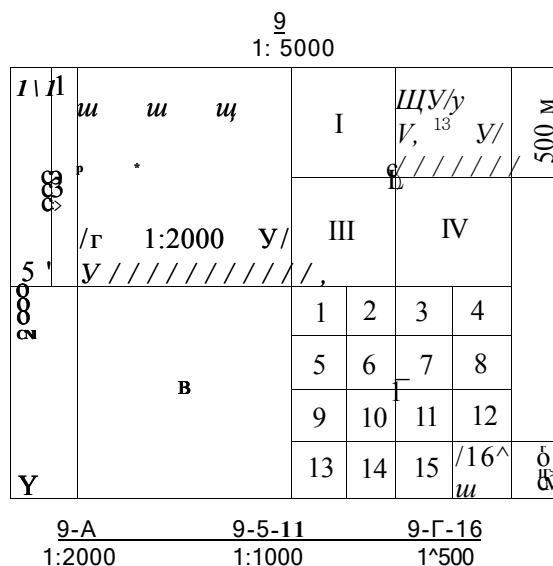


Рис. XVI.1. Разделение планшета в масштабе 1 : 5000 на планшеты в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500

1	2	3	4	•5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46'	47	48
49	50	51	52-	53	54	55	56-	57	58	59	60	61	62	63	64
65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	=124z	125	126	127	128
129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176
177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192
193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208
209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224
225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256

М-38Н12-(124-д)

а	б	*в
г		е
ж	з	и

1:2000

Рис. XVI.2. Разделение листа карты в масштабе 1 : 100000 на планшеты в масштабе 1 : 5000 и планшета в масштабе 1 : 5000 на планшеты в масштабе 1 : 2000

35S

Номенклатура листов в масштабах 1 : 1000 и 1 : 500 состоит из номенклатуры листа в масштабе 1 : 2000 и соответствующей римской цифры для листа в масштабе 1 : 1000 или арабской цифры для листа в масштабе 1 : 500, например: 9—Б—II или 9—Г—16.

В основу разграфки планов земной поверхности масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000, создаваемых на участках более 20 км², как правило, принимают лист карты в масштабе 1:100000 (рис. XVI. 2), который делят на

256 частей для съемки в масштабе 1 : 5000, а каждый лист в масштабе 1 : 5000 делят на девять частей для съемки в масштабе 1 : 2000. Номенклатура листа в масштабе 1 : 5000 состоит из номенклатуры листа карты масштаба 1 : 100 000 и взятого в скобки номера листа в масштабе 1 : 5000, например: М—38—112—(124). Номенклатура листа в масштабе 1 : 2000 состоит из номенклатуры листа в масштабе 1 : 5000 и одной из первых девяти строчных букв русского

алфавита (а, б, в, г, д, е, ж, з ,и), например: М-38—112—(124—д).

Размеры рамок для планов приведенной выше разграфки установлены для планшетов в масштабе 1 : 5000 по широте Г15", по долготе Г52",5 для планшетов в масштабе 1 : 2000 по широте 25", по долготе 37",5.

Севернее параллели 60° планшеты по долготе сдваиваются. Остальные чертежи исходной документации, а также чертежи горных выработок при их протяженности не более 1 км составляют на листах одного из форматов, предусмотренных стандартом СЭВ СТ СЭВ 140—74 ЕСКД СЭВ «Оформление чертежных листов», введенным в действие с 01.01.1978 г. в качестве государственного стандарта СССР.

3. Оформление планшетов горной графической документации

Полезный формат планшетов в квадратной разграфке принимают: для планшетов в масштабе 1 : 5000 — 400X400 мм; для планшетов в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 — 500X500 мм. Зарамочное оформление планшетов съемки земной поверхности выполняют в соответствии с инструкцией ГУГК. Планшеты горных выработок при открытом и подземном способах разработки месторождений имеют поля 10 мм вверху и слева, 30 мм — справа и 50 мм — снизу. В середине нижнего поля планшета помещают титульную надпись, в которую входит название вышестоящей организации и горного предприятия, название чертежа и его масштаб (рис. XVI.3, б). В левой части нижнего поля помещают схему расположения планшетов и номенклатуру чертежа (рис. XVI.3, а); в правой части помещают таблицу (рис. XVI.3, в), которая содержит фамилии должностных лиц, уполномоченных для составления документации, дату составления или пополнения чертежа и подпись.

Планшеты горных выработок, как правило, подписывает главный маркшейдер горного предприятия. На верхнем и левом полях планшета наносят объекты, изображения которых переходят на граничащие с ним планшеты. На правом поле размещают выноски отдельных элементов плана, подлежащих изображению в более крупном масштабе или в другой проекции. Координатную сетку наносят на планшеты сплошными линиями толщиной 0,1 мм размером

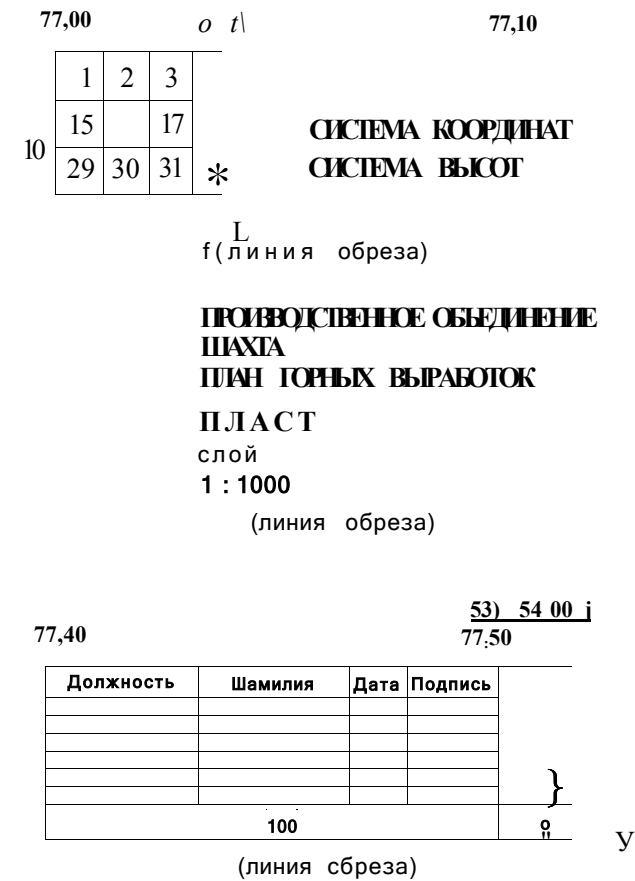


Рис. XVI.3. Нижнее поле планшета: а — схема расположения планшета и его номенклатурный номер; б — надпись на планшете; в — подписи планов

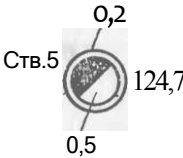
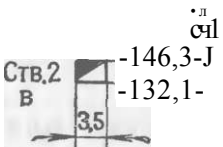
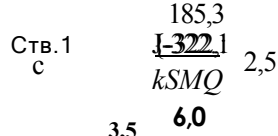
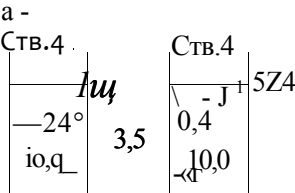
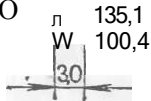
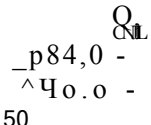
100X100 мм. Разбивку сетки выполняют с помощью координатографа, штангенциркуля или специальных линеек.

4. Основные правила составления чертежей

Исходные чертежи составляют непосредственно по результатам натурных измерений и вычисления координат точек. Если невозможно произвести съемку каких-либо^ выработок, то допускают нанесение этих выработок на исходные чертежи на основании акта опроса (об этом на чертеже делают соответствующую запись). Чертеж в случае утраты или износа составляют заново. При утрате первичной и вычислительной документации для составления чертежа используют другую имеющуюся графическую документацию.

Пункты маркшейдерских опорных сетей на земной поверхности и в подземных горных выработках, а также пункты съемочных

Образцы условных знаков для горной графической документации

Название	Условный знак	
	масштабный	внемасштабный
Устье: ствола вертикального круглого сечения		0,2 Ств.5 <i>fa</i> 124,7 3,5
прямоугольного сечения	Ств.2 вент. И 146,7 -132,1	
эллиптического сечения	Ств.1 скип. 	Ств.1 с 
ствола наклонного, штольни сводообраз- ного сечения	Ств.4 закл 57,4 1 4,0 24 = 1 0 S2 15,0—	а - Ств.4 
ствола наклонного, штольни прямоуголь- ного и трапецидаль- ного сечения	Шт.1 130,4-	Шт.1 2,5 $\frac{4}{3,5}$ 0,4
шурфа эксплуатацион- ного круглого сече- ния	Шф11 вент. 	ШфЮ В 
прямоугольного сечения	Шт.11 мат. 84,5 30,0	Шф-11 М 

Название	Условный знак			
	масштабный	внемасштабный		
Выработка капитальная на плане: незакрепленная	Штрек	од	Штрек' 0,2	Штрек •ОД
закрепленная горизонтальная	Квершлаг ! = = f 0,2	пс	Квершлаг 1 1	Квершлаг
наклонная	3,0 Уклон И 12°	30	Уклон ^ 12°	3,0 Уклон ^ 12°
	1-	1-.....)		0,4

сетей наносят по координатам с помощью координатографа или циркуля-измерителя и трансверсальной линейки.

Расстояния на плане между линиями координатной сетки и между пунктами опорных и съемочных сетей не должны отличаться от теоретических более чем на 0,3 мм.

Пункты съемочных сетей 2 разряда в очистных забоях разрешается наносить упрощенными методами. Объекты съемки изображают соответственно их формам и размерам в масштабе чертежа. В случае невозможности изображения сообразно его форме и размерам применяют условные знаки. Если чертеж содержит ситуации земной поверхности, горных выработок и геологическую, то в первую очередь наносят элементы земной поверхности, потом ситуацию горных выработок, а в конце — геологическую ситуацию.

Контурные элементов, лежащих в плоскости, представленной на данном чертеже, вычерчивают сплошной линией. Контурные элементов, не лежащих в плоскости (например выработки в другом пласте), вычерчивают штриховыми линиями. Контурные элементов, изображенных на основе акта опроса, вычерчивают штриховой линией.

Условные знаки размещают таким образом, чтобы положению объектов в натуре соответствовали следующие обозначения на чертеже: для знаков, имеющих форму геометрических фигур, — геометрический центр этих фигур; для знаков с большим основанием — сере-

дина основания знака; для знаков с прямым углом при основании — вершина прямого угла; для знаков, составленных из нескольких геометрических фигур, — середина нижней фигуры.

Если в каком-либо месте чертежа встречается скопление нескольких условных знаков, то допускают уменьшение размеров знаков на одну треть их величины. Если содержание какого-либо участка чертежа не будет наглядным из-за большого скопления на нем условных знаков, то для такого участка составляют дополнительный чертеж в увеличенном масштабе. Если условный знак попадает на линию рамки, то его вычерчивают на обоих смежных планшетах. В случаях, когда невозможно вычерчивать буквенный знак внутри контура данного элемента вследствие небольших его размеров, этот знак вычерчивают вне контура, стрелкой указывают его место принадлежности.

Надписи к объектам съемки начинают с большой буквы. Если объект съемки имеет вытянутую форму, то надпись располагают по оси объекта так, чтобы можно было свободно читать снизу и с правой стороны чертежа. Надписи, касающиеся других объектов, размещают горизонтально, причем название больших объектов помещают в середине контура.

Исправления и изменения в исходных чертежах соскабливанием или стиранием ре-

зинкой не допускаются. Излишне или неправильно нанесенные подробности ситуации горных выработок или геологической ситуации следует аннулировать, перечеркнув тушью цвета кармин так, чтобы аннулированное содержание было четким. Излишне или неправильно нанесенные подробности ситуации земной поверхности, горных выработок или геологической ситуации на производных чертежах разрешается перечеркивать, выскабливать или стирать резинкой.

Чертежи должны исполняться в соответствии с условными знаками для маркшейдерской геологической и другой горной графической документации. В табл. XVI.1 в качестве образца приведены условные знаки устьев горных выработок на земной поверхности и условные знаки капитальных горных выработок.

5. Картографические материалы и требования к ним

Чертежи, кроме тех которые составляют на планшетах, следует выполнять на листах формата размерами, указанными в табл. XVI.2 (СТ СЭВ 140—74), или на листах многократного формата, полученного путем соединения длинной стороной нескольких форматов одного из основных форматов.

Исходную графическую документацию исполняют на чертежной бумаге высшего качества ручного или машинного отлива, наклеенной на жесткую или эластичную основу для обеспечения длительного срока службы и хранения и на недеформирующихся

прозрачных синтетических материалах. Для изготовления производных чертежей используют прозрачные синтетические материалы, бумажную и полотняную кальку, чертежную бумагу, светочувствительную позитивную диазотипную бумагу и светочувствительную диазотипную бумажную кальку.

Складывание и свертывание исходных чертежей запрещается. Производные чертежи разрешается свертывать и складывать таким образом, чтобы их название находилось сверху. Чертежи складывают по формату А4. Хранят чертежи в помещениях, где запрещено находиться посторонним. Помещения должны быть защищены от пожара, а также от грызунов, плесени и всего того, что может вызвать повреждение чертежей. В помещениях для хранения чертежей поддерживают температуру 16—18° С, влажность 50—65%. Чертежи хранят в шкафах и ящиках. Последние изготавливают из огнеупорного материала с учетом соответствующего проветривания. Чертежи, наклеенные на жесткую основу, хранят в стоячем положении в специальных шкафах.

6. Состав и содержание чертежей

Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ устанавливает перечень обязательного комплекта чертежей. Состав чертежей земной поверхности (комплект 1) приведен в табл. XVI.3, а состав чертежей горных выработок (комплект 2) — в табл. XVI.4.

Чертежи горной графической документации должны отражать рельеф и ситуацию земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия; горно-геологические условия залегания месторождений; пространственное расположение горных выработок, пройденных в толще горных пород с их геологической ситуацией и техническим оснащением, а также процесс горного производства во времени и в пространстве. На чертежах земной поверхности изображают объекты, предусмотренные основными положениями по созданию топографических планов в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 и, кроме того, объекты, специфические для горных предприятий. К ним относят провалы, воронки и старые отвалы пород; выходы горных пород и тел полезных ископаемых на земную поверхность; границы горных и земельных отводов; здания, сооружения и инженерные подземные сети коммуникаций и сооружения при них на промышленной площадке горного предприятия.

Таблица XVI.2

Основные форматы бумаги

Символ	Размеры, мм
АО — 44	857X1205
A1 — 24	610X857
A2 — 22	436X610
A3 — 12	313X436
A4 — 11	226X313

Щ *Примечание.* Минимальные размеры чертежных листов для дополнительных форматов определяются путем увеличения размеров основного формата на 16 мм.

Состав чертежей земной поверхности
(комплект 1)

Индекс	Название групп и чертежей	Масштаб (один из указанных)	Высота сечения рельефа, м
1.1	<i>Группа чертежей, отражающих рельеф и ситуацию земной поверхности</i>		
1.1.1	План земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия	1 1 000 1 2 000 1 5 000	0,5 или 1,0 0,5; 1,0 или 2,0 1,0; 2,0 или 5,0
1.1.2	План застроенной части земной поверхности (города, поселка)	1 2 000 1 5 000	0,5 или 1,0 0,5 или 1,0
1.1.3	План промышленной площадки	1 500 1 1 000	0,25 или 0,50 0,50
1.1.4	План породных отвалов (разрезов, карьеров и приисков)	1 2 000 1 5 000	— —
1.1.5	Планы участков земной поверхности, отведенных под склады — полезного ископаемого или хранилища отходов обогатительных фабрик	1 200 1 500 1 1 000	0,25 0,25—0,50 0,50
1.1.6	Картограмма расположения планшетов съемки земной поверхности	1 : 10 000 1 : 25 000	— —
1.2	<i>Группа чертежей, отражающих обеспеченность горного предприятия пунктами маркшейдерской опорной и съемочной сети</i>		
1.2.1	План расположения пунктов маркшейдерской опорной и съемочной сети на земной поверхности	1 5 000 1 10 000 1 25 000	— — —
1.2.2	План расположения пунктов разбивочной сети и осевых пунктов шахтных стволов	1 200 1 500 1 1 000	— — —
1.2.3	Кроки и схемы конструкции реперов и пунктов	Без соблюдения масштаба	—
1.3	<i>Группа чертежей отводов горного предприятия</i>		
1.3.1	План горного и земельного отводов горного предприятия и разрезы к ним	В масштабе плана земной поверхности (индекс 1.1.1)	—

Примечания. 1. На приисках план земной поверхности (индекс 1.1.1) может быть построен в масштабе 1:10 000 или 1:25 000. Кроме того, должен быть составлен план земной поверхности территории полигона в масштабе 1:2000.

2. При значительном числе скважин, пробуренных с земной поверхности (например, в Подмосковном бассейне), вместо плана земной поверхности разрешается строить планы земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия без изображения скважин и план расположения скважин на земной поверхности.

3. Для планов хранилищ отходов обогатительных фабрик открытого типа с большой поверхностью масштаб плана 1.1.5 принимают 1:2000 или 1:5000.

4. Для приисков не составляются планы застроенной части земной поверхности (индекс 1.1.2).

5. Для горных предприятий, разрабатывающих месторождения минеральных солей подземным способом, план земной поверхности (индекс 1.1.1) и соответственно этому картограмму (индекс 1.1.4) составляют по мере необходимости.

Состав чертежей горных выработок
(комплект 2)

Индекс	Название групп и чертежей	Масштаб (один из указанных)
2.1.	<i>Группа чертежей, отражающих вскрытие, подготовку и разработку месторождения</i> А. Открытый способ разработки	
	а. Разрезы (карьеры)	
2.1.1	Планы горных выработок по горизонтам	1 : 500 1 : 1000 1 : 2000
2.1.2	Сечение горных выработок разрезов (карьеров) (вкрест простирания или по поперечным направлениям, приуроченным к разведочным линиям)	В масштабе плана горных выработок (индекс 2.1.1)
2.1.3	Картограмма расположения планшетов съемки горных выработок	1 : 10 000 1 : 25 000
	б. Прииски	
2.1.1	Планы горных выработок полигонов	1 : 2 000
2.1.2	Оперативные планы горных выработок полигонов	1 : 5 000
2.1.3	Разрезы	1 : 500 1 : 1 000
2.1.3а	Разрезы горных выработок полигонов (поперек и вдоль россыпи, приуроченные к разведочным линиям)	Горизонтальный 1 : 1000, 1 : 2000; вертикальный в 10 раз крупнее горизонтального
2.1.4	Вертикальные разрезы по направлению подвигания фронта работ	1 : 500 1 : 1 000
2.1.5	Картограмма расположения планшетов съемки горных выработок полигонов	1 : 10 000 1 : 25 000
	Б. Подземный способ разработки	
	в. Горные предприятия, разрабатывающие пластовые месторождения, пластообразные залежи и россыпи	
2.1.1	Планы горных выработок по каждому пласту, пластообразной залежи независимо от углов их залегания и мощности	1 : 1 000 1 : 2 000
2.1.2	Планы горных выработок по каждому слою при разделении мощных пластов на слои, параллельные напластованию	1 : 1 000 1 : 2 000
2.1.3	Проекции горных выработок на вертикальную плоскость по каждому пласту с углами 60° и более	1 : 1 000 1 : 2 000
2.1.4	Планы горных выработок по основным (транспортным) горизонтам горных работ при разработке свиты крутых пластов	1 : 2 000 1 : 5 000

Индекс	Название групп и чертежей	Масштаб (один из указанных)
2.1.5	Разрезы вкрест простирания, приуроченные к основным вскрывающим выработкам	1 : 1 000 1 : 2 000
2.1.6	Картограмма расположения планшетов съемки горных выработок по пластам	1 : 10 000
	г. Горные предприятия, разрабатывающие жильные месторождения	
2.1.1	Планы горных выработок по основным (транспортным) горизонтам	1 1 000 1 2 000
2.1.2	Проекции горных выработок на вертикальную плоскость по каждой жиле	1 1 000 1 2 000
2.1.3	Разрезы вкрест простирания, приуроченные к основным вскрывающим выработкам	1 1 000 1 2 000
2.1.4	Картограмма расположения планшетов съемки горных выработок по основным (транспортным) горизонтам	1 5 000 i 10 000
	д. Горные предприятия, разрабатывающие месторождения мощных рудных тел	
2.1.1	Планы горных выработок по основным (транспортным) горизонтам горных работ	1 1 000 1 2 000
2.1.2	Планы горных выработок по каждому горизонту очистного блока	1 500 1 1 000
2.1.3	Поперечные, продольные разрезы по блокам и проекции на вертикальную плоскость	1 500 1 1 000 1 2 000
2.1.4	Картограмма расположения листов планов горных выработок по основным (транспортным) горизонтам	1 5 000 1 10 000
2.2	<i>Группа чертежей капитальных горных выработок и транспортных путей в них. Горные предприятия всех типов</i>	
2.2.1	Разрезы по вертикальным и наклонным шахтным стволам	1 : 200 1 : 500
2.2.2	Профили стенок и армировки шахтных стволов	Вертикальный 1 : 100, 1 : 200, гори- зонтальный 1 : 10; 1 : 20
2.2.3	Чертежи горных выработок околоствольных дворов	1 : 500
2.2.3a	Чертежи дренажных горных выработок (для разрезов)	1 : 1000 1 : 2000

Индекс	Название групп и чертежей	Масштаб (один из указанных)
2.2.4	Продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках (для шахт) Продольные профили железнодорожных, автомобильных, троллейвозных и подвесных канатных дорог (для разрезов)	Горизонтальный 1 : 500, 1 : 1000 1 : 2000 Вертикальный в 10 раз крупнее горизонтального
2.2.5	Продольные профили руслоотводных, водозаборных и других капитальных траншей и канав (для приисков)	Горизонтальный 1 : 1000 вертикальный 1 : 100
2.3	<i>Группа чертежей по расчету предохранительных целиков. Разрезы (карьеры) и шахты</i>	
2.3.1	Чертежи по расчету предохранительных целиков под зданиями, сооружениями и природными объектами	Не мельче 1—2000 (для протяженных объектов не мельче 1 : 10 000)
2.3.2	Чертежи по расчету барьерных целиков между шахтными полями и у затопленных выработок	Не мельче 1 : 2000

Примечания. 1. При необходимости на основе планов горных выработок по горизонтам составляют сводный план горных выработок всего разреза в масштабе 1 : 1000, 1 : 2000 или 1 : 5000.

2. При разработке двух сближенных пологих или наклонных пластов малой или средней мощности при условии, что основные выработки проходят только по одному из пластов, вместо двух планов 2.1.1 разрешается составлять один общий план для обоих пластов.

3. При разработке пластов со взаимным перекрытием крыльев дизъюнктивных нарушений кроме планов горных выработок по пластам (или проекций на вертикальную плоскость) для обоих крыльев совместно строят планы или проекции для каждого крыла нарушения отдельно.

4. Для мощных пластов, разрабатываемых не более чем в два слоя, планы 2.1.2 строят совместно, ограничиваясь планом горных выработок по пласту.

5. Вертикальную плоскость проекций 2.1.3 помещают во всех случаях в лежачем боку пласта или жилы. В связи с этим на чертеже падение будет направлено в сторону нижней рамки. При изменениях простирания и угла падения не более чем на 7° проекции 2.1.3 строят на одну и ту же плоскость, при больших изменениях — на несколько плоскостей, образующих систему пересекающихся вертикальных плоскостей, каждая из которых должна быть параллельна соответствующей части пласта или жилы в указанных пределах.

Следы вертикальной или системы пересекающихся вертикальных плоскостей проекции наносят на план горных выработок по пласту и для жил — на план горных выработок по основным (транспортным) горизонтам горных работ. Принимая эти следы параллельными рамкам чертежа и совмещая их со следами, изображенными на плане горных выработок, строят проекции на вертикальную плоскость в общем случае с клиньями разрыва.

6. При стереофотограмметрических способах съемки, а также при сложных горно-геологических условиях, когда проектом предусмотрена разработка уступами, не выдержанными по высоте, и когда затруднительно выделить горизонт горных работ, разрешается вместо планов горных выработок по горизонтам составлять непосредственно по съемке план горных выработок разреза (сводный план горных выработок). План горных выработок разреза и снимки, использованные при его составлении подлежат хранению.

Содержание чертежей, характеризующих горно-геологические условия залеганий месторождений, устанавливают в инструкциях по шахтной и рудничной геологии.

На планах горных выработок изображают границы горных отводов или технические границы горного предприятия, границы блоков и безопасного ведения горных работ? капитальные, подготовительные, нарезные, разведочные выработки и очистные забои

с указанием дат их подвигания по месяцам и годам. По наклонным подготовительным и очистным выработкам во всех характерных местах (но не реже чем через 150—200 м) указывают углы наклона, горные выработки смежных горных предприятий, расположенные в пределах стометровой полосы от технической границы поля данного горного предприятия; крепь капитальных горных выработок, погашение выработок и закладку;

• целики, оставляемые у подготовительных выработок и в очистном пространстве; охраняемые объекты, предохранительные и барьерные целики; опасные очаги и зоны (внезапных выбросов угля и газа, выдавливания и высыпания угля с выделением газа, взрыва газа и пыли, проявления горных ударов, самонагрева, пожаров, их рецидивов, суфлярных выделений метана, прорыва глин, заиловочной пульпы, плывунов и воды); участки заиливания для ликвидации пожаров и их рецидивов, а также участки профилактического заиливания; перемины, капитальные кроссинги и другие капитальные сооружения; воронки провалов, куполы выводов, трещины и другие деформации, вызванные горными работами; разведочные и технические скважины, пройденные с земной поверхности и из горных выработок, с указанием о их тампонаже; геологическую и гидрогеологическую ситуацию, границы участков списанных запасов, мощности пластов, жил залежей в подготовительных за-

боях не реже чем через 100 м, в очистных забоях не реже чем один раз в месяц; пункты подземных полигонометрических ходов, закрепленные постоянными центрами, и реперы в горных выработках, а также высоты характерных точек (пересечения капитальных горных выработок, горизонтов и перегибов выработок); линии разрезов и следы плоскостей проекций на вертикальную плоскость.

Детальные требования к содержанию чертежей, перечисленных в табл. XVI.3 и XVI.4, изложены в инструкции по производству маркшейдерских работ.

Список литературы

1. *Горнографическая документация* РС 446—65, правила составления. Л., ВНИМИ, 1965 (ротапринт).
2. *Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ*. Л., Недра, 1973.
3. *ГОСТы 2.850—75-Г-2.857—75 «Горная графическая документация»*.

Изготовление и размножение чертежей горной графической документации

1. Чертежные материалы для горной графической документации

Чертежные основы. В качестве материалов для изготовления чертежей горной графической документации применяют чертежную бумагу, кальку (табл. XVII.1), чертежные синтетические полиэтилентерефталатные (лавсановые) пленки.

Для планшетов исходной графической документации применяются следующие основы:

1. Чертежная бумага ручного и машинного отлива, наклеенная на жесткую основу (алюминий).

2. Прозрачные чертежные полиэтилентерефталатные пленки отечественного и зарубежного производства толщиной 100—150 мкм с односторонним матированным слоем.

Основами для изготовления исходных рабочих планов являются армированная бумага и прозрачные чертежные полиэтилентерефталатные пленки толщиной 50—150 мкм.

Армированная бумага представляет собой чертежную бумагу, наклеенную с применением специальных припрессовочных автоматов на лавсановую пленку с одной или с двух сторон. Она изготавливается на специализированных полиграфических предприятиях в виде планшетов размерами 60X60 см или 60X80 см. На планшеты, изготовленные на прозрачной основе и армированной бумаге, механизированным способом наносится координатная сетка и зарамочное оформление.

Для чертежей горной графической документации наиболее удобно использовать планшеты, изготовленные на прозрачной основе. С них контактным способом можно изготовить светокопии. Они легко совмещаются друг с другом и пополняются.

Основой для изготовления чертежей производной документации являются прозрачные чертежные рулонные полиэтилентерефталатные (лавсановые) пленки толщиной 50—100 мкм, калька и прозрачная бумага (табл. XVII.1).

Лавсановая пленка представляет собой малодеформируемый негорючий материал (коэффициент линейного расширения 27×10^{-6}) с высокими физико-механическими свойствами (прочность при разрыве 1800 кгс/см², число выдерживаемых двойных перегибов 20000). Она практически не стареет и применяется в температурном интервале от —60 до +150° С.

Необходимые чертежные свойства пленке придают следующими способами.

1. На пленку наносят чертежные лаковые слои (такие чертежные пленки, выпускаемые отечественной промышленностью, приведены в табл. XVII.2).

2. Введением наполнителя в полимер, из которого изготавливается пленка, полиэтилентерефталатным пленкам по всей толщине придают матированные поверхности.

3. Поверхность лавсановых пленок травят химическими способами.

4. Пленки зернят механическим способом на специальных зернильных машинах (ФЗМ-6 и др.) или с помощью пескоструйных аппаратов.

Для горных предприятий Союзмаркштрест поставляет матированную (зерненную) пленку шириной 1180 мм, толщиной 60—80 мкм в рулонах длиной 4,5—6 м.

Тушь для черчения на синтетических чертежных пленках. Черчение на синтетической пленке выполняют специальной тушью «Колибри», выпускаемой Ленинградским химическим заводом им. Фрунзе.

Тушь «Колибри» пригодна для черчения не только на специальных пленках, но и на обычной чертежной бумаге. Тушь изготов-

Таблица XIV. 18

Характеристика бумажных чертежных материалов

Наименование бумаги	ГОСТ	Плотность, М*/г	Характеристика рулона	Фабрика- изгото- витель
Чертежная бумага мар- ки В (высшая)	597—73	200, 180	Выпускается в листах	Гознак (Ленинград)
То же, марки В ручного отлива со знаком качества	5.522—70	200, 180	То же	То же
То же, марки В машин- ного отлива	597—73	200, 180	Ширину и вес рулонов установ- ливают по дого- воренности	Краснокамская
То же, марки О (обык- новенная) машинного от- лива № 1	597—73	200, 180	Выпускается в листах	Красногородская-
То же, марки О машин- ного отлива № 2	597—73	200, 180, 160	Ширина рулона 860 мм	
Картографическая бу- мага марки А, Б, В	1339—72	160, 140, 110	Ширина рулона 600, 620, 720, 740, 780, 820, 840, 880, 930, 980 мм	Гознак (Ленин- град), Красно- камская
Бумажная натураль- ная калька (прозрач- ность 53%)	892—70	80	Ширина 878 мм, длина 40 и 100 м	Им. Володарского (Ленинград)
Чертежная бумага (про- зрачность 48—50%) мар- ки Д (длительное хране- ние)	20363—74	100	Ширина рулона 878, 640, 440 мм	Гознак (Ленин- град), Красно- городская
То же, марки Д со зна- ком качества	20363—74	100	Ширина рулона 860 мм	Гознак (Ленинград)
То же, марки Ч Миллиметровая бумага	20363—74 334—73	80 60	То же Ширина 878 мм, длина 10, 20, 40 м	Краснокамская «Союз» (Москва)»

Таблица XIV.14

Характеристики лавсановых пленок с чертежными лаковыми слоями

Наименование пленки	Ширина рулона, мм	Характеристика чертежной поверхности	Прозрачность, %	Назначение	Способ обезжиривания пленки	Удаление туши и карандаша	Изготовитель
Лавсановая пленка с глянцевым чертежным слоем	1180	Глянцевая двусторонняя	95	Черчение тушью «Колибри»	Тальком с помощью ватного тампона	Ватным тампоном, смоченным водой или спиртом	Химический комбинат (г. Шостка)
Синтетическая бумага «Контур» (СБ-1, СБ-2)	610	Матированная односторонняя и двусторонняя	65,55	Черчение тушью и карандашом	Тальком	Ватным тампоном, смоченным водой или спиртом, а затем стиральным порошком «Лотос»	Химический завод (г. Переславль-Залесский)
Чертежная лакированная лавсановая пленка ПНЧ-КТ-1, ПНЧ-КТ-2	620, 880, 1500	То же	70,65	То же	Бензином или гексаном	То же	Химический завод (г. Владимир)
Калька лавсановая	1180	»	80	»	Тальком	»	Химический комбинат (г. Шостка)

ляют 12 цветов (черный, коричневый, красный, желтый, желто-зеленый, синий, зеленый, фиолетовый, оранжевый, лимонно-желтый, голубой и светло-розовый). Для получения ярких тонов вместо красителя в туши «Колибри» применены пигменты. С чертежей, выполненных такой тушью, можно получать репрографическими методами высококачественные фотокопии, светокпии и дубликаты на прозрачной основе. Добавки к туши сополимеров, в частности латексов (водная эмульсия каучуковых смол в воде), усиливают закрепление туши на пленке и придают ей водостойкость и спиртостойкость. Эти свойства туши позволяют обезжиривать пленку в процессе черчения и производить окраску площадей, не портя ранее нанесенного изображения. Прочность изображения, нанесенного тушью «Колибри» на пленку, со временем возрастает.

Вязкость туши приблизительно такая же, как и у воды, поэтому тушь можно разбавлять водой до необходимого цветового тона изображения. Испорченная тушь становится густой и непригодной для работы.

Тушь «Колибри» следует хранить при температуре не ниже $+5^{\circ}\text{C}$ и не выше $+30^{\circ}\text{C}$ в герметически закрытом флаконе. На воздухе поверхность туши затягивается пленкой, которую перед употреблением следует снимать.

Для воспроизведения на пленке штрихового черного изображения можно пользоваться и концентрированной тушью «Красный художник». Прочность изображения, начерченного этой тушью, ее водо- и спиртостойкость достигаются добавлением в тушь 3%-ного раствора двуххромовокислого аммония в воде. Температура воды при приготовлении раствора должна быть не выше 30°C . Хранить его можно в течение 10—15 дней в закрытой посуде из темного стекла в защищенном от света месте (посуду желательно обернуть черной бумагой). При приготовлении раствора для черчения в тушницу выдавливают из тубы 0,5 мл концентрированной туши, добавляют 15—20 капель раствора хромовой соли, каплю глицерина и тщательно размешивают. Приготовленный раствор туши может сохраняться в течение 2—3 дней. Тушь пригодна для черчения, если линия толщиной 0,1 мм, прочерченная на пленке, при рассматривании на просвет имеет равномерную налитость и насыщенный черный цвет. Для нанесения временной ситуации на чертежи, изготовленные на лавсане, рекомендуется пользоваться концентрированной тушью «Красный художник», разбавленной водой, или обычной тушью, так как эти туши легко удаляются с чертежной пленки смоченным в воде ватным тампоном.

2. Чертежные работы на синтетической пленке

Подготовка пластика для черчения. Изображение, нанесенное на синтетические чертежные материалы специальными видами туши, будет закреплено в том случае, если чертежная поверхность их не имеет дополнительных случайных вкраплений. Наличие на поверхности пленки жировых пятен (от рук или других загрязнений) не позволяет закрепить изображение из-за отсутствия непосредственного контакта композиции туши с чертежным слоем. Нанесение туши на загрязненные места или вообще невозможно из-за несмачивания поверхности, или если возможно, то со временем приводит к осыпанию тушевого изображения.

Для обезжиривания поверхностей пленки применяются органические растворители с высокой летучестью: этиловый и изопропиловый спирты, ацетон, гексан, четыреххлористый углерод, перхлорэтилен и др. Для более эффективной очистки поверхности пленки можно использовать органические растворители вместе с поверхностно-активными веществами (смачивателями и электролитами). Для очистки пластика типа лавсан с механической и химической матировкой или с наполнителем типа органического растворителя для обезжиривания не имеет принципиального значения.

Лавсан, зерненный механическим способом при матировке в корновальной машине, накапливает на поверхности абразивный шлам, который частично остается после промывки пластика в процессе зернения. Поэтому такой пластик, поступивший на предприятие, необходимо тщательно обработать 10—15%-ным раствором уксусной кислоты и водой с помощью щетки.

Пленку перед работой обезжиривают желательно гексаном, который хорошо растворяет различные жиры, сравнительно нетоксичен и позволяет обезжиривать пластик по вычерченному на нем рисунку тушью «Колибри».

Для обезжиривания синтетических материалов с бумифицирующим слоем в виде лакового покрытия используются такие растворители, которые полностью химически нейтральны к бумифицирующему слою.

Кроме того, в практике графических работ используется метод активации чертежной поверхности, включающий и процесс обезжиривания без применения растворителей. Активация поверхности на синтетических материалах в этом случае сводится к обработке лакового бумифицирующего слоя перед черчением порошковыми составами высокой дисперсности. Такой метод наиболее

эффективен для гидрофильных чертежных поверхностей, которые легко «отдают» жировые загрязнения специально подобранному порошку, способному к адсорбции жира. Порошок должен быть способен к полному смачиванию тушью «Колибри» до образования общего латексного изображения. Порошковый состав служит для укрепления этого изображения и повышения оптической плотности. В качестве активирующего материала используется тальк. Обработка производится ватным тампоном, этим же тампоном снимаются видимые следы талька.

Техника и приемы черчения на пластике. Техника и приемы черчения на матированной и глянцевой поверхностях пластиков имеют некоторые специфические особенности по сравнению с черчением на бумаге. Вычерчивание на пластике производят на просвет по подложенному исходному картографическому материалу или по синему абрису, нанесенному на поверхность пластика. При черчении на чертежных пленках с глянцевой поверхностью между картографическим материалом и пленкой необходимо прокладывать прозрачную матированную пленку, чтобы исключить блики и контролировать качество черчения. Для избежания паралактического смещения линий из-за толщины основ необходимо стремиться к тому, чтобы луч зрения чертежника был по возможности перпендикулярен к плоскости вычерчиваемого участка.

Черчение на матированном пластике по карандашу водными тушами не рекомендуется, потому что в этом случае не будет гарантий закрепления изображения. В необходимых случаях карандаш перед черчением снимают резинкой.

Рекомендации по обезжириванию пластика перед черчением приведены в табл. XVI 1.2, XVI 1.3. Для уменьшения за жиривания поверхности при черчении под ладонь руки рекомендуется подкладывать лист чистой бумаги. Для черчения лучше использовать тушь «Колибри», которую перед употреблением взбалтывают и тщательно перемешивают. Тушь в кривоножку или рейсфедер набирают до середины расстояния между зажимным винтом и рабочей частью щечек инструмента, так как при большом количестве ее прочерчиваемая линия может быть толще, чем нужно. Тушь набирают из флакона, который в перерывах между работой закрывают. Чертят правильно заточенными инструментами без нажима, держа их под определенным углом наклона. При черчении на матированной поверхности пленки чертежные инструменты изнашиваются быстрее, чем при черчении на бумаге, поэтому целесообразно острие чертежных инструмен-

тов (рейсфедер, кривоножка) снабжать победитовыми напайками. При вычерчивании тонких линий перемещение рейсфедера или кривоножки должно производиться более медленно, чем на бумаге. При этом тушь в инструменте целесообразно расходовать не до конца. При использовании пером его необходимо обезжиривать спиртом или гексаном. Штриховые элементы вычерчивают пером длинными штрихами, так как наращивание их короткими штрихами ухудшает качество изображения.

Закраску больших площадей рекомендуется производить обильно смоченной в туши кистью отрывистыми движениями по наклонной плоскости. При подкраске малых площадей кисть слегка смачивают в растворе туши. Кисть промывают в воде и периодически в ацетоне или растворителе 646.

Чертежные инструменты можно очищать лезвием бритвы или тщательно протирать тряпочкой, смоченной в растворителе 646. Капиллярную щель в чертежном пере прочищают кусочком тонкой (до 70 мкм) пленки лавсана. Вычерченные на пластике элементы чертежа должны быть равномерно налиты тушью и иметь достаточную копировальную плотность (не менее 2,0), которую определяют визуально по шкале плотностей. Для контроля качества вычерчиваемого изображения между ним и подкладываемым материалом помещают полоску белой бумаги, которую передвигают по мере надобности.

При копировании чертежа непосредственно на светочувствительные материалы толщину линий необходимо увеличить на 50 мкм, что позволит устранить влияние различного преломления и беспорядочного рассеивания света матированной поверхностью.

При вычерчивании тушью, приготовленной на основе хромовых солей, прочность сцепления туши с пленкой и усиление ее водостойкости достигается облучением чертежей ультрафиолетовыми лучами путем пропускания их через светокопировальный аппарат или оставлением на солнце на 5—10 мин.

Старое или неправильно нанесенное изображение на пленке можно снять механическим или химическим способами. Плотные «жирные» линии предварительно осторожно, не нарушая матированного слоя пленки, счищают лезвием бритвы или ланцетом, после чего смывают в соответствии с рекомендациями табл. XVI 1.2, XVII.3.

Неправильно вычерченные тушью «Колибри» изображения на механически матированном лавсане, обнаруженные сразу после вычерчивания, смываются водой. После дли-

тельного хранения изображение снимается ланцетом или растворителями 646 и дихлорэтаном.

3. Хранение чертежей на пластике

В отдельной комнате — хранилище оригиналов чертежей должна поддерживаться относительная влажность воздуха в пределах 50—80%, температура 16—20° С. Оригиналы-планшеты наиболее целесообразно хранить в подвешенном состоянии. Наиболее удобно по периметру комнаты расположить вешалку для планшетов в виде двух горизонтальных металлических стержней, расположенных на расстоянии 50—60 см друг от друга и на высоте 100—120 см от пола. На вешалку прикрепляют поперечные планки, которые могут перемещаться по ней. На концах каждой планки имеются два зажима (прищепки) для закрепления планшета. С лицевой стороны каждая планка снабжена дощечкой с прозрачным карманчиком для поискового кода планшета. В середине комнаты хранилища целесообразно расположить стол для работы с планшетами, на котором будет находиться кодовая карта планшета хранилища.

Производные чертежи горной графической документации, изготовленные на пластике, могут (как исключение) храниться свернутыми в рулон.

4. Средства механизации графических работ

Чертежные инструменты. При вычерчивании чертежей горной графической документации для работ карандашом и тушью используют готовальни У-10Л, У-14Л, У-15Л, У-32Л. В наборе готовальни У-32Л имеются штангенциркуль для вычерчивания окружностей и кривоножка.

Для вычерчивания параллельных линий (штриховки) применяют штриховальные приборы, позволяющие наносить параллельные линии с одинаковыми шагами (интервалами) между штрихами. Шаг штриховки прибора Шп-1, выпускаемого Харьковским заводом маркшейдерских инструментов, составляет от 0,25 до 3,75 мм. Штриховальный прибор простой конструкции выпускает московский завод «Готовальня».

Значительное упрощение чертежных работ обеспечивает применение особых чертежных ручек-рапидографов, выпускаемых харьковским заводом «Авторучка» с трубч-

ками диаметром 0,3, 0,35, 0,5 и 0,8 мм. По конструкции ручки-рапидографы напоминают игольчатую ручку.

Предприятия ЧССР поставляют рапидографы со сменными пишущими узлами, трубочки которых имеют диаметр 0,1, 0,6, 0,5, 1 мм.

Фирма «Ротринг» (ФРГ) для работы на пластике изготавливает фолиографы-рапидографы, пишущие узлы которых снабжены высокопрочными сапфировыми наконечниками. Заправляются они специальной корродирующей тушью, изготовленной на основе органических растворителей.

Рапидографами можно вычерчивать изолинии, условные знаки и выполнять надписи. Особенно удобно это делать с помощью трафаретов. Тушь «Колибри» для работы с рапидографами не пригодна.

Приборы для построения координатных сеток и нанесения на план точек по координатам. Координатную сетку на чертежах горной графической документации строят с помощью специальных линеек ЛБЛ, Дробышева или координатографа. Наиболее точные построение координатных сеток и нанесение точек на план по их координатам получаются на координатографе.

Координатограф с микрометренным устройством БК-2 изготавливается в СССР. Максимальные размеры рабочей площади координатографа БК-2 равны 1000X 1200 мм.

Автоматическое построение координатных сеток, нанесение точек на план по координатам, а также нанесение зарамочных надписей производятся на автоматических координатографах-графопостроителях, встроены в ЭВМ.

Способы преобразования планов из одного масштаба в другой без изменения и с изменением проекции. Преобразование планов из одного масштаба в другой выполняют графическим способом или способом перерисовки по клеткам, который является самым простым по исполнению, но наиболее трудоемким; графомеханическим, когда изображение преобразуется с помощью пантографа «Коради»; оптико-механическими, к которым относятся фотомеханический способ и способ оптических приборов. Оптико-механические способы наиболее производительные и точные. При оптико-механическом способе применяются фоторепродукционные аппараты, эпископы, диаскопы, оптические рисовальные приборы, проекторы, фототрансформаторы.

Для фотомеханического преобразования используют плоскостные электрофотографические репродукционные аппараты типа «ЭРА», которые позволяют вдвое уменьшать изоб_

ражение и получать копии с планов на бумаге и пленке, минуя изготовление негативов и синих фотокопий. Такие дубликаты на лавсане в масштабе оригиналов позволяют быстро, без ручного копирования изготавливать сводные планы горных выработок путем монтажа дубликатов прозрачной клеящей пленкой ЛТ-40 производства Шосткинского химкомбината.

В тех случаях, когда перенесение изображения с изменением масштаба фотомеханическим способом оказывается невозможным или нецелесообразным, обращаются к специальным оптическим приборам: эпископам и диаскопам.

Э п и с к о п ы — проекционные приборы, посредством которых с непрозрачных оригиналов получают изображения на экране с плавным изменением масштаба. В настоящее время наибольшее распространение получил проектор картографический вертикальный (ПКВ), позволяющий изменять масштаб планов от 0,22 до 5,6. Формат используемого оригинала 29X29 см, максимальный размер изображения 900X900 мм.

У н и в е р с а л ь н ы й п р о е к т о р Г Л имеет автоматическую наводку на резкость изображения в заданном масштабе, позволяет проектировать как с прозрачных, так и с непрозрачных материалов. Прибор позволяет уменьшать и увеличивать изображение в 1—4 раза.

Т о п о г р а ф и ч е с к и й п р о е к т о р м а л ы й (ТПМ) обеспечивает увеличение изображения до 2 раз и уменьшение до 5 раз. Прибор портативен, мал по размерам (700X600X500 мм) и не нуждается в специальном затемнении рабочего помещения. Существенный недостаток проекторов типа эпископ состоит в том, что они дают незакрепленное изображение. Его можно наблюдать на экране лишь в момент проектирования.

Для проектирования изображения в проходящем свете используют диаскопы, к которым относятся фототрансформаторы (ФТБ и ФТМ) и оптические пантографы конструкции ЦНИИГАиК.

Для построения аксонометрических и перспективных проекций по чертежу, составленному в ортогональной проекции, можно использовать перспектограф ПП-3 Малаховского механического завода. Он обеспечивает получение перспективного изображения с точками схода (фокусами) лучей перспективы, расположенными как на чертеже, так и за его пределами.

Переводные изображения (деколи) многократного применения для механизации нанесения на графическую документацию надпи-

сей и условных обозначений. Деколи представляют собой пленочный прозрачный материал, на который специальными фотомеханическими приемами нанесено изображение для перевода [1].

Для нанесения изображения с помощью деколей выбирают необходимый знак для перевода, ориентируют его в нужном месте плана и протирают сверху пластмассовым наконечником. Под воздействием оказанного давления краска, которой выполнен знак, отделяется от пленки и переносится на чертеж. Величину нажима устанавливают экспериментально в процессе перевода. Слишком сильное давление может привести к раздавливанию очертания изображения.

Переводные изображения многократно восстанавливаются благодаря повторным накаткам специальной краской. Краска на одной и той же деколи может быть использована в пределах разработанных четырех цветов: черной, красной, зеленой, синей (краски поставляются вместе с комплектом деколей). Процесс восстановления переводных изображений состоит из смыва краски с деколи, обработки его в растворе этиленгликоля и накатки.

При работе с комплектом деколей и их хранении должны быть обеспечены меры по предотвращению высыхания краски на деколях, для чего необходимо следить, чтобы переводной лист со стороны изображения был плотно закрыт защитной пленкой и чтобы комплект деколей не хранился вблизи отопительных приборов (печей, батарей и др.). Хранить комплект деколей следует в полиэтиленовом мешке, заклеенном липкой лентой.

Для предприятий угольной промывочности [2] и цветной металлургии [3] изданы каталоги комплектов маркшейдерских деколей. Комплекты предназначены для механизации нанесения часто встречающихся надписей и условных знаков на чертежи горной графической документации.

Смывание старой краски с деколи производят ватным тампоном, смоченным живичным скипидаром. Краску с деколи удаляют по возможности полностью, одновременно снимают краску и с защитной пленки. Обработанную скипидаром деколь и пленку промокают газетной бумагой. Через 5 мин деколь обрабатывают в растворе этиленгликоля, смешивая две части этиленгликоля и одну часть воды. В этом растворе деколь находится в течение 15—40 мин (время обработки устанавливают экспериментально). Деколи, которые первый раз накатывают краской, обрабатывают в течении 40 мин, при повторной накатке — 15 мин. Если де-

кодь восстанавливают за день несколько раз, то в растворе этиленгликоля ее обрабатывают в течение 5 мин или вовсе не обрабатывают. Чтобы деколь не всплывала, ее прижимают стеклянными грузиками. Деколь, обработанную в растворе, промокают насухо газетной бумагой, которую после сушки можно повторно использовать. Этиленгликолевый раствор следует хранить в бутылках с притертой пробкой не более 1 года.

Н а к а т к а к р а с к и . Краску перед накаткой на деколь растирают на стекле тонким слоем с помощью металлического скребка (шпателя) на площади 16—20 см². Деколь, предназначенную для накатки краски, обработанную в растворе этиленгликоля и просушенную бумагой, закрепляют на белой бумаге липкой лентой. Краску накладывают на места изображения вручную паралоновым тампоном ввинчивающими движениями. Тампон изготавливают из листового паралона толщиной 49 мм в виде параллелепипеда или цилиндра высотой 8—10 см с площадью основания около 16 см².

Процесс накатки повторяют 2—3 раза до получения изображения ровной оптической плотности по всей площади деколи. После каждой разовой обработки возвратно-поступательными и прямолинейными движениями чистого паралонового тампона очищают от краски пробельные элементы деколи.

До начала накатки краски следует проверить возможность легко, без вуали удалять краску с пробельных элементов деколи.

Если краска накатывается на пробельные элементы (это случается крайне редко), то ее снимают с испытываемого участка деколи живичным скипидаром, затем деколь промокают газетной бумагой и дополнительно обрабатывают в растворе этиленгликоля в течение 10—15 мин. После этого процесс накатки повторяют. Деколь с накатанной краской со стороны рисунка закрывают приложенной к ней предварительно очищенной пленкой. Накатанная краской деколь позволяет переводить с одного значка 2—3 изображения.

Рекомендуется следующая технология перевода изображения с деколи:

на листе прозрачной бумаги марки Д или карандашной кальки прорезают прямоугольное окно, размер которого зависит от величины переводимого изображения;

на форматке деколи выбирают необходимый знак для перевода, отгибают или полностью снимают защитную пленку и накладывают деколь на предохранительную бумагу так, чтобы знак, выбранный для перевода, находился против прорези прямоугольного окна;

деколь вместе с предохранительной бумагой ориентируют в нужном месте чертежа и передавливают на чертеж изображение; не снимая полностью деколи и не нарушая ориентирования, ее отгибают для проверки полноты и качества перевода. В случае необходимости деколь накладывают снова на чертеж, повторяют перевод изображения и только после этого полностью снимают его, после чего приступают к переводу следующего знака.

Переведенная краска окончательно высыхает за 2—3 ч. Процесс высыхания резко ускоряется обработкой переведенного рисунка противоотмарывающим порошком (маисовым крахмалом, тальком) или защитным спиртовым лаком. Запасные бачки краски следует хранить плотно закрытыми при температуре от 0 до +10° С. Неполные бачки внутри закрывают промасленной (вазелиновым или касторовым маслом) калькой.

5. Способы, аппаратура и материалы для размножения чертежей горной графической документации

Основные способы размножения чертежей горной графической документации — диазосветокопирование и электрография.

Диазосветокопирование — самый распространенный способ размножения чертежей, позволяющий получать копии чертежей с прозрачного оригинала на диазобумагу, диазотальку или диазопленку. Копии при этом можно изготавливать на рулонных диазоматериалах, что особенно важно для размножения чертежей производственной документации больших форматов.

Отечественная промышленность выпускает большой ассортимент светочувствительных диазотипных материалов, отличающихся светочувствительными слоями и основами на которые они нанесены (табл. XVI.1.4).

По способу проявления диазоматериалы разделяются на материалы сухого проявления в парах аммиака, материалы мокрого проявления специальными растворами и материалы проявления термическим способом.

Качество диазоматериалов определяется свойствами основы и составом светочувствительного слоя на ней.

Диазобумагу выпускают на основах бумаги плотностью 50, 70, 80 и 120 г/м² в рулонах шириной 640 и 878 мм, длиной 20, 40, 60 и 100 м.

Основа для диазобумаг регламентирована ГОСТом, предусматривающим выпуск бумагооснов марок А (хлопковая) и Б (целлю-

«лзозная). Бумага-основа марки А, имеющая лучшие технические показатели, чем марки Б, выпускается в малых количествах.

В 1977 г. фабрика «Союз» изготовила опытно-промышленную партию светочувствительной диазотипной позитивной бумаги средней скорости копирования с улучшенными оптическими и механическими свойствами.

По специальному заказу выпускается диазотипная картографическая бумага Б_кКорС—9, имеющая высокие показатели на излом, хорошее качество получаемого изображения и высокие чертежные свойства. Срок ее хранения 9 месяцев. Начат промышленный выпуск диазотипного материала на армированной с одной стороны полиэтиленом бумаге.

Диазодубликаты на прозрачной основе изготавливают на диазокальках и диазопленках. Технические характеристики диазокалек приведены в табл. XVI 1.5. Диазокальки серийно выпускаются в рулонах шириной 640, 764, 878 мм, длиной 20, 40, 60 и 100 м.

В 1977 г. Малинская бумажная фабрика производственного объединения «Укрбумпром» изготовила опытно-промышленную партию диазокальки повышенной светопрозрачности с противоскручивающим слоем Б₀НП-45.

В качестве основы диазопленок используется пленка из модифицированной целлюлозы—триацетатцеллюлозы. Казанский химзавод им. В. В. Куйбышева выпускает следующие марки опытных образцов диазопленок на триацетатной основе: марка ЛК

Таблица XVII.7

Характеристика светочувствительных диазотипных материалов на бумаге

Марка бумаги	Минимальная светочувствительность, м/мин	Минимальная оптическая плотность изображения	Минимальная разрешающая способность, мин/мм
АоССАП-3	2,0	0,9	4,7
БССАП-3	2,8	0,8	4,7
БЧСАП-3	2,0	0,9	4,7
БКорНАП-6	1,8	0,8	4,7
АоСС-3	2,0	0,8	3,1
АоЧС-3	2,0	0,8	3,1
БКрВ-6	3,5	0,6	3,1
БСС-3	2,0	0,8	3,1
БЧС-3	2,0	0,8	3,1
БФС-3	2,0	0,8	3,1
БКорС-9	3,0	0,7	3,1
БКорС-3	2,0	0,8	3,1
БКорН-6	1,2	0,8	3,1

Примечание. Буквы указывают: А, Б — марка бумаги; Кор, С, Ч, Ф, Кр — цвет (коричневый, синий, черный, фиолетовый, красный); ВСН — чувствительность (высокая, средняя, низкая). Арабские цифры указывают на срок хранения в месяцах. Сочетание АП указывает о наличии в бумаге абсорбционного и противоскручивающего слоев

Таблица XVII.5

Характеристика калек бумажных светочувствительных диазотипных (диазокалек ГОСТ 7821—65)

Показатель	Марка диазокальки			
	А-10	А-20	Б-10	Б-20
Цвет изображения	Желтый	Коричневый	Желтый	Коричневый
Цвет фона	Белый	Белый	Белый	Белый
Светочувствительность	2,0	1,5	1,5	1,2
Разрешающая способность, лин/мм	12	12	12	12
Срок хранения, мес.	3	4	3	4
Светопрозрачность фона, %, не менее	27	25	20	18
Светопрозрачность изображения,	1,5	2,0	1,5	2,0

Примечание. Марка имеет следующие обозначения: А и Б — сорт бумаги, 1 и 2 — контрастность, 0 — сенсibilизация в ультрафиолетовой части спектра.

имеет коричневый цвет проявленного изображения, ТЛК — темно-коричневый, ТЛЧ-1 и ТЛЧ-2 (высококонтрастная) — черный.

Владимирский химзавод изготавливает полиэтилентерефталатную лакированную чертежную пленку со светочувствительным диазослоем ПНЧ-С. Толщина пленки 67 ± 5 мкм, Ю, 92, 13, 142, 21 мкм и ширина 620, 880, 1500 мм.

Технологический цикл изготовления копий на диазопленках идентичен изготовлению копий на бумажных диазоматериалах. Пленку ПНЧ-С рекомендуется использовать для нанесения календарного плана горных работ и других целей. Светокопирование на диазоматериалы производится на ротационных светокопировальных аппаратах или на копировальных рамах.

В табл. XVI 1.6, XVI 1.7 приведены основные технические характеристики современных аппаратов. Они имеют мощные источники света и плавное регулирование скорости подачи светочувствительной бумаги, что позволяет использовать диазоматериалы различной светочувствительности.

СКН-2 — наиболее перспективный светокопировальный аппарат. Он рассчитан на средний объем копировальных работ, компактен, не требует отдельного помещения, специальной вытяжной вентиляции и подвода специальной силовой линии. Устанавливается на обычном столе, позволяет получать копии с оригиналов, выполненных на прозрачных основах, и одновременно проявлять эти копии в щелочном растворе.

Диазобумага марки МП проявляется в растворе из щелочи и азосоставляющей, которая определяет цвет изображения на диазобумаге. Промышленностью выпускаются проявители для получения коричневого, черного, синего, и красного цветов. Наиболее доступен для самостоятельного изготовления проявитель коричневых линий: едкий натр — 10 г, (5-нафтол — 25 г, 3%-ный водный раствор некаля — 4 г, дистиллированная вода — 1 л. В указанной последовательности растворяют все эти химикаты в воде. В проявители, выпускаемые Ступинским заводом, дополнительно вводится 3%-ный раствор некаля для улучшения смачивания проявляющих валиков.

Корректирующие работы при светокопировании. Диазодубликат — промежуточный чертеж, с которого можно получить копии на диазобумаге. В диазодубликат иногда необходимо вносить исправления — удалять старое изображение или нанести новое. Удаление старого изображения производят светомеханическим и химическим способами.

Светомеханический способ применяют для удаления значительных участков изображения. Для этого неэкспонированную диазоскальку совмещают с черной бумагой, в которой вырезаны удаляемые участки чертежа, и пропускают их вместе через экспонированное устройство. Светочувствительный слой при этом на открытых участках разлагается (выгорает). После этого корректируемую кальку совмещают с частично экспонированной диазоскалкой, копируют и проявляют обычным способом.

Химический способ корректирования применяют для удаления небольших участков чертежей и отдельных штрихов. Производится он специальными корректирующими жидкостями. Для диазоскалек А-20 и Б-20, диазобумаг и диазопленок применяют корректирующую жидкость, в состав которой, входят двуххлористое олово (0,5 г), соляная кислота (1 см³), уксусная кислота (2 капли), вода (9 см³).

На участок диазодубликата, подлежащего исправлению, наносят корректирующую жидкость. После полного удаления изображения участок промывают водой, высушивают и наносят исправления карандашом или тушью.

Для диазоскалек А-10 и Б-10 в качестве корректирующей жидкости применяют следующие растворы: 5%-ный раствор уксусной кислоты, насыщенный раствор марганцевокислого калия, 10%-ный раствор бисульфата натрия. Каждый раствор последовательно наносят на изображение. После удаления изображения корректируемое место промывают водой. После высыхания наносят исправления карандашом или тушью.

Электрофотография — один из современных прогрессивных способов воспроизведения графических изображений. Достоинства электрофотографии — высокая производительность, факсимильность воспроизведения изображения, низкая стоимость используемых материалов, простота технологии получения копии, возможность хранения электрофотослоев на свету, более высокая светочувствительность фотослоев по сравнению с диазосоединениями, возможность получения копий с непрозрачных оригиналов и получение многоцветных изображений.

Электрофотопроект основан на использовании полупроводниковых материалов, изменяющих свою электрическую проводимость при освещении. На слое фотополупроводникового материала образуется скрытое электростатическое изображение, которое проявляется измельченным порошком, селенового слоя 380X465 мм, максимальный размер копии 297X420 мм. Селеновый слой,

Таблица XVII.6

Техническая характеристика аэрегатированных светокопировальных аппаратов с сухим способом проявления

Показатель	СКС-Ю00-400 (СКА)	СКС-1000-800 (АСК-44)	ВА-110/А	ВА-102 (УФ-5)	ВА-130	КВС-100-11
Наибольшая ширина зоны копирования, мм	1000	1000	610	1000	1000	1000
Скорость копирования, мм/с	8—128	80—222	19—125	14—83	19—139	1—50
Диаметр стеклянного цилиндра, мм	150	150	—	200	200	150
Источник света	РКС-2,5	ПРС-5000	Ртутная лампа	ИГВ-40	«Тунгерам-300»	—
Мощность лампы, кВт	1,8—2,5	3,5—5,0	1,3	4,0	3,0	2,0
Общая потребляемая мощность, кВт	9,65	11,0	3,0	6,0	4,5	6,4
Вывод копий	На обе стороны	—	На заднюю сторону	На обе стороны	На переднюю сторону	На заднюю сторону
Размеры, мм	1750X 1020X X 1850	1080X 1850X X1170	1057X690X580	1590X790X1100	1455X697X1246	1600X1300X800
Масса, кг	800	650	150	400	350	485
Изготовитель	Завод «Полиграфмаш» (г. Одесса)	Завод конторских машин и приборов точной механики (ВНР)				

Таблица XVII.7

Техническая характеристика агрегатированных светокопировальных аппаратов с мокрым способом проявления

Показатель	СКМН-1000-100 (СКН-2)	СВА-150
Ширина зоны копирования, мм	1000	600
Скорость копирования, мм/с	3—28	19—125
Диаметр стеклянного цилиндра, мм	150	100
Источник света, тип	Люминесцентная Л КС-100	Ртутно-кварцевая лампа
Потребляемая мощность, кВт	0,7	
Отделение оригинала от рулонной диазокопии	Неавтоматическое	Автоматическое
Размеры, мм	1450X625X450	1967X580X707
Масса, кг	145	20
Изготовитель	Опытный завод «Оргтехника» (г. Лермонтов)	ВНР

притягиваемым к участкам поверхности, несущим электрические заряды.

Отечественной промышленностью разработаны и выпускаются репродукционные плоскостные аппараты с селеновыми пластинами и ротационные аппараты с селеновыми барабанами (табл. XVI 1.8).

Фотополупроводниковые материалы для электрографических аппаратов. Для получения копий чертежей на бумаге, кальке, фольге и других материалах Каунасский завод средств автоматизации выпускает селеновые электрографические пластинки СЭП-2 размером 400X515 мм. Формат

Таблица XVII.8

Основные технические параметры электрофотографических плоскостных и ротационных аппаратов

Марка аппарата	Тип	Наибольший формат оригиналов, мм	Наибольший формат копий, мм	Средняя скорость копирования
ЭП-12РМ2 (ЭРА-М) л	плоскостной	594X841	297X420	3 копии за 3 мин
ЭП-22РМ (ЭРА-2) -ч	»	594X 841	420X594	То же
ЭР-600К (РЭМ-600К)	Ротационный	Ширина 600, длина без ограничений	Ширина 600, длина без ограничений	41 мм/с
ЭР-620Р		Ширина 850, длина без ограничений	Ширина 620, длина без ограничений	50 мм ⁷ /с
ЭР-620КЗ		Ширина 620, длина без ограничений	То же	45 мм/с
ЭР-420Р (РЭМ-420/600)		Ширина 600, длина без ограничений	Ширина 420, длина без ограничений	17 мм/с
ЭР-620М		Микрофильмы шириной 35 и 70 мм	594X841	0,1 копий/с

нанесенный на металлическую пластину-подложку, должен быть сплошным и иметь одинаковый оттенок по всей площади пластины. Гарантийный срок использования селеновых пластин 3 мес. За это время можно осуществить не менее 500 экспонирований и изготовить 1500 копий.

Для получения копий на бумаге, кальке и на рулонном лавсане используют селеновые электрофотографические барабаны СЭБ-600 и СЭБ-420 в ротационных машинах ЭР-600К и ЭР-420. Их тиражеустойчивость 20, формат 594X841 мм, масса соответственно 16 и 8 кг. Изготавливает завод «Электроприбор» (г. Грозный).

Электрографические проявители. Для каскадного проявления селеновых пластин используют прямые и обрабатывающие проявители в виде тонера (проявляющего порошка) и носителя. Для получения копий непосредственно с вычерченного оригинала или с позитивных микрофильмов применяются прямые проявители, а с негативных микрофильмов — обрабатывающие (для положительно заряженных электрофотослоев). Кроме того, проявители разделяются по составу для плоскостных и ротационных электрофотографических аппаратов.

Прямые проявители для плоскостных электрофотографических аппаратов выпускаются в виде носителя марки С1А, С1Б, С1В в сочетании с электрографическим тонером марки 1-черный (КСЧ-4), 2-черный (КСЧ-5). В ро-

тационных аппаратах используется носитель марки С2 и электрографический тонер марки 3 черный (КСЧ-5).

Обрабатывающие проявители для плоскостных аппаратов выпускаются в виде носителя марок С3Б и С3В в сочетании с электрографическим тонером марки 1-черный и 2-черный. Для ротационных аппаратов применяются носители марок С3а и С3б и тонер марки 3 черный.

Используемые электрофотографические тонеры марок 1, 2, 3 имеют размер частиц в пределах 5—40 мкм. Они позволяют получать оптическую плотность копии 1,5—2,0.

Температура плавления тонеров марок 1 и 2 105—120° С, а 3 тонера 160—170° С. Такая температура плавления тонера 3 значительно затрудняет изготовление на ротационных аппаратах копий на лавсане (эта температура близка к температуре плавления лавсановой пленки). Выходом из этого положения может быть использование для этих целей тонеров марок 1 и 2.

Список литературы

1. Михалевич Д. С., Чупанов А. И. Сухие переводные изображения (деколы) и применение их в чертежно-оформительских работах. М., Недра, 1976.
2. Сводный каталог форматов маркшейдерских деколей. Л., ВНИИ, 1977.
3. Каталог геолого-маркшейдерских форматов переводных изображений (деколей) для горных предприятий цветной металлургии. Л., Союзмаркштрест, 1977 (ротапринт).

Учет, состояние и движение запасов твердых полезных ископаемых в недрах

1. Подсчет запасов полезных ископаемых

При проведении геолого-разведочных работ заключительной операцией является подсчет запасов полезных ископаемых — определение количества и качества полезных ископаемых на разведанном месторождении с последующим утверждением их в Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ).

Запасы подсчитывают отдельно для каждого вида минерального сырья. По полезным ископаемым, используемым для извлечения содержащихся в них полезных компонентов (металлов, минералов), подсчитываются как запасы руд, так и запасы полезных компонентов. В комплексных рудах помимо основных подсчитываются также запасы сопутствующих полезных компонентов. Запасы полезных ископаемых подсчитывают по наличию их в недрах без учета потерь при добыче, обогащении и переработке. Состав и свойства полезных ископаемых определяют в их природном состоянии (в том числе со свойственной им влажностью) и независимо от возможного разубоживания при добыче.

Запасы полезных ископаемых подсчитывают и в дальнейшем учитывают в весовом выражении.

При подсчете запасы в зависимости от степени пригодности к использованию в промышленности разделяются на две группы — балансовые и забалансовые.

Балансовые запасы, использование которых экономически целесообразно, должны удовлетворять кондициям, устанавливаемым для подсчета запасов в недрах.

Забалансовые запасы, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно вследствие малого количества, малой мощности залежей, низкого содержания ценных компонентов, особой сложности условий эксплуатации, необходимости применения очень сложных процессов перера-

ботки, в дальнейшем могут явиться объектом промышленного освоения.

Сумму балансовых и забалансовых запасов часто называют геологическими **запасами**, исходя из того положения, что горные породы с показателями рудоносности ниже нижней границы кондиционных требований на забалансовые запасы считаются пустой породой.

Запасы полезных ископаемых в охранных целиках шахт, транспортных магистралей и других капитальных сооружений подсчитывают отдельно и относят к балансовым, если они удовлетворяют кондициям.

Кондиции на полезное ископаемое — комплекс требований к количеству и качеству полезного ископаемого, отражающих техническую возможность и экономическую целесообразность промышленного его использования в течение определенного периода (минимальное количество полезного ископаемого в недрах, пригодное для промышленного его использования, бортовое и минимальное промышленное содержание полезных компонентов, максимальное допустимое содержание вредных компонентов в полезном ископаемом, минимальная мощность рудного тела). Кондиции разрабатываются применительно к отдельным месторождениям полезных ископаемых самими предприятиями или научно-исследовательскими организациями и утверждаются в установленном порядке.

В 1976 г. были изданы и утверждены «Временные методические указания по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов углей (сланцев)» [1]. Раздел «Экономические расчеты» базируется на величинах замыкающих затрат Зз, рассчитанных для других целей — для разработки топливно-энергетического баланса крупных регионов или всей страны в целом (ТЭБ). Ими нельзя пользоваться для расчетов обоснования размеров кондиций на уголь для каждого отдельного угольного бассейна или месторождения. Величины Зз, расчи-

тайные для решения задач одного вида, не могут быть автоматически применены для решения задач совсем другого вида без опасности допущения крупных ошибок. Поэтому в каждом конкретном случае обоснования кондиций должен быть произведен тщательный анализ возможности использования рекомендуемых величин Z_3 .

В зависимости от степени разведанности месторождений, изученности качества сырья и горнотехнических условий разработки запасы полезных ископаемых подразделяются на 4 категории — А, В, C_x , C_2 .

Категория А — запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей полное выяснение условий залегания, формы и строения тел полезного ископаемого, полное выявление природных типов и промышленных сортов минерального сырья, выделение и оконтуривание безрудных и некондиционных участков внутри тел полезного ископаемого, полное выяснение качества полезного ископаемого и природных факторов, определяющих условия ведения горно-эксплуатационных работ.

Категория В — запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей выяснение основных особенностей условий залегания, формы и характера строения тел полезного ископаемого, выявление природных типов и промышленных сортов минерального сырья и закономерности их распределения без точного отображения пространственного положения каждого типа, выяснение соотношения и характера безрудных и некондиционных участков внутри тел полезного ископаемого без точного их оконтуривания, выяснение качества полезного ископаемого и основных факторов, определяющих условия ведения горно-эксплуатационных работ.

Категория C_2 — запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей выяснение в общих чертах условий залегания, формы и строения тел полезного ископаемого, его природных типов, промышленных сортов, качества, технологических свойств, а также природных факторов, определяющих условия ведения горно-эксплуатационных работ.

Категория C_2 запасы, предварительно оцененные. Условия залегания, форма и распространение тел полезного ископаемого определены на основании геологических и геофизических данных, подтвержденных вскрытием полезного ископаемого в отдельных точках или по аналогии с изученными участками. Качество полезного ископаемого определено по единичным пробам и образцам или по данным примыкающих разведанных участков.

Проектная организация, получив полные данные разведки, в том числе данные об утвержденных запасах на месторождении, раскраивает месторождение на отдельные шахтные или рудничные поля с определенными балансовыми запасами. В процессе проектирования горного предприятия проектная организация определяет количество балансовых запасов, оставляемых в предохранительных и барьерных целиках (общешахтные потери), и количество балансовых запасов, теряемых в виде эксплуатационных потерь. Сумма общешахтных и эксплуатационных потерь составляет проектные потери полезных ископаемых. В угольной промышленности начиная с 1954 г. в промышленные запасы включались 100% запасов категории А + В и 50% запасов категории C_2 после исключения проектных потерь угля. В настоящее время в промышленные запасы включаются 100% запасов категорий А + В + C_x за вычетом проектных потерь и запасов, не целесообразных для отработки по технико-экономическим причинам, определяемых на вскрытой части поля непосредственно по данным геологической документации, на нескрытой — на основе обобщения результатов геолого-разведочных и шахтно-геологических работ, выполняемых маркшейдерско-геологической службой шахт. Этим новым положением, предусмотренные Отраслевой инструкцией [2], охраняется реальность промышленных запасов. При подходе горных выработок к сомнительным участкам, после выяснения нецелесообразности отработки их, запасы последних списываются как не целесообразные для отработки по технико-экономическим причинам и снимаются с балансовых запасов без отнесения в потери. На предприятиях Минцветмета СССР эта задача решается следующим образом: запасы в целиках у крупных тектонических нарушений списываются как общерудничные потери [3]. Разность между балансовыми запасами предприятия и проектными потерями и запасами, не целесообразными для отработки по технико-экономическим причинам, составляет **промышленные запасы** предприятия — количество полезного ископаемого в пределах технических границ шахты (рудника), подлежащие извлечению из недр.

Промышленные запасы подсчитываются по эксплуатируемому, строящемуся и проектируемому шахтам. Балансовые запасы, проектные потери и промышленные запасы являются исходными для учета состояния и движения запасов на действующем горном предприятии.

Основным объектом учета на действующих горных предприятиях являются балансовые и промышленные запасы. Учет забалансовых* запасов ведется упрощенно.

Учет запасов складывается из первичного учета и отчетности.

Первичный учет ведется в книгах и журналах установленного образца. Основанием для заполнения форм первичного учета служат имеющиеся в распоряжении маркшейдерского и геологического отделов графические материалы, данные замеров и геологоразведочных работ.

Отчетные сведения, составляемые по данным первичного учета, периодически представляются в вышестоящие организации. Формы и содержание отчетных сведений определены специальными инструкциями и распоряжениями ЦСУ и министерств.

Первичный учет запасов, осуществляемый на шахтах, разрезах и рудниках, складывается из учета состояния и движения балансовых запасов и (упрощенно) забалансовых запасов и учета промышленных запасов.

Задачи учета запасов: дать числовую характеристику состояния запасов на начало отчетного периода, а также изменений, имевших место за отчетный период и с начала разработки; выявить состояние запасов на конец отчетного периода применительно к отдельным видам их и дать характеристику обеспеченности горного предприятия запасами на предстоящее время; контролировать выполнение плана подготовки запасов.

Под изменением запасов за отчетный период и с начала разработки следует понимать: уменьшение запасов за счет выявленных при эксплуатации участков с некондиционным полезным ископаемым и участков, не целесообразных для отработки по технико-экономическим причинам; уменьшение запасов в результате добычи и потерь; изменение запасов в результате увеличения или уменьшения контура шахтного поля; изменение в результате доразведки или пересчета запасов (перевод из одной категории в другую, уточнение мощности залежей и объемного веса полезного ископаемого, выявление новых залежей и т. д.).

Учет запасов производится отдельно по пластам (залежам), геологическим элементам (например, крыльям складки), горизонтам, уступам, участкам (блокам).

При подземной разработке угольных месторождений запасы учитываются отдельно по каждому разрабатываемому горизонту и по одному нижележащему невоскрывшему горизонту. По всем другим невоскрывшим, но запроектированным к разработке горизонтам запасы даются суммарно.

Добычу и фактические потери за отчетный период определяют текущим ежемесячным маркшейдерским и геологическим учетом. Изменение запасов в результате увеличения или уменьшения размеров шахтного поля определяют по планам и геологическим разрезам. Изменения в результате выявления некондиционных запасов фиксируют по данным списания этих запасов с баланса шахты.

Под некондиционными следует понимать запасы полезных ископаемых из числа утвержденных ГКЗ балансовых запасов, оказавшиеся в процессе эксплуатации или доразведки непригодными к использованию ввиду нерабочей мощности, малого содержания полезных компонентов (высокой зольности угольных пластов) и др., оставляемые по этим причинам невынутыми, или отгруженные в породные отвалы. Списание с баланса шахты (рудника, разреза) некондиционных запасов полезного ископаемого производят в порядке, установленном специальными инструкциями, утвержденными Госгортехнадзором СССР.

Изменения в результате доразведки в середине года фиксируются приближенно, главным образом за счет перевода запасов из одной категории в другую. На конец года эти изменения уточняют путем сопоставления с зафиксированными изменениями в результате добычи, потерь, списания некондиционных запасов и изменения границ шахтного или рудничного поля в отчетном году.

Проектные потери ежегодно должны корректироваться для получения промышленных запасов на начало следующего года. Для этого из остатка балансовых запасов на конец отчетного года вычитают количество потерь, запроектированных к оставлению в постоянных целиках под охраняемыми объектами, количество эксплуатационных потерь, связанных с системой разработки, рассчитанное в соответствии с нормативами потерь для тех систем разработки, которые проектируют к применению для отработки данного пласта (горизонта, участка).

Необходимость ежегодного корректирования размеров проектных потерь возникает вследствие того, что на действующем горнодобывающем предприятии имеет место замена одних систем разработки другими, изменение параметров применяемых систем разработки, изменение соотношения добычи по системам разработки и т. д.

Примерно через каждые 6—8 лет на шахте (руднике) возникает необходимость в проверке фактического наличия запасов полезного ископаемого и соответствия их данным ежегодного учета. С этой целью периодически производится оперативный перерасчет запа-

сов. Для этого заготавливают специальный комплект планов и разрезов, пласты или залежи разбивают на блоки. Желательно, чтобы границы блоков совпадали с идентичными границами блоков при первоначальном подсчете запасов разведочной организацией. В остальном выделение блоков подчиняется требованию возможности применения тех или иных методов расчета, а также разделения запасов по категориям разведанности, эксплуатационным горизонтам, уступам и участкам. Запасы пересчитываются способами, наиболее приемлемыми при данных условиях залегания и разведанности (на угольных шахтах — способы среднего арифметического, участков равного падения, изогипс, треугольников, многоугольников; на открытых разработках — способы среднего арифметического, горизонтальных и вертикальных сечений, многоугольников; при подземной разработке рудных месторождений сложной формы — способы блоков, горизонтальных и вертикальных сечений и др.).

Обычно пересчитываются запасы по блокам, по которым появились новые сведения в результате разведочных или горных работ или имеются основания ждать изменений в запасах по аналогии. По блокам, где таких сведений нет, запасы не пересчитываются, а принимаются по данным первоначального подсчета. В результате пересчета фактические остатки запасов отличаются от книжных в пределах нескольких процентов в ту или другую сторону. Если в процессе эксплуатации разведочными или горными работами количество утвержденных балансовых запасов не подтверждается в пределах 20% и более, то результаты пересчета запасов должны быть представлены в ГКЗ СССР на новое утверждение. При этом результаты пересчета должны быть оформлены в соответствии с «Инструкцией о порядке внесения, содержания и оформления материалов по подсчету запасов ..., представляемых на утверждение в ГКЗ».

2. Классификация запасов полезных ископаемых по степени их подготовленности к выемке

Промышленные запасы по степени их подготовленности к выемке делятся на три категории.

Вскрытые запасы — часть промышленных запасов, вскрытая (подсеченная) капитальными горными выработками, для разработки которых подземным способом не требуется дополнительного проведения капитальных

горных выработок (шахтных стволов, штолен, капитальных квершлагов, капитальных уклонов и т. д.) или дополнительного проведения капитальных горных выработок по вскрытию месторождения или его участков при разработке открытым способом (пройденны капитальные траншеи или съезды, проведены работы по осушению запасов и т. п.). Количество вскрытых запасов не нормируется [4, 5].

Подготовленные запасы — запасы для отработки которых пройденны все подготовительные выработки, предусмотренные принятой системой разработки. Для разрезов необходимо еще дополнительное условие — запасы должны быть обнажены от покрывающих вскрышных пород. Необходимое количество подготовленных запасов предусматривается проектом шахты, пятилетним планом и годовыми планами развития горных работ на шахте (разрезе).

Запасы, готовые к выемке, — часть подготовленных запасов, для отработки которых пройденны все подготовительные и нарезные выработки. Выемка запасов, готовых к выемке, возможна в полном соответствии с правилами технической эксплуатации и правилами безопасности.

На разрезах к запасам, готовым к выемке, относятся запасы из числа подготовленных, полностью зачищенные, выемка которых возможна без нарушения правил технической эксплуатации и безопасности с соблюдением установленных проектом разработки или паспортом горных работ размеров предохранительных берм. Запасы по нижележащим уступам переводят в готовые к выемке по мере подвигания фронта работ вышележащих уступов, а по верхнему уступу — по мере подвигания фронта вскрышных работ и зачистки породы.

Список литературы

1. *Временные методические указания по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов углей (сланцев)*. М., ЦНИЭИ-уголь, 1976.
2. *Отраслевая инструкция по учету балансовых и расчету промышленных запасов, определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь угля (сланца) при добыче*. М., изд. Минуглепрома СССР, 1974 (ротапринт).
3. *Сборник инструктивных материалов по охране и рациональному использованию полезных ископаемых*. М., Недра, 1977.
4. *Временная методика нормирования подготовленных и готовых к выемке запасов угля (сланца) на шахтах Минуглепрома СССР*. Л., ВНИИ, 1975 (ротапринт).
5. *Временная методика нормирования подготовленных и готовых к выемке запасов угля (сланца) на разрезах Минуглепрома СССР*. Л., ВНИИ, 1976 (ротапринт).

определение размеров
нормирование
и экономическая
оценка последствий
потерь П,
разубоживания Р
и извлечения И
полезных ископаемых
при их добыче

**1. Основные положения
учета потерь
и разубоживания
полезных ископаемых**

Основные задачи учета — определение уровня П, Р и И полезных ископаемых для контроля правильности использования недр, анализа соответствия применяемых систем разработки конкретным горно-геологическим условиям, выявления недостатков систем разработки в отношении полноты извлечения запасов полезных ископаемых, а также разработки и проведения мероприятий по снижению величины количественных и качественных потерь до оптимального уровня, правильного планирования горных и разведочных работ, строительства и реконструкции предприятий.

Фактические потери — часть балансовых запасов полезного ископаемого, которая, являясь пригодной для разработки, в соответствии с требованиями безопасного ведения горных работ из-за несовершенства применяемых систем разработки, сложных условий залегания и других причин безвозвратно оставлена в недрах (в массиве или в отбитом виде) или вывезена в отвал пустой породы при разработке месторождения.

Запасы полезного ископаемого относят к потерям в том случае, если Подходы к этим

запасам, как правило, ликвидированы. К потерям относят также запасы, когда достоверно установлена невозможность или нецелесообразность их выемки в будущем, хотя подходы к ним еще не полностью ликвидированы.

Запасы полезного ископаемого в целиках,, которые оставляются временно, учитываются не как потери, а как запасы во временных целиках.

Запасы на участках, где горными или разведочными работами установлена некондиционность полезного ископаемого (по мощности, зольности, содержанию полезных и вредных компонентов и т. д.), списываются не как потери, а как некондиционные запасы.

К потерям из-за пожаров и затопления выработок относятся не только запасы полезного ископаемого, уничтоженные пожаром или находящиеся на участках с затопленными выработками, но также и запасы в целиках, ограждающих аварийный участок,, если эти целики не могут быть впоследствии отработаны (в противном случае указанные запасы относятся к категориям «в пожарах» или «временно затопленные»).

Запасы в барьерных целиках (у границ, шахтных полей, у старых затопленных выработок) учитываются как потери в том случае, если это вызвано требованиями безопасного ведения горных работ и если причины, побудившие к оставлению целиков,,

не могут быть устранены по техническим или экономическим соображениям.

Кондиционные запасы полезных ископаемых, оставляемые в недрах вследствие неблагоприятных геологических и гидрогеологических условий, списываются с баланса предприятия без отнесения их в потери как запасы не целесообразные для отработки по технико-экономическим соображениям.

Нецелесообразность (нерентабельность) разработки спорных участков должна рассматриваться исходя не из интересов шахты, а из экономических интересов отрасли и народного хозяйства с применением «замыкающих затрат».

Кроме фактических потерь различают проектные, нормативные и плановые потери. Под проектными понимается величина общих потерь полезного ископаемого, предусмотренная проектом разработки шахты (разреза). Под нормативными потерями (нормативами) понимается оптимальная величина эксплуатационных потерь полезного ископаемого на весь период отработки выемочного участка (этажа, панели и т. д.). Определяют ее на основе технико-экономических расчетов. Плановые потери — те же нормативные потери, но рассчитанные на определенный календарный период плана развития горных работ.

Разубоживание полезного ископаемого — снижение содержания полезных компонентов в добытой рудной массе по сравнению с содержанием их в массиве полезного ископаемого независимо от причин, вызвавших это снижение.

Содержание полезных компонентов может быть снижено в результате засорения балансовых запасов полезного ископаемого в процессе добычи пустой породой или рудой из забалансовых запасов; потерь наиболее богатой части отбитой руды (в виде рудной мелочи), что характерно для руд, содержащих хрупкие минералы; выщелачивания из отбитой руды полезного компонента, содержащегося в ней в виде растворимых соединений.

2. Классификация фактических П, Р и И полезных ископаемых

Классификация потерь. Фактические потери полезного ископаемого в недрах в зависимости от причин, их вызвавших, разделяют на два класса: общешахтные и эксплуатационные.

Общешахтные (общеразрезные) — потери полезного ископаемого в предохранительных целиках, оставляемых

под наземными и подземными сооружениями и другими объектами (города, поселки, фабрики, заводы, реки, озера, искусственные водоемы, вертикальные и наклонные шахтные стволы и околоствольные выработки, шурфы, штольни, предохранительные и транспортные бермы, вертикальные и наклонные буровые скважины и пр.), и в барьерных целиках, оставляемых между соседними шахтными полями или полями разрезов для охраны от прорыва воды из обводненных зон в горные выработки.

Эксплуатационные потери, в свою очередь, разделяются на два подкласса.

Подкласс А охватывает потери полезного ископаемого в массиве: потери полезного ископаемого в междуканальных, междуетажных, междублоковых, междупанельных, междуслоевых целиках, в целиках внутри выемочного участка (блока, камеры, панели, лавы, карьера), в целиках у пожарных, затопленных, аварийных участков, а также потери полезного ископаемого от неполноты выемки по контуру месторождения, потери в лежащем и висячем боках (почве, кровле), потери по верхней (нижней) границе и флангам месторождения.

Подкласс Б охватывает потери отделенного от массива полезного ископаемого и представлен двумя группами.

Первая группа — потери в выработанном пространстве; потери не выпущенного из выработанного пространства, смешанного с породой полезного ископаемого; потери в закладке и в очистном пространстве; потери в местах обрушений и завалов; потери в пожарах и затопленных участках.

Вторая группа — потери вне выработанного пространства; потери полезного ископаемого, смешанного с породой (при отбойке или экскавации) и выданного в породные отвалы; потери в местах складирования, погрузки, разгрузки, сортировки и предварительного обогащения полезного ископаемого.

Классификация разубоживания. Разубоживание полезного ископаемого первичное происходит из-за вовлечения в добываемое полезное ископаемое пустой породы или потери богатой мелочи при отбойке полезного ископаемого от массива.

Разубоживание полезного ископаемого вторичное происходит из-за попадания в рудную массу отслаивающихся вмещающих пород при выпуске ее из очистного пространства.

По характеру образования разубоживание делится на конструктивное и эксплуатационное.

Конструктивное разубоживание полезного ископаемого — разубоживание, возникающее из-за технической невозможности или экономической нецелесообразности отработки рудных залежей в их естественных границах.

Понятие «конструктивное разубоживание» возникло в результате того, что во многих случаях технически и экономически нецелесообразно производить отработку залежей в их естественных границах. Обычно при проектировании блоки для удобства их отработки ограничивают вертикальными плоскостями. При этом и допускают конструктивное разубоживание из-за прирезания вертикальными плоскостями участков боковых пород.

Часто в границы выемочного блока в технически и экономически целесообразных пределах включаются прослойки пустых пород, ранее из-за большой их мощности не включенные в балансовые запасы или когда разработка залежи производится валовым способом вместо селективного, предусмотренного при подсчете запасов и т. п.

Эксплуатационное разубоживание полезного ископаемого — разубоживание, возникающее в процессе его добычи, в основном в процессе отбойки и выпуска полезного ископаемого.

Фактическое разубоживание в зависимости от вызывающих его причин разделяется на две группы: разубоживание, зависящее от применяемой системы разработки, и разубоживание из-за горно-геологических и гидрогеологических условий.

Разубоживание полезного ископаемого, возникающее непосредственно в процессе разработки и зависящее от принятой системы разработки, технологии выемки и от нарушений проекта разработки участка (блока, шахтного поля), определяется конструктивными особенностями применяемой системы разработки при соответствии ее горно-геологическим условиям разрабатываемого месторождения или участка.

Разубоживание полезного ископаемого из-за сложных горно-геологических и гидрогеологических условий включает отработку при контактных участках залежей полезного ископаемого сложной конфигурации с вовлечением при этом в добычу пустых пород; отработку участков залежи в зонах тектонических нарушений (флексур, надвигов, пережимов и т. п.) с вовлечением при этом в добычу пустых пород.

Кроме понятия «разубоживание» выделяют еще два понятия: примешивание в процессе добычи к полезному ископаемому пустых пород, под которым понима-

ется засорение полезного ископаемого при добыче пустыми породами или забалансовым полезным ископаемым за счет вмещающих пород, породных прослоек в самой залежи, пород верхнего, ранее отработанного, блока через обрушенное днище; пересортица полезного ископаемого, под которым понимается засорение в процессе добычи одного сорта полезного ископаемого другим (засорение сульфидной руды окисленной и т. п.). В отдельных случаях пересортица может не приводить к разубоживанию полезного ископаемого, т. е. к снижению содержания полезного компонента в добытой рудной массе, но она всегда приводит к осложнениям и к снижению коэффициента извлечения полезного ископаемого в процессе обогащения рудной массы.

Показатели извлечения. Показатели полноты и качества извлечения из недр твердых полезных ископаемых, необходимые для отчетности горных предприятий, могут быть выражены двумя коэффициентами.

Коэффициент извлечения качества полезного ископаемого

$$K_{\text{кач}} = \frac{a}{c} \quad (\text{XIX.1})$$

выражает отношение содержаний полезного компонента в добытой рудной массе a и в погашенных балансовых запасах c .

Если $K_{\text{кач}}$ — коэффициент извлечения качества, то $1 - K_{\text{кач}}$ — коэффициент потерь качества.

Коэффициент извлечения качества выражает степень изменения природного качества полезного ископаемого в процессе добычи. Он является одним из важных показателей для экономической оценки ущерба, возникающего при добыче и переработке полезных ископаемых.

В подавляющем большинстве случаев $K_{\text{кач}}$ бывает меньше единицы из-за примешивания к полезному ископаемому породы или из-за потерь при добыче мелких классов полезного ископаемого с повышенным содержанием полезного компонента. Очень редко $K_{\text{кач}} > 1$ — тот случай возможен при оставлении в недрах (например, в целиках) полезного ископаемого с содержанием компонентов, меньшим среднего содержания их в балансовых запасах.

Коэффициент извлечения из недр полезного компонента

$$(\text{XIX.2})$$

выражает отношение количества полезного компонента в извлеченной из недр добытой

рудной массе Da к количеству полезного компонента, которое было заключено в подсчитанных балансовых запасах Bc .

Коэффициент извлечения из недр полезного компонента является синтезирующим показателем. Он отражает одновременно потери полезного ископаемого в недрах из балансовых запасов и привнос полезного компонента с примешиваемыми породами, частично компенсирующий эти потери; обеднение качества извлекаемого полезного ископаемого из-за потерь обогащенных его участков (или обогащенной мелочи) и повышение его качества вследствие оставления в недрах (например, в целиках) более бедных участков.

Рассмотренные два показателя можно назвать отчетными, имея в виду, что они должны входить в отчетность горных предприятий о полноте использования разрабатываемых месторождений.

В настоящее время Π и P при добыче многокомпонентных руд вычисляют только по главному полезному компоненту, количество Π и P по остальным полезным компонентам принимаются такими же, как и по главному компоненту, в результате чего искажаются истинные величины Π и P . Положение можно исправить следующим образом: содержания всех полезных компонентов, имеющих тот же порядок, что и главный компонент, приводятся к условному содержанию главного компонента. Перевод производится при помощи оптовых цен на металл в руде второстепенного и главного компонентов. По условному содержанию главного компонента в руде подсчитываются величины Π и P . Полученные цифры более полно и правильно отражают действительность.

3. Методы определения величин Π и P полезных ископаемых

Для определения величин Π и P применяют прямой, косвенный и комбинированный методы.

При прямом методе определение количества Π и P производится или на основе непосредственных замеров в натуре необходимых элементов для подсчета количества и качества теряемых запасов полезного ископаемого, или измерением необходимых элементов на планах и разрезах, составленных на основе маркшейдерских съемок и замеров. Объемы теряемого полезного ископаемого подсчитывают по данным непосредственных замеров длины, ширины, высоты, производимых с достаточно высокой точностью, а качество теряемого полезного ископаемого

определяют по данным непосредственного опробования. Так как при применении прямого метода отсутствует накопление ошибок, то результаты подсчетов сравнительно точны. Обычно ошибки определения количества Π и P не превышают 5—10% от величины самих Π и P , или 1—3% от количества погашенных балансовых запасов.

Формулы для подсчета количества потерь и разубоживания:

$$\Pi = -g - 100, \quad \%; \quad \text{tfnp} = -]j - 100, \quad \%;$$

$$P = \frac{B - B_{\text{п}}}{B} \cdot 100, \quad \%, \quad (XIX.3)$$

где Π и P — соответственно потери и разубоживание, %; B — балансовые запасы, т; $B_{\text{п}}$ — количество добытой пустой породы, т; D — количество добытого полезного ископаемого, т; c — содержание полезного компонента в массиве, %; a — содержание полезного компонента в добытом полезном ископаемом, %; $K_{\text{пр}}$ — коэффициент примешивания при прямом методе.

Прямой метод позволяет определить количество Π и P на любую дату независимо от степени отработки выемочного блока, что дает возможность своевременно выявлять причины возникновения Π и P , определять их количество и оперативно принимать меры для их уменьшения.

При косвенном методе определение количества Π и P полезных ископаемых производится по разности между количеством погашенных балансовых запасов руды и металла и количеством добытой руды и металла с использованием при подсчетах содержаний полезных компонентов в полезном ископаемом в массиве и в добытом полезном ископаемом. При применении косвенного метода количество Π и P можно определить только после полной отработки блока, что лишает возможности оперативного влияния на уменьшение величины Π и P .

Результаты, получаемые при косвенном методе, во многих случаях недостаточно точны из-за неточности исходных данных и накопления ошибок при вычислении величин Π и P . Обычно ошибка определения количества Π и P колеблется в пределах 10—100% от величины Π и P , или в пределах 3—10% от количества погашенных балансовых запасов.

Косвенный метод определения количества Π и P является вынужденным и должен применяться лишь там, где прямой метод по условиям технологии ведения горных работ неприменим.

Формулы подсчета величины потерь и разубоживания:

$$П = Б - Д + В ; \quad В = Д + П - Б ;$$

$$P = \frac{\text{---}}{\text{---}} - 100, \% \quad (XIX.4)$$

Обозначения те же, что и в формуле

(XIX.3)

При комбинированном методе определение величины П и Р производится с использованием элементов прямого и косвенного методов. Например, если нет возможности непосредственно определить элементы, необходимые для подсчета количества потерь, но есть возможность замерить количество примешанных пород, разубоживающих полезное ископаемое, или определить величину разубоживания полезных ископаемых петрографическим или весовым методом, то количество потерь полезного ископаемого можно определить прямым, а величину разубоживания или примешивания пустых пород — косвенным методом. Результаты, получаемые по комбинированному методу, значительно точнее данных, определяемых косвенным методом.

Применяют также весовой метод, при котором величину Р определяют по разности объемных весов полезного ископаемого и разубоживающих пород. Для этого необходимо взвесить одну вагонетку, загруженную до уровня бортов чистой (неразубоженной) рудой, затем взвесить эту же порожнюю вагонетку и по разности весов определить массу чистой руды в вагонетке. Затем необходимо взвесить ту же вагонетку, загруженную до уровня бортов разубоживающей породой, и определить массу пустой породы в вагонетке. Объем вагонетки определяют по измерениям ее длины, ширины и высоты. По массе руды и пустой породы в объеме вагонетки составляют таблицу зависимости разубоживания руды от веса горной массы в объеме вагонетки. С помощью этой таблицы по фактическому весу горной массы в выданной стандартной вагонетке легко определить величину разубоживания рудной массы и решить вопрос о том, направить ли рудную массу как кондиционную руду для разгрузки в рудный бункер или направить ее как пустую породу на породный отвал.

На основе данных учета величины Р по каждому составу с рудной массой подсчитывается величина Р за смену, сутки, месяц (по блоку, участку и т. д.).

Для определения средней массы руды или пустой породы в объеме вагонетки взвешиваются десятки вагонеток и определя-

ются средние ошибки получения массы руды и пустой породы. Вагонетки, как правило, должны выдаваться с одинаковой полной загрузки (такой, какая была при производстве опытов по введению весового метода). Необходимо также выявить степень однообразия разрыхленности горной массы в вагонетке и влияние нарушения этого однообразия на результаты весового метода. Величину Р за месяц, квартал, год весовым методом определяют достаточно точно.

При петрографическом методе размеры разубоживания определяют на основе макроскопического разделения проб горной массы на частицы руды и породы по цвету частиц. Петрографический метод дает возможность ежемесячно и ежедневно сравнительно быстро и точно определить степень разубоживания добытой рудной массы по каждому отдельному блоку (ленте, забою). Метод применим, когда частицы руды и породы легко визуально разделяются.

Разубоживание полезных ископаемых при разработке жильных месторождений определяют по данным о мощности жильных (рудных) тел и толщине слоев отбиваемой пустой породы по формулам:

$$Уж \sim Tп; \quad b = 0; \quad P = \frac{M_u}{M_0} 100, \%;$$

$$УжфУп, \quad b = 0; \quad P = \frac{Qп}{Qr.b} 100, \%;$$

$$Уж \sim Уп, \quad b = i = 0;$$

$$P = \frac{M_{п} \cdot c_{м} - b}{M_0 \cdot c_{м}} 100, \%;$$

$$УжфУп, \quad b^{\wedge} = 0;$$

$$P = \frac{Qп \cdot c_{м} - b}{<2г.} 100, \%,$$

(XIX.5)

где $Уж$, $Уп$ — соответственно плотность руды и породы в массиве, т/м³; M_u — толщина отбиваемой пустой породы, м; M_0 — выемочная мощность или ширина очистного пространства, м; c_m , b — содержание полезного компонента соответственно в руде и в разубоживающих породах, %; Q_p , $Q_{г.м}$ — соответственно масса отбитой породы и отбитой руды, т.

4. Методы нормирования величин П и Р полезных ископаемых

При нормировании величин эксплуатационных П и Р полезных ископаемых необходим учет конкретной обстановки — гор-

но-геологических и горно-технических условий.

При подземном способе разработки месторождений количество Π и P определяют в основном выбранной системой разработки (ценность полезного ископаемого и его дефицитность должны быть учтены при выборе системы разработки). При этом нормативы потерь устанавливаются исходя из минимально допустимых размеров целиков около выработок на границах выемочных участков, под верхними горизонтами, в очистном пространстве, а также минимальных размеров пачек полезного ископаемого, оставляемых в кровле, почве или между слоями пласта и т. д. Нормы Π и P при одной и той же системе разработки, но в различных условиях, могут быть различными. При открытом способе разработки большое влияние на количество Π и P оказывают применяемые технологические схемы разработки месторождения.

Нормативные величины Π и P должны быть оптимальными. Величины Π и P могут быть и больше технически неизбежных, но во всех случаях их величины должны быть экономически обоснованы.

При нормировании количества Π и P следует исходить из минимального суммарного влияния (отрицательного) Π и P на экономику предприятия. В большинстве случаев количества Π и P взаимосвязаны, т. е. увеличение величины Π приводит к уменьшению величины P , и наоборот.

В тех случаях, когда количества Π и P не взаимосвязаны, нормируются оптимальные величины отдельно Π и отдельно P . По мере возможности нормирование Π и P производится по отдельным их видам в зависимости от причин образования, факторов, определяющих их величины, и т. п.

Применяются следующие методы нормирования величин Π и P .

Статистический метод — нормативы Π и P для применяемых систем разработки устанавливают на основе статистических материалов, накопленных на горном предприятии за несколько лет, в основном по данным маркшейдерско-геологического учета. Обычно нормативы устанавливаются как средние фактические Π и P за последние 3—5 лет. Перед применением статистического метода рекомендуется проанализировать фактические данные и установить степень надежности их определения.

Преимущества метода — возможность составить нормативы на любом предприятии (конечно, при условии, что предприятие уже функционирует несколько лет и на нем

налажен систематический учет Π и P), простота и малая трудоемкость метода.

Недостатки — на величинах нормативов отражаются недостатки учета Π и P , т. е. нормативы Π и P по существу отражают фактическое положение с иногда нерациональным использованием балансовых запасов месторождений.

Для повышения качества нормативов Π и P рекомендуется произвести критический анализ статистических данных и использовать для составления нормативов лишь те материалы, которые наиболее объективны.

Опытный метод — нормативы Π и P для применяемых систем разработки устанавливаются на основе специальных опытов и наблюдений, поставленных в производственных условиях (в натуре), или лабораторных опытов на моделях. Этот способ при широкой и продуманной постановке опытов дает хорошие результаты. Однако в условиях применения системы разработки блоковым принудительным обрушением, когда отработка отдельных блоков может производиться на протяжении 3—5 и более лет, получение результатов опытов весьма затягивается. Для правильного отражения в нормативах основных горно-геологических и горнотехнических условий разработки месторождений необходимо произвести сравнительно большое число опытов, что требует значительных затрат.

Лабораторные опыты на моделях сравнительно недороги, занимают немного времени, дают возможность воспроизводить различные условия практики и во многих случаях приводят к успешным результатам.

Расчетный метод — нормативы Π и P для применяемых систем разработки устанавливают расчетами на основе теоретических соображений по связи между количеством погашенных запасов и количеством добытого полезного ископаемого. Для примера можно привести расчеты по извлечению полезного ископаемого (количества и качества) при применении систем разработки блоковым принудительным обрушением, построенные на основе теории выпуска. Можно привести и расчеты извлечения количества угля на угольных разрезах при применении роторных экскаваторов, построенные на основе учета конструктивных элементов экскаваторов, и т. д.

Комбинированный метод — нормативы Π и P для применяемых систем разработки устанавливаются на основе сочетания элементов статистического, опытного или расчетного методов.

Комбинированный метод является наиболее гибким. При этом методе могут быть раци-

•онально использованы все имеющиеся данные статистики, теоретические положения, расчетные формулы, а также экспериментальные данные, полученные на моделях или в натуре. Поэтому нормативы, составленные по комбинированному методу, наиболее полно и достоверно отражают специфику производства в конкретных условиях.

Метод аналога — установление нормативов П и Р по аналогии. В качестве аналога выбирают месторождение с примерно одинаковыми горно-геологическими условиями, эксплуатируемое с применением тех же (или сходных) систем разработки, что и на месторождении, для которого составляются нормативы П и Р. Имеется в виду, что на аналоге есть детально разработанные и обоснованные нормативы П и Р.

При составлении нормативов П и Р по любому методу они должны быть проверены по экономическим факторам.

Пример учета экономики при применении расчетного метода. Система разработки — этапное принудительное обрушение. По теории выпуска для конкретных условий строится график выпуска руды. При этом по размеру видимого извлечения I_v устанавливаются присущие I_v величины П и Р.

Одновременно вычислять ущерб от 1% потерь и 1% разубоживания. Затем анализируются несколько значений I_v , например 30, 90, 100, 110 и 120%, подсчитываем суммарный ущерб от П и Р при данных величинах I_v . Размер I_v , соответствующий минимальному суммарному ущербу от П и Р, принимается за оптимальный. Размеры П и Р при данном I_v являются нормативными.

5. Экономическая оценка влияния П и Р полезных ископаемых на экономику предприятия, отрасли и народного хозяйства

Запасы полезных ископаемых, извлеченные из недр и потерянные при эксплуатации или оставленные по другим причинам, не возобновляются и не восстанавливаются. Поэтому требуется рациональное, хозяйское отношение к использованию запасов полезных ископаемых, чтобы не допустить их преждевременного истощения.

Для правильной оценки влияния потерь полезных ископаемых на экономику предприятия и народного хозяйства необходима

обоснованная экономическая теория, исходящая из широких народнохозяйственных позиций. Разработано несколько методов экономической оценки влияния потерь.

Первый метод — метод фактических затрат, суть которого заключается в следующем: ущерб от потери 1 т угля или руды равен сумме фактических затрат, уже произведенных на теряемую тонну полезного ископаемого.

Рассмотрим такой пример. На шахте А с хорошими горно-геологическими условиями себестоимость 1 т добытого угля равна 8 руб., которая складывается из затрат по процессам: разведка — 0,25 руб., строительство шахты и вскрытие запасов — 2,0 руб., подготовка запасов к выемке — 2,5 руб., очистные работы, транспорт, подъем — 3,25 руб. Тонна угля, только разведанная, приносит ущерб — 0,25 руб. (для упрощения задачи речь идет о потерях без возмещения), та же тонна угля, но уже вскрытая, приносит ущерб 2,25 руб., тонна угля, уже подготовленная к выемке — 4,75 руб. и т. д.

На шахте Б горно-геологические условия тяжелые и себестоимость 1 т угля равна 23,5 руб., которая складывается из затрат на вышеперечисленные операции соответственно — 0,25 руб., 6,00 руб., 7,50 руб. и 9,75 руб. Представим себе, что на полях шахт А и Б необходимо сохранить объект на поверхности и решается вопрос, оставить под объектом целик 100 000 т вскрытых запасов угля или сохранить объект при помощи конструктивных мероприятий, стоимость которых 300 000 руб. На шахте А принимается вариант с оставлением целика, на который уже было затрачено 225 000 руб., что меньше 300 000 руб. На шахте Б принимается вариант применения конструктивных мероприятий, так как на целик уже затрачено 625 000 руб.

Вывод — по методу фактических затрат получается, что на шахте с хорошими горно-геологическими условиями и соответственно низкими затратами можно терять уголь по всякому поводу (и без всякого повода), так как экономический ущерб при этом невелик. На шахте с тяжелыми горно-геологическими условиями и высокой себестоимостью уголь терять нельзя, так как ущерб при этом значителен. Ясно, что результаты по данному методу противоречат здравому смыслу и метод фактических затрат неправилен.

Второй наиболее распространенный метод — оценка ущерба от потерь угля на основе недополученной прибыли исходя из оптовых цен на уголь.

По всем отраслям горнодобывающей промышленности цены на продукцию определяются среднеотраслевыми затратами плюс нормативный процент рентабельности (по отношению к фондам) — обычно в размере 8—15%. В угольной промышленности максимальная себестоимость 1 т добытого угля в любом угольном бассейне отличается от минимальной себестоимости 1 т угля такого же качества, добытого на других шахтах, в 3—4 раза.

В оптовых ценах на уголь 1967 г. процент рентабельности по отношению к производственным фондам был принят равным 8,5%, что по отношению к средней себестоимости составило примерно 20% — Такой процент рентабельности при значительном размахе колебаний себестоимости не мог превратить все шахты в прибыльные. Поэтому на многих шахтах того или иного бассейна фактическая себестоимость 1 т угля оказывается в 2—3 раза больше ее оптовой цены, почему и были введены расчетные цены для выравнивания условий хозяйствования. Естественно, что на шахте, где себестоимость 1 т угля больше (и значительно) оптовой цены, потеря 1 т угля формально не вызывает никакого ущерба. Скорее наоборот, потеря 1 т угля приводит как бы к экономии государственных средств, так как отпадает необходимость в возмещении шахте разницы между меньшей оптовой ценой и фактической себестоимостью. Поэтому рассматриваемый метод в условиях угольной промышленности не может быть применен.

В любой подотрасли цветной металлургии колебания фактических себестоимостей добываемой руды значительно меньше, чем в угольной промышленности. Кроме того, при определении оптовых цен в цветной металлургии норматив рентабельности был принят 15% к фондам, что составляет по отношению к себестоимости примерно 40%.

Указанные два обстоятельства приводят к тому, что все предприятия данной подотрасли цветной металлургии могут оказаться прибыльными. Например, в подотрасли имеются лишь четыре предприятия — А, Б, В и Г с себестоимостью идентичной продукции соответственно 5, 7, 9 и 11 руб./т. Объемы производства по всем предприятиям, как и уровень техники и организации производства, примерно одинаковы и средняя себестоимость равна 8 руб./т. При 40% рентабельности по отношению к себестоимости оптовая цена будет равна 11,2 руб./т и все предприятия оказываются прибыльными.

Размер прибыли на предприятии А равен $11,2 - 5,0 = 6,2$ руб. По существу в этих

6,2 руб. прибыли лишь 3,2 руб., остальные 3,0 руб. — это часть дифференциальной ренты, максимум которой в данном случае равен $11 - 5 = 6$ руб./т.

На остальных трех предприятиях общий ущерб от потери 1 т полезного ископаемого постепенно уменьшается за счет уменьшения а затем и исчезновения части дифференциальной ренты и уменьшения размера прибыли вплоть до оставления по существу лишь символической цифры прибыли в 0,2 руб./т. Из изложенного следует, что в условиях цветной металлургии нецелесообразно использовать как критерии ущерба от потерь полезных ископаемых прибыль на основе оптовых цен, так как результаты оценки больше зависят от размера части дифференциальной ренты, чем от размера собственно прибыли, поэтому метод некорректен.

Третий метод — оценка ущерба от потерь полезного ископаемого по размеру теряемой при этом дифференциальной ренты. Дифференциальная рента есть разность между замыкающими и приведенными затратами или разность между замыкающими, затратами Z_3 , подсчитанными без учета капитальных вложений, и себестоимостью продукции горнодобывающего предприятия. Дифференциальная рента есть мерило ущерба от потерь данного ресурса, она же является экономической оценкой природного ресурса. Важно подчеркнуть, что оценка природного ресурса производится не по размеру фактически приносимой им дифференциальной ренты, а по размеру дифференциальной ренты*, приносимой природным ресурсом при оптимальном режиме добычи и переработки данного ресурса [5]. Приведенный критерий оценки ущерба от потерь полезного ископаемого (в отличие от проанализированных выше) наиболее теоретически обоснован.

Приняв за основу оценки ущерба от потерь полезных ископаемых дифференциальную ренту, необходимо правильно определить величину Z_3 . При этом нужно иметь в виду* что величина Z_3 является как бы внутриотраслевым нормативом и не претендует быть основанием для конструирования оптовых цен. Единственная, но весьма важная* задача, решаемая при помощи Z_3 , это автоматический учет интересов отрасли при выборе оптимального варианта разработки месторождения (или его части) с учетом величины потерь полезного ископаемого в недрах.

Теория рекомендует определять величины; Z_3 при помощи оптимизационных расчетных планов развития и размещения отраслей

горнодобывающей промышленности с учетом интересов всего народного хозяйства. Но практика таких расчетов пока отсутствует и их разработка может затянуться на много лет, поэтому рекомендуется использовать для расчетов величин Z_3 упрощенные методы.

Для условий угольной промышленности был разработан упрощенный метод расчета величин Z_3 названный статистическим, краткое содержание его приводится ниже.

Величину Z_3 для углей следовало бы рассчитывать в увязке с взаимозаменяемыми отраслями — нефтяной и газовой или по крайней мере в целом по угольной промышленности. Но, как уже указывалось выше, практика таких расчетов отсутствует и решение задачи усложняет значительный размах колебаний себестоимостей угля в отрасли. Поэтому целесообразно избрать в качестве единицы, по которой определяется величина Z_3 для охраны недр, отдельный угольный бассейн. Этот выбор является оправданным, если учесть, что при конструировании даже таких важных показателей, как расчетные и оптовые цены на уголь, принят тот же принцип — они разрабатываются и утверждаются для каждого угольного бассейна отдельно.

«Для простоты расчета в связи с трудностями уточнения основных производственных фондов ... Z_3 рассчитываются без учета **эффективности** капитальных вложений, т. е. по предельной себестоимости, а не по предельным затратам» [5]. Определение величин замыкающих затрат по угольной промышленности производится для шахт и разрезов уже построенных и эксплуатируемых, где основные капитальные затраты уже произведены. Поэтому для экономической оценки природных ресурсов, связанной с охраной недр, на стадии планово-проектных расчетов капитальные затраты, о которых речь шла выше, являются затратами прошлых лет и потому в проектных расчетах не должны учитываться [5].

Отдельные исследователи считают необходимым при определении размеров Z_3 исходить из перспективной потребности того или иного вида продукции горнодобывающей промышленности, т. е. расчет Z_3 ведут по себестоимости приращиваемой части продукции, получая при этом приростные Z_3 .

Например, для продукции цветной металлургии, где имеют дело с большим числом подотраслей, а руда для каждой подотрасли добывается на ограниченном и сравнительно небольшом числе месторождений, обнаружение и разведка нового крупного месторождения с весьма благоприятными горно-геологическими условиями разработки руд-

ных тел (или наоборот) может резко изменить экономику всей подотрасли, т. е. экономику получения данного металла. Здесь необходимо оперировать с перспективными (прогнозными) приростными себестоимостями.

Принципиально иное положение в угольной промышленности. Так как уголь в каждом крупном угольном бассейне добывается на многих десятках шахт, то инерция самой системы весьма велика. В этом случае ежегодный ввод в эксплуатацию небольшого числа даже крупных шахт и реконструкция нескольких шахт с приростом мощности сравнительно мало влияют на экономические показатели бассейна. Поэтому все расчеты по определению размеров Z_3 можно вести не по прогнозным, приростным, себестоимостям, а по фактическим себестоимостям действующих шахт по данным статистики за прошлые 1—2 года. Преимущества второго метода заключаются в том, что если при расчетах по прогнозным себестоимостям величины Z_3 определяются с ошибкой в лучшем случае 40—60%, а в худшем — 80—100% и более, то при оперировании с данными статистики ошибка определения размеров Z_3 обычно не превышает 0—8%. Важным вопросом является срок, на который производится определение Z_3 . По общему мнению, этот срок должен быть равен 5 годам для большинства экономических задач, решаемых при помощи Z_3 . В этом случае величины Z_3 будут являться одним из нормативных показателей пятилетнего плана и отпадает необходимость при оперировании с величинами Z_3 учета фактора времени.

Непосредственное определение размеров замыкающих затрат производится следующим образом.

Если проанализировать себестоимость 1 т добытого угля по различным объединениям и бассейнам (к примеру за 1974 г.), то окажется, что в Донбассе максимальная себестоимость 1 т угля по отдельным шахтам превышает минимальную себестоимость 1 т угля в 5,4 раза, в Кузбассе — также в 5,4 раза, в Подмосковном бассейне — в 4,4 раза, в Карагандинском — в 2,9 раза, на шахтах Воркуты — в 3,1 раза.

На разницу в себестоимости угля различных шахт оказывает влияние уровень применяемой техники, организация труда, годовая производственная мощность шахты и т. д., но основное значение имеет различие горно-геологических условий разработки месторождений.

В первом приближении за величину замыкающих затрат можно принимать фактическую максимальную себестоимость 1 т

Таблица XIX

Величины замыкающих затрат и максимальной дифференциальной ренты

Бассейн	Замыкающие затраты, руб./т	Минимальная себестоимость, руб./т	Максимальная дифференциальная рента, руб./т	Зольность угля» использованного при установлении замыкающих затрат, %
Донецкий	21,0	8,6	12,4	21
Кузнецкий	14,1	6,8	7,3	16
Карагандинский	13,4	8,7	4,7	32
Подмосковный	10,6	4,5	6,1	35
Печорский	20,6	9,3	11,3	20

угля на шахте средней мощности данного бассейна со средними показателями оснащенности техникой и организацией производства. Чтобы принятые цифры уточнить и исключить случайные влияния, шахты небольшой производственной мощности и, как правило, с устарелой техникой, но с весьма высокой себестоимостью добычи 1 т угля, как не характерные для сегодняшнего дня, были исключены из анализа. Величина замыкающих затрат вычислялась как средневзвешенная из ряда групп шахт различной годовой производительности.

Все шахты бассейна (за исключением тех, о которых речь шла выше) были разделены на группы с одинаковой годовой производственной мощностью (500—600 тыс. т, 600—700 тыс. т и т. д.). Затем по каждой группе шахт со сравнительно высокой себестоимостью угля выделялась одна шахта с максимальной себестоимостью угля, после чего, пользуясь общей добычей по отдельным группам шахт как «весом», находилась средневзвешенная максимальная себестоимость 1 т угля по всем группам шахт с высокой себестоимостью.

Таким же образом по группам шахт бассейна, характерных низкой себестоимостью, находилась средневзвешенная минимальная себестоимость 1 т угля. В результате первая цифра принималась за величину замыкающих затрат для данного бассейна, а разность между первой и второй цифрами — за максимальную величину дифференциальной ренты для того же бассейна.

Расчеты выполнялись по статистическим материалам за 1970 г. Для проверки устойчивости рассчитанных величин замыкающих затрат с применением того же статистического метода были вновь рассчитаны величины замыкающих затрат по материалам статистики за 1974 г. (табл. (XIX.1))

Выше уже была подчеркнута важность оценки погрешности результатов, поэтому был произведен анализ погрешности определения величин замыкающих затрат по основным пяти угольным бассейнам Союза — Донецкому, Кузнецкому, Карагандинскому, Подмосковному и Печорскому.

Величины погрешностей определялись как суммы погрешностей, допускаемых при осреднении предельных значений себестоимости по группам шахт, от включения (или исключения) последней группы шахт, используемой для расчета величин замыкающих затрат.

Погрешности результатов оказались для Донбасса, Кузбасса и Подмосковного бассейна соответственно равными 5,2, 9,2 и 6,3%, для Карагандинского и Печорского бассейнов — 10,9 и 11,4%.

Естественно, что чем больше шахт в бассейне, тем результаты определения величин замыкающих затрат точнее. Величины погрешностей оказались сравнительно невелики, тем более что в горных расчетах разница по вариантам до 10% считается несущественной.

Величины замыкающих затрат для основных угольных бассейнов СССР определены надежно. Но по ряду объединений, небольших по размерам и эксплуатирующих небольшое число шахт, обычно принадлежащих к различным месторождениям («Среднеуголь», «Сахалинуголь», «Востсибуголь», «Приморскуголь» и др.), мало исходных материалов и потому рекомендуемая методика не может быть применена. В этих случаях в первом приближении за величину замыкающих затрат следует принимать среднюю цену реализации угля по данному бассейну или по данному отдельному эксплуатируемому месторождению, умноженную на коэффициент 1,25, полученный как среднее от-

•ношение между величинами замыкающих затрат и ценами реализации по бассейнам, по которым величины замыкающих затрат получены надежно.

Этот же коэффициент 1,25 применяется и для месторождений сланцев, разрабатываемых небольшим числом шахт.

Вычисляя размер замыкающих затрат, исходят из себестоимости угля, не касаясь других характеристик. Между тем, как правильно подчеркивается в «Типовых методических указаниях» [6], «замыкающие затраты на продукцию добывающих отраслей должны возможно точнее отражать качество соответствующих видов топлива и минерального сырья». Поэтому рассмотрим влияние качества угля на размер замыкающих затрат на примере Кузбасса, принимая за основную характеристику качества угля — его зольность. Средняя зольность реализованного угля по бассейну за 1970 г. равна 16,2%. Средняя зольность угля по «замыкающим шахтам», по которым производились непосредственные подсчеты величин замыкающих затрат, равна 16,1%. Практически зольность угля по обеим группам шахт примерно одинакова и равна (округленно) 16%. Зольность угля, реализованного по отдельным шахтам, колеблется от 7 до 30%. Колебания зольности по отдельным шахтам велики, поэтому целесообразно при расчетах на конкретных шахтах с использованием величин замыкающих затрат вводить в размер последних поправку на качество угля следующим образом. На каждой конкретной шахте Кузбасса в величину замыкающих затрат, равную 14,10 руб., вводится поправка, равная разности зольностей угля между $\wedge Z_3 =$ шахты* умноженной на 3% оптовой цены 1 т рядового угля по данной шахте.

Величины замыкающих затрат для данного бассейна остаются одними и теми же как при подземном, так и при открытом способе добычи угля. Величины максимальной дифференциальной ренты для открытых работ заметно выше, чем для подземных, за счет преимуществ самого открытого способа. Как правило, разница в себестоимости добычи 1 т угля одной и той же марки на шахте и на разрезе в одном и том же бассейне равна 4—9 руб. На такую же примерно величину размер дифференциальной ренты на разрезе больше, чем на соседней шахте.

Замыкающие затраты используются на практике для подсчета ущерба от потерь угля при добыче. Например, на шахте оставлен и потерян целик угля весом 1000 т, зольность угля $A^c = 16\%$. Ущерб $У$ от потерь 1 т угля

равен разности между Z_3 для данного бассейна и себестоимостью 1 т угля на конкретной шахте с учетом зольности угля при определении Z_3 и теряемого угля. Исходные данные: $Z_3 = 14,10$ руб./т при $A^c = 16\%$, себестоимость 1 т угля на шахте 10 руб., оптовая цена 1 т угля — 12 руб. Ущерб $У = 14,10 - 10,00 = 4,10$ руб./т. Весь ущерб от потери целика равен $1000 \times 4,10 = 4100$ руб. Если бы зольность теряемого угля была равна 18 или 12%, то ущерб в этих случаях был бы равен:

$$14,10 - [(12 - 0,03) (18 - 16)] - 10,00 = \\ = 3,38 \text{ руб./т и } У = 1000 - 3,38 = 3\,380 \text{ руб.}$$

$$14,10 + [(12 - 0,03) (16 - 12)] - 10,00 = \\ = 5,54 \text{ руб./т и}$$

$$У = 1000 - 5,54 = 5540 \text{ руб.}$$

Если бы данная шахта была на месторождении, для которого величина Z_3 не была рассчитана, то за Z_3 следовало бы принимать оптовую цену 1 т угля, умноженную на коэффициент 1,25, т. е. $Z_3 = 12,00 - 1,25 = 15,00$ руб./т, а поправку на зольность вводить так же как и в предыдущем случае.

Величины Z_3 и дифференциальной ренты можно использовать и для нормирования потерь угля при его добыче путем сравнения нескольких вариантов отработки одного и того же участка с различными уровнями потерь угля. Величина потерь угля по варианту с наиболее рациональными технико-экономическими показателями с учетом критерия — максимум дифференциальной ренты на 1 т погашенных балансовых запасов — принимается за нормативный. Для иллюстрации приведем пример сравнения двух вариантов отработки одного участка.

Пример расчета нормативных потерь угля.

При выемке пологого пласта Верхняя Марианна мощностью 8 м на шахте Карагандинского бассейна возможно применение нескольких вариантов разработки, отличающихся технико-экономическими показателями и уровнем полноты извлечения угля из недр. Рассмотрим два возможных варианта.

По первому варианту выемка ведется двумя слоями: верхний слой мощностью 3 м отрабатывается комбайном с индивидуальной крепью, а нижний слой мощностью 5 м извлекается сдвоенными столбами с разделением пласта на два слоя и оставлением межслоевой пачки мощностью 1 м. В слоевых лавах работают комбайны «Украина» и К-58 в сочетании с индивидуальной крепью. Расчеты приведены в табл. XIX.2.

Из табл. XIX.2 видно, что увеличение себестоимости добычи 1 т угля на 0,63 руб.

Таблица XIX.2

Расчет нормативных потерь угля

Показатель	Условные обозначения и формулы расчета	Технико-экономические показатели по вариантам	
		I	II
Балансовые запасы, тыс. т		600	600
Зольность балансовых запасов, %		21	21
Количество добытого угля, тыс. т	D	598,7	530,1
Зольность добытого угля, %	$A_{Д}^c$	24	24
«Зольность» породы, засоряющей уголь, %	$A_{п}^c$	80	80
Коэффициент изменения качества	$\frac{A_{п}^c - A_{п}^{*}}{A_{п}^c - A_{г}}$	0,949	0,949
Коэффициент извлечения	$Kб = Kк$	0,947	0,838
Оптовая цена 1 т угля со средней расчетной нормой по золе 24%, руб.	D_o	11	11
Величина замыкающих затрат по бассейну при $A^c = 32\%$, руб./т	$Зз_{бзс}$	13,4	13,4
То же, по данной шахте с учетом зольности добытого угля, руб./т	$Зз_{ш} = 33(5_{ас} - \Gamma'' + 0,03 (A_{г} - A_{д}) Ц_c$	16,04	16,04
Себестоимость добычи 1 т угля, руб.	$C_{д}$	8,23	7,60
Величина дифференциальной ренты (условной прибыли) на 1 т добытого угля, руб.	$ДР_{д} - Зз_{ш} - C_{д}$	7,81	8,44
То же, на 1 т погашенных балансовых запасов, руб.	$ДР_6 = ДР_{д}/Cб$	7,40	7,07

при снижении величины потерь на 11% экономически оправдано. Здесь разница в дифференциальной ренте по обоим вариантам на 1 т погашенных запасов равна 0,33 руб./т, что меньше 10% от величины дифференциальной ренты. Поэтому оба варианта равноценны, но предпочтение отдается первому варианту, при котором коэффициент извлечения больше.

Список литературы

1. Глейзер М. И. Экономическая оценка эксплуатационных потерь угля в недрах. — В сб: Технология добычи угля подземным способом, М., ЦНИЭИуголь, 1967, № 2.

2. Глейзер М. И. Экономическая эффективность рационального использования запасов полезных ископаемых. М., ЦНИЭИуголь, 1970.

3. Омельченко А. Н., Глейзер М. И. Анализ точности определения размеров потерь и разубоживания руды косвенным методом. — Труды ВНИМИ. Л., 1964, № 52.

4. Омельченко А. Н., Глейзер М. И. О формулах экономической оценки ущерба от потерь и разубоживания руды. — Труды ВНИМИ. Л., 1961, XLI.

5. «Основные положения методики экономической оценки месторождений полезных ископаемых». Разработаны: Временной научно-технической комиссией, созданной Постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике от 23.05.73г. № 171. ЦЭМИ, 1973.

6. Сборник руководящих материалов по охране недр. М., Наука, 1973.

Маркшейдерский контроль оперативного учета добычи полезных ископаемых

1. Общие сведения

Оперативным называют учет добычи по числу и массе (нетто) вагонеток, скипов, вагонов или по данным непосредственного (на вагонных весах) взвешивания полезного ископаемого, поступающего из горных выработок за сутки, смену, месяц.

На угольных шахтах и разрезах оперативный учет осуществляется в соответствии с инструкцией по учету добычи [2].

На шахтах учет добычи угля осуществляется: а) при выдаче вагонетками — по числу и массе (нетто) вагонеток; б) при выдаче конвейером и гидротранспортом — по показаниям автоматических весов, а при их отсутствии — по загрузочным емкостям.

В исключительных случаях оперативный учет добычи допускается производить по замеру горных выработок с последующим контролем по отгрузочным документам.

На разрезах оперативный учет добычи при вывозке железнодорожным или автомобильным транспортом осуществляется по данным непосредственного взвешивания вагонов или автомашин на весах до и после их загрузки, а при отсутствии весов — по числу вагонов или автомашин и среднему значению массы угля (нетто) в вагоне или автомашине с последующей корректировкой на недогруз и перегруз.

При приемке угля производится проверка полноты загрузки вагонеток, скипов и других емкостей и показаний весов, засоренности угля видимой породой и зольности. Проверка засоренности угля видимой породой производится периодически выборочным путем, а также в случае обнаружения отклонений от принятой технологии ведения горных работ с охватом на шахтах не менее 2% и на разрезах не менее 1% добычи угля участком (бригадой) за смену.

Проверка зольности добываемого угля по участкам и бригадам производится в случаях отклонений от принятой технологии; ведения горных работ по добыче угля выборочным путем. При превышении установленной расчетной нормы зольности скидка породы из объема горной массы, добытой участком за сутки, определяется по формуле

$$Q_N = \frac{Q_{\text{ф}}}{K} - o \quad (XX. 1)$$

где Q_n — количество породы, снимаемой с массы добытого угля, т; $Q_{\text{ф}}$ — фактическая добыча за сутки, т; $A_{\text{ф}}$ — фактическая зольность добытого угля за смену, %; — расчетная норма зольности, %; $A_{\text{р}}$ — зольность, породы крупностью +25 мм, %.

Средняя масса угля в вагонетках, скипах, и других емкостях определяется 2 раза в год комиссией, назначаемой приказом директора шахты. Для определения средней массы угля в вагонетке взвешивается не менее 10 однотипных вагонеток, выдаваемых с каждого участка шахты, загруженных до уровня бортов. Перед взвешиванием из вагонеток, загруженных горной массой, отбирается проба по ГОСТ 10742—71 для определения ее зольности, а затем выбирается вся видимая порода. Уголь и видимая порода взвешиваются отдельно.

Масса отобранной пробы для определения зольности пропорционально прибавляется к массе угля и породы.

Количество угля и видимой породы, определенное при взвешивании, оформляется актом, при этом определяется средняя масса угля в вагонетке и средняя масса видимую породы в угле для данного участка.

На основании актов взвешивания вагонеток по каждому участку составляется сводный акт по шахте, которым определяется средняя производственная норма видимой породы в угле в целом по шахте.

Количество добытого угля за смену определяется путем умножения числа выданных вагонеток на установленную среднюю массу угля соответствующей емкости для данного участка или по шахте в целом с учетом скидок за недогруз, за превышение расчетных норм зольности или безбраковочных норм по видимой породе.

Объем суточной добычи угля, принимаемой к учету в целом по шахте, определяется по окончании рабочих суток путем суммирования данных о добыче кондиционного угля по сменным сведениям с введением корректировки на перегруз, недогруз и некондиционный уголь. Правильность оперативного учета контролируется маркшейдерским замером остатков полезного ископаемого на складах и в бункерах.

В этом случае добыча в тоннах

$$Q = Q_1 + Q_2 - Q_3, \quad (XX.2)$$

где Q_1 — количество полезного ископаемого, отправленного по данным бухгалтерского учета потребителям (в том числе израсходованного на собственные производственно-технические и бытовые нужды); Q_2 и Q_3 — остатки полезного ископаемого соответственно на начало и конец отчетного периода (месяца) на складах, в бункерах, а также в вагонах, погруженных, но не проведенных по расходу.

Добыча, подсчитанная по формуле (XX.2), принимается к учету при определении месячной добычи шахт.

Помимо замера складов производят съемку и замеры горных выработок, которые также могут быть использованы для контроля учета добычи угля. Замеры выработок преследуют и другие цели: определение длины и сечений выработок, их подвигания, длины линии забоев, объема горнопроходческих работ, учет движения запасов, потерь и разубоживания полезных ископаемых, фиксирования данных, необходимых для детализации планов горных работ, характеристики структуры пластов, геологических нарушений и т. д.

Порядок производства и периодичность замеров устанавливаются инструкциями и распоряжениями руководящих органов отрасли.

Подсчет добычи по формуле (XX.2) при небольших остатках полезного ископаемого на складах и при относительно правильной форме штабелей является достаточно точным,

однако исключает возможность контроля добычи применительно к отдельным эксплуатационным участкам.

Контроль по данным съемки и замера выработок (по количеству отбитого от массива полезного ископаемого) не имеет этого недостатка, но он может дать удовлетворительные результаты только при благоприятных горно-геологических условиях, позволяющих производить замер выработанных пространств с достаточной степенью точности.

При использовании замеров выработок для контроля оперативного учета добычи общую добычу по шахте, полученную по формуле (XX.2), распределяют по участкам пропорционально добыче по замеру горных выработок. Подсчет добычи угля по замерам выработок и замер остатков на складах производят по состоянию на конец последней смены отчетного месяца, в то время как практически генеральные замеры выработок выполняют в последние один-два дня отчетного месяца или в первый день месяца, следующего за отчетным (в это же время производят и замеры складов). В связи с этим результаты замера исправляют с учетом разрыва во времени между моментом замера и концом последней смены месяца. Величины поправок определяют по данным оперативного учета полезного ископаемого с учетом разницы между началом суток, принимаемых на шахте и на железнодорожном транспорте. Подсчет добычи по замеру выработок производят отдельно по залежам, пластам, слоям, горизонтам и участкам с выделением в последних добычи из очистных и подготовительных забоев.

Массу добытого полезного ископаемого (в тоннах) при маркшейдерских замерах выработок получают умножением объема выемки по полезному ископаемому (в m^3) на плотность полезного ископаемого в массиве. Остатки полезного ископаемого на складах и в бункерах подсчитывают с разбивкой по сортам. Количество остатков (в тоннах) получают умножением объема штабелей (отвалов) или заполненной части бункеров на плотность полезного ископаемого в штабелях или бункерах.

В отдельных случаях, когда складированное полезное ископаемое содержит большое количество породы, подлежащей удалению при отгрузке, в подсчитанные запасы штабеля необходимо вводить соответствующую поправку. Для угольных штабелей эта поправка

$$\Delta Q = \frac{(a - b) Q}{100} \quad (XX.3)$$

где Q — запас угля в штабеле, т; a — среднее содержание видимой породы в угле при определении средней массы (нетто) вагонеток, %; b — допустимый процент содержания видимой породы в товарном угле, предусмотренный стандартом по качеству.

На угольных шахтах, где имеет место полная конвейеризация транспорта, обычный оперативный учет по вагонеткам неприемлем. В этом случае применяют модифицированный учет, который заключается в следующем. Маркшейдерская служба за каждый месяц подсчитывает по каждой лаве выход товарного угля с 1 м линии забоя за один цикл (как произведение вынимаемой полезной мощности пласта угля с учетом породных прослоев, идущих в добычу, на плотность его и на глубину вруба). Горный мастер в конце смены замеряет рулеткой длину отработанной части лавы и, умножая найденную длину на выход товарного угля с 1 м забоя лавы, определяет сменную добычу по лаве. В конце суток замеры горных мастеров и суточную добычу проверяет и корректирует начальник участка.

В конце месяца маркшейдерский отдел производит замеры выработанного пространства за месяц, замеры количества угля на складах и в бункерах. На основе полученных данных проверяет результаты оперативного учета и распределяет месячную добычу угля по отдельным местам работ и по эксплуатационным участкам.

Учет добычи угля на гидрошахтах осуществляется путем суммирования произведений производительности вынимаемых пластов на площадь выемки: при проведении подготовительных и нарезных выработок; в очистных забоях, которые можно замерить (замерных забоях); в очистных забоях, которые нельзя замерить (незамерных забоях) с применением коэффициента потерь, учитывающего процент потерь в каждом таком забое.

Правильность определения добычи угля контролируется измерением с учетом добычи по данным обогатительной фабрики.

Для корректировки добычи угля из незамерных забоев, полученной по маркшейдерскому определению, ежемесячно выводится поправочный коэффициент K , равный отношению фактически извлеченного угля из незамерных очистных забоев к добыче из этих же забоев по маркшейдерскому определению. Величина K определяется по формуле

$$K = \frac{D_o}{D_v}, \quad (XX.4)$$

где D_v — валовая добыча угля за учетный период, полученная на обогатительной фаб-

рике; D_o — добыча угля из подготовительных и нарезных выработок за учетный период по маркшейдерскому замеру; D_v и D_o — добыча угля соответственно из замерных и незамерных очистных забоев по маркшейдерскому замеру.

Путем умножения поправочного коэффициента K на количество угля по маркшейдерскому определению из каждого незамерного очистного забоя определяется окончательное количество угля по этим очистным забоям. Добыча из подготовительных, нарезных и замерных очистных забоев принимается по маркшейдерскому замеру. Например, валовая добыча угля за месяц по гидрошахте после обогащения составила 120 тыс. т.; добыча из подготовительных и нарезных забоев за месяц, определенная маркшейдерским замером, — 20 тыс. т; из замерных очистных забоев — 60 тыс. т; из незамерных — 50 тыс. т, в том числе из очистного забоя № 1—20, № 2—10, № 3—15 и № 4—5 тыс. т. Поправочный коэффициент $K = (120 - 20 - 60) : 50 = 0,8$.

Окончательная добыча угля по незамерным очистным забоям будет равна: по забою № 1—20-0,8 = 16, № 2-10-0,8 = 8, № 3-15-0,8 = 12 и по забою № 4 — 5-0,8 = 4 тыс. т.

По гидрошахте, не имеющей в своем составе обогатительной фабрики, в добычу угля за месяц включается: а) уголь, отгруженный и отпущенный потребителям в отчетном месяце; б) уголь, израсходованный на собственные производственно-технические и бытовые нужды; в) разность остатков кондиционного угля по актам маркшейдерских замеров на начало и конец месяца на складах, в бункерах и вагонах, не сданных погрузочно-транспортному управлению, а также в отстойниках за минусом скидки на превышение установленных преysкурantom расчетных, норм содержания влаги.

Например, на гидрошахте расчетная (преysкурантная) норма содержания влаги установлена 6,1%, фактический расход и остатки угля по гидрошахте за месяц составили: а) отгружено потребителям 30 000 т с влажностью 9,1%; б) отпущено местным потребителям 400 т с влажностью 10,1%; в) израсходовано на собственные производственно-технические и бытовые нужды 445 т с влажностью 10,5%; г) остатки угля на складах на начало месяца — 800 т с влажностью 11,1%, на конец месяца — 980 т с влажностью 10,2%; д) отпущено местным потребителям шлама из шламового отстойника 589 т с влажностью 16,1%; е) остатки шлама в отстойниках увеличились на 1819 т с влажностью 23,1%.

Месячная добыча угля по гидрошахте составит:

$$\begin{aligned}
 & \frac{100 - 9,1}{100 - 6,1} \cdot \dots \frac{100 - 10,1}{100 - 6,1} \cdot \\
 & \frac{100 - 10,5}{100 - 6,1} \cdot \\
 & H - (980 \frac{100 - 10,2}{100 - 6,1} - 6,1) \cdot
 \end{aligned}$$

По гидрошахте, имеющей в своем составе обогатительную фабрику, месячная добыча угля принимается равной количеству переданного на фабрику угля. В добычу угля включаются продукты обогащения (концентрат, отсеб, промпродукт и шлам), отгруженные и отпущенные потребителям, израсходованные на собственные производственно-технические и бытовые нужды в пересчете на расчетную норму влаги, установленную прейскурантом.

В добычу угля по актам маркшейдерского замера добавляется разность остатков кондиционного угля и продуктов обогащения на складах на начало и конец месяца.

Например, гидрошахте, имеющей обогатительный комплекс, расчетная норма влажности по прейскуранту установлена 6,1%. По результатам работы обогатительной фабрики количество выпущенных продуктов обогащения в расчете на рядовой уголь составило: а) концентрата влажностью 8,1% отгружено по транспортным документам 2600 т, отпущено местным потребителям по актам приемки-сдачи — 400 т, остаток на складах, в бункерах и вагонах на начало месяца — 42 т, на конец месяца — 67 т. Принимается к учету добыча угля

$$(2600 + 400 + 67 - 42) \frac{100 - 8,1}{100 - 6,1} = 2960 \text{ т};$$

б) промпродукта влажностью 11,1% отгружено по транспортным документам 8000 т, отпущено местным потребителям по актам приемки-сдачи — 300 т, израсходовано на собственные производственно-технические и бытовые нужды — 280 т, остатки на складах, в бункерах и вагонах на начало месяца —

600 т, на конец месяца — 1300 т. Принимается к учету добыча угля

$$(8000 + 300 + 280 - 1300 - 600) \cdot X$$

$$X \frac{100 - 11,1}{100 - 6,1} = 8785 \text{ т};$$

в) шлама влажностью 17,1% отпущено местным потребителям по актам приемки-сдачи 4800 т, израсходовано на собственные производственно-технические и бытовые нужды — 200 т, остаток в вагонах и бункерах, кроме остатков в шламовых отстойниках и приемных (аккумулирующих) бункерах, на начало месяца — 120 т, на конец месяца — 80 т. Принимается к учету добыча угля

$$\begin{aligned}
 & (4800 + 200 + 80 - 120) \frac{100 - 17,1}{100 - 6,1} \\
 & = 4379 \text{ т};
 \end{aligned}$$

г) остатки рядового угля в приемных (аккумулирующих) бункерах на начало месяца — 610 т с влажностью 21,1%, на конец месяца — 151 т с влажностью 22,1%. Принимается к учету добыча угля

$$\begin{aligned}
 & 151 \frac{100 - 22,1}{100 - 6,1} - 610 \frac{100 - 21,1}{100 - 6,1} = \\
 & = -387 \text{ т};
 \end{aligned}$$

д) остаток шлама в шламовом отстойнике с влажностью 25,1% на начало месяца — 2000 т, на конец месяца — 6000 т. Принимается к учету добыча угля

$$(6000 - 2000) \frac{100 - 25,1}{100 - 6,1} = 3191 \text{ т};$$

е) потери и отходы при обогащении составили 3192 т; ж) получено от других шахт и пошло в переработку на обогатительную фабрику гидрошахты 419 т.

Добыча угля по гидрошахте за месяц составит:

$$\begin{aligned}
 & 2960 + 8785 + 4379 - 387 + 3191 + \\
 & + 3192 - 419 = 21\,701 \text{ т}.
 \end{aligned}$$

2. Определение объема полезного ископаемого в штабелях (отвалах) и бункерах

Определение объема полезного ископаемого в штабелях (отвалах) и бункерах производится с целью контроля правильности оперативного учета добычи. Замеры, как

правило, производятся один раз в месяц (по состоянию на конец месяца). Остаток полезного ископаемого в бункерах подсчитывается исходя из их емкости и степени заполнения, определяемой замерами.

Количество полезного ископаемого в отвалах определяется путем умножения кубатуры отвалов на плотность. При наличии больших остатков на складах особое внимание следует уделять методике и точности замеров. Если остатки полезного ископаемого на складе достигают 75% месячной добычи и больше, то межотраслевой инструкцией [7] рекомендуется складирование организовывать так, чтобы маркшейдерским замерам подлежала часть отвала, не превышающая 25% месячной добычи. Общий остаток полезного ископаемого на складе получают как сумму постоянной и переменной части отвала, определенной по маркшейдерским замерам. На складах длительного хранения съемку отвалов производят после складирования и перед началом отгрузки. Если выявляются изменения формы или объема отвалов, то выполняют контрольную съемку, на основании которой корректируют соответствующие данные в учетных документах. Отвалам полезного ископаемого придают по возможности правильную геометрическую форму, удобную для инструментальной съемки. Поверхность сложных отвалов перед съемкой выравнивают, если объем полезного ископаемого на складе превышает 20% месячной добычи. Определение объема отвалов полезных ископаемых можно производить: тахеометрической (при благоприятных климатических условиях — мензульной) съемкой, способом профилей, замером рулеткой.

Независимо от способа замера (с целью учета рельефа площадки склада) заранее составляют топографический план последней в масштабе не меньше 1 : 1000 с сечением рельефа через 0,25—0,50 м.

При съемке площадки, отведенной под склад, съемочные точки закрепляют с учетом их долговременной сохранности, устанавливают ограждения и таблички с предупредительными надписями. С топографического плана площадки снимаются светокопии, которые используются при очередных замерах для графических построений и подсчета объемов склада.

Тахеометрическую съемку применяют при определении объема штабелей и отвалов, имеющих большую вместимость и сложную форму; масштаб съемки — не мельче 1 : 1000.

В качестве исходных пунктов для съемки используют пункты съемочной сети, основные пункты и съемочные точки, заклады-

ваемые на площадке склада, на поверхности отвалов или на эстакадах и других сооружениях, расположенных на складе. Съемочные точки можно сгущать проложением тахеометрических или мензульных ходов между постоянными пунктами, а также определением отдельных точек полярным способом. Длина хода в этом случае не должна превышать 200 м, а наибольшая длина линии — 100 м. Горизонтальные координаты точек определяют теодолитнополигонной съемкой и засечками, а отметки — геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Предельное расстояние визирования при съемке отвалов объемом до 100 тыс. м³ не должно превышать 60 м, а расстояние между речными точками — 10 м. При больших объемах отвалов эти расстояния соответственно равны 100 и 15 м.

Если поверхность сложных отвалов перед съемкой не выравнивается, то максимальные расстояния между речными точками сокращаются соответственно до 6 и 10 м. Результаты съемки наносят на план площадки склада в виде контуров и горизонталей поверхности отвалов. Сечение горизонталей принимают в зависимости от сложности поверхности и высоты отвалов (0,25—0,50 м при средней высоте отвалов до 5 м и 1 м при средней высоте отвалов более 5 м). Объем отвалов подсчитывают по формуле трапеции по горизонтальным или вертикальным параллельным сечениям, составляемым по совмещенному плану площадки склада и поверхности отвала. Площади горизонтальных и вертикальных сечений определяют планиметром. При подсчете объемов по способу вертикальных сечений расстояние между сечениями принимают: при сложной конфигурации отвала и сравнительно небольших его размерах (до 7000—10 000 м³) — 5 м; при правильной вытянутой форме и больших размерах отвала (свыше 7000—10000 м³) — 10 м. Горизонтальный масштаб сечений принимают аналогичным масштабу площади склада, а вертикальный — 1 : 100—1 : 200.

Способ профилей целесообразно применять при замерах эстакадных и железнодорожных отвальных складов, характеризующихся вытянутой формой штабелей с относительно правильной поверхностью. При использовании способом профилей необходимо: на площадке склада произвести разбивку поперечников в виде параллельных равноудаленных друг от друга линий, ориентированных приблизительно перпендикулярно к оси отвала; отметить (закрепить) центрами крайние (опорные) точки поперечников (с двух

концов, а при невозможности с одного конца); определить с помощью теодолитной съемки и нивелирования горизонтальные координаты и отметки опорных точек, а также отметки пикетных точек (точек перегиба) на поперечниках; нанести опорные точки и поперечники на топографический план площадки склада; вычертить профили площадки склада по поперечникам.

Для исключения погрешностей исходных данных привязку опорных точек поперечников производят от тех же пунктов, которые служили исходными при съемке площадки склада или нивелировании профилей по почве. Расстояние между поперечниками принимают равным 5 м.

При последующих периодических замерах съемку профилей отвала производят в направлении поперечников.

Съемка профиля включает: измерение расстояний (тесемной или стальной рулеткой) от опорной точки поперечника до подошвы отвала, измерение длины откоса и последующих расстояний между точками перегиба (пикетами) по верху отвала, нивелирование всех точек профиля, между которыми производили измерение расстояний. Исходными для нивелирования являются крайние точки поперечников и опорные точки, заранее закладываемые на поверхности отвала.

Направление поперечников в натуре устанавливают провешиванием или с помощью подвесной буссоли. Нивелирование отвала вдоль поперечников может быть заменено измерением вертикальных углов подвесным полукругом.

Построение разрезов отвала по поперечникам производят на заранее заготовленных профилях площадки по этим поперечникам. Это построение выполняют графически по измеренным расстояниям между точками поверхности отвала и их отметкам или (в случае применения висячего полукруга) по измеренным расстояниям и углам наклона. Масштаб разрезов — 1 : 100—1 : 200. Линии профилей и контуры отвала на плане наносят в карандаше с указанием даты замера. При подсчете объема отвала емкостью 7000—10 000 м³ используют все поперечники, разбитые через 5 м. При большей емкости для подсчета объема используют поперечники, расположенные через 10 м. Объем отвала подсчитывают по формуле трапеции по площадям сечений в направлении поперечников. Площади сечений определяют планиметром.

Замер рулеткой применяют при определении объема небольших отвалов (емкостью до 1000—1500 м³), а также более крупных отвалов, имеющих правильную форму. При

Таблица XX.Л

Допустимые погрешности определения объема отвала

Объем отвала, тыс. м³

Допустимая величина

3
0

Допустимая относительная погрешность определения объема отвала, %

Допустимая разность 12
двух независимых определений объема отвала, %

пользовании этим способом целесообразно применять висячий полукруг и нивелирные рейки, а для привязок использовать заранее известные высоты эстакад и других сооружений, расположенных на складе. Результаты замера (конфигурация отвала, размеры) наносят на копию плана площадки склада.

Объем подсчитывают по известным формулам геометрии путем разбивки отвала на части и уподобления этих частей геометрически правильным телам. При отвалах различной формы можно пользоваться формулой призматоида:

(XX.5)

где H — высота тела; F_1 — площадь нижнего основания тела; F_2 — площадь его среднего сечения; F_3 — площадь верхнего основания (для конуса, пирамиды $F_3 = 0$). Площадь среднего сечения F_2 может быть определена по плану или непосредственным замером в натуре.

Формула (XX.5) дает точное значение объема целого ряда правильных тел (призматонд, призма, пирамида, усеченная пирамида, конус, усеченный конус и др.).

Точность определения объема отвалов зависит от способа замеров, формы и размеров отвалов. По данным сравнения результатов точных и обычных замеров среднеквадратические ошибки замера одного отвала при обычной тщательности и детальности составляют [1] : при замере рулеткой (для отвала от 400 до 7000 м³) — от 6 до ± 14%

(в зависимости от правильности формы штабелей), при инструментальной (тахеометрической) съемке (для штабелей от 3000 до 6000 м³) — от 1,5 до 4%, при способе профилей — до 3,5 %.

В соответствии с межотраслевой инструкцией [7] допустимые погрешности определения объема полезного ископаемого в отвале и допустимые разности двух независимых определений объема отвала не должны превышать следующих значений (табл. XX.1).

3. Определение плотности полезного ископаемого в штабелях (отвалах)

Плотность $\gamma_{ш}$ можно определить одним из способов: замером объема и взвешиванием полезного ископаемого (при отгрузке) в небольших штабелях правильной формы; погрузкой полезного ископаемого в железнодорожные вагоны с последующим взвешиванием вагонов на вагонных весах и замером объема погруженного в вагоны полезного ископаемого; взвешиванием на десятичных весах полезного ископаемого, насыпанного в ящик, объем которого заранее определен; взвешиванием на десятичных весах полезного ископаемого, вырубленного из шурфов, закладываемых в старых уплотненных штабелях, с определением вынутаго объема.

На величину $\gamma_{ш}$ оказывают влияние: качественный состав полезного ископаемого (содержание полезных компонентов в руде, внутренней золы в угле и т. д.), плотность вещества полезного ископаемого, содержание в полезном ископаемом различных примесей (например, породы), крупность кусков полезного ископаемого (определяющая величину коэффициента разрыхления), влажность полезного ископаемого, длительность хранения полезного ископаемого в отвалах и размер последних, определяющие степень уплотнения отвалов.

Наиболее совершенными способами определения плотности следует считать такие, которые наряду с простотой и небольшой затратой труда гарантируют достаточную точность единичных определений и учитывают возможные изменения качественного состава полезного ископаемого, содержания примесей, крупности и влажности полезного ископаемого в различных точках отвала, степень уплотнения. Для учета возможных изменений качественного состава и крупности полезного ископаемого в различных точках и для уменьшения ошибок из-за неточного определения веса и объема при всех способах определения плотности не-

обходимо стремиться к получению возможно большего числа данных, соответствующих различным условиям. Во избежание искажающего влияния влажности определение плотности рекомендуется производить в сухую погоду или приводить результаты определения к соответствующей влажности (например, к средней влажности отгружаемого полезного ископаемого) по формуле

$$\gamma = \gamma' \frac{100 - W'}{100 - W}, \quad (XX.6)$$

где γ и W — соответственно плотность и влажность отгружаемого полезного ископаемого; γ' и W' — соответственно плотность и влажность полезного ископаемого в отвале.

При определении плотности полезного ископаемого (в частности, угля) в насыпном виде необходимо стремиться к тому, чтобы отобранная проба (по крупности и составу) отвечала средней характеристике полезного ископаемого в отвале (или отвалах). Полезное ископаемое, насыпанное в ящик, следует отбирать в возможно большем числе точек, равномерно расположенных на поверхности отвала.

Так как на поверхности отвала полезное ископаемое из-за окисления и выветривания подвержено измельчению и разубоживанию, отбирать пробу, насыпаемую в ящик, следует с глубины от 0,1 до 1 м (в зависимости от срока хранения и свойств полезного ископаемого). Во избежание искажения естественного коэффициента разрыхления вследствие ограниченных размеров ящика необходимо изготавливать ящик таким образом, чтобы внутри его не было выступающих планок; при насыпке мелкое полезное ископаемое укладывать к стенкам ящика, а в середину — более крупные куски попеременно с мелочью; тщательно выравнивать поверхность полезного ископаемого на уровне краев ящика с помощью деревянной рейки.

Полезное ископаемое насыпают в ящик после отбора породы и взвешивания отдельными порциями в деревянных носилках с бортами. Одновременно определяют вес отобранной породы (для определения ее содержания). Для взвешивания необходимо применять хорошо выверенные десятичные весы. Объем ящика определяют в результате промеров высоты, длины и ширины выверенной стальной рулеткой. Окончательное значение плотности при каждом определении получают делением веса полезного ископаемого на объем ящика. Ящик изготавливают размером 0,5X0,5X0,5 м. В этом случае число определений плотности должно быть не менее

15. Массу полезного ископаемого в мерном ящике определяют с точностью до 1 кг. Для контроля правильности полученных результатов и повышения точности последних для каждой разновидности полезного ископаемого необходимо производить несколько определений плотности. К полученному значению плотности следует вводить поправку на усадку отвалов. Величину поправки для различных видов и сортов полезных ископаемых определяют эмпирически [5], наблюдением за усадкой отвалов при различных сроках хранения (нивелированием заложённых на поверхности отвалов реперов). Для каменного угля эта поправка ориентировочно может быть принята по табл. XX.2.

Плотность сортированного угля следует определять отдельно для различных классов крупности. Определение плотности антрацитов, бурых и каменных углей надо производить также раздельно.

Все это следует учитывать также и при определении плотности руд, характеризующихся различной крупностью, различным содержанием примесей и других компонентов, влияющих на величину плотности.

Определение плотности полезных ископаемых необходимо периодически повторять (в зависимости от изменчивости вещественного состава полезного ископаемого, поступающего из шахты или рудника).

Ориентировочно плотность насыпного полезного ископаемого (в разрыхленном состоянии)

$$* = \quad (XX.7)$$

где U_m — плотность полезного ископаемого в массиве; C_p — коэффициент разрыхления (может быть найден эмпирически).

На угольных шахтах и разрезах формулу (XX.7) можно применять для контроля результатов непосредственного определения

Такой способ определения γ_n — основной при замерах остатков полезного ископаемого в забоях на разрезах, где непосредственное определение γ_n затруднено. В этом случае коэффициент C_p определяют сопоставлением объемов горной массы или полезного ископаемого в массиве и в развале, образовавшемся после ведения взрывных работ. Объем развалов определяют по данным тахеометрической или фотограмметрической съемки.

Ниже приведены значения K_p для каменных углей при подземном способе разработки и пород Саткинского магнетитового месторождения [4, 5].

Таблица XX.2

Величина поправок плотности угля за усадку отвалов

Полезное ископаемое	Продолжительность хранения угля в отвале, мес	Поправка за усадку
Рядовой уголь (при подземной разработке)	До 1	0,02/0,04
	» 2	0,03/0,05
	» 6	0,04/0,06
	Свыше 1 года	0,08

Примечание. В числителе приведены поправки при сухой погоде, в знаменателе — при дождливой или снеготаянии.

Среднее значение коэффициента разрыхления K_p

Рядовой уголь (при подземном способе разработки)	1,50
Мелкий уголь (класс 5 мм)	1,60
Магнетит	1,48
Доломит	1,44
Горная масса	1,46

Допустимая погрешность определения плотности полезного ископаемого в отвале зависит от объема отвала и в соответствии с межотраслевой инструкцией [7] не должна превышать 5% при объеме отвала до 20 тыс m^3 и 20—50 тыс. m^3 , 4% — 50—200 тыс. m^3 и 2% — свыше 200 тыс. m^3 .

Если в отвалах, где происходят непрерывное поступление и отгрузка полезного ископаемого, изменчивость его плотности имеет случайный характер и погрешность среднего значения не превышает половины допустимой погрешности, то среднее значение плотности определяют не реже одного раза в полугодие. Это значение принимают при ежемесячных маркшейдерских замерах складов в течение очередного полугодия.

На предприятиях, где объем складов не превышает 20% месячной добычи угля, плотность полезного ископаемого в отвале можно определять также не реже одного раза в полугодие, если погрешность ее среднего значения по отвалу не превосходит допустимую величину.

Если из-за изменчивости плотности погрешность среднего ее значения по отвалу

превышает допустимую, то определение плотности предусматривают не реже одного раза в квартал.

4. Определение объема выемки полезного ископаемого при подземной разработке

Объем выработанной части залежи по данным маркшейдерских съемок и замеров может быть получен умножением площади выемки на среднюю полезную вынимаемую мощность пласта или слоя (например, при разработке угольных пластов длинными столбами или при сплошной системе); умножением длины выработки на площадь обнажения залежи в плоскости забоя (при замерах добычи из подготовительных выработок и камер); методом вертикальных и горизонтальных сечений (при выемке камерами значительной высоты и на разрезах).

Площадь выемки определяют по плану в соответствии (по данным съемки) с положением линии забоя на начало и конец отчетного периода или подсчитывают как произведение средней длины линии забоя на среднее подвигание ее за отчетный период. Из площади выемки, вводимой в подсчет, исключают суммарную площадь целиков, оставленных в выработанном пространстве. При большой длине линии забоя последнюю измеряют непосредственно рулеткой. При этом среднее значение длины получают как среднее арифметическое из всех промеров, произведенных в течение отчетного периода.

Аналогично определяют длину линии забоя подготовительных выработок с раскоской. Подвигание линии забоя очистных выработок определяют промерами от маркшейдерских точек или пересечений выработок по обоим штрекам, между которыми располагается очистной забой. Среднее подвигание получают как среднее арифметическое из разности промеров по обоим штрекам на начало и конец отчетного периода.

При значительной длине линии забоя последнюю определяют по замерному плану, составленному по данным инструментальной съемки. В этом случае среднюю длину линии забоя правильной формы определяют как среднее арифметическое из нескольких промеров по плану или вычисляют по формуле

$$L_{cp} = \frac{F}{l_{cp}}, \quad (XX.8)$$

где F — площадь выемки, определяемая планиметром; l_{cp} — среднее подвигание линии забоя.

Так же определяют и среднее подвигание линии забоя при хорошо выраженной ее длине. Съемку линии забоя в зависимости от условий производят теодолитом, угломерами упрощенной конструкции, измерением элементов забоя рулеткой (например, при потолкоуступной форме забоя). Объем выемки в подготовительных выработках подсчитывают умножением площади обнажения залежи в забое на месячное подвигание, которое получается из разности промеров, от замерных точек до забоя в начале и конце отчетного периода.

Мощность, вводимую в подсчет добычи, определяют как разность между общей нормальной мощностью в пределах кровли и почвы выработки и суммарной мощностью всех прослоек, не включаемых в добычу.

Среднее значение мощности пласта подсчитывают по замерам тесьмной рулеткой. При замерах производят зарисовку структуры пласта. Структурные колонки и числовые значения мощности наносят на план горных выработок в соответствии с действующими условными обозначениями. Мощность хорошо выдержанных угольных пластов измеряют через 15—20 м вдоль и вкrest простирания линии забоя лавы. При невыдержанной мощности расстояния между точками измерения последней принимают через 5—10 м по сетке.

Ведение документации заключается в составлении журналов (с эскизами) замера горных выработок (на разрезах — замера вынутых объемов вскрыши и объемов горной массы в массивах); замерных планов (на разрезах — замерных поуступных планов и вертикальных разрезов к ним) масштаба 1 : 500—1 : 1000; журналов (с эскизами) подсчета добычи (на разрезах — подсчета объемов вскрыши и добычи полезного ископаемого). Журналы и замерные планы ведут и составляют в соответствии с технической инструкцией по производству маркшейдерских работ.

5. Определение объема выемки на разрезах

Вынутые объемы горной массы, полезного ископаемого и вскрыши определяют по данным тахеометрической, профильной или фотограмметрической съемок. Подсчет объемов производят методом горизонтальных или вертикальных сечений.

В первом случае (при съемке только верхней бровки уступа)

$$V = F_x h_{cp} \quad (XX.9)$$

или (при съемке верхней и нижней бровок уступа)

$$V = \sum F_i h_{cp}, \quad (XX.10)$$

где F_x — площадь выемки по отработанной части верхней площадки уступа; F_2 — то же, нижней площадки уступа; h_{cp} — средняя высота уступа.

Величины F_1 и F_2 определяют планиметром по поуступным планам горных работ, на которых по данным съемки строят контуры отработанных площадей. Площади измеряют планиметром дважды, обводя контуры по и против часовой стрелки. Расхождение между двумя измерениями не должно превышать 3% для площади до 15 см² и 2% для площади более 15 см². За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение. Крупные площади и сечения правильной формы можно разбивать на простые геометрические формы, элементы которых измеряют линейкой с миллиметровыми делениями.

Среднюю высоту уступа подсчитывают как разность средних отметок верхней и нижней площадок уступа.

При подсчете объемов по способу профильной съемки

$$V = I \pm ILL, \quad (XX.11)$$

где V — объем выработанной части уступа в пределах соседних профильных линий; F_1 и F_2 — площади выработанной части уступа на вертикальных сечениях по профильным линиям; L — расстояние между профильными линиями.

Объем в пределах участка получают суммированием объемов в пределах соседних профильных линий.

Съемку уступов производят в соответствии с требованиями технической инструкции по производству маркшейдерских работ и межотраслевой инструкции [7].

Объем отбитого полезного ископаемого определяют по объему горной массы и коэффициенту угленасыщенности (на угольных разрезах) или коэффициенту выхода полезного ископаемого, непосредственным подсчетом по площадям обнажения полезного ископаемого в сечениях по профильным линиям, по площадям отработанных участков уступа и средней высоте уступа, по площади отработанных участков пласта и его средней мощности на отработанном участке.

В первом случае объем полезного ископаемого получают умножением объема вынутой горной массы на коэффициент K_n углена-

сыщенности, равный отношению вертикальной суммарной мощности угольных пропластков в пределах угольного уступа к общей высоте уступа. Коэффициенты выхода полезного ископаемого определяют по зарисовкам забоя. Для их определения можно использовать также геологические разрезы (коэффициенты выхода подсчитывают как отношение площадей обнажения полезного ископаемого к площади разреза уступа в пределах отработанного участка). Во втором случае подсчет производят по формуле (XX.11). При этом в качестве F' принимают площади сечения пропластков полезного ископаемого на разрезах по профильным линиям. Третий случай может иметь место, когда уступ расположен по полезному ископаемому. При этом подсчет объема полезного ископаемого производят по формуле (XX.10). Четвертый случай имеет место при выемке горизонтально залегающего пласта одним уступом.

В первом и во втором случаях объем выемки по попутным породам определяют как разность между объемом вынутой горной массы и объемом вынутого полезного ископаемого.

6. Определение плотности полезных ископаемых в массиве

Для определения плотности полезных ископаемых в массиве применяют способы пробной вырубki, пробной выемки, лабораторный и лабораторно-аналитический. Первый способ применяют при определении сравнительно слабых (поддающихся выемке без применения взрывчатых веществ), трещиноватых, пористых или сильно загрязненных посторонними включениями полезных ископаемых. Второй способ применяют в основном на открытых работах. Третий способ дает хорошие результаты для относительно плотных и однородных по вещественному составу полезных ископаемых. Четвертый способ применяют в случае хорошо выраженной зависимости между плотностью и содержанием в полезном ископаемом отдельных компонентов или примесей.

Способ пробной вырубki заключается в следующем. В подготовительной, очистной выработке или на уступах разрезов после тщательного выравнивания поверхности забоя или площадки уступа производят вырубку полезного ископаемого в форме ниши или неглубокого шурфа с ровными, взаимно перпендикулярными стенками. Несколькими промерами определяют среднюю ширину, длину и высоту (глубину) выемки, затем вычисляют

ее объем. Все извлеченное при выемке полезное ископаемое взвешивают на десятичных весах. Полученную массу делят на объем выемки.

Во избежание потерь полезного ископаемого вырубку ведут без применения взрывчатых веществ, а взвешивание производят на весах, установленных на месте вырубki. Объем вырубki должен составлять не менее 1 м³. Прослойки пустой породы, не включаемой в добычу угля, в объем выемки и во взвешиваемое полезное ископаемое не включают.

Для пробной вырубki выбирают относительно сухие забои. Ошибка единичного определения плотности в благоприятных условиях не превышает 2—3%, а при неблагоприятных условиях достигает 4—5%. Ошибка среднего из ряда определений меньше и зависит от числа определений и однородности полезного ископаемого.

Для повышения точности среднего значения плотности следует определение плотности производить отдельно для каждой разновидности полезного ископаемого (или породы), число определений выбирать в зависимости от однородности полезного ископаемого, определения периодически повторять по мере перехода горных работ на новые участки. Плотность углей существенно различной зольности следует определять раздельно по пластам. Допустимая погрешность определения среднего значения плотности в соответствии с межотраслевой инструкцией [7] принята равной 2%.

Способ пробной выемки отличается от способа пробной вырубki тем, что выемка может иметь произвольную форму и создается с помощью погрузочных машин и транспортных средств. Объем выемки рекомендуется определять по наземной стереофотограмметрической съемке, а массу извлеченных пород — взвешиванием на весах, используемых для взвешивания пород. Транспортные сосуды взвешиваются до и после загрузки с точностью до 0,1 т. Параметры съемки для определения объема выемки рассчитывают по методике, приведенной в межотраслевой инструкции [7].

При лабораторном определении плотности пользуются методом гидростатического взвешивания [3,6]. Для опыта отбирают образцы (куски) полезного ископаемого весом 200—250 г.

Плотность образцов пористых и не размокающих в воде пород определяют следующим образом. Отобранные образцы очищают щеткой от мелких осколков и пыли и взвешивают на технических весах (дважды с точностью до 0,1 г). Затем (для насыщения водой)

образцы помещают в сосуд с водой и подвергают кипячению. После кипячения образцы охлаждают, вытирают влажной тряпкой (или промокательной бумагой) и снова взвешивают на технических весах с точностью до 0,1 г. Насыщенные водой образцы второй раз взвешивают в воде на гидростатических или приспособленных для этой цели технических весах. Взвешивают дважды с точностью до 0,1—0,2 г. Плотность γ образца

$$\frac{P_1}{P_2 - P_3} \quad (XX.12)$$

где P_1 — масса образца до насыщения водой, г; P_2 — масса образца после насыщения водой, г; P_3 — масса образца в воде, г.

Образцы, слабо впитывающие влагу (например, каменный уголь), для насыщения водой не обязательно кипятить. Их можно погружать на 3—5 мин в воду комнатной температуры.

Плотность полезного ископаемого в сухом состоянии определяют так же, как описано выше, с той лишь разницей, что перед взвешиванием в воздухе и насыщением водой образец высушивают при температуре 105—115° С.

Плотность полезных ископаемых, сильно пористых или размокающих в воде, определяют с парафинированием образцов. В этом случае плотность γ образца

$$\gamma = \frac{P_1}{\frac{P_2 - P_3}{\gamma_n}} \quad (XX.13)$$

где P_1 — масса образца до парафинирования; P_2 — масса образца после парафинирования; P_3 — масса запарафинированного образца в погруженном в воду состоянии; γ_n — плотность парафина.

Плотность неоднородных по составу полезных ископаемых желательно определять гидростатическим взвешиванием больших кусков (штуфов). При этом следует пользоваться десятичными весами и баком (или бочкой) с водой, устанавливаемым на десятичные весы [6].

Плотность штуфа

$$\frac{P_1}{P_2 - P_3} \quad (XX.14)$$

где P_1 — масса штуфа; P_2 — масса бака с водой; P_3 — масса бака с водой после погружения штуфа в воду (в подвешенном положении).

При наличии трещиноватых и пористых полезных ископаемых следует прибегать

к предварительному покрытию шуфа топ-ким слоем смолы.

Определение плотности лабораторным способом производят на образцах, имеющих естественную влажность. Для повышения точности результата определения следует производить по большому числу образцов. По мере перехода горных работ на новые участки определения необходимо периодически повторять.

Плотность полезного ископаемого в залежи сложного строения

(XX.15)

$$\rho_{\text{пл}} =$$

где ρ_i — плотность отдельных разновидностей полезного ископаемого; P_i — массы, которые принимают плотности пропластков отдельных разновидностей полезного ископаемого или соотношения площадей обнажения их на разрезах.

Формулой (XX.15) можно пользоваться также при определении плотности горных пород в массиве. В последнем случае в качестве ρ_i принимают плотность полезного ископаемого и попутных пород, а в качестве P_i — мощности, соотношение площадей или объемов пропластков полезного ископаемого и попутных пород на разрезах или в пределах соседних сечений в выработке или в уступе разреза.

Лабораторно-аналитический способ основан на вычислении плотности зависимости от содержания компонентов или примесей оказывающих наибольшее влияние на плотность. Характер указанной зависимости устанавливается корреляционными вычислениями.

В настоящее время этот способ можно рекомендовать для определения плотности углей. Он может применяться и для определения плотности других полезных ископаемых. При лабораторно-аналитическом способе плотность угля в массиве для отдельных пластов определяют из выражения, предложенного Д. А. Казаковским [4]:

$$\rho = \rho_0 + kA^c \quad (XX.16)$$

где ρ_0 — плотность органической массы угля, г/см³; k — коэффициент, характеризующий изменение плотности угля при изменении содержания внутренней золы на 1%; A^c — среднее содержание в угле внутренней золы (средняя зольность чистых угольных пропластков) на участках, подлежащих разработке, %.

Величины ρ_0 и k входящие в формулу (XX.16), находят опытным путем по данным лабораторного определения плотности

и зольности образцов. Для этой цели по каждому из разрабатываемых пластов набирается 30—40 образцов проб угля массой 200—300 г каждый. Образцы отбираются из забоев, дающих основной объем добычи угля по шахте, а в пластах сложного строения — по каждой угольной пачке в количестве, пропорциональном мощности этих пачек. На месте отбора образцы упаковываются в пергаментную бумагу или полиэтиленовую пленку и разделяются в лаборатории не позднее 12 ч после отбора.

Часть каждой пробы весом 50—100 г используется для определения зольности и влажности угля, остальная часть каждой пробы — для определения плотности методом гидростатического взвешивания. Последовательность операций при определении плотности методом гидростатического взвешивания описана выше.

Определенная таким образом плотность каждого образца ρ' приводится к влажности угля в массиве по формуле

$$\rho = \rho' \frac{100 - W}{100 - W'} \quad (XX.17)$$

где ρ — плотность угля в массиве, г/см³; ρ' — плотность образца, г/см³; W — средняя влажность угля в массиве, %; W' — влажность образца до его насыщения водой, %.

Влажность образца W' и его плотность ρ' определяют одновременно. Разрыв во времени не должен превышать 30—40 мин.

Используя полученную плотность ρ и зольность A^c по каждому образцу, вычисляют величины k и ρ_0 по формулам;

$$k = \frac{\rho A^c - \rho_0 A^c}{(A^c)^2 - (A^c)^2} \quad (XX.18)$$

$$\rho_0 = \rho - k A^c \quad (XX.19)$$

где ρA^c — среднее значение произведений величин ρ и A^c полученных по каждому образцу; ρ — среднее значение плотности образцов; $(A^c)^2$ — среднее значение квадратов величин A^c ; $(A^c)^2$ — квадрат среднего значения величин A^c .

Например, по пласту набрано 30 образцов угля и произведено лабораторное определение по каждому из них плотности ρ' , зольности A^c и влажности W' . Средняя влажность угля в массиве W равна 12%. Полученные результаты заносятся в табл. XX.3 и вычисляются средние значения величин ρ , ρA^c и $(A^c)^2$. Подставив найденные зна-

Таблица XX. 2

Расчет величин, используемых при установлении связи между плотностью угля в массиве и его зольностью

Номер образца	W'	Y	V	A^c	VA^c	$(A$
1	6	1,44	1,54	3,7	5,70	13,69
2	6	1,47	1,57	3,9	6,12	15,21
3	6	1,49	1,59	5,2	8,27	27,04
4	8	1,53	1,61	5,7	9,18	32,49
5	8	1,53	1,61	6,2	9,98	38,44
6	8	1,55	1,63	4,9	7,99	24,01
7	10	1,60	1,63	6,2	10,11	38,44
8	10	1,60	1,63	6,9	11,25	47,61
9	10	1,60	1,63	8,1	13,20	65,61
10	10	1,61	1,64	3,9	6,40	15,21
11	12	1,64	1,64	3,9	6,40	15,21
12	12	1,64	1,64	4,2	6,89	17,64
13	12	1,64	1,64	4,8	7,87	23,04
14	12	1,65	1,65	4,9	8,08	24,01
15	12	1,65	1,65	5,7	9,40	32,49'
16	12	1,65	1,65	6,2	10,23	38,44
17	14	1,68	1,65	6,7	11,06	44,89-
18	14	1,68	1,65	8,1	13,36	65,61
19	14	1,68	1,65	10,0	16,50	100,00
20	14	1,69	1,66	5,9	9,79	34,81
21	14	1,70	1,67	6,1	10,19	37,21
22	16	1,76	1,67	8,1	13,53	65,61
23	16	1,76	1,67	10,0	16,70	100,00
24	16	1,77	1,68	5,9	9,91	34,81
25	16	1,77	1,68	7,7	12,94	59,29
26	16	1,78	1,69	8,2	13,86	67,24
27	16	1,78	1,69	12,1	20,45	146,41
28	18	1,83	1,70	14,0	23,80	196,00
29	18	1,85	1,72	16,1	27,69	259,21
30	18	1,87	1,74	18,1	31,49	327,61
V			49,47	221,4	368,34	2007,28
Среднее значение			1,65	7,38	12,28	66,91

Таблица XX. 2

Значения величин Y_0 и k

Бассейн	Год проведения опыта	Y_0	k
Черемховский	1948	1,22	0,007
Шахты Воркутинского месторождения	1948	1,22	0,008
Подмосковный	1952	1,05	0,01
Карагандинский	1953	1,22	0,008
Кизеловский (марка Г ₆)	1959	1,264	0,0052
Кизеловский (марка Ж13)	1959	1,214	0,0082
Донецкий (для антрацитов)	1952	1,60	0,009

чения величин из табл. XX.3 в формулы (XX.18) и (XX.19), получим:

$$12,28 - 1,65 - 7,38 = 0,008;$$

$$66,91 - 7,38^2$$

$$7_0 - 1,65 - 0,008 - 7,38 = 1,59.$$

В приведенном примере уравнение связи между плотностью угля в массиве и зольностью имеет вид:

$$Y_0 = 1,59 + 0,008L^C. \quad (XX.20)$$

Если значения плотностей, вычисленных по формуле (XX.16) по каждому пласту, имеют расхождения не более 3%, то величины Y_0 и k вычисляются в целом по шахте с использованием всех образцов по всем пластам. Вычисленные таким образом по шахте средние значения Y_0 и k используются в дальнейшем для вычисления плотности по каждому пласту с учетом его средней зольности. В противном случае плотность каждого пласта определяется по полученным

для него значениям Y_0 и k . На месторождениях, характеризующихся значительным изменением зольности по площади пласта, пересмотр числовых значений плотности производят по возможности ежегодно с учетом данных пластовых проб на участках, намечаемых к разработке.

Для некоторых бассейнов величины Y_0 и k определены достаточно надежно и могут быть использованы без производства лабораторных определений. Значения этих величин приведены в табл. XX.4.

Плотность полезных ископаемых и пород зависит от их влажности. Поэтому определение плотности полезных ископаемых, характеризующихся значительными колебаниями влажности, следует производить с учетом влажности проб и образцов. Полученные данные могут быть использованы для приведения плотности к определенной влажности по формуле (XX.17).

Зависимость плотности угля от различных факторов приведена в табл. XX.5.

Таблица XX.5

Зависимость плотности угля от различных факторов

Изменение факторов, влияющих на плотность	Изменение плотности угля, т/м ³	
	в массиве	в разрыхленном состоянии
Изменение содержания внутренней золы на +1%	+0,007	+0,005
Изменение содержания внешней золы (породы) на +1%	+0,005	+0,003
Изменение коэффициента разрыхления на +0,01		—0,007
Изменение влажности на +1%	+0,011	+0,008

Примечание. Коэффициент разрыхления рядового угля при подземном способе разработки принят равным 1,5, а мелкого (класса — 5 мм) — 1,6.

Для каменных углей, антрацитов и других полезных ископаемых, влажность которых не подвержена существенным колебаниям, плотность можно определять при естественной влажности, не делая приведения по формуле (XX.17). При этом для отбора проб следует выбирать сухие забой.

Список литературы

1. Глейзер М. И. Опыт определения объемов угольных штабелей и объемного веса угля в массиве. М., Углетехиздат, 1955.
2. Инструкция по учету добычи угля (сланца) и продуктов обогащения на шахтах (разрезах) и обогатительных фабриках Министерства угольной промышленности СССР. М., изд. Минуглепрома СССР, 1971 (ротапринт).

3. Казаковский Д. А. К вопросу о маркшейдерском контроле добычи при разработке каменноугольных месторождений. — Тр. ВНИМИ, вып. XVI. М., Углетехиздат, 1948.
4. Казаковский Д. А. Контроль добычи посредством замера складов. — Труды ВНИМИ, вып. XVIII. М., Углетехиздат, 1949.
5. Казаковский Д. А. К вопросу организации маркшейдерских замеров при разработке каменноугольных месторождений. — Записки ЛГИ, т. XIX, 1946.
6. Казаковский Д. А. Наставление по организации маркшейдерского контроля добычи на угольных шахтах. М., изд. Минуглепрома СССР, 1949 (ротапринт).
7. Межотраслевая инструкция по определению и контролю добычи и вскрыши на карьерах. Л., Недра, 1977.
8. Отраслевая инструкция по учету балансовых и расчету промышленных запасов, определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь угля (сланца) при добыче. М., изд. ИГД им. А. А. Скочинского, 1974 (ротапринт).

Горно-геометрические задачи. Методика эксплуатационной геометризации месторождений полезных ископаемых

Геометрические параметры тел — линейные и угловые величины, численно и геометрически характеризующие в отдельных местах (точках) размер, форму, строение, условия залегания и положение в недрах пластов, залежей, жил и других тел твердых полезных ископаемых. Совокупность параметров позволяет составить общее геометрическое представление о размещении полезного ископаемого в недрах. Этому способствует графическое представление полученных данных о форме, строении и положении тел полезных ископаемых в недрах в виде структурных графиков (разрезов и планов в изолиниях).

Указанными геометрическими методами графически характеризуются и качественные показатели полезного ископаемого, закономерности и условия размещения минерализации путем составления качественных графиков (кривых свойств и планов в изолиниях).

Определение по результатам наблюдений и маркшейдерских съемок геометрических параметров залежи составляет содержание горно-геометрических задач, а характеристика полезного ископаемого и условий его залегания на всех стадиях разведки и разработки месторождений путем составления структурных и качественных графиков — предмет геометризации месторождения.

Детальная геометризация особенно необходима для составления проектов разработки месторождений, проектов реконструкции шахт, развития капитальных и подготовительных работ на действующем горном предприятии.

В процессе эксплуатации необходимость составления общих структурных и качественных графиков выступает менее остро. При этом основной задачей здесь является их корректирование на основе информации,

поступающей в процессе разработки месторождения, решение отдельных горно-геологических задач, надлежащая загрузка маркшейдерского плана горно-геометрическими данными и создание на этой основе геометрических схем решения инженерных горных задач.

Составление структурных и качественных графиков основывается на хорошо продуманной, вытекающей из особенностей месторождения исходной документации разведочных и горных выработок и надежной геометрической основе — маркшейдерских планах.

Указанные графики составляют и ведут в пределах распространения полезного ископаемого, т. е. в пределах промышленного контура залежи.

Ниже рассмотрены решения горно-геометрических задач применительно к плоскостным, складчатым и разрывным формам залегания, а также рассмотрены вопросы методики составления структурных и качественных графиков при геометризации месторождений полезных ископаемых.

1. Плоскостные формы залегания

Плоскостные формы залегания на отдельных участках характерны для пластов и жил. Пласты — более простые в геометрическом отношении геологические тела. При любой сложности их залегания всегда можно выделить площадки таких размеров, на которых поверхности контактов можно принимать за плоскости.

Представление о сложной поверхности залежи составляется из суммы представлений об отдельных плоских площадках. Следовательно, решение горно-геометрических задач применительно к плоскостным формам залегания будет постоянно сопутство-

вать разведке и разработке месторождений полезных ископаемых.

Пласт характеризуется его мощностью. Под последней понимается длина нормали между висячим и лежащим боками пласта, которая обозначается буквой m . Расстояние между висячим и лежащим боками пласта по направлениям обнажения пласта в выработках или естественных обнажениях, по которым измерены эти расстояния, называется измеренной мощностью пласта в данном направлении. Последняя обозначается буквой t с индексом, указывающим направление измеренной мощности.

Положение пласта в недрах характеризуется также глубиной залегания, обозначаемой буквой H .

Величины a , b , t , H , относятся к точке (с координатами x , y , z), в которой они измерены непосредственно или определены косвенно.

Инклинометрическая съемка скважин. При решении горно-геометрических задач часто используют результаты инклинометрической съемки скважин.

Измерения, связанные с замером искривлений скважин инклинометрами, называют инклинометрической съемкой скважин. Измерительная часть инклинометра содержит чувствительные элементы — отвес угла наклона и магнитную систему, позволяющую измерять азимут интервала скважины.

Кроме инклинометров указанного устройства применяются для тех же целей фотоинклинометры и гириноинклинометры. В первых кривизна скважины устанавливается по фотоснимкам соответствующих указателей чувствительных элементов, во вторых при определении угла используется гирозффект.

Координаты любой точки на оси искривленной скважины, в том числе и координаты точки встречи скважины с пластом вычисляются по формулам:

$$x_k = x_y + \sum_{i=1}^n 2j^i \sin \frac{\alpha_i}{2} \cos \frac{\beta_i}{2},$$

$$y_k = y_y + \sum_{i=1}^n 2j^i \cos \frac{\alpha_i}{2} \sin \frac{\beta_i}{2},$$

$$z_k = z_y + \sum_{i=1}^n 2j^i \sin \frac{\alpha_i}{2} \sin \frac{\beta_i}{2},$$

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{Qf-1+Qi}{2} \cdot \frac{CC_i-1-faj}{2},$$

1=1

(XXI.1)

где $i = 20$ м — интервал между точками измерений; θ_i — зенитный угол оси скважины в точке измерения; ψ — дирекционный угол (азимут) оси скважины в точке измерения.

Наиболее распространены инклинометры ИШ-4. Ошибка измерения зенитного угла θ составляет около $\pm 30'$, а ошибка измерения азимута достигает нескольких градусов.

Достоинство используемых инклинометров — быстрота измерения угловых величин и независимость измерений. При указанных особенностях прибора большая густота точек измерений, выполнение повторных контрольных измерений представляют собой хорошее средство улучшения результатов съемки. Однако это не должно заслонять большой недостаток инклинометрической съемки — низкую точность угловых и особенно азимутальных измерений.

Радикальное улучшение результатов инклинометрической съемки разведочных скважин дает применение гириноинклинометров для съемки этих скважин.

Получаемая точность результатов инклинометрической съемки допускает широкое применение при обработке графического способа. Последний сводится к построению профиля и плана искривленной скважины.

Определение элементов залегания пласта, жилы или геологического контакта — наиболее часто встречающаяся горно-геометрическая задача, решаемая на всех стадиях разведки и разработки месторождений полезных ископаемых.

В практике работы утвердились три способа решения этой задачи.

Непосредственное измерение элементов залегания пластов. В условиях геологического изучения естественных обнажений и в очистных забоях элементы залегания пласта или геологического контакта измеряют непосредственно горным компасом, а в секущих горных выработках — висячим компасом с полукругом. Учитывая независимость измерений горным компасом, качество представлений о залегании пласта определяют густотой точек, в которых измеряют элементы залегания.

Использование измеренных магнитных азимутов требует перехода от них к дирекционным углам, т. е. введения поправки на величину магнитного склонения, устанавливаемого в момент съемки на стороне с известным дирекционным углом.

Косвенное определение элементов залегания пласта по двум направлениям используют при определении элементов залегания пласта

в секущих выработках, когда в плоскости обнажения измеряют простирания и падения двух произвольных направлений.

На рис. XXI.1 показаны обнажения пласта: в вертикальной выработке круглого сечения (рис. XXI.1, а) и в квершлагае (рис. XXI.1, б)

В плоскости любого из указанных обнажений берут два произвольных направления (шнура) AB и AC или AB и CD , элементы залегания которых измерены висачим компасом с полукругом и равны соответственно β_1 и α_2 , β_2 . Необходимо найти α и β пласта. При этом чаще пользуются графическим методом (рис. XXI.1, в).

Из построений следует, что точки n_2 и n_3 , расположенные в плоскости обнажения пласта, имеют одинаковые отметки, т. е. лежат на линии простирания пласта. Последняя на рис. XX.1 показана утолщенной линией со стрелкой. Угол α — искомый угол простирания пласта.

Линия an_3 , перпендикулярная к линии n_2n_3 , представляет собой проекцию линии падения пласта. В прямоугольном треугольнике, построенном на катетах an_3 и aA , угол при вершине n_3 является искомым углом β падения пласта. Этот способ иногда называют способом «пересекающихся шнуров».

Наряду с этим существует другой прием более точного, косвенного определения α и β пласта. При этом дирекционные углы направлений устанавливают привязкой их к стороне маркшейдерской съемки угломерным инструментом. Углы наклона направлений характеризуются разностями отстояний по стенкам вертикальной выработки от устья (или выхода на ближайший горизонт работ) до плоскости обнажения пласта на концах взятых направлений.

На рис. XX1.2, а показан план вертикальной выработки круглого сечения, в которой обнажен пласт. Требуется найти α и β пласта.

Возьмем два вертикальных сечения, проходящих через линии ab и cd . Одна из них (ab) по результатам привязки имеет дирекционный угол α_1 , а другая (cd) — α_2 .

На рис. XX1.2, б изображены вертикальные сечения стенок выработки и пласта по линиям ab и cd . По замерам вертикальных расстояний h_a , h_c , h_d от точек a, b, c, d устья выработки до пласта построены профили $a'b'$ и $c'd'$ кровли пласта. Так как $a'b'$ и $c'd'$ лежат в плоскости кровли пласта, то справедливым будет равенство $h_a + hf = h_c + hd$, которое одновременно является контролем линейных измерений.

Возьмем на профиле $c'd'$ точку e' с отметкой точки b' (рис. XX1.2, б) и перенесем ее на план (точка e рис. XX1.2, а). Линия eb будет линией простирания пласта в плоско-

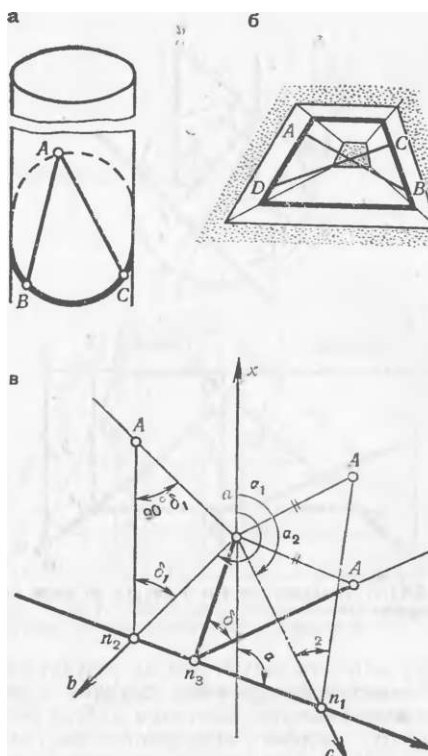


Рис. XXI.1. Определение α и β пласта способом пересекающихся шнуров

сти обнажения. Следовательно, α — искомое простирание пласта. Опустим из наиболее удаленной точки c плана на линию простирания пласта перпендикуляр ce , являющийся проекцией линии падения. Точка c выше точки e на величину h . Угол β — искомый угол падения пласта.

Косвенное определение α и β пласта по координатам трех точек (по трем скважинам) — это определение средних значений элементов залегания в пределах площади контура, проходящего через заданные точки. Указанная задача часто решается в процессе проведения буровой разведки или использования ее результатов. Прибегать к ней нередко приходится и при разработке нарушенных участков месторождения, когда требуется определять средние значения элементов залегания сместителей и блоков разрывной структуры.

Решение задачи сводится к определению координат данных точек на пласте по марк-

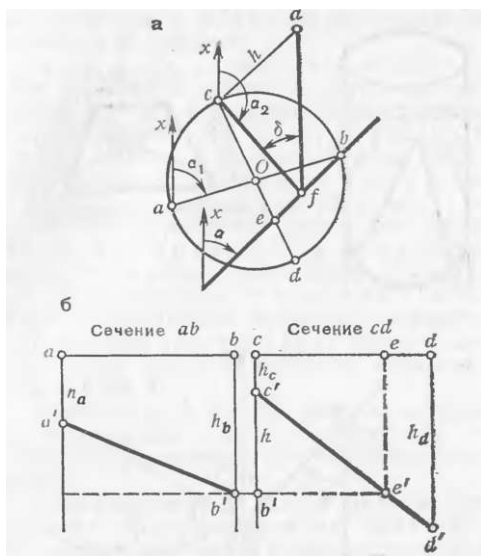


Рис. XXI.2. Определение α и δ пласта по двум направлениям

шейдерским материалам или по результатам инклинометрической съемки скважин и определению элементов залегания пласта (контакта) в пределах выделенного треугольника.

На рис. XXI.3 приведено графическое определение α и δ пласта по координатам трех точек. Здесь 1, 2, 3 — точки пересечения скважин с пластом, изображенные на плане в проекциях с числовыми отметками. Точка 4 лежит на линии, соединяющей точки с максимальной и минимальной отметками, и

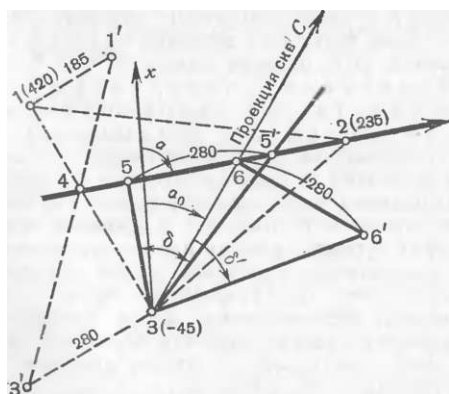


Рис. XXI.3. Определение α и δ пласта по трем точкам (по трем скважинам)

имеет отметку, равную отметке точки 2. Линия 4—2 — линия простираения пласта, а угол α — искомое простирание пласта.

Линия 3—5, перпендикулярная к линии простираения, — проекция линии падения. Линия 5—5' — разность отметок на концах линии падения, а угол δ — искомый угол падения.

На плане через точку 3 проведена проекция скважины C. Видимый угол падения пласта в вертикальном разрезе по скважине C — угол δ' построен по катетам 3—6 и 6—6'.

Видимыми углами падения приходится пользоваться при решении многих горно-геометрических задач.

Определение мощности. Построение разрезов. Мощности залежей и пород в горных выработках и других обнажениях измеряют тесьмой рулеткой. Мощности слоев по керну, полученному при бурении, измеряют линейкой.

Относительная ошибка измерения мощности зависит от величины мощности и четкости контактов. При измерениях в горных выработках указанная ошибка может достигать нескольких процентов.

При измерении мощности по керну ошибка более значительная и, в свою очередь, определяется состоянием и выходом керна.

Непосредственное измерение мощностей в доступных точках и при четких контактах производится рулеткой. Измерение мощности слоев по керну часто выполняется с помощью линейки. При отсутствии четких контактов залежи с вмещающими породами мощности устанавливаются по результатам опробования и измеренные их значения берутся графически с чертежей, документирующих опробование.

В случаях недостаточного выхода керна из скважин определение мощности тел полезного ископаемого производят косвенными способами. Главным из них является электрический картаж скважин.

Задачей электрического каротажа является получение на диаграмме четкой электрической аномалии, отбивающей контакты — границы кровли и почвы залежи. Если последняя четко выявляется на каротажной диаграмме, то определение мощности сводится к использованию ряда технических приемов, зависящих от физических свойств залежи (высокого или низкого сопротивления), ее мощности и типа измерительной установки.

При решении многих задач, особенно при построении разрезов толщ пород, необходимо делать переход от измеренных мощностей к нормальным, от нормальных к мощ-

ностям по заданному направлению или от измеренных мощностей к мощностям по проектируемому направлению. В последнем случае сначала делают переход от измеренных мощностей к нормальным, а затем уже от последних — к мощностям по проектируемому направлению.

Постоянство вертикальной мощности m_a залежи (толщи) в некоторой точке независимо от направления вертикального разреза, проходящего через нее, позволяет определять искомую нормальную мощность t по измеренной мощности t_k в любом направлении.

Рис. XXI.4 (а и б) иллюстрирует графическое определение t залежи по измеренной мощности m_k в точке A по двум направлениям $A—I$ и $A—II$. Здесь в обоих случаях построены вертикальные разрезы залежи: по секущей выработке (тонкими линиями) и вкрест простирания (утолщенными линиями). В плоскости последнего находится искомая нормальная мощность t .

Если известны элементы залегания толщи и измеренная ее мощность $t_{изм}$ по некоторому направлению, то искомая нормальная мощность

$$t = t_{изм} \cos \phi, \quad (XX.1.2)$$

где ϕ — угол между направлением нормали к напластованию и направлением секущей выработки (обнажения), вдоль которой непосредственно измерена мощность $t_{изм}$.

Угол ϕ вычисляют по элементам залегания указанных направлений или находится графически известными приемами.

Выражение (XXI.2) служит основанием для перехода от заданных разрезов толщи пород к искомому. На рис. XXI.5, а показаны: элементы залегания толщи пород, направление скважины, заданной из точки A под углом наклона 68° , и положение квершлага, проектируемого к проходке из точки B . На рис. XXI.5, б построены разрезы толщи пород по разведочной скважине, нормальный

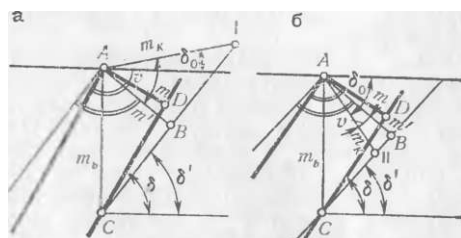


Рис. XXI.4. Косвенное определение нормальной мощности по измеренной мощности в косом направлении

П.

4-50-

$$b=42^\circ$$

• В (+50)

Норм. разрез		В	
1	2	3	4
3	4	5	6

Рис. XXI.5. Построение нормального разреза и разреза по проектируемому направлению

разрез и разрез вдоль проектируемого квершлага. Переход от первого разреза ко второму производят через угол ϕ_1 (угол между осью скважины и нормалью к напластованию), а переход от второго разреза к третьему — через угол ϕ_2 (угол между нормалью к напластованию и осью проектируемого квершлага).

В рассматриваемых условиях залегания решение горно-геометрических задач, связанных с заданием секущих выработок, проходимых по залежи (пласту), сводится к определению направлений (элементов залегания) выработок, координат точек пересечения их с пластом и к установлению длин выработок.

В геометрическом отношении типовые решения этих задач рассмотрены в главе I.

2. Складки

Складки — разнообразные по форме изгибы слоев пород, присущие слоистым толщам. По форме они делятся на две большие группы — синклинали и антиклинальные.

Складки как геометрическое тело состоит из отдельных элементов, к которым относятся крылья, осевая часть складки. Угол между крыльями на-

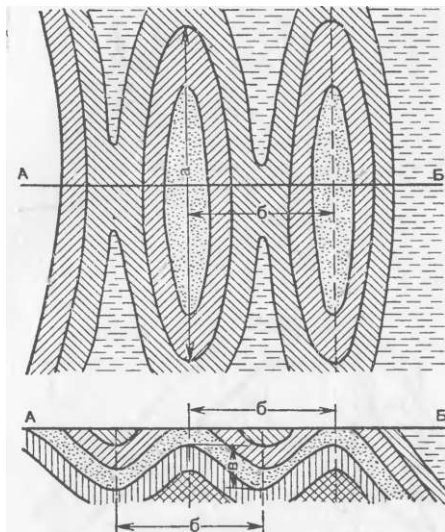


Рис. XX1.6. Размеры складок

зывается углом складки. В каждом поперечном вертикальном сечении есть точка перегиба, лежащая на линии, называемой осью складки. Плоскость (поверхность), проходящая через ось складки и делящая угол складки пополам, называется осевой плоскостью (поверхностью) складки. Зона осевой плоскости складки характеризуется особым, более напряженным, более нарушенным состоянием пород. Поэтому ее положение фиксируется на геологических и маркшейдерских графиках.

Линейные и угловые величины, характеризующие форму, размер и положение складки в недрах, называются геометрическими параметрами складки. К ним относятся размеры складки, элементы залегания крыльев складки, элементы залегания оси (шарнира) складки, угол складки и элементы залегания осевой плоскости (поверхности).

Размеры складки характеризуются длиной, шириной и высотой (рис. XX1.6). Длина складки — расстояние a вдоль осевой линии между пунктами одного и того же стратиграфического горизонта на противоположных концах складки. Ширина, или горизонтальный размах складки, выражается расстоянием b между осевыми линиями двух соседних антиклиналей или синклиналей. Высота $Б$, или вертикальный размах складки, —

расстояние по вертикали между замком антиклиналей и замком смежной с ней синклиналей, измеренное по одному и тому же слою.

По соотношению размеров складки в плане делятся на линейные (у которых отношение > 3), брахиформные (отношение < 3) и куполовидные

$$\frac{b}{l}$$
 при приблизительно одинаковых размерах длины и ширины складки.

Угловые величины, характеризующие форму и положение складки в пространстве, носят общее название — элементы залегания складки. К ним относятся простираание и угол падения крыльев складки a_1, b_1 ; a_2, b_2 ; простираание и угол наклона оси складки a_0, b_0 ; угол складки $\angle$; простираание и угол падения осевой плоскости «оп» $b_{оп}$. При их определении исходными являются элементы залегания крыльев. Последние относятся к точкам, для которых, они были измерены или установлены косвенно. Пользуясь ими, последовательно определяют все остальные элементы залегания складки. Решение выполняют в проекциях с числовыми отметками или в стереографической проекции на сетке Вульфа. Общее представление о складчатой структуре пласта дает гипсометрический план пласта, составляемый по совокупности имеющейся информации. Его начинают составлять в процессе разведки, так как он входит в геологический паспорт при подсчете и утверждении запасов в качестве основного документа. В процессе разработки он постоянно уточняется новыми данными.

При проектировании развития работ на нижележащих горизонтах пользуются уточненным гипсометрическим планом.

Построение гипсометрического плана пласта. Масштабы гипсометрических планов в геологических паспортах и масштабы сводных маркшейдерских планов регламентируются требованиями технических инструкций, предъявляемых к графической документации.

Выбор сечения изогипс основывается на требованиях, предъявляемых к плану, и на детальности изучения поверхности пласта. Изогипсы должны выражать характер поверхности пласта с необходимой точностью и допустимым обобщением, чтобы на нем можно было правильно отражать проектное положение выработок и выполнять необходимые технические расчеты.

В зависимости от масштаба плана, угла падения пласта и сложности поверх-

ности сечение изогипс колеблется от 1 до 100 м.

При проектировании горных работ по пласту важно правильно установить положение откаточного штрека, так как все другие выработки, проектируемые по пласту в пределах этажа, определяются положением этого штрека. Это достигается интерполированием между двумя соседними изогипсами. Поэтому в условиях наклонного и крутого падения пластов наклонная высота этажа h , рассчитываемая по ряду показателей и углу падения пласта, должна служить основой для установления верхнего предела величины сечения из выражения

$$h \leq l \sin \beta. \quad (XXI.3)$$

Величину оптимального сечения изогипс практически устанавливают анализом профилей пласта на вертикальных разрезах по разведочным линиям. Она должна быть кратной круглым значениям.

При построении гипсометрических планов пластов в условиях складчатого их залегания используют несколько способов. Наиболее распространен способ вертикальных разрезов.

Скрытый характер изучаемой поверхности выявляется преимущественно по разведочным линиям вкострости простирания складчатой структуры.

Для использования вертикальных разрезов при построении гипсометрии пластов в плоскости разреза четко выделяют профили пластов. На рис. XXI.7 показан один из таких профилей в разрезе по разведочной линии. На профиле отмечены точки пересечения его с горизонтами, кратными выбранному сечению изогипс, точки пересечения с выработками и точки перегиба. Горизонтальную проекцию профиля (рис. XXI.7, а), построенную в масштабе плана, в соответствии с ее ориентировкой и положением переносят на рис. XXI.7, б. Аналогично переносят на него данные по другим линиям. По соответствующим точкам перегиба проводят инвариантные линии поверхности пласта, а затем изогипсы пласта. Построение изогипс начинают с отработанной и хорошо изученной части пласта.

На гипсометрические планы для полноты документации кроме изогипс наносят и другие показатели, характеризующие геологические и горнотехнические условия разработки (структурные колонки пласта, линии тектонических разрывов, размыва пласта, других геологических контактов, необходимые контуры горных выработок и др.).

При способе нормалей используют общую геологическую особен-

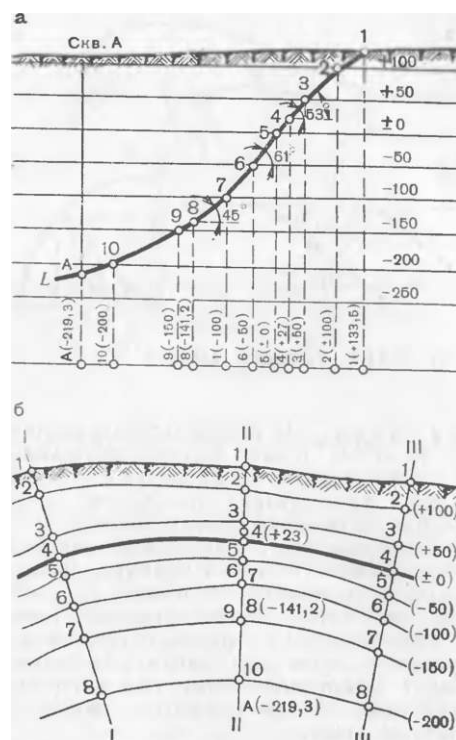


Рис. XXI.7. Способ вертикальных разрезов

ность — постоянство нормальных мощностей междупластий. При хорошей обнаженности на поверхности опорных стратиграфических горизонтов составляют крупномасштабную геологическую карту. На карте берут несколько направлений вкострости простирания пород, по ним строят профили поверхности с нанесением на последних опорных слоев, например известняков. Далее, пользуясь нормальными мощностями междупластий, строят в разрезе по каждой линии опорные маркирующие горизонты и профиль пласта. По совокупности профилей строят гипсометрический план пласта.

При отработке пластов в нисходящем порядке представляется возможным по отработанной или хорошо изученной части вышележащего пласта составить уточненный гипсометрический план этого пласта с целью использования его для составления гипсометрического плана нижележащего пласта, подлежащего отработке. При этом используют два варианта построения: способ профилей и «точечный»

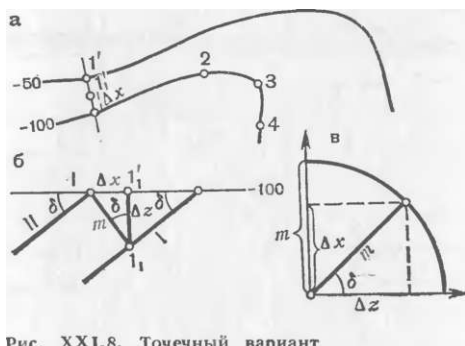


Рис. XX1.8. Точечный вариант

вариант. В первом приеме на гипсометрическом плане вышележащего пласта намечают в характерных местах направления вкрест простирания пласта, по которым строят профили последнего.

Пользуясь ими, нормальной мощностью междупластья строят в принятом масштабе профили нижележащего пласта. По последним составляют гипсометрический план.

При применении точечного варианта на каждой изогипсе плана вышележащего пласта берут характерные точки, для которых на нижележащем пласте находят соответственные им точки.

На рис. XX1.8, а изображены изогипсы (—50) и (—100) вышележащего пласта. На изогипсе (—100) берут характерные точки 2, 3, 4 и т. д. В каждой точке, например в точке 1, по величине заложения 1—Г устанавливают угол падения пласта б.

На рис. XX1.8, б, по углу падения пласта и нормальной мощности t междупластья построен вертикальный разрез выше- и нижележащего пластов по линии 1—Г. Точка нижележащего пласта является соответственной точке 1 вышележащего пласта. Положение точки 1 на плане находят по линии 1—Г с помощью отрезка $A^* = t \sin \delta$. Отметка точки 1_r равна отметке точки 1 минус величина $Az = t \cos \delta$. Как показано на рис. XX1.8, в, величины A^* и Az при заданных t и δ удобно определять графически. Указанным способом набирается достаточное число соответственных точек на нижележащем пласте, используемых для построения гипсометрического плана. При постепенном изменении вертикальной мощности пород междупластья, собранных в складки, гипсометрический план нижележащего пласта строят по данным разведки с использованием гипсометрии вышележащего пласта и графика схождения.

3. Разрывные структуры — дизъюнктивы

Разрывные структуры — распространенная форма залегания горных пород. Для разведки и разработки месторождений полезных ископаемых существенное значение имеют два проявления разрывов — дизъюнктивные дислокации (дизъюнктивы) и трещиноватость горного массива.

Дизъюнктивы имеют зональное, а трещиноватость хотя и неравномерное, но повсеместное распространение. Плоскость, по которой произошел разрыв и относительное перемещение блоков, называют сместителем и обозначают буквой C (рис. XX1.9). Блок (крыло) пласта, расположенный со стороны висячего бока (сверху) сместителя, называют висячим и обозначают буквой K . Блок (крыло) пласта, расположенный со стороны лежащего бока (снизу) сместителя называют лежащим и обозначают буквой K' . Блок, работами по которому встречен сместитель, называют известным блоком, а второй — перемещенным или искомым блоком.

В случае ограниченных данных о положении искомого блока последний принимают параллельным известному блоку. Это допущение неизбежно и практически оправдано при решении задач на эксплуатационных участках и при экстраполяции полученных разведкой данных на ограниченные расстояния. Допущение основывается на поступательном характере относительного перемещения блоков, хотя их перемещения являются комбинированными.

Линейные и угловые величины, характеризующие размеры, форму и положение разрывной структуры (дизъюнктива), в недрах называются геометрическими параметрами дизъюнктива.

Угловые параметры дизъюнктива объединяются общим названием — элементы залегания дизъюнктива. К ним относят элементы залегания блоков K , K' дизъюнктива — α , β ; элементы залегания линий обрыва S , S' — α_0 , β_0 ; угол дизъюнктива V ; направление вектора R относительного перемещения $a^\wedge$. К линейным параметрам дизъюнктива относят амплитуду дизъюнктива a (p , h , d , l); мощность зоны сместителя — m и координаты (x , y , z) точки, к которой относятся перечисленные выше геометрические параметры.

Амплитуду дизъюнктива, или отстояние блоков друг от друга, можно рассматривать по любому направлению. Однако наибольший интерес представляет отстоя-

ние по нормали к блокам или стратиграфическая амплитуда p , а также направления, по которым чаще всего могут задаваться вскрывающие перемещенный блок выработки. К ним относят вертикальные h и горизонтальное вкрест простирания блоков направление d для тупоугольных дизъюнктивов, также горизонтальное направление l (для остроугольных дизъюнктивов).

Мощность зоны сместителей колеблется в широких пределах. Ее определяют величина амплитуды перемещения и характер пород толщи, затронутой разрывом.

Группировка (или классификация) дизъюнктивов по геометрическим признакам должна быть простой, помогающей систематизации разнообразных по форме и проявлению дизъюнктивных дислокаций, а также помогающей решению геометрических задач при разведке и разработке нарушенных участков. Геометрическая классификация будет отвечать указанным требованиям, если будет базироваться на общих формах дизъюнктивов и на основных геометрических признаках.

Общие формы дизъюнктивов—диагональные остроугольные и тупоугольные сбросы и взбросы, а основные геометрические признаки, определяющие форму, — направление вектора относительного перемещения висячего блока в плоскости сместителя и угол дизъюнктива.

На рис. XXI.9 в вертикальном разрезе показаны четыре общие формы дизъюнктивов: тупоугольные — взброс (рис. XXI.9, а) и сброс (рис. XXI.9, б), а также остроугольные — взброс (рис. XXI.9, в) и сброс (рис. XXI.9, г). Кроме того, первый (рис. XXI.9, д) и последний (рис. XXI.9, е) изображены в плане. Здесь $ЛБ$; $A'B'$ — направление горизонтальной выработки, вскрывающей перемещенный блок.

Из изложенного следует, что по направлению относительного перемещения висячего блока выделяют два типа дизъюнктивов — взбросы и сбросы, а по углу дизъюнктива, в свою очередь, в каждом типе определяют два вида — тупоугольные и остроугольные дизъюнктивы.

Определение геометрических параметров дизъюнктива складывается из изучения имеющихся геологических и маркшейдерских материалов, касающихся встреченного дизъюнктива, осмотра последнего и произведенных наблюдений (измерений) на участке встречи со сместителем. При этом сс и б блока, как правило, определяют по координатам трех точек, взятых с маркшейдерского плана.

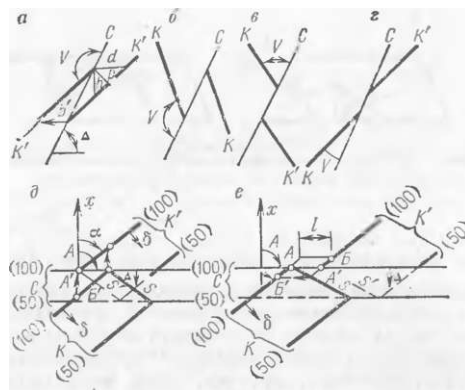


Рис. XXI.9. Геометрическая классификация дизъюнктивов

Наблюдения и измерения в точке встречи со сместителем сводятся к зарисовкам, установлению зоны сместителя, зеркал скольжения и признаков относительного перемещения известного блока, а также к непосредственному измерению по зеркалам скольжения A и A' сместителя и направления вектора относительного перемещения блока. В случае отсутствия зеркал скольжения в зоне сместителя элементы залегания последнего определяют косвенно по трем точкам, расположенным на висячем или лежащем боках сместителя.

Признаки относительного перемещения известного блока разрывной структуры наблюдаются на зеркалах скольжения плоскости сместителя и в зоне сместителя.

Определение $a^{\wedge}$ по признакам, наблюдаемым на зеркалах скольжения в плоскости сместителя. На зеркалах скольжения в плоскости сместителя указанные признаки наблюдаются в форме штрихов, борозд, выбоин и ореолов раздавливания. Направление, в котором наблюдается уменьшение глубины и ширины штрихов, борозд и выбоин, принимается за вектор относительного перемещения блока. Направление уменьшения мощности осадка, образующего ореол раздавливания, принимается также за направление вектора относительного перемещения.

Перечисленные признаки, указывающие направление относительного перемещения блока, не являются единственными. Могут быть и другие.

При внимательном обследовании зеркала скольжения в плоскости сместителя можно

а

б

иы

ит

Рис. XXI.10. Положение вектора относительного перемещения блока на зеркале скольжения

на нем обозначить вектор R (рис. XXI.10) и определить $\alpha^{\wedge}$, который измеряют непосредственно горным компасом или находят косвенно. Угол скольжения γ при обозначении на зеркале скольжения линии простиранения сместителя и вектора R проще и точнее измеряют транспортиром. При этом отсчет производят от направления простиранения сместителя в сторону вектора R . При записи угла γ ему придают знак плюс, когда вектор R направлен вверх (рис. XXI.10, а), и знак минус, если R направлен вниз (рис. XXI.10, б).

При косвенном установлении $\alpha^{\wedge}$ удобно пользоваться сеткой Вульфа. На рис. XXI.11 по измеренным значениям A , D и γ сначала находят точку B' , а затем точку B . Отрезок Ob фиксирует направление вектора R .

Признаки относительного перемещения известного блока в зоне сместителя проявляются различно. К ним относятся ореолы дробления, подвороты (следы волочения) залежи и оперяющие трещины.

Ореолы дробления породы какого-нибудь характерного горизонта в зоне

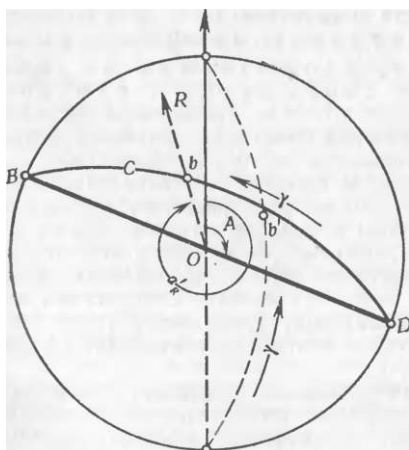


Рис. XXI.11. Определение с использованием угла скольжения

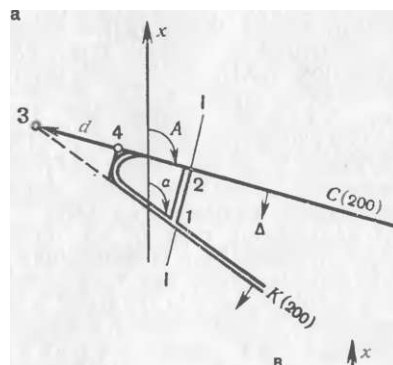
422'

сместителя наблюдаются в горных выработках. Они дают представление о направлении относительного перемещения блока. Подвороты (следы волочения) пласта около сместителя наблюдаются часто.

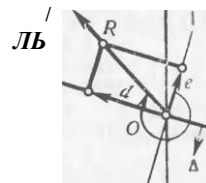
На рис. XXI.12, а показан горизонтальный разрез (зарисовка) подворота пласта по штреку и план восстающей выработки $I-2$. Здесь отрезок $3-4$ — d — горизонтальная составляющая подворота. На рис. XXI.12, б построена горизонтальная проекция e составляющей подворота $5-6$ пласта в плоскости сместителя. На рис. XXI.12, в изображено простиранение сместителя и положение в плане отрезков d и e . По ним, как по составляющим, построен вектор R относительного перемещения известного блока и определен его азимут $\alpha^{\wedge}_R$.

Оперяющие трещины — устойчивый и надежный признак в зоне сместителя для установления $\alpha^{\wedge}$.

В зоне сместителя, как и в зоне сдвига, отчетливо выделяют три системы оперяющих трещин (рис. XXI.13): трещины скалывания 1, параллельные сместителю; трещины скалывания 2, параллельные длинной диагонали db_x фигуры деформации, наклоненные к сместителю в сторону относительного перемещения блока под острым углом; трещины отрыва 3, параллельные короткой диагонали sa_x фигуры деформации, образу-



б



7с

Рис. XXI.12. Использование подворотов (следоволочения) залежи

X a a, \ b b, \ 1 /

Рис. XX1.13. Оперяющие трещины в зоне сместителя

ющие со сместителем (в сторону относительного перемещения блока) тупой угол. Используются диагональные оперяющие трещины 2 и 3, чаще последние, более выраженные и легко диагностируемые при наблюдении, имеющие большее раскрытие, рваные края и шероховатые, неотшлифованные поверхности.

Пусть в точке О штреком горизонта 100 по пласту $\frac{1}{4}$ со стороны висячего блока К (рис. XX1.14) встречен сместитель С, имеющий простирание А и угол падения Д. В зоне сместителя около точки О измеряют элементы залегания 10—15 оперяющих трещин, например системы трещин отрыва 3 (T_0), для которой вычисляют средние элементы залегания как среднее арифметическое из измеренных значений. Пусть на рис. XX1.15 дуги С и T_0 —стереографические проекции сместителя и системы трещин отрыва, построенные по исходным данным. Определяют угол V между С и T_0 . Для этого строят стереографическую проекцию нормально секущей плоскости Q, в которой лежит угол V . Последний измеряется дугой nm . В данном случае $V < 90^\circ$.

В правой части рис. XX1.15 показан схематический разрез по плоскости Q. Так как использованы трещины отрыва T_0 висячего блока К, а они со сместителем С должны составлять тупой угол в сторону относительного перемещения блока К, то вектор R будет направлен вниз по плоскости сместителя и $a^\wedge$ — искомый азимут вектора R.

Установление формы дизъюнктива и задание выработок на перемещенный блок. На рис. XX1.14 построен вектор относительного перемещения блока К. Направление вектора относительного перемещения искомого блока К' определяется величиной $a^\wedge = a^\wedge \pm 180^\circ$. Следовательно, блок К' перемещен по плоскости сместителя вправо, т. е. встреченный в точке О дизъюнктив является остроугольным диагональным сбросом.

Величину отстояния (амплитуду) искомого блока устанавливают разведкой. Разведоч-

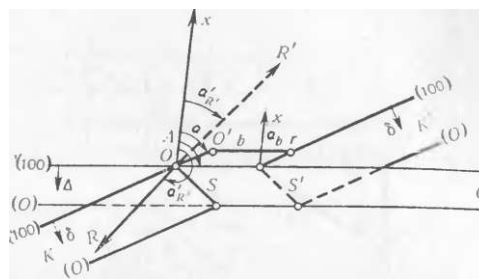


Рис. XX1.14. Геометрическая схема дизъюнктива и задания выработки на перемещенный блок

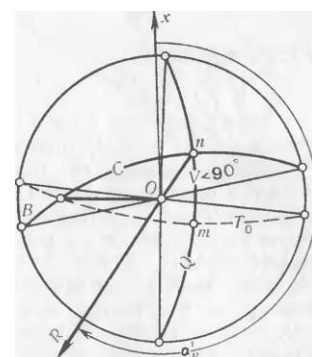
ную выработку следует задавать в направлении горной выработки, вскрывающей перемещенный блок К'. Обычно по техническим требованиям в направлении штрека, встретившего сместитель, проходится квершлаг 00' (рис. XX1.14) для выявления величины и состояния пород в зоне сместителя. Из точки О' проводят разведочную скважину, по которой ведут тщательную документацию разреза пород.

В условиях остроугольного сброса это будет горизонтальная скважина О'Б по направлению a_w . Судя по геометрической схеме, скважина пересекает толщу пород почвы пласта снизу вверх.

В левой части рис. XX1.16 показан нормальный разрез пород участка, включающий пласт $\frac{1}{4}$.

Для определения положения пород, пересеченных скважиной О'Б в нормальном разрезе пород участка, разрез по последней через угол $\angle p$ приводится к нормальному разрезу О'q'.

Далее пласт $\frac{1}{4}$ с нормальной колонки (левая часть рис. XX1.16) ставится в свое положение z (как это указано стрелками)



Разрез по плоскости T_0 и $a^\wedge$ С

$y/^\circ$

Рис. XX1.15. Определение $a^\wedge$ по оперяющим трещинам

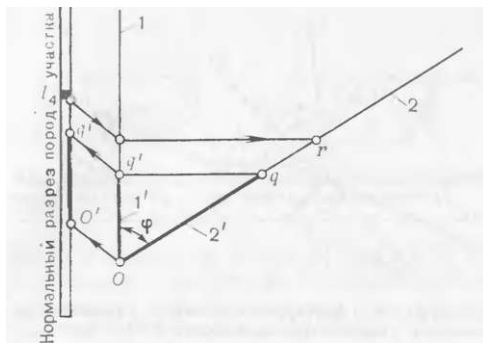


Рис. XXI.16. К определению положения перемещенного блока

на оси разведочной скважины (правая часть рисунка). При встрече сместителя со стороны лежащего блока К' порядок решения будет таким же.

При встрече горными работами тупоугольных дизъюнктивов в условиях наклонного или крутого залегания пород вскрывающей горной выработкой является квершлаг, задаваемый вскрывающим простиранием блока.

Горизонтальное и пологое залегание пластов может потребовать проведения вертикальных и наклонных горных выработок, вскрывающих перемещенный блок.

При неглубоком положении горных выработок разведочная скважина на перемещенный блок может задаваться с поверхности.

На маркшейдерский план в соответствии с принятыми условными знаками наносят линии обрыва блоков, элементы залегания и мощность зоны сместителя, амплитуду дизъюнктива в направлении ее установления, направление вектора R относительного перемещения блока.

4. Трещиноватость массива горных пород

Трещиноватостью массива горных пород — расчленение горных пород на блоки совокупностью плоскостей без значительного относительного перемещения по ним блоков и поверхностей ослабления.

Все трещины генетически делятся на тектонические и нетектонические. Среди них большой удельный вес имеют первичные трещины, возникающие в результате проявления внутренних сил в породах при их усыхании, уплотнении, изменении объема и температуры и физико-химических превращениях.

Первичные трещины по отношению к напластованию (сланцеватости) преимущественно являются секущими, а поверхности ослабления — параллельными. Все другие трещины по отношению к первичным имеют подчиненное значение и локальное распространение. По степени проявления трещины делятся на открытые, закрытые и скрытые, а поверхности ослабления — на закрытые и скрытые.

Открытые трещины характеризуются четко видимой полостью, свободной или заполненной обломочными материалами и осадками из растворов, циркулирующих в трещиноватой среде.

В закрытых трещинах разрыв хорошо заметен, но стенки трещины сближены настолько, что полость не обнаруживается.

Скрытые трещины не обнаруживаются при визуальных наблюдениях, выявляются при отбитии образцов или специальными исследованиями.

Крупные трещины, графически выражающиеся в масштабе плана, подлежат индивидуальной документации и учету. Подавляющее число трещин — мелкие, документация, характеристика и учет которых возможны по средним значениям показателей.

Для структурной характеристики массива и учета влияния трещиноватости при решении горных задач имеют значение следующие геометрические показатели трещиноватости: ориентировка, раскрытие, размеры и густота трещин.

Размеры и частота трещин характеризуются линейными величинами: протяженностью t трещины по нормали к напластованию или сланцеватости и расстоянием l по нормали между двумя соседними трещинами одной и той же системы (рис. XXI.17). В большинстве случаев указанные линейные величины выражаются долями метра и устанавливаются в горных выработках — обнажении забоев и стенок выработок.

При наблюдениях трещиноватости одновременно производят измерение ориентировки, частоты и описание наблюдаемых трещин. Для производства наблюдений трещиноватости массива устанавливают участки и точки наблюдения. Участок наблюдения должен располагаться в однообразных условиях залегания и в пределах блока крупной разрывной структуры. В пределах участка наблюдения выделяют точки наблюдения, приуроченные к секущим горным выработкам и выработкам, проходным по залежи.

Наблюдениями в секущих выработках изучается трещиноватость массива на всю мощность обнаженных пород, а в выработках, проходимых по залежи, исследуется трещиноватость залежи и непосредственной кровли. Число измерений на участке определяется числом точек наблюдений и колеблется в пределах 80—120 измерений. В условиях однообразного залегания в пределах участка указанного числа измерений достаточно для надежного определения средних значений показателей трещиноватости.

Элементы залегания A , α трещин часто измеряются горным компасом. Ввиду большого числа измерений следует избегать косвенных способов определения указанных угловых величин. При изменении магнитного склонения на участке наблюдения в значительных пределах A измеряют трещинным угломером.

Линейные величины t и l измеряют рулеткой, линейкой или сантиметровой шкалой, нанесенной на рукоятку геологического молотка. Густоту трещиноватости иногда характеризуют числом трещин, приходящихся на 1 м расстояния по перпендикуляру к трещинам одной и той же системы. Описание раскрытия трещин поверхности стенок, минерализации и обводнения трещинных зон помещают в примечаниях журнала наблюдений. Каждую точку наблюдения нумеруют и привязывают к определенным контурам выработок или к точкам маркшейдерской съемки.

Наблюдения показывают, что число систем трещин, их ориентировка в разных породах и на разных глубинах при одинаковых условиях залегания пород сравнительно хорошо выдерживаются.

Результаты обработки и обобщения наблюдений представляют в виде диаграмм и решеток трещиноватости по отдельным участкам, а также наносят в условных знаках на геологические и маркшейдерские планы.

Диаграммы трещиноватости служат для выделения систем трещин по их ориентировке и определения среднего значения элементов залегания каждой системы.

В условиях горизонтального и пологого залегания пород секущие трещины в подавляющем большинстве являются отвесными или крутыми, поэтому выделение систем трещин производят по азимуту A . Используя этот показатель, диаграмму трещиноватости строят в форме диаграммы-розы.

Для построения диаграммы-розы все измерения азимутов простирания трещин по

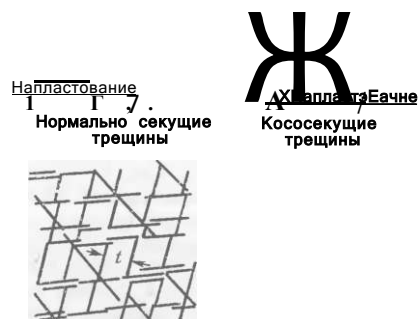


Рис. XXI.17. Схематическое изображение трещиноватости в разрезе и на плане

их значениям делят на классы с некоторым угловым интервалом, например равным 10° . В пределах каждого интервала находят среднее значение азимута, в соответствии с которым проводят отрезок по длине, равный в принятом масштабе числу замеров, произведенных в интервале. Масштаб (например, 5 замеров равно 1 см) выбирают исходя из общего числа замеров и требуемой крупности диаграммы-розы. Затем концы направлений во всех интервалах последовательно соединяют прямыми, в результате чего получают лепестки диаграммы-розы (рис. XXI.18).

На диаграмме четко выделяют две системы трещин. Между ними намечают угол, свободный от трещин. С точки зрения безопасного ведения очистных горных работ область

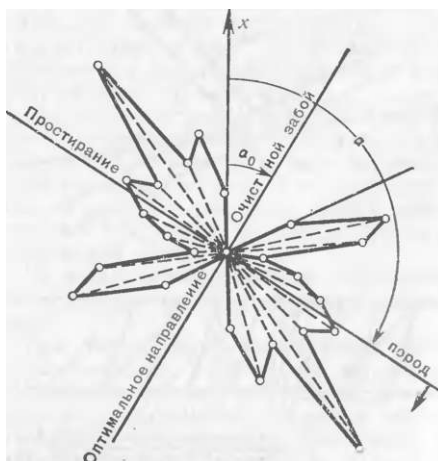


Рис. XXI.18. Диаграмма-роза трещиноватости

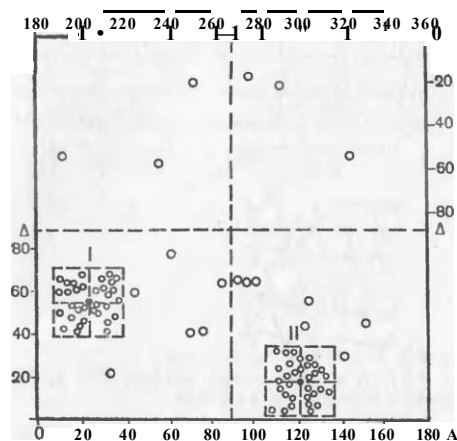


Рис. XXI.19. Прямоугольная точечная диаграмма трещиноватости

этого угла наиболее благоприятная. Его биссектриса фиксирует оптимальное направление очистного забоя. При указанном использовании диаграммы-розы ее часто называют паспортом трещиноватости пород кровли очистного забоя.

При наклонном и крутом залегании пород ориентировка секущих трещин характеризуется величинами α и A . В этих условиях

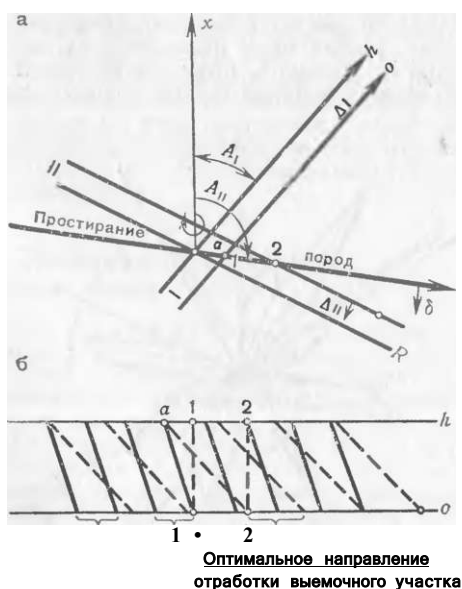


Рис. XXI.20. Решетка трещиноватости

каждая трещина по элементам залегания, как координатам, изображается в виде точки, а диаграмма трещиноватости называется точечной.

По способу построения точечные диаграммы трещиноватости также бывают круговыми и прямоугольными. Прямоугольные точечные диаграммы трещиноватости (рис. XXI.19) по сравнению с круговыми обладают тем преимуществом, что они по условиям построения являются равноточными во всех частях диаграммы.

При построении прямоугольной точечной диаграммы удобно пользоваться условной равнопромежуточной сеткой. По оси абсцисс откладывают азимутальные измерения A , а по оси ординат — углы падения Δ трещин. Каждую трещину наносят по измеренным элементам залегания.

По естественным скоплениям точек на диаграмме выделены две (I, II) системы трещин. В каждой системе границы скопления точек по азимутам и углам падения не выходят за пределы 30° .

Для выделенных систем трещин методом равноделящих линий найдены точки, отмеченные на рис. XXI.19 заштрихованными кружками, фиксирующие их средние элементы залегания. Следовательно, любая точка в пределах системы будет иметь элементы залегания, отличающиеся от среднего их значения не более чем на 15° .

При документации ориентировки трещиноватости на геологическом или маркшейдерском плане удобно пользоваться условным знаком в виде окружности с радиусом 9 мм. Из центра окружности проводят направления, соответствующие средним значениям простираний для выделенных систем трещин. Средние значения углов падения трещин каждой системы выписывают у концов указанных направлений.

Густоту трещиноватости на плане выражают цифровой колонкой в относительной форме — числом трещин, приходящихся на 1 м расстояния по нормали к трещинам. Цифровая колонка для трещиноватости, приведенной на рис. XXI.19, представляется в виде:

$$\begin{matrix} m_{\text{ср}} \\ t_{\text{ср}} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{I (3), II (4)} \end{matrix}$$

Решетки трещиноватости составляют для оценки выделенных систем трещин с точки зрения влияния их на условия работы или поведение массива.

На рис. XXI.20 построена решетка трещиноватости пород кровли на участке в со-

ответствии с ориентировкой систем и частотой трещин. Требуется определить оптимальное направление отработки выемочного участка с точки зрения влияния I и II систем трещин на устойчивость пород кровли в рабочей части очистного забоя.

Как следует из рис. XXI.20, б, породы кровли при данной ее структуре предпочтительнее будут перемещаться вправо. Следовательно, при отработке выемочного участка влево рабочая часть очистного забоя будет находиться в более благоприятных условиях, чем при обратной отработке участка. Густота трещин и ориентировка влияют на производительность горного оборудования, проявление выбросов, углы сдвижения, устойчивость уступов и бортов разрезов.

5. Горно-геометрические графики. Построение скрытых и условных топографических поверхностей

Количественная оценка показателей месторождения полезных ископаемых и их пространственного размещения в недрах составляет основное содержание геометризации месторождений. Результаты изучения и геометризации приблизительно отражают показатели месторождения (залежи) полезного ископаемого и являются его (ее) моделью. Последняя может быть представлена в геометрической или математической (аналитической, цифровой) форме. Более полно разработана методика графического моделирования. Графическая модель месторождения представляется комплектом чертежей, характеризующих структурные и качественные показатели месторождения.

Комплект структурных и качественных графиков, масштабы и конкретные требования к их составлению определяются типом месторождений (залежей) и видом минерального сырья.

Перечислим типовые структурные и качественные графики. Системы вертикальных и горизонтальных разрезов — основной исходный материал, составляемый в процессе разведки и разработки месторождений, служащий основой для составления всех других горно-геометрических графиков.

Гипсометрический план залежи — наиболее распространенный и используемый при решении многих инженерных производственных задач структурный график.

План изомощностей залежи.

План изоглубин составляют для решения задач при открытом или комбинированном способе разработки полезного ископаемого.

План изосодержаний полезных и вредных компонентов — основной тип качественных графиков.

План линейных запасов металла.

План изопрочностей пород кровли залежи.

Из изложенного следует, что построение графической модели месторождения основывается на использовании системы вертикальных и горизонтальных разрезов поля, построений скрытых и условных топографических поверхностей методом изолиний.

При составлении планов в изолиниях используются профили геологических структур и кривые свойства полезного ископаемого в заданных направлениях и сечениях. Профили и кривые свойства, построенные по результатам измерений, называются эмпирическими кривыми.

Эмпирические кривые только приблизительно характеризуют изображаемый ими показатель даже в тех точках, в которых он определен. При подсчете запасов производят осреднение значений показателя полезного ископаемого. При выемке руды происходит неизбежное ее перемешивание и вынутая руда характеризуется также средним значением показателя. Следовательно, правомерным является сглаживание или выравнивание эмпирических кривых.

По своему назначению различают линейное, площадное и объемное сглаживания, а по способу сглаживания приемы разделяют на аналитические и механические.

При аналитических приемах сглаживания пользуются той или иной выравнивающей формулой, устанавливающей зависимость между значением показателя (ординатой) в некоторой точке и положением последней на линии, по которой строят кривую свойств. Следует иметь в виду, что функциональная зависимость, выражаемая принятой формулой, является приближенной.

При механическом сглаживании для каждого выделенного участка эмпирической кривой свойств вычисляют среднее значение показателя и относят к середине этого участка. Полученные и отнесенные таким образом средние показатели являются ординатами сглаженной кривой.

Из аналитических приемов сглаживания часто пользуются параболическим сглаживанием.

При любом способе сглаживания должны удовлетворяться требования минимального отклонения ординат сглаженной кривой от ординат эмпирической кривой и обеспечения достаточной плавности сглаженной кривой. Кроме того, сглаживание должно обеспечить освобождение кривой от случайных

ошибок в определении показателя, наглядность плана изолиний и сохранение характера изменения показателя.

При отсутствии линейности в расположении точек опробования пользуются сглаживанием по площади. При резких изменениях полезного ископаемого (даже в близких друг к другу точках) для выявления общего характера изменения показателя усиливают осреднение путем применения объемного сглаживания.

Выбор сечения изолиний на горно-геометрических графиках. Решение вопроса о выборе сечения изолиний разбивается на две части: определение величины минимального сечения изолиний и установление оптимальной величины сечения.

Так как в большинстве случаев изучение показателя представляет собой выборку промежуточного характера, то минимальное сечение изолиний

$$\Delta_{\min} \approx \Delta_{\text{ск/пром}} \quad (\text{XXI.4})$$

где $\Delta_{\text{ск/пром}}$ — приближенное выражение.

При этом с большей вероятностью можно ожидать, что $\Delta_{\text{ск/пром}}$ не будет превосходить $\Delta_{\min}$.

Неслучайный характер выборки определяется закономерными изменением величины последовательных разностей и чередованием их знаков.

При случайном характере выборки должно выполняться равенство

$$\frac{V}{Y} \frac{S_i^2}{6k} \sim \frac{1}{4k} \quad (XXI.5)$$

а при промежуточном — неравенство

$$\frac{1}{Y} \frac{S_m^2}{bk} \sim \frac{1}{4k'} \quad (XX.1.6)$$

где K — красное число [для элементов ячейки $K = (v_1 + e_2) - (v_2 + b_4)$], k' — число значений K , Δ_j — значение показателя

в j -й точке; n — число выборочных значений показателя.

Величиной последовательных вторых разностей Δ'' пользуются тогда, когда ошибка интерполирования оценивается по контуру ячейки, а величиной красных чисел K — когда ошибка интерполирования оценивается для центров ячеек.

Величину оптимального сечения горизонталей выбирают, исходя из целого ряда практических соображений: масштаба плана и характера изменения показателя; удобства пользования изолиниями, кратными некоторым круглым значениям показателя; удобства проектирования на плане горных выработок при принятых элементах системы разработки; необходимости выделения участков по мощности залежи, по сортам полезного ископаемого и т. д.

При изображении изолиниями невидимых (скрытых и условных) поверхностей в условиях вытянутых форм наиболее широкое применение нашел способ профилей с использованием инвариантных линий.

При построении невидимых поверхностей менее определенного очертания предварительно оценивается характер изменения показателя внутри элементарной ячейки. Последовательное изменение показателя может происходить по периметру ее основания в направлении через одну из диагоналей ее основания и через обе диагонали основания.

Если увеличение показателя залежи в пределах элементарной ячейки происходит по периметру или через одну из ее диагоналей, то задача изображения данного показателя изолиниями решается всегда однозначно. Когда увеличение значений показателя происходит в направлении через две диагонали основания призмы, то появляется неопределенность в построении изолиний показателя в пределах этой элементарной ячейки (в интервале между средними значениями показателя). При этом наименьшее и наибольшее ребра призмы (значение показателя) называются крайними, а два других — средними.

В случае неоднозначного решения приводят два значения показателя для центра элементарной ячейки — по обоим ее диагоналям. Большое расхождение между ними указывает на недостаточную изученность показателя в этой ячейке.

Общий вывод: графическая модель месторождения полезного ископаемого в пределах шахтного или карьерного поля, представляемая комплектом структурных и качественных графиков, является геометрической основой решения задач проектирования и управления горными работами.

Применение ЭВМ в горно-маркшейдерской службе расширило арсенал методов геометризации месторождений полезных ископаемых за счет создания математических методов моделирования.

При этом полученные математические модели залежей позволяют в компактной форме хранить на внешних устройствах обширную информацию, накапливаемую в процессе разведки и разработки месторождений. По присущим им особенностям модели дают возможность организовать быстрый поиск необходимой информации и обработки ее для последующего использования в процессе проектирования и управления, в том числе и для автоматического построения элементов графической модели.

Аналитические модели составляются и используются в тех случаях, когда имеет место отчетливо выраженная тенденция в изменении показателя, называемая закономерной составляющей изменчивости или трендом, которая проявляется на фоне незакономерных колебаний. Указанный характер изменения свойственен многим показателям месторождений полезных ископаемых.

В аналитических моделях в зависимости от вида используемых в них функций различают полиномиальные модели; модели, описываемые рядами Фурье; модели поэтапной регрессии.

При выраженных линейных трендах используются полиномиальными моделями, которые реализуются полиномами [3].

$$s(x, y) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n a_{ij} x^i y^j \quad (XXI.7)$$

где $s(x, y)$ — значение геологического показателя в точке с координатами x, y ; коэффициенты полинома; n — степень полинома.

При слабо выраженных линейных трендах могут оказаться более предпочтительными модели, описывающие пространственное раз-

менение показателей залежи двумерными рядами Фурье в форме [3]

$$C(X, y) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n a_{ij} \cos i \frac{\pi x}{L_x} \cos j \frac{\pi y}{L_y} \quad (XXI.8)$$

где i, j — порядок косинусоидальных гармоник; L_x, L_y — стороны прямоугольника, вмещающего залежь.

Следует отметить, что с помощью аналитических моделей не всегда удается описать сложные локальные детали изменчивости показателей. Многие проявления геологических закономерностей аппроксимируются поверхностями топографического порядка, проходящими непосредственно через заданную систему точек, и аналитическое выражение которых затруднено, так как сглаживание при описании таких поверхностей может ухудшить результаты.

В подобных случаях для вскрытия характера изменчивости изучаемых показателей могут оказаться более подходящими цифровые модели залежей или графические модели.

Цифровые модели используют два метода: метод сеток и метод, основанный на автоматическом расчленении исследуемых поверхностей на совокупность правильных фигур.

В методе сеток совокупность фактических значений показателя, установленных в произвольно расположенных точках, также трансформируется в систему значений показателя в узлах правильной (квадратной или прямоугольной) сетки.

Список литературы

1. Справочник по маркшейдерскому делу. 3-е изд. М., Недра, 1973.
2. Ушаков И. Н. Горная геометрия. 3-е изд. М., Госгортехиздат, 1962.
3. Решение маркшейдерских задач на ЭВМ вычислительных центров/ И. И. Финяревский, З. Д. Низгурецкий, И. Е. Рыхлюк и др. М., Недра, 1975.
4. Геометризация месторождений полезных ископаемых. Под ред. В. А. Букринского и Ю. В. Коробченко. М., Недра, 1977.

Сдвигение горных пород, защита зданий, сооружений и природных объектов

1. Схема процесса сдвигения пород и основные термины

При отработке угольных пластов нарушается естественное равновесие массива горных пород, в результате чего массив деформируется и сдвигается. Непосредственно над горной выработкой образуется зона обрушения / (рис. XXII.1) высотой (2—6) от m — вынимаемая мощность пласта), выше слои пород, прогибаясь, теряют сплошность и в них образуются трещины (II). Высота этой зоны (20—40) m . Выше ее толща горных пород расслаивается и слои прогибаются без образования трещин (III). Вокруг очистной выработки за счет зависания и прогиба пород над выработкой образуется зона повышенного давления (опорное давление), в которой породы сжимаются и за счет этого площадь на земной поверхности, затронутая процессом сдвигения, всегда больше площади отработки угольного пласта.

При негоризонтальном залегании угольных пластов, когда углы трения ρ по контактам

Таблица XXI 1.1

Бассейн, месторождение	«п. градус
Челябинский	50
Кузнецкий, Буланашское	55
Печорский, Кизеловский	60
Средней Азии	60

слоев меньше угла падения пласта возникает область сдвигов по напластованию (IV). Наиболее слабыми контактами являются контакты угольных пластов с породами почвы и кровли, а также контакты слоев, резко отличающиеся по физико-механическим свойствам. По таким контактам $\rho \ll 13^\circ$.

Разработка крутых пластов, когда $\alpha_x \gg \alpha_n$ вызывает сдвигение пород и лежащего угольного пласта. Значение α_n приведено в табл. XXII.1.

Деформации и перемещения массива горных пород приводят к сдвигению земной поверхности. Часть массива горных пород, подвергшаяся деформациям и перемещениям под влиянием горной выработки, называется областью сдвигения горных пород, а участок, земной поверхности, на котором возникли сдвигения и деформации, — мульдой сдвигения. Граница мульды сдвигения на земной поверхности определяется граничными углами.

Граничные углы (θ_0 , θ_0') и ρ_{01} — внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды при полной подработке горизонтальной линией и линиями, соединяющими границы выработок с граничными точками мульды сдвигения (рис. XXI1.2). За границу мульды сдвигения принимается линия с оседаниями 15 мм или линия с горизонтальными деформациями растяжений $0,5 \times 10^{-3}$.

Принято сдвигение разделять на оседания и горизонтальные сдвигения.

Оседание θ — вертикальная составляющая вектора сдвигения. Максимальное оседание при полной подработке θ_0 а при неполной подработке $\theta_{\text{нп}}$.

Горизонтальное сдвигение $\theta_{\text{г}}$ — горизонтальная составляющая вектора Сдвигения горизонтальное сдвиге-

Умс. XXII.1. Области сдвижения горных пород:

I — зона обрушения; *II* — зона трещинообразования; *III* — область прогиба; *IV* — область сдвижений по напластованию

ние по простиранию — а вкрест простирания — 1_y).

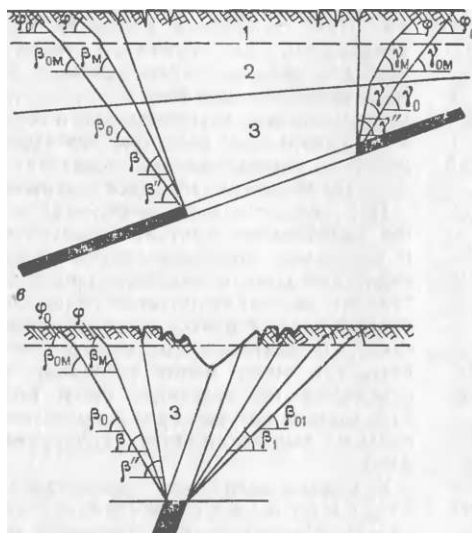
Вследствие того, что сдвижения земной поверхности распределяются по мульде сдвижения неравномерно, возникают горизонтальные (растяжения, сжатия) и вертикальные деформации (наклон, кривизна).

Наклоны (безразмерные) — отношение разности оседания точек мульды к расстоянию между ними. Принято обозначать наклоны:

в направлении простирания — i_x , вкрест простирания — i_y , в заданном направлении —

Кривизна MM — отношение разности наклонов двух соседних интервалов мульды к полусумме длин этих интервалов. Кривизна в направлении простирания — K_x , вкрест простирания — K_y , в заданном направлении — $K\%$.

Величина и распределение сдвижений и деформаций земной поверхности в мульде



1	1^I
3	$1/A$
	(г)

Рис. XXII.2. Зоны влияния очистной выработки на земную поверхность:

а — вкрест простирания при пологом залегании пласта; б — по простиранию пласта; в — вкрест простирания пласта при крутом залегании; 1 — наносы; 2 — мезозойские отложения; 3 — коренные породы

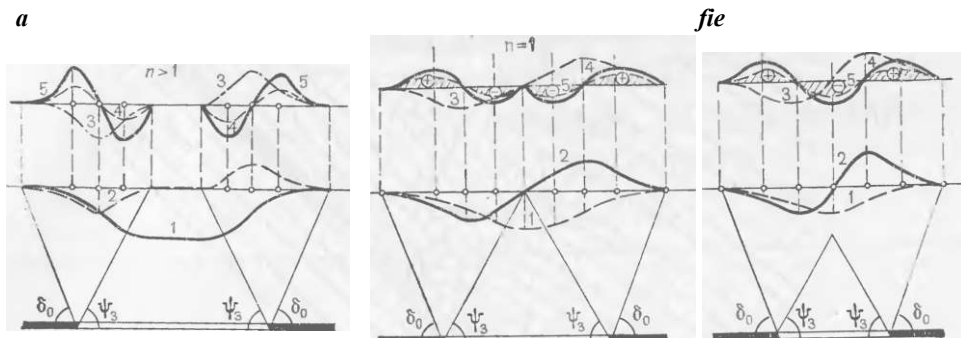


Рис. XXII.3. Кривые распределения сдвижения и деформаций земной поверхности при полной и неполной подработках:
 а — при пологом залегании пласта и $n > 1$; б — при пологом залегании пласта и $n = 1$; в — при пологом залегании пласта и $n < 1$; 1 — оседание; 2 — горизонтальные сдвижения; 3 — наклоны; 4 — кривизна; 5 — горизонтальные деформации

сдвижения зависят от горно-геологических условий. Основные из них: вынимаемая мощность пласта t , глубина залегания пласта $Я$, угол падения α , крепость вмещающих пород, мощность наносов h , порядок отработки пластов, способ управления кровлей, размеры выработанного пространства.

Сдвижения и деформации земной поверхности находятся в прямой зависимости от вынимаемой мощности пласта и в обратной от глубины горных работ. Поэтому при характеристике условий подработки очень часто используется величина кратности подработки ($K = H/m$). Кратность подработки при прочих равных условиях определяет величину сдвижений и деформаций. Чем больше отношение $Я/m$, тем меньше величина деформаций земной поверхности.

От соотношения глубины разработки и размеров выработанного пространства изменяется не только величина сдвижений и деформаций, но и распределение сдвижений и деформаций по мульде сдвижения.

Различают полную и неполную подработку. Полная подработка земной поверхности — при которой увеличение площади выработанного пространства не приводит к увеличению максимального оседания в мульде сдвижения.

Неполная подработка земной поверхности — при которой с увеличением площади выработанного пространства увеличивается максимальное оседание.

Коэффициент подработанности земной поверхности — отношение фактического размера выработанного пространства к минимальному размеру, при котором наступает полная подработка. Коэффициент подрабо-

танности по падению — n_1 , по простира-
 нию — n_2 .

Угол падения разрабатываемого пласта определяет соотношение между оседаниями и горизонтальными сдвижениями, а также распределение сдвижений и деформаций земной поверхности по мульде сдвижения. При увеличении угла падения пласта оседания уменьшаются, а горизонтальные сдвижения увеличиваются (рис. XXII.4).

Наносы оказывают значительное влияние на величину и распределение сдвижений земной поверхности. Влияние их зависит от мощности, прочности и характера контакта между наносами и коренными породами. При увеличении мощности наносов и уменьшении их прочности увеличивается относительная величина максимального горизонтального сдвижения a_0 — отношение максимального горизонтального сдвижения к максимальному оседанию при полной подработке, горизонтальном залегании пласта и закончившемся процессе сдвижения.

При мощности наносов более 10 м и хорошо выраженном контакте между наносами и коренными породами наносы прогибаются самостоятельно и поэтому при негоризонтальном залегании пластов по контакту коренных пород с наносами может происходить сдвиг, особенно в полумульде по восстановлению, где имеет место не только разница сдвижений по величине, но и по знаку. Эти сдвиги опасны при подработке вертикальных выработок (стволов, шурфов, скважин).

В мульде сдвижения выделяется зона опасного сдвижения — это часть мульды сдвижения, где сдвижения и дефор-

мации опасны для подрабатываемых сооружений. Эта часть мульды определяется углами сдвижения.

Углы сдвижения (5, 6 и — внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды при полной подработке горизонтальной линией и линиями, соединяющими границы выработанного пространства с границами зоны опасных сдвижений (см. рис. XXII.2).

Зона опасных сдвижений определяется по критическим деформациям.

Критические деформации, по которым определяются углы сдвижения: растяжения — $2 \cdot 10^{-3}$, наклоны — $4 \cdot 10^{-3}$ и кривизна — $0,2 \cdot 10^{-3}$ 1/м. Величина деформаций зависит от длины интервалов, на которых они определены. Углы сдвижения определяются по критическим деформациям при длине интервалов 15—20 м.

В результате сдвигов и деформаций растяжений на земной поверхности при определенных горно-геологических условиях на отдельных участках мульды сдвижения деформации могут иметь с о с р е д о т о ч е н н ы й х а р а к т е р, которые значительно превышают по своей абсолютной величине, а иногда отличающиеся и по знаку от величины деформаций, определенных по сглаженной кривой распределения деформаций. На этих участках возникают трещины и уступы.

У с т у п h_y — трещина со сдвигом. Возникает вследствие перемещений пород по плоскостям напластования, поверхностям тектонических нарушений, осевым поверхностям складок и т. п.

Различают прямые и обратные уступы. У прямого уступа участок у края трещины, расположенной ближе к точке максимального оседания, оседает больше, чем противоположный, у обратного уступа — наоборот. Уступы преимущественно образуются в зонах растяжения (см. рис. XXII.1). Прямые уступы образуются в полумульде по восстанию пласта за счет сдвигов пород по контактам напластования, а в полумульде по падению при разработке крутых пластов за счет расслаивания массива горных пород по контактам слоев с резко отличающимися прочностными свойствами. Обратные уступы образуются при разработке свиты крутых пластов при консольном изгибе пород за счет сдвигов по слабым контактам. Наиболее часто обратные уступы отмечаются в Донбассе.

Трещины на земной поверхности обычно образуются при разработке пластов с углом падения до 45° при кратности подработки

менее 100, а при крутом падении и при большей глубине.

Участок мульды сдвижения, на котором могут образоваться трещины, называется з о н о й т р е щ и н. Границы зоны трещин определяются углами разрывов (см. рис. XXII.2). Углы разрывов обычно принимаются больше соответствующих углов сдвижения на $5-10^\circ$, но не могут быть более 90° .

При разработке пологих и наклонных пластов на глубине менее 12-кратной вынимаемой мощности пласта, а крутых — на глубине менее 400 м на земной поверхности могут образовываться провалы. За границу зоны возможных провалов при разработке пластов с углами падения до 45° принимается линия, отстоящая в плане от контура очистных выработок на расстоянии 5 м. Если нижняя граница горных работ находится на глубине более 12-кратной мощности пласта, то граница зоны возможных провалов со стороны падения находится:

при угле падения пласта до 25° — как проекция линии пересечения почвы пласта с горизонтом на глубине, равной 12-кратной мощности пласта;

при угле падения пласта от 26 до 45° — по расстоянию от проекции выхода пласта, под наносы, определяемому по формуле

$$\text{ctg } a. \quad (\text{XXII.1})$$

При разработке пластов с углами падения более 45° без оставления на выходах пластов целиков угля более, чем указано ниже, на земной поверхности образуются провалы.

Мощность пласта,

м	<2	3	4	5	6	>7
h_y , м	60	75	85	90	95	100

В этом случае за границы зоны возможных провалов на земной поверхности принимаются:

по простиранию — линия, проведенная параллельно границе очистной выработки на расстоянии $l_0 = h \text{ ctg } \phi$, но не менее 15 м (где h — мощность наносов, ϕ — угол сдвижения в наносах);

со стороны лежащего бока — линия, проведенная на расстоянии l_d от выхода пласта под наносы, но не менее 15 м;

со стороны висящего бока — линия, проведенная на расстоянии от Еыхода кровли пласта под наносы, определяемом по формуле

$$l_b = (\#_b + d) \text{ ctg } a + h (\text{ctg } \phi - \text{ctg } a), \quad (\text{XXII.2})$$

Мощность пла-							
ста, м . . .	<2	3	4	5	6	7	>7
d, м. . . .	10	12	14	16	18	20	22

Безопасные условия подработки сооружений и природных объектов, параметры процесса сдвижения, необходимые для построения целиков и расчета ожидаемых сдвижений и деформаций, приведены в правилах или указаниях по охране сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок, перечень которых приведен в гл. XXVI.

В зависимости от полноты исходных данных при расчетах сдвижений и деформаций определяют ожидаемые или вероятные сдвигения и деформации.

Исходные параметры для расчета сдвижений и деформаций земной поверхности определяются на основе обобщения результатов инструментальных наблюдений в каждом угольном бассейне (месторождении). На месторождениях, где такие данные отсутствуют, они принимаются по аналогии горно-геологических условий с месторождениями, для которых известны параметры сдвижения. Угольные бассейны и месторождения СССР разделены на восемь групп. На первом месте в каждой группе приведены бассейны или месторождения с известными параметрами процесса сдвижения, которые могут быть

Параметры сдвижений

Параметры сдвижений	Обозначения «Ч Я» коэффициент регрессии	Значение коэффициента перегрузки	
		ожидае- мое	вероят- ное
Оседание	" <i>п</i>	1,2	1,1
Горизонтальное сдвигение	<i>Щ</i>	1,2	1,1
Наклон	<i>П</i>	1,4	1,2
Кривизна	" <i>К</i>	1,8	1,4
Относительные го- ризонтальные дефор- мации растяжения- сжатия	<i>Не</i>	1,4	1,2
Уступ	<i>n_{hy}</i>	1,4	1,2

приняты для остальных месторождений этой группы.

Александровское месторождение
Львовско-Волынский бассейн; Ахал-
цхское месторождение; шахты
«Шебунино» и № 10/13 объединения
«Сахалинуголь» II
Челябинский бассейн; Ангренское ме-
сторождение III
Карагандинский бассейн; Артемов-
ское и Тавричанское месторождения
(объединение «Приморскуголь»);
Ленгерское и Кызыл-Кийское ме-
сторождения (объединение «Средаз-
уголь»; Анадырское месторождение
(шахта «Анадырская» № 3-бис) IV
Буланашское месторождение; Шу-
рабское, Ташкумырское, Сулюктын-
ское, Кок-Янгакское, Джергалан-
ское, Согутинское месторождения
(объединения «Средазуголь»); Липо-
векское месторождение (объединение
«Приморскуголь»); месторождение
бухты «Угольной» (шахта «Берин-
говская» № 2); Галимовское место-
рождение (шахта «Омсуханская») V
Кизеловский и Кузнецкий бассейны;
Ткибульское и Ткварчельское ме-
сторождения (объединение «Груз-
уголь»); Черемхсвское месторожде-
ние; Сангарское месторождение
(шахта «Сангарская»); шахта «Дже-
барик-Хая», Нижне-Аркалинское
месторождение (шахты «Кадыкчан-
ская» и «Кедровская») VI

Донецкий бассейн; шахты объедине-
ния «Сахалинуголь» (кроме «Шебу-
нино» и № 10/13; Черногорское ме-
сторождение VII
Донецкий бассейн (марки угля ПА и
А); Сучанский бассейн; Подгород-
ненское месторождение (объедине-
ние «Приморскуголь») VIII

Исходными параметрами являются: гра-
ничные углы (табл. XXII.3 и XXII.4), угол
максимального оседания и углы полных сдви-
жений (табл. XXII.5), относительные ве-
личины максимального оседания и горизон-
тального сдвижения (табл. XXII.6).

Расчет ожидаемых сдвижений
и деформаций
земной поверхности от одной
очистной выработки

На разрезах вкрест простирания и по
простиранью по граничным углам P_0, Y_0
 δ_0 и углу максимального оседания θ при
неполной подработке или по углам полных
сдвижений γ^* , γ_3 при полной подработке
определяются длины полумульд L_u, L_2
и L_3 (рис. XXII.4).

Максимальное оседание земной поверх-
ности вычисляется по формуле

$$\langle l m = q_0 m \cos a N_X N_2, \quad (XXII.3)$$

где $\langle \delta$ — определяется по табл. XXI.6;
т — вынимаемая мощность; N_1 и N_2 — коэф-



Рис. XXII.4. Параметры процесса сдвижения при залега-
нии пласта;
а — наклонном; б — горизонтальном (по простиранию);
в — крутом ($a > a_n$); 1 — наносы; 2 — мезозойские от-
ложения; 3 — коренные породы

Таблица XXI 1.13 Таблица XXI 1.14

Значения углов (в градусах) β_0 γ_0 и ϕ_0

Бассейн, месторождение	β ₀	γ ₀ при α							φ ₀	Примечание
		0—15	16—25	26—40	41—44	45—49	50—54	55-59		
Донецкий	70	70							55	Граничные углы в подработанной толще положе на 5°
Донецкий в районах залегания углей марки ПА и А	75	75 -г 0,2а, но не более 80							55	То же
Западный Дон-басс	65	65							45	
Воркутское	70	70					—		50	Граничные углы в подработанной толще положе на 5°
Кизеловский	70	70							45	То же
Кузнецкий	70	70							45	
Кузнецкий в мезозойских отложениях мощностью менее 100 м	45	45							45	Граничные углы в подработанной толще положе на 5°
Кузнецкий в мезозойских отложениях мощностью более 250 м	60	60								То же
Буланашское	65	65				—			40	«
Карагандинский	60	60							45	«
Интинское	60	60							50	«
Челябинский	55	55			1				40	«
Львовско-Волынский	55	55							45	
Подмосковный	45	45							45	

Таблица XXII.4

Значения угла (в градусах) ρ_0

бассейн, месторождение	0—5	6—15	16—25	26—35	36—54	55-60	61—71	более 71
Донецкий	70 — 0,8а, но не менее 25°							
Донецкий в районах залегания углей марок ПА и А	75 — 0,8а, но не менее 25°							
Западный Донбасс	65							
Кузнецкий	70	75 — 0,9а				25	25	25
Кузнецкий в мезозойских породах при мощности: до 100 м	45	45 — 0,2а _м			а _м — угол падения мезозойских пород			
более 250 м	60	60 — 0,5а _м						
Карагандинский	60 — 0,4а							
Челябинский	55		64 — 0,6а				28	
Кизеловский	70 — 0,8а			60 — 0,4а			35	
Воркутское	70 — 0,6а						75—0,7а	25
Интинское	60 — 0,5а							
Буланашское	65 — 0,8а, но не менее 25							

Таблица XXI 1.13 Таблица XXI 1.14

Значения углов (в градусах) $\gamma^{\wedge}$, γ_2 , γ_3 и θ

Бассейн, месторождение	Φ ^а при а			η ₂ при а		Φ	В при а	
	0—30	31—50	51 и более	0-30	31 и более		0-30	более 30
Донбасс:								
а) толща полностью не подработана или подработана	55			55 + 0,3а		55	90 — 0,8а	
б) подработана только верхняя половина лавы или имеются работы на верхнем горизонте	55 — 0,3а			55 + 0,45а		55	90 — 0,5а	
в) вся лава подработана и ранее отработан нижний горизонт	55 + 0,25а			55 + 0,25а		55	90—а, но не менее 30°	
Кузбасс	50 — 0,25а			50 + 0,38а		50	90 — 0,5а	
Карагандинский	55 — 0,4а	44	а—7	55 + 0,4а		55	90 — 0,4а	
Челябинский	60 — 0,2а	75 — 0,7а		60 + 0,3а	42 + 0,9а	60	90 — 0,65а	70
Кизеловский	50 — 0,25а			50 + 0,4а		50	90 — 0,5а	
Воркутское	55 — 0,2а			55 + 0,3а	55 + 0,4а	55	90 — 0,7а	90 — 0,6а
Львовско-Волинский	55			55		55	90	
Подмосковный	60			60		60	90	

коэффициенты, определяемые по табл. XXII.7 в зависимости от длины лавы D и глубины горных работ H .

При закладке выработанного пространства вместо вынимаемой мощности пласта принимается эффективная мощность пласта

$$m_{\text{эф}} = (L_k + h_H) (1 - B_j) + B_z m, \quad (\text{XXII.4})$$

где $m_{\text{эф}}$ — сближение кровли с почвой до возведения закладки, при отсутствии данных принимается равным 0,15m; h_H — неполнота закладки; B_z — коэффициент усадки за-

кладки, определяется из опыта или по компрессионным испытаниям закладочного материала; при отсутствии данных принимают следующие значения B_z :

Si

Гидравлическая закладка:

из песка 0,05—0,15

из дробленой породы 0,15—0,30

Пневматическая закладка 0,25—0,40

Самотечная закладка:

из дробленой породы 0,25—0,45

из рядовой породы 0,35—0,50

Таблица XXII.6

Значения q_0 и a_0

Бассейн, месторождение	a_0	Неподра- ботанная толща	Подработанная толща
		δ_0	$0_{0п}$
Донбасс: районы залегания углей марок ПА, А	0,30	0,75	При α от 0 до 25° $\delta_{ср} = \delta_0 [1 + (1 - \delta_{ср}) \cdot \frac{\alpha}{25}]$ $\delta_{ср}$ — средняя глубина горных работ по разрабатываемому пласту; δ_0 — глубина ранее раз- работанного пла- ста над серединой выработки по раз- рабатываемому пласту. При α от 26 до 70° $\delta_{ср} =$ $= 0,95$
районы залегания углей марок Д, Г при мощности наносов менее 30% от глубины разработки и марок Ж, К, ОС, Т	0,30	0,80	
районы залегания углей марок Д, Г при мощности наносов 30% и более от глубины разработки	0,40	0,85	
Кузнецкий	0,25	0,70	$0,70 + 0,25 \cdot \frac{I_n}{n}$
Карагандинский	0,30	0,75	0,85
Челябинский	0,35	0,85	0,90
Кизеловский: при наличии известняков	0,30	0,40	0,80
при отсутствии известняков	0,30	0,60	0,80
Львовско—Волынский	0,34	0,80	0,90
Воркутское: при мощности наносов более 40 м	0,50	0,90	0,90
при мощности наносов менее 40 м и при отношении мощности ко- ренных пород (I_k) к средней глубине разработки (I) более 0,3	0,30	0,65	0,80
Интинское	0,30	0,70	0,85
Подмосковный	0,32	0,90	0,90

* I_n — мощность подработанной толщи, I — средняя глубина разработки.

Таблица XXII.7

Значения коэффициентов n и N_2

Бассейн, месторождение	D/H												
	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2 и более
Донецкий, Львовско-Вы- лынский, Че- лябинский, Подмосковный			1,00	0,98	0,94	0,90	0,85	0,80	0,74	0,67	0,60	0,52	0,43
Кузнецкий, Воркутское		1,00	0,92	0,88	0,84	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59	0,53	0,46	0,37
Карагандин- ский		1,00	0,95	0,92	0,90	0,85	0,81	0,75	0,66	0,51	0,30	0,15	0,09
Кизеловский	1,00	0,92	0,85	0,81	0,78	0,74	0,69	0,65	0,60	0,55	0,49	0,42	0,35

Величины оседаний земной поверхности в точках главных сечений мульды сдвижения (вертикальные сечения мульды по простиранию и вкрест простирания, проходящие через максимальные оседания) определяются по формуле

$$s(z) = T \ln S(z), \quad (\text{XXII.5})$$

где $s(z)$ — функция типовой кривой распределения оседаний. Типовые кривые в табличном виде приведены в табл. XXII.8. Значения оседаний даны в точках, кратных 0,1.

Наклоны в главных сечениях мульды определяются по формуле

$$\tan \alpha = \frac{F(z)}{z} \quad (\text{XXII.6})$$

Значение $F(z)$ определяется по табл. XXII.9 при $B = 0$, определяемого по формуле (XXII.9). Распределение наклонов по полумульде по простиранию, падению и восстанию обозначают соответственно x , y_1 и y_2 . Кривизна определяется по формуле

$$K = \frac{1}{z} \frac{d^2 s}{dz^2}$$

Таблица XXII.8

Значения функции $S(z)$

z	Коэффициент подработанности $n = Y/N$				
	$n > 1$	$n = 0,9$	$n = 0,8$	$n = 0,7$	$n < 0,6$
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,99	0,98	0,98	0,97	0,96
0,2	0,95	0,92	0,90	0,87	0,83
0,3	0,86	0,82	0,77	0,72	0,65
0,4	0,71	0,64	0,58	0,52	0,46
0,5	0,50	0,44	0,39	0,34	0,29
0,6	0,29	0,26	0,22	0,19	0,16
0,7	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08
0,8	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
0,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1,0	0	0	0	0	0

і аоліица л ли.У

Значения функции $t(z)$

[illegible]

Таблица XXI 1.10

Значения функции $F^1(z)$

[illegible]

Таблица XXI.13 Таблица XXI.14

Значения коэффициента k_a , м²

Граничный угол β_0 , градус	Угол падения α , градус									
	14	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Менее 60	0,10	0,62	1,24	1,85	2,47	3,00	3,91	4,94	6,17	7,73
60—70	0,09	0,54	1,08	1,62	2,16	2,70	3,42	4,32	5,40	6,75
Более 70	0,08	0,46	0,91	1,36	1,83	2,28	2,88	3,64	4,55	5,70

ft — мощность наносов; h_M — мощность горизонтально залегающих ($\alpha < 5^\circ$) мезозойских отложений при разработке угольных пластов палеозойского возраста. Если суммарная мощность ($ft + h_M$) менее 5 м или более 20 м, то она принимается равной 20 м; n — число отработанных и проектируемых к отработке пластов, предшествующих разработке рассматриваемого пласта; d_t — отрезок ДБ на рис. XXII.5.

Оседание земной поверхности над выходом разрабатываемого пласта под наносы (точка Б) определяется по формуле

$$t_B = \phi - < 0,15 t_{1(пp)} \quad (XXII.12)$$

где k_a — коэффициент, определяемый по табл. XXII.11, в зависимости от значения граничного угла β_0 ; χ_t — максимальное оседание земной поверхности от рассматриваемой выработки.

Оседание земной поверхности над выходом под наносы наиболее слабых контактов и неотработанных или ранее отработанных угольных пластов (точка С), залегающих выше рассматриваемого пласта, определяется по формуле

$$L_c = \frac{0,8 H_{cп}}{n} < 0,311 t, \quad (XXII.13)$$

где H_c — расстояние по вертикали, проходящей через верхнюю границу выработки в разрабатываемом пласте, от земной поверхности до рассматриваемого наиболее слабого контакта; если H_c менее $0,4 H_B$, то принимается $H_c = 0,4 H_B$.

Оседание поверхности в точке Г

$$t_r = 8 l_{св}. \quad (XXII.14)$$

Оседание в точке А принимается равным оседанию в точке Г.

Горизонтальные сдвигения поверхности над выходом разрабатываемого пласта под наносы (точка Б)

$$E_{св} = L_{св} \operatorname{ctg} \alpha. \quad (XXII.15)$$

Горизонтальные сдвигения поверхности в точках С, Г и А

$$\&C G, A = T_{1c}, z, A^{ct} \& a. \quad (XXII.16)$$

Оседания и горизонтальные сдвигения в точках на участке АБ, вызванные сдвижением пород по напластованию, определяются по кривой, построенной по величинам оседаний и горизонтальных сдвижений в точках Б, С, Г и А (рис. XXII.5).

Горизонтальные деформации поверхности над выходом разрабатываемого пласта под наносы (участок б^вз) определяются по формулам:

$$p_{бсв} \sim \frac{E_{св}}{50} \frac{L}{\chi^4} \frac{h + h_M}{10 - y}$$

$$\text{при } 15 \text{ м} > (ft - j - ft_M) \wedge 5 \text{ м};$$

$$\&св \sim \frac{f_{св}}{T \Gamma V} \frac{(h \pm h_M)}{10} \wedge 1)$$

$$\text{при } 20 \text{ м} > (ft - b ft_M) \wedge 15 \text{ м}; \quad (XXII.17)$$

$$e_{св} = \quad \text{при } (ft + ft_M) > 20 \text{ м}$$

$$\text{или } (ft + ft_M) < 5 \text{ м.}$$

Горизонтальные деформации поверхности на участках $c_1 c_2$ и Γ^A определяются по формулам (XXII.17), в которых вместо $f_{св}$ используются соответственно разности $H_c - L_{св}$ и $t_r - l_{св}$.

В том случае, когда положение наиболее слабых контактов в массиве неизвестно, горизонтальные деформации на участке Γ^A принимаются одинаковыми и определяются по формулам (XXII.17), в которых вместо $f_{св}$

принимается значение, определяемое по формуле

$$\#B \text{ ctg } a \quad (\text{XXII.18})$$

На участке **АД** сдвижения и деформации рассчитываются и по обычной методике, рассмотренной в предыдущем разделе. За окончательную величину сдвижений и деформаций принимается большее значение из полученных двумя способами.

Высота прямого уступа над выходом разрабатываемого пласта под наносы (точка **Б**) $L_y = \Gamma]_{\text{св.}}$ (XXII.19)

Высота уступов над выходами вышележащих неотработанных или ранее отработанных пластов и слабых контактов (точка **С**)

$$h_y = -nc - l_s \quad (\text{XXII.20})$$

В том случае, когда положение слабых контактов, по которым происходит сдвижение по напластованию, неизвестно, высота прямых уступов на участке **БГ** принимается одинаковой и определяется по формуле

$$y \quad \text{Я в ctg } a \quad (x \times p_2, \quad$$

При разработке свиты пластов или одного пласта на нескольких горизонтах сдвижения и деформации земной поверхности, вызванные сдвижением пород по напластованию,

определяются от каждого разрабатываемого пласта и горизонта в отдельности. Суммарные сдвижения и деформации определяются путем алгебраического сложения сдвижений и деформаций, вызываемых влиянием каждого из пластов и горизонтов.

Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций при наличии сдвижения пород лежащего бока

Разработка крутых пластов на небольшой глубине, как правило, вызывает образование провалов на земной поверхности, а сдвижения и деформации по мульде сдвижения распределяются весьма неравномерно. Поэтому точность расчета сдвижений и деформаций и особенно их распределения по мульде сдвижения значительно ниже, чем при разработке пластов с углом падения до $\alpha_{\text{п.}}$

Более достоверно можно рассчитывать сдвижения и деформации для условий, когда на земной поверхности не образуется провалов, и то только максимальные величины сдвижений и деформаций и места, где они могут проявляться.

Границы мульды сдвижения устанавливаются по граничным углам P_p и P_{oi} . значения которых приведено в табл. XXII.4 и XXII.12.

Длины полумульды L_x и L_2 для расчетов оседаний и наклонов определяются углами P_0 , P_{oi} и β (рис. XXII.4, в). Для расчетов горизонтальных сдвижений и горизонтальных деформаций мульда сдвижения разделяется

Таблица XXI.12

Значения угла p_{oi} (в градусах)

Бассейн, месторождение	а, градус						
	41—50	51—54	55—60	61—70	71—75	76—80	81-90
Кузнецкий			45			35	25
Челябинский	—	60 — 0,4а					
Кизеловский	—			70 — 0,4а			
Воркуте кое	—			95 — 0,8а, но не менее 25			
Буланашское	—		90 — 0,8а				25

Таблица XXI.1.13

a	Кизеловский бассейн		
	e	e _в	у _л
60	60	50	60
70	55	60	70
80	72	70	80
90	90	80	80

Таблица XXI.1.14

a	Кузбасс		
	e	° _в	° _л
55	48	48	45
60	50	50	50
70	55	55	55
80	72	67	60
90	90	60	60

на четыре части L_{B1} , L_{Bs} , $B_{л1}$, $B_{л2}$ плоскостями, проведенными под углами θ_B , θ_L (табл. XXII.13 и XXII.14), Po " Pol " проекцией на земную поверхность точки выхода почвы пласта под наносы.

Максимальное оседание земной поверхности определяется по формуле

$$Чт = k_z m V \wedge h, \quad (XXII.22)$$

где p_1 и Po — коэффициенты подработанности, определяемые по формулам:

$$n_x = 0,7 - \frac{\phi}{\theta_{cp}} < 1; \quad (XXI.1.23)$$

$$по = 0,7 - \wedge < 1, \quad (XXII.24)$$

где fl_1 и D_2 — размеры очистной выработки соответственно вкост простирания и по простиранию пласта, k_z — коэффициент, определяемый по табл. XXII.15.

Максимальные горизонтальные сдвигения в направлении вкост простирания пласта определяются по формулам:
со стороны висячего бока

$$Si = M m, \quad (XXII.25)$$

где k_B — коэффициент, определяемый по табл. XXII.16 в зависимости от отношения размера целика по падению l_B оставленного у выхода пласта под наносы, к размеру выработанного пространства по падению D_x . Для Кизеловского бассейна и аналогичных условий принимается равным 1,5:
со стороны лежащего бока

$$\epsilon_a = k_n k_R \gamma m, \quad (XXI.1.26)$$

где K_B — коэффициент, определяемый по табл. XXII.16: k_n — коэффициент, значения его приведены ниже:

a, градус	50	60	70	75	80	90
K_n	0	0,1	0,15	0,4	0,7	1,0

Максимальные наклоны в направлении вкост простирания пластов

$$I = 2 - \frac{p}{L_{л,2}} \quad (XXII.27)$$

Максимальные горизонтальные деформации в направлении вкост простирания пластов определяются по формулам:
на участке L_B

$$\epsilon_{B1} = 2,4 - \wedge_{Lb} j; \quad (XXII.28)$$

Таблица XXI.1.15

a	$a_n < a < 60$	a = 60	a = 70	a = 80	a = 90
h	$0,8 \cos a$	0,40	0,35	0,30	0,40

Таблица XXI 1.13 Таблица XXI 1.14

h D_1	Вынимае- мая мощность пласта m , м	а, градус			
		до 70	75	80	90
До 0 1	> 5 < 5	1,5 1,0	1,4 1,0	1,2 1,0	1,0 0,8
0,3	> 5 < 5	0,8 0,5	0,6 0,4	0,5 0,3	0,4 0,3

на участках L_{Bj} и $L^{\wedge}$

$$a = e_{л1} = -1,8 \quad ; \quad (XXII.29)$$

на участке $L_{лj}$

$$в_{л8} = -2,4 - \wedge - . \quad (XXII.30)$$

Расчет высоты обратных уступов

В Донецком бассейне при разработке свиты пластов с углом падения более 35° в полу-мульде по падению (см. рис. XXII.1) образуются обратные уступы. Высота их рассчитывается по формуле

$$h_y = c_2 l_y i_2 \quad \text{— } 0,6)^2 < 0,3 \text{ Пт.} \quad (XXII.31)$$

где l_y — расстояние между уступами (определяется по маркшейдерским наблюдениям, а при отсутствии их принимается равным 30 м); i_2 — наибольшая величина ожидаемого наклона на участке уступа; p — радиан (57°); c_2 — коэффициент, значения его приведены ниже:

Марки угля	Д, Г, Ж	К, ОС, Т	ПА—А
c_2	10	6	3

Расчет сдвижений и деформаций при подработке ранее проведенных очистных выработок

Подработка ранее проведенных очистных выработок при определенных условиях может вызвать активизацию процесса сдвижения, которая увеличит сдвижения и деформации земной поверхности.

Активизация процесса сдвижения имеет место только на месторождениях, для которых граничный угол β_0 равен или более 70° при условии, если ранее очистная выработка не была подработана и если она частично или полностью попадает в зону влияния предстоящих очистных работ. В этом случае зона влияния действующей выработки определяется граничными углами, которые строятся от точек (на разрезах), отстоящих в сторону целика или ранее отработанного пространства от границ действующих выработок на расстоянии $0,1 Y_{cp}$ (Y_{cp} — средняя глубина разработки).

Сдвигения и деформации в точках мульды от старой выработки рассчитываются как от действующей, при этом максимальное оседание определяется по формуле

$$= Aq m \cos a N^{\wedge} z, \quad (XXII.32)$$

где Aq — разность между относительными максимальными оседаниями при повторной и первичной подработках.

Полученные величины сдвижений и деформаций от старых выработок суммируются со сдвигениями и деформациями от действующей выработки.

Расчет сдвижений и деформаций от нескольких выработок

При ширине целиков между отрабатываемыми этажами более $0,1 Y$ (Y — средняя глубина залегания целика) расчет производится раздельно от каждой очистной выработки с последующим алгебраическим суммированием соответствующих сдвижений и деформаций.

При ширине целиков между отрабатываемыми этажами менее $0,1 Y$ расчет производится последовательно от одного, двух и более этажей по суммарным размерам выработок, включая размеры междуэтажных целиков. При этом положения точек максимального оседания при разработке пластов с углом падения меньше a_n , определяются по углам β или β_p , проводимым от середины или границы суммарных очистных выработок, а при разработке пластов с углом падения более a_n , углы β , β_p и θ_d для определения положения точек с максимальным оседанием и максимальным горизонтальным сдвижением строятся от середины верхнего из суммированных этажей.

Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности при разработке свиты пластов производится путем алгебраического суммирования соответствующих величин по каждому из пластов. Последовательность суммирова-

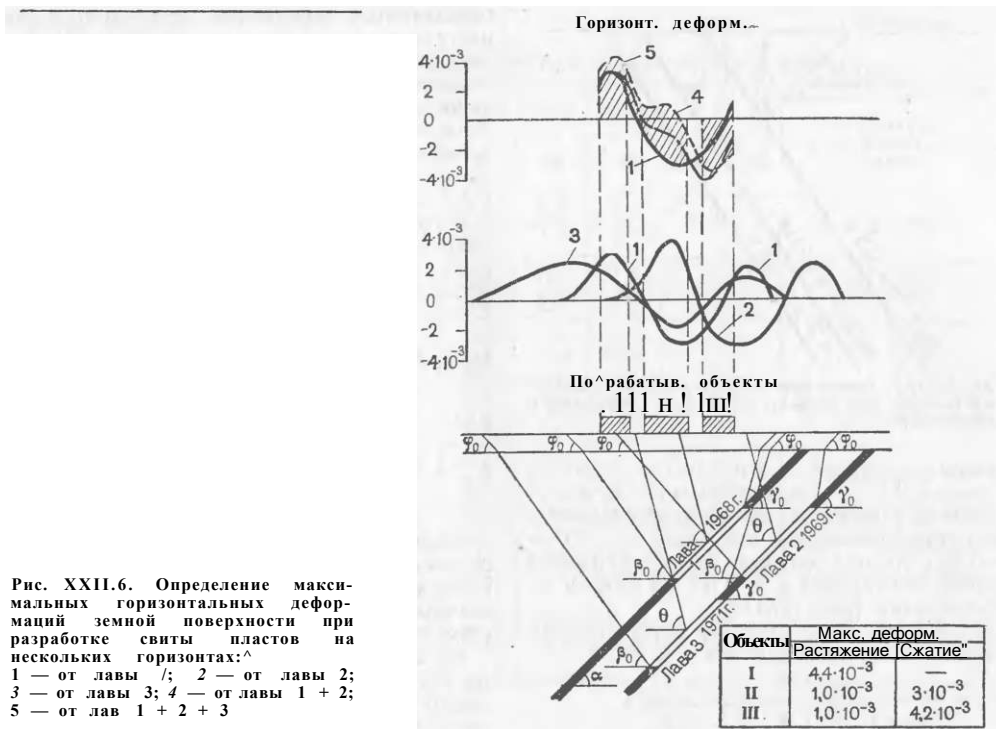


Рис. XXII.6. Определение максимальных горизонтальных деформаций земной поверхности при разработке свиты пластов на нескольких горизонтах: 1 — от лавы 1; 2 — от лавы 2; 3 — от лавы 3; 4 — от лавы 1 + 2; 5 — от лав 1 + 2 + 3

ния сдвижений и деформаций от выработок в одном пласте и выработок в свите пластов должна соответствовать последовательности развития очистных работ.

За окончательные величины сдвижений и деформаций земной поверхности принимаются наибольшие значения из полученных при суммировании соответствующих сдвижений и деформаций от отдельных выработок (рис. XXII.6).

Прогноз величин вероятных сдвижений и деформаций земной поверхности

При перспективном планировании горных работ под застроенными территориями или подлежащими охране природными объектами для решения вопросов застройки подрабатываемых территорий, когда нельзя наметить горизонты и последовательность отработки пластов, определяются вероятные величины сдвижений и деформаций земной поверхности. Расчет вероятных сдвижений и деформаций производится только при выдержанном залегании пластов при углах падения меньше α_n . По этой методике рассчитываются только максимальные значения сдвижений и дефор-

мации и принимаются они равновероятным!* (кроме оседания) как со знаком (+), так и со знаком (—). На границах горных работ рассчитываются ожидаемые сдвижения и деформации.

Величины вероятных сдвижений и деформаций определяются по следующим формулам: оседание

$$\sigma = 0,8 \{m_x + m_2 H \quad \text{в } \text{''in}\}, \quad (\text{XXI.33})$$

где $m_1, m_2, \dots, m_n$ — мощность разрабатываемых пластов. При применении закладки выработанного пространства к расчету принимается эффективная мощность, определяемая по формуле (XXII.4);

наклоны вкост простираия и по простираию

$$\sigma_v = \sigma \cos^2 \alpha \quad \text{в } \text{''in} + K_1 + \dots + K_n \quad (\text{XXII.34})$$

где

$$K_2 = \frac{\tan \alpha}{H_1} \cdot v \frac{T_2}{H_2}, \quad K_n = \frac{T_n}{H_n}; \quad (\text{XXII.35})$$

$H_1, H_2, \dots, H_n$ — глубина залегания пластов (начиная с верхнего) в точках их пере-

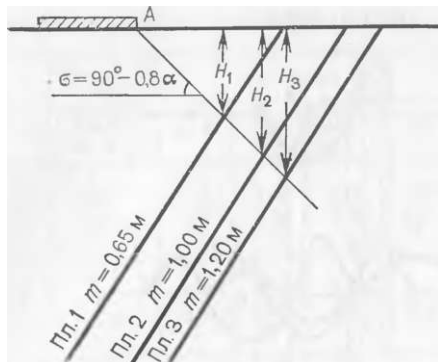


Рис. XXII.7. Схема определения глубины залегания пластов при расчете вероятных сдвижений и деформаций

сечения с линией максимального влияния, проведенной из рассматриваемой точки А (границы участка, для которого определяются вероятные сдвижения) под углом $\alpha = 90^\circ - 0,8\alpha$ в сторону восстания пластов на разрезе вкост простиранья и $\alpha = 90^\circ$ на разрезе по простиранью (рис. XXII.7);

радиус кривизны вкост простиранья и по простиранью при $\alpha < 45^\circ$

$$H_b = K \cdot m \cdot r \Gamma; \quad H_b = * . ' 7 \Gamma \Gamma <^{x x \Pi} . 41 >$$

или

$H_b = K_b m.$ (XXII.42)

Коэффициенты K_e и $1/Q$ зависят от угла падения пласта и от свойств массива горных пород и поэтому в каждом бассейне имеют свое значение (табл. XXII.17). $[e]$ и $[ij]$ — допустимые деформации земной поверхности.

или

$$H_b = K_b m.$$

Коэффициент безопасности K_b определяется из опыта подработки сооружений и значения его приведены в Правилах охраны для тех сооружений, для которых не определены допустимые деформации.

При разработке свиты пластов безопасная глубина может подсчитываться отдельно для каждого пласта свиты как для одиночного пласта по его мощности в случаях, когда:

разрыв во времени между отработкой пластов превышает общую продолжительность процесса сдвижения и деформации от разработки каждого пласта меньше допустимых или повреждения, вызванные предыдущими подработками, полностью ликвидированы (произведено выправление подкрановых путей, заделаны трещины, сняты напряжения в трубопроводах и т. д.);

принятая схема и порядок отработки двух пластов не дают однозначного накопления деформаций.

Условия безопасной подработки зданий и сооружений вторым и последующим пластами устанавливаются на основании сравнения расчетных величин деформаций земной поверхности (показателя суммарных деформаций) с допустимыми для подрабатываемого объекта.

Если расчетные величины деформаций (показатели суммарных деформаций) менее или равны допустимым, выемку пластов разрешается производить без применения горных и конструктивных мер охраны.

горизонтальные сдвижения: по простиранью

$$|_{\text{в}} = 0,3 \cos \alpha \sqrt{\tau} + \sqrt{\pi^2 - 1} \sqrt{\tau^2 i} \quad (XXII.37)$$

вкост простиранья

$$- (0,3 + \operatorname{tg} \alpha) \cos \alpha \sqrt{m} + m^2 + \dots + m^2; \quad (XXII.38)$$

горизонтальные деформации: по простиранью

$$e_b = 0,7 \cos^2 \alpha \sqrt{f + K\% + \dots + K_{\text{н}}^2} \quad (XXI.1.39)$$

зкост простиранья

$$5_b = 0,7 (\cos^2 \alpha + \sin 2\alpha) X + \quad (XXII.40)$$

3. Допустимые условия кодработки зданий и сооружений

В зависимости от размеров, конструктивных особенностей и назначения здания и сооружения при подработке могут претерпевать

Таблица XXI 1.13 Таблица XXI 1.14

Значения коэффициентов K_8 (числитель дроби) и $K/$ (знаменатель дроби)

Бассейн, месторождение	Угол падения пласта, градус						Увеличение в подработанной толще
	0	10	20	30	40	80 и более	
Донецкий	0,7 1,6	1,0 1,8	1,0 1,5	0,8 1,1	0,7 0,9	0,7 0,9	На 20%
Кузнецкий	1,0 1,8	0,9 1,5	0,8 1,2	0,7 0,9	0,6 0,6	$\frac{0,5}{0,5}$	На 30%
Карагандинский	1,0 1,5	1,0 1,5	1,0 1,5	1,0 1,5	1,0 1,5	1,0 1,5	На 15%
Челябинский	0,7 1,5	1,7 1,5	0,7 1,5	0,7 1,5	0,7 1,5	0,7 1,5	На 10%
Кизеловский	0,5 1,0	0,5 0,9	0,5 0,8	0,5 0,6	0,5 0,4	0,5 0,4	На 30%
Львовско—Волынский	0,8 1,4	0,8 1,4	-	-	-	-	-
Воркутское, Ворганское, Юньягинское, Хальмерюское, Интинское	0,7 1,5	0,6 1,2	0,6 1,0	0,5 0,8	0,5 0,6	$\frac{0,5}{0,6}$	

Таблица XXI 1.18

Значения нормативного допустимого показателя суммарных деформаций

Категория	Назначение здания	Этажность	Нормативный показатель суммарных деформаций [Д/д] _н
I	Общественные здания, имеющие особую значимость, монументальные здания, здания с большими залами пролетом более 18 м	1—3 4—5	90 120
II	Детские дошкольные учреждения, больницы, поликлиники, родильные дома, бани, театры, дворцы культуры	1—3 4—5	110 140
III	Жилые здания, гостиницы	1—3 4—5	130 150
IV	Учреждения общественного обслуживания, вспомогательные здания	1—3 4—5	140 170

Допустимые деформации жилых и общественных зданий определяются по формуле

где $[Д/д]$ — допустимая величина показателя суммарных деформаций;

$$[Д/д] = [Д/д]_{ц.л.г.л.2-3-4-5}; \quad (XXII.44)$$

$[Д/д]_н$ — нормативный допустимый показатель суммарных деформаций (табл. XXII.18); n_1 — коэффициент, зависящий от грунтовых условий: значения его приведены ниже: n_2 — коэффициент, учитывающий материал и толщину стен (табл. XXII.19); n_3 — коэффициент, учитывающий износ кирпичных и

шлакоблочных стен, значения его приведены ниже: p_4 — коэффициент для зданий со сборными или монолитными железобетонными перекрытиями равен 1,2, в остальных

случаях 1; n_5 — коэффициент, для зданий сложной конфигурации (П-образные, Г-образные, Т-образные и т. п.) равен 0,8, для остальных зданий 1.

Значения коэффициента $n\%$

Грунты с высокой несущей способностью (скальные, плотные глины, крупнообломочные)	0,9
Пески, супеси, суглинки, глины	1
Слабые грунты с низкой несущей способностью (глины пластичные, рыхлые пески)	1,2
Многолетнемерзлые грунты	0,8
Грунты, способные резко изменять свои физико-механические свойства при замачивании	0,8-

Значения коэффициента n_3

Износ стен, %	До 10	11—20	21—30	Более 30
	1	0,85	0,7	0,5

Если произведение указанных коэффициентов менее 0,5, то оно принимается равным 0,5, если более 2, то оно принимается равным 2.

Расчетный показатель суммарных деформаций (в мм) определяется по формуле

$$A/ = I] / T^2 e^2 + m \setminus -Щ-, \quad (XXI.1.45)$$

где I — длина здания (отсека) в направлении вкрест простирания (при диагональном расположении здания в качестве I принимается его проекция на разрезе вкрест простирания), m ; $\#_3$ — высота здания от подошвы фундамента до верха карниза, m ; e и R — расчетные величины горизонтальной деформации и радиуса кривизны; $m_\&$ и $m^\wedge$ — коэффициенты условий работы, осредняющие соответственно горизонтальные деформации и кривизну по длине здания (табл. XXII.20).

Процент износа стен при отсутствии данных определяется как отношение времени эксплуатации здания к расчетному сроку его службы.

Таблица XXI.1.19

Значения коэффициента p_2

Материал стен	Толщина стен, мм	«2
Кирпич	380	1
»	510 и более	1,2
Шлакоблоки	400	1
»	600 и более	1,2
Дерево	—	1,5

Для промышленных зданий с размещенным в них оборудованием допустимые условия выемки угля определяются отдельно для зданий и для оборудования. Меры охраны устанавливаются по наименьшим величинам допустимых деформаций для зданий и для технологического оборудования.

Допустимые деформации определяются по формулам:

$$[e_d] = M \text{ и } Л;$$

$$[r^*d] = [r^*d]_н \ll Л; \quad (XXII.46)$$

$$[Яд] = [Яд]_н Я.$$

где $[e_d]_н$, $[1d]_н$, $[r^*d]_н$ — нормативные допустимые величины соответственно относительных горизонтальных деформаций, наклона и радиуса кривизны земной поверхности; n_1 — коэффициент, значения его приведены выше; N_1 — коэффициент, зависящий от состояния здания к моменту его подработки. При хорошем состоянии $N_1 = 1,1$, удовлетворительном — 1,0, неудовлетворительном — 0,9, ветхом — 0,7.

Таблица XXII.20

Значения коэффициентов условий работы T_r и $T^\wedge$

Коэффициент	Длина (ширина) здания (отсека), м				
	<15	15—30	31—45	46—60	>60
T_K	1	0,70	0,55	0,55	0,50
T_r	1	0,85	0,70	0,60	0,50

Таблица XXII.21

Значения показателя $[c_d]$

Разряд здания	$[c_d]$ для здания		Характеристика промышленных зданий и условия его эксплуатации
	каркасного	бескаркасного	
1	25	20	Производственные здания с герметизированными помещениями и особыми требованиями к чистоте, температуре и влажности внутреннего воздуха. Одноэтажные производственные здания с трехсменным производством при наличии кранов с весьма тяжелым режимом или непрерывного действия
2	40	35	Одноэтажные производственные здания с двухсменным и трехсменным производством при наличии подвесных или мостовых кранов
3	60	40	Одноэтажные производственные здания с односменным производством при наличии подвесных или мостовых кранов
4	80	60	Одноэтажные бескрановые или при наличии кранов эпизодического использования здания
5	<i>III</i>	100	Вспомогательные здания с эпизодическим пребыванием людей
	$m_e I_b$	$m_e I_d$	

c_d при высоте колонны от обреза фундамента до ближайшей по высоте балки 4 м принимается 70, а при высоте 10 м и более — 130, при промежуточных зданиях определяется интерполяцией.

Нормативные величины допустимых горизонтальных деформаций для промышленных зданий

$$[**]_{\text{г}} = \quad \text{<XXII.47>}$$

где $[c_d]$ — показатель, зависящий от разряда и конструктивной схемы здания (табл. XXII.21); t_8 — коэффициент условий работы (см. табл. XXII.20); l_4 — расстояние от середины здания (отсека), связевой панели или жесткой пристройки до крайних его фундаментов, мм.

В качестве показателей допустимости подработки инженерных сооружений, технологического оборудования и санитарно-технических сетей принимаются горизонтальные и вертикальные деформации в зависимости от чувствительности объекта к указанным де-

Высота трубы H , м
Допустимый наклон, 10^{-3}

формациям. В отдельных случаях для санитарно-технических сетей показателем допустимости подработки является величина оседания земной поверхности.

Допустимые деформации земной поверхности приведены в табл. XXI.22 и XXII.23.

Выемка пластов под опорами линий электропередач высокого напряжения может производиться на глубине более безопасной, рассчитанной по формуле (XXII.42) при значениях K_6 , приведенных в табл. XXI.24.

При залегании пластов с углами падения более 45° глубины разработки, рассчитанные по l_6 , должны приниматься не менее 70 м для всех опор ЛЭП.

Допустимые наклоны кирпичных и железобетонных дымовых труб определяются в зависимости от их высоты H :

До 20	30	40	50	60	70	100
10,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,5	4,0

Таблица XXII.22

Допустимые деформации земной поверхности для инженерных сооружений

Сооружения	Допустимые деформации		
	е-10®	МО»	R, км
Силосные корпуса длиной до 30 м на железобетонном фундаменте		7	
Водонапорные башни:			
на бетонном и бутобетонном фундаменте	3	8	—
Угольные башни	—	8	—
Бункеры:			
погрузочные железобетонные	2	—	12
то же, стальные	4	—	5
породные, не связанные с общим поверхностным комплексом	6	—	3
Промышленные печи:			
коксовые батареи	200/ 1*	4	8
гофманские печи	4	—	6
Плотины и дамбы:			
каменные и бетонные	2	—	12
земляные	6		

* Длина печи.

Таблица XXI.23

Допустимые деформации земной поверхности для санитарно-технических сетей

Наименование сети	Допустимые деформации	
	е-Юз	i • 10 ³
Газопроводы и нефтепроводы со стыками равнопрочными телу труб:		
наземные магистральные	1,0—3,5 ¹	
подземные магистральные		
то же, разводящие	4	
Теплопроводы, водопроводы		
наземные магистральные	10	
подземные в каналах	6	
подземные бесканальные, магистральные и разводящие	3-5 1	4—5²
Магистральные каналы с монолитной бетонной или железобетонной облицовкой	1	
Канализационные сети:		
стальные напорные, подземные	3-4 1	
то же, наземные	8	

¹ В зависимости от грунтовых условий.

Выемка пластов угля под транспортными сооружениями может производиться при глубине разработки более или равной безопасной глубине, рассчитанной по формуле (XXII.42) при значениях коэффициента безопасности, приведенных в табл. XXII.25.

Согласование подработки железных дорог МПС производится по требованиям, изложенным в Инструкции [2].

Подъездные пути МПС от шахт и других угольных предприятий, а также подъездные пути других ведомств, трамвайные линии и автомагистрали охраняются от образования под ними провалов и больших трещин. Выемка пластов может производиться на глубине: $H > 20t$, но не менее 25 м на пла-

Таблица XXI.24

Значения γC_6

Опоры	Напряжение ЛЭП, кВ	*6
Анкерные	220—400	100
Промежуточные	220—400	75
Анкерные	6—110	75
Промежуточные	6—110	Охраняются только от провалов и больших трещин

Таблица XXII.25

Категория охраны транспортных сооружений и коэффициенты

№ п. п.	Категория охраны	Наименование объекта	*6
1	I	Мосты, путепроводы (виадуки) с пролетами более 20 м на линиях железных дорог общего пользования	400
2	I	Мосты и путепроводы неразрезной конструкции с пролетами более 20 м, за исключением мостов на железных дорогах общего пользования	300
3	II	Мосты и путепроводы общей длиной более 20 м с пролетами менее 20 м на железных дорогах общего пользования	250
4	II	Мосты и путепроводы разрезной конструкции с пролетами более 20 м, за исключением мостов на железных дорогах общего пользования	200
5	II	Мосты и путепроводы неразрезной конструкции длиной менее 20 м	150
6	III	Мосты и путепроводы разрезной конструкции с пролетами менее 20 м на железных дорогах общего пользования, грузооборот которых свыше 3 млн. т/км год (в течение суток проходит более трех пар пассажирских поездов)	100
7	II	Железнодорожные депо МПС	150
8	I	Участки железных дорог со скоростями движения поездов более 100 км/ч, а также участки с бесстыковым путем	400
9	II	Линии железных дорог общего пользования, за исключением указанных в п. 8 при грузообороте свыше 3 млн. т/км год, и в течение суток проходит более трех пар пассажирских поездов	150
10	III	Линии железных дорог общего пользования, за исключением приведенных в п. 9 настоящей таблицы	100
11	III	Подъездные пути МПС, за исключением подъездных путей от шахт, угольных предприятий и других ведомств	100

стах с углами падения до 45° и $H \leq 30 m + h$, но не менее 70 м на пластах с углами падения более 45° мощностью до 3,5 м.

4. Условия выемки угля под водными объектами

При подработке водных объектов должна быть обеспечена безопасность горных работ, а в том случае, когда водоем имеет народнохозяйственное значение, одновременно должна быть обеспечена сохранность водного объекта.

Эти условия выполняются тогда, когда высота зоны водопротягивающих трещин над выработанным пространством будет меньше глубины разработки угольного пласта.

По условиям подработки водные объекты разделяются на две группы: I — водные объекты на водоупорном основании; II — водные объекты на водопротягивающем основании.

К I группе относятся:

1. Водотоки и водоемы на земной поверхности, обводненные пески и гравийно-галечниковые отложения, отделенные от коренных пород глинами или суглинками при соблюдении любого из следующих условий;

а) мощность глин и суглинков не менее глубины водотока или напора над почвой водоносного горизонта в гравийно-галечниковых отложениях;

б) уровень воды в коренных породах на подрабатываемом участке расположен ниже почвы глин или суглинков.

2. Обводненные породы с коэффициентом фильтрации более 0,05 м/сут и затопленные выработки, отделенные от разрабатываемых пластов водоупорными слоями коренных пород с коэффициентом фильтрации до 10^{-4} м/сут.

При несоблюдении этих условий водные объекты относятся ко II группе.

Зоной опасного влияния на водный объект является участок угольного пласта, в пределах которого выемка угля может повлечь недопустимое увеличение притока воды в горные выработки, а в отдельных случаях — прорыв воды и затопление выработок.

Подработка водных объектов I группы за пределами зоны опасного влияния не приводит к увеличению притока воды в горные выработки, подработка же водных объектов II группы за пределами опасного влияния является безопасной с точки зрения прорывов воды, но не исключает возможности постепенного нарастания притока воды. Поэтому при подработке водных объектов II группы необ-

ходимо производить прогноз притока воды. Прогноз может быть выполнен по методике, изложенной в [10].

Границы зоны опасного влияния строятся от границ водного объекта по углам разрывов (3", у" и б" и безопасной глубине разработки. Углы разрывов принимаются круче соответствующих углов сдвижения на 10° в Кузнецком, Челябинском, Подмосковном бассейнах, на 7° — в Карагандинском и на 5° в Донецком, Кизеловском и Печорском бассейнах.

Для наземных водотоков и водоемов, не имеющих в основании обводненных отложений, за границу водного объекта принимается граница максимального разлива воды, установленная по данным гидрогеологической службы с обеспеченностью 3% (т. е. имевшего место не более 3 раз за 100 лет).

При наличии под водоток или водоемом II группы обводненных отложений (галечников, зон выветривания и т. п.) с коэффициентом фильтрации более 0,05 м/сут за границу водного объекта принимается граница указанных отложений. Аналогичным образом принимается граница водного объекта для водоносных горизонтов и обводненных зон.

Для затопленных выработок за границы водного объекта принимаются границы построенных вокруг них барьерных целиков.

При определении границ водного объекта необходимо учитывать возможность их изменения вследствие оседания земной поверхности под влиянием очистных работ за пределами зоны опасного влияния водного объекта.

Под безопасной глубиной разработки под водными объектами понимается глубина, при которой зона водопротягивающих трещин, образующаяся над выработанным пространством, не достигает нижнего контура водного объекта. Отсчитывается она от нижнего контура водного объекта по вертикали. Под обводненными породами, залегающими согласно с разрабатываемыми пластами и затопленными выработками, безопасная глубина разработки отсчитывается от почвы соответствующих водоносных горизонтов или затопленных выработок по нормали к напластованию.

За нижний контур водного объекта на вертикальном разрезе принимается: для объектов I группы, расположенных на земной поверхности, — дно водотока или водоема; для обводненных пород и затопленных выработок, отнесенных к I и II группам, — почва соответствующих водоносных горизонтов или затопленных выработок; для водотоков и водоемов II группы, имеющих в основании обводненные пески или гравийно-галечниковые отложения, — почва указанных отложений; при наличии под водным объектом II группы

Таблица XXI.13 Таблица XXI.14

Значения N_b (м) для водных объектов I группы при мощности наносов не менее удвоенной вынимаемой мощности пласта

Вынимаемая мощность пласта t , м	Минимальная мощность глинистых наносов h м					
	2—4	5—6	7—8	9—10	11—15	более 15
1,0 и менее	40	35	30	30	25	20
1,5	60	50	45	40	35	30
2,0	75	60	55	50	45	40
2,5	—	65	60	55	50	50
3,0	—	70	65	60	60	60

обводненной выветрелой зоны в коренных породах с коэффициентом фильтрации более 0,05 м/сут — нижняя граница указанной зоны.

Безопасная глубина разработки под водными объектами для одного пласта определяется:

для водных объектов I группы при мощности залегающих под ними глинистых наносов (или пород, аналогичных им по физико-механическим свойствам) не менее удвоенной вынимаемой мощности пласта (табл. XXII.26). При $t \leq 3,5$ м и $h_r \leq 2$ м безопасная глубина принимается равной 20 м.

Для водных объектов I группы при мощности глинистых наносов менее удвоенной вынимаемой мощности пласта и для водных объектов II группы — по табл. XXII.27.

При определении процентного содержания глинистых пород в подрабатываемой толще породы, удаленные от кровли разрабатываемого пласта на расстояние менее Ют, не учитываются.

Безопасная глубина для каждого последующего пласта (слоя) определяется по его мощности (без учета ранее отработанных пластов или слоев) при наличии под нижним контуром водного объекта глинистых или суглинистых наносов мощностью не менее удвоенной суммы всех ранее отработанных и отработываемых пластов.

При меньшей мощности глинистых или суглинистых наносов определение безопасной глубины без учета ранее отработанных пластов допускается только для второго пласта при $t_2 \leq t_1$ и $1,5N_{x-2}$, где N_{x-2} — расстояние по нормали к напластованию между первым и вторым пластами; N_{x-2} — безопасная глубина для первого пласта.

При разработке трех пластов, расположенных один от другого на расстоянии не более 10 м, или мощного пласта с разделением на слои, а также при расстоянии между пластами более 10 м, если мощность глинистых или суглинистых наносов на нижнем контуре водного объекта составляет не менее $2t_1 + 0,5(t_2 + t_3)$, повторная подработка водного объекта вторым и

Таблица XXII.27

Значения N_{x-2} (м) для водных объектов I группы при мощности наносов менее удвоенной вынимаемой мощности пласта и для объектов II группы

Вынимаемая мощность пласта t , м	Средняя мощность аргиллитов, алевролитов и глинистых сланцев в % от мощности коренных пород в подрабатываемой толще				
	0—20	21—40	41—60	61—80	81—100
и менее	60	55	50	45	40
1,5	90	80	75	70	60
2,0	115	105	95	85	80
2,5	125	115	105	95	85
3,0	140	130	115	105	90
3,5	150	140	125	110	95
4,0	160	150	135	120	105

Таблица XXI 1.13 Таблица XXI 1.14

Допустимая глубина разработки Y_d (м) для последовательно отрабатываемых пластов (слоев)

Безопасная глубина разработки верхнего пласта (слоя), м	Коэффициент A_m								
	0	1	2	3	4	5	6	7	> 8
20	20	30	40	45	50	60	70	95	20 ($1 + m_2 + \dots +$ $+ m_n$)
40	40	60	80	90	100	110	120	130	То же
60	60	95	120	140	155	170	185	200	»
80	80	125	160	185	205	225	245	265	»
100	100	155	200	235	260	285	310	330	»
120	120	185	240	275	310	360	420	480	»
140	140	215	275	320	400	480	560	640	»
160	160	245	310	400	500	600	700	800	»

третьим пластами (слоями) допускается на глубине, приведенной в табл. XXII.28 в зависимости от коэффициента A_m , рассчитываемого по формулам:

для второго пласта (слоя)

$$A_T = \sqrt[3]{\frac{H}{2}} \quad (\text{XXII.48})$$

для третьего пласта (слоя)

$$A_T = \sqrt[3]{\frac{H}{2} + \frac{H}{3}} \quad (\text{XXII.49})$$

В случаях, не рассмотренных выше, повторная подработка водных объектов допускается на глубине

$$Y_{дп} = Y_d + N \cdot n, \quad (\text{XXI 1.50})$$

где $Y_{дп}$ — допустимая глубина разработки для рассматриваемого пласта (слоя), м; $N_{\text{тн}}$ — расстояние по нормали к напластованию от рассматриваемого пласта до верхнего пласта свиты, м; Y_d — величина, определяемая по табл. XXI 1.28 в зависимости от коэффициента A_m :

$$A_T = \sqrt[3]{\frac{H}{2} + \frac{m_3}{m_i} + \frac{m_n}{m_i}} \quad (\text{XXII.51})$$

При повторной подработке водных объектов безопасная глубина для каждого пласта (слоя) должна быть не меньше:

величины, определяемой по мощности данного пласта (слоя);

величины $20 (t + 0,5 \text{ Цт}_p)$, где t — мощность данного пласта (слоя); £/п_p — суммарная мощность ранее отработанных пластов (слоев).

Подработка водных объектов может осуществляться на глубине, меньшей, чем указано в табл. XXII.26—XXII.28, в случае, если высота зоны водопроводящих трещин определена в натурных условиях или при работе с применением горных мер охраны. Методика определения высоты зоны водопроводящих трещин описана в [10].

При подработке водных объектов обязательно должен осуществляться контроль за водопоявлениями в горных выработках, а также должны быть предусмотрены мероприятия на случай увеличения притока воды в шахту.

5. Меры охраны сооружений и природных объектов

Если горные работы ведутся на глубине, меньшей чем безопасная глубина для сооружения, то в зоне вредного влияния горных работ применяют меры охраны — горные или конструктивные (строительные).

Горные меры охраны предназначены для уменьшения деформаций земной поверхности в основании сооружения. Горно-геологические условия, в которых целесообразно применение различных горных мер охраны, коэффициент снижения деформаций (отношение деформаций земной поверхности при применении горной меры к деформациям при обычной подработке), требования к подрабатываемому объекту приведены в табл. XXII.29 и на рис. XXII.8.

Конструктивные меры предназначены для восприятия дополнительных нагрузок сооружениями, возникающих при деформациях

Таблица XXII.29

Горные меры охраны	Условия применения	Коэффициент уменьшения деформаций земной поверхности	Характеристика подрабатываемых объектов и требования к ним
Разработка пласта в несколько этапов (рис. XXI 1.18, а)	$Я < 250 \text{ м}; \alpha < 30^\circ;$ $L_{Uj} = 1,5$	0,3	Обособленный, ограниченных размеров, с четко выраженной продольной осью, ориентированной по линии падения ($\pm 10^\circ$)
Подработка двумя расходящимися забоями (рис. XXII.8, б)	То же	0,3	То же
Подработка забоями, движущимися с заданным опережением (рис. XXII.8, в)	»	0,5	То же, но продольная ось направлена диагонально к линии простираения
«Парными штреками» (рис. XXII.8, г)	$H < 350 \text{ м}; \alpha < 30^\circ;$ $\tau_{[e]} < 1,5;$ $D_{1-} = (1,5-7-2,0) \text{ di}$	0,3	То же, но продольная ось направлена по падению или диагонально
Разработка на неполную мощность пласта	Для зданий и сооружений $Ы - \tau [;];$ для водных объектов [т] определяется обратным расчетом по табл. XXII.26 или XXII.27	$\frac{г м}{т}$	Объекты ограниченных размеров, водные объекты
Разработка пласта с закладкой выработанного пространства	$m, « [m]$ Экономическая целесообразность	0,1-0,5	Города, поселки, заводы, комплексы, сооружений, водные объекты

Продолжение табл. XXII.29

Горные меры охраны	Условия применения	Коэффициент уменьшения деформаций земной поверхности	Характеристика подрабатываемых объектов и требования к ним
Разработка пласта камерами закладкой	$H > 100$ м; $\alpha < 30^\circ$; когда другие меры неприменимы; < 10 м	Менее 0,1	Ответственные объекты ограниченных размеров, когда строительные мероприятия не могут быть применены; подработка площадей с высоким уровнем грунтовых вод
Частичная выемка одного пласта (рис. XXI.1.8, ж)	$150 < H < 500$ м; $\alpha < 30^\circ$; $m < 2,5$ м; $D_j = 30$ ч-100 м; $d = (0,3-5-0,7) \text{ м}$	0,05—0,40	Объекты, требующие уменьшения ожидаемых деформаций земной поверхности не менее чем в 2,5 раза
По схемам, исключающим полное суммирование одно-значных деформаций (рис. XXII.8, з)	$\alpha < 30^\circ$; свита пластов; для водных объектов не более трех пластов при выполнении условия J) До <	0,3—0,5	Здания и сооружения, для которых $[e] > 3 \times 10^{-3}$; водные объекты, расположенные на земной поверхности или приуроченные к аллювиальным отложениям
Разработка пластов с разрывом во времени более продолжительности процесса сдвижения от одного пласта (рис. XXII.8, и)	От одного пласта $e < [e]$; свита пластов; $s = cT$	Деформации не превосходят максимальных деформаций от одного наиболее мощного пласта	Объекты, для которых последствия от первой подработки могут быть полностью ликвидированы (железные дороги, трубопроводы и др.)

Обозначения: H — глубина горных работ; α — угол падения пласта; m — мощность пласта; $[t]$ — допустимая вынимаемая мощность пласта; t_e — эффективная мощность пласта; e — ожидаемые деформации; K_{Q1} — ожидаемая максимальная суммарная кривизна на нижнем контуре водного объекта, обусловленная выемкой данного и ранее отработанных пластов; K_{Q1} — ожидаемая максимальная кривизна на нижнем контуре водного объекта, обусловленная выемкой верхнего пласта на безопасной глубине; D_x — размер выработанного пространства; d — размер междупластного целика, d_i — размер очистной выработки, при котором сдвижение не достигает земной поверхности; s — опережение при разработке свиты пластов; c — скорость подвигания забоя; T — продолжительность процесса сдвижения; $[s]$ — допустимые деформации.

земной поверхности. Для строящихся сооружений конструктивные меры регламентируются строительными нормами и правилами [7; 8; 9]. Защита эксплуатируемых сооружений, построенных без конструктивных мероприятий, осуществляется по Рекомендациям [6].

Конструктивными мероприятиями усиливают отдельные элементы сооружений из расчета восприятия дополнительных нагрузок или создают сооружению дополнительную податливость. Чаще всего целесообразно применять эти меры комплексно.

Конструктивные меры зависят от конструктивной схемы здания. Конструктивными мерами защиты зданий с жесткой конструктивной схемой (в основном жилые и общественные здания) от искривления земной поверхности являются: разделение зданий на отсеки, усиление стен с помощью стальных тяжей и железобетонных поясов, аикеровка в стены концов балок перекрытий, выравнивание с помощью домкратов надземной части здания в вертикальной плоскости.

От горизонтальных деформаций могут быть применены следующие меры: разделение зданий на отсеки, устройство железобетонных поясов в уровне пола подвала или цоколя, устройство компенсационных траншей, устройство гибкой железобетонной плиты в уровне пола подвала или Цоколя, усиление колонн, введение связей между колоннами и стенами.

В зданиях с гибкой конструктивной схемой (каркасные промышленные здания) рекомендуются конструктивные меры: преобразование жестких узлов каркаса в шарнирные, усиление колонн, усиление пролетного строения, введение по низу колонн или между их фундаментами гибких связей-распорок, устройство компенсационных траншей, разрезка на отсеки, выправление положения колонн с помощью домкратов.

Очень чувствительными сооружениями к подработке являются различного рода тру-

бопроводы, защита которых, как правило осуществляется конструктивными мерами. Для стальных подземных трубопроводов рекомендуются конструктивные меры охраны: установка компенсаторов, кольцевание сети, усиление сварных стыков, вскрытие трубопроводов и засыпка траншей материалом, обеспечивающим небольшое защемление труб, снятие напряжений разрезкой трубопроводов с последующей вваркой вставок, вынос подземного трубопровода на земную поверхность.

6. Правила построения предохранительных целиков

В тех случаях, когда при подработке сооружений могут возникнуть деформации земной поверхности, превышающие допустимые, и по технико-экономическим расчетам нельзя применить горные или конструктивные меры защиты под охраняемыми сооружениями, должны быть оставлены предохранительные целики.

Границы предохранительных целиков строятся относительно границ охраняемой площади, которая для зданий и сооружений включает охраняемый объект и берму вокруг него. Ширина бермы определяется по табл. XXII.30.

Если для сооружения по допустимым деформациям $[e_d]$ и $[f_d]$ получаются различные размеры берм, то в качестве окончательного значения принимается наибольшее.

Границы охраняемой площади для отдельных зданий и сооружений, у которых отношение длинной стороны к короткой менее 5 строят в виде прямоугольника, стороны которого ориентируют по простиранию и вкрест простирания пласта. Величина бермы откладывается от углов зданий по направлению простирания и вкрест простирания пласта.

Для группы зданий и сооружений границы охраняемой площади определяются на плане

Таблица XXII.30

Ширина бермы

Допустимые деформации охраняемых сооружений		Категория охраны транспортных сооружений	Ширина бермы, м
ВJ-10--	Ы 10 n 8		
2 и менее	4"и менее	I	20
2,1—4,0	4,1—6,0	II	15
4,1—6,0	6,1—8,0	III	10
Более 6	Более 8	IV	5

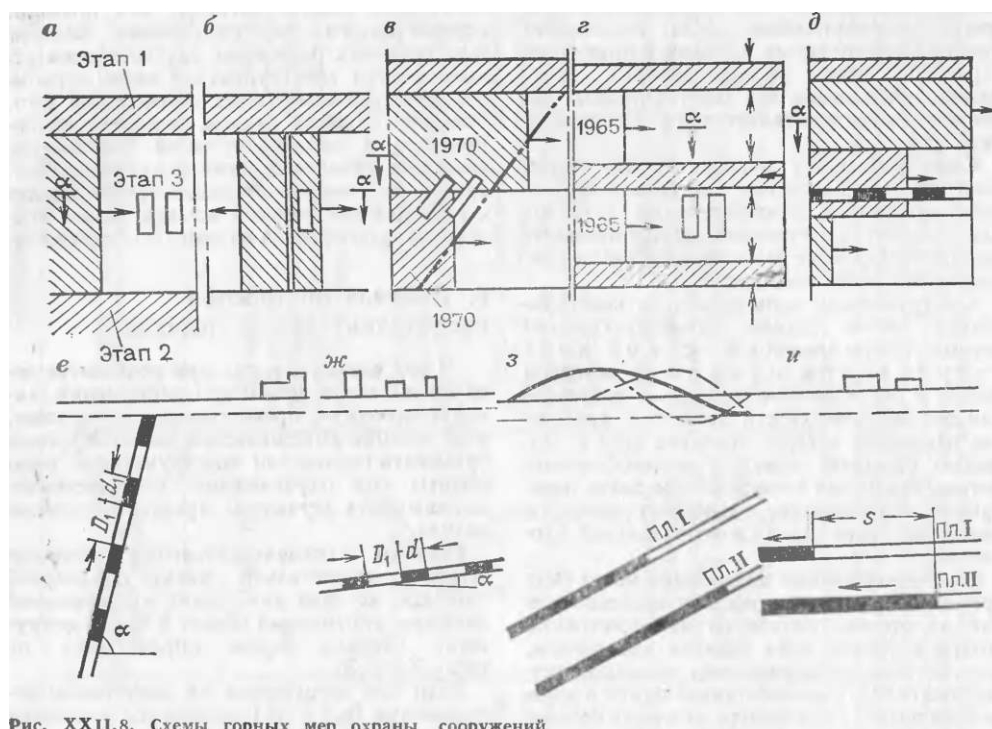


Рис. XXII.8. Схемы горных мер охраны сооружений

многоугольником со сторонами параллельными сторонам охраняемых объектов и отстоящими от них на расстоянии ширины бермы.

Для вытянутых объектов, ориентированных диагонально к линии простирания пласта, границы охраняемой площади строят параллельно сторонам охраняемых объектов на расстоянии от них, равном ширине бермы.

Границы предохранительных целиков для зданий и сооружений определяют с помощью углов сдвижения. Если нижняя граница целика, построенная по углу сдвижения γ , располагается ниже горизонта безопасной глубины, то за нижнюю границу целика принимается горизонт безопасной глубины.

Под зданиями и сооружениями, расположенными в лежачем боку разрабатываемого пласта с углом падения α , верхняя граница предохранительного целика в коренных породах определяется углом сдвижения P_x , границы целика по простиранию определяются по углу 90° к горизонту. За нижнюю границу целика принимается горизонт безопасной глубины (рис. XXII.9, в).

Углы сдвижения

1. Донецкий бассейн. В неподавленной и подавленной толщах каменноугольных пород для всех районов бассейна, кроме районов Западного Донбасса и районов залегания углей марок ПА и А: $\delta = \gamma = 80^\circ$; $P = 80^\circ$ — $0,8a$, но не менее 30° .

В неподавленной толще каменноугольных пород в районах залегания углей марок ПА и А: $\delta = \gamma = 85^\circ$; $P = 85^\circ$ — $0,8a$, но не менее 30° .

В подавленной толще и при построении целиков в свите пластов (три и более), углы сдвижения в районах залегания углей марок ПА и А уменьшаются на 5° .

В неподавленной и подавленной толще каменноугольных пород в Западном Донбассе: $\delta = \gamma = P = 75^\circ$.

При первичной подавке толщи и отсутствии горных работ со стороны восстания в данном пласте при глубине залегания пласта под объектом более 100 м и $\alpha < 45^\circ$ угол γ для построения целиков под сооружениями на земной поверхности, с допустимыми деформациями $[e_d] \wedge 4 \cdot 10^{-3}$ и $[e_d] \wedge 5 \cdot 10^{-3}$ до-

Таблица XXII.31

<i>a</i> град.	0	10—50	51—55	56—75	80	90
<i>p</i>	80	82 — <i>a</i>	31	30	30	30
<i>b</i>	80	80	75	75	75	75
<i>y</i>	80	80	80	75	75	75
<i>Pi</i>	—	—	—	50	40	30

пускается определять из выражения: $y = b + 0,5a$.

В наносах: $\phi = 50^\circ$ — в Западном Донбассе;
 $\Phi = 60^\circ$ — во всех других

районах бассейна.

В меловых отложениях $b_m = 70^\circ$.

2. Кузнецкий бассейн.

В неподработанной толщине углы сдвига принимают по табл. XXI 1.31, а в подработанной — на 5° больше. В мезозойских отложениях углы сдвига определяются по табл. XXI 1.32.

В подработанной и в неподработанной толщах, если верхняя граница целика расположена на глубине менее 50 м, а при мощности пласта более 7 м, когда верхняя граница целика расположена на глубине менее 100 м, углы сдвига принимают на 5° больше.

В наносах:

$\phi = 55^\circ$ — сухие наносы;

$\phi = 45^\circ$ — плывуны или сильно обводненные галечники.

3. Карагандинский бассейн. В подработанной и неподработанной толще каменноугольных пород:

$y = 6 = 70^\circ$; $p = 70^\circ$ — 0,6 а.

В мезозойских отложениях:

$b_m = 70^\circ$ — при мощности мезозойских отложений 20 м и менее;

$b_m = 65^\circ$ — при мощности мезозойских отложений более 20 м.

В наносах:

$\phi = 45^\circ$ — при мощности наносов более 5 м, при меньшей мощности ϕ принимается равным углу сдвига в породах, залегающих под наносами.

4. Челябинский бассейн. В неподработанной и подработанной толщах в каменноугольных породах значения углов сдвига приведены в табл. XXII.33.

Если в подработанной толще при построении предохранительного целика его верхняя граница окажется на глубине $\#_в$, равной или менее 65 м, или мощность наносов на участке более $0,5\#_в$, то значения углов определяются из выражений: $y = 55^\circ$ — 0,1 а; $p = 55^\circ$ — 0,4 а, а $b = 55^\circ$.

Углы сдвига в наносах $\phi = 45^\circ$.

5. Кизеловский бассейн. Углы сдвига в каменноугольных породах подработанной и неподработанной толщ приведены в табл. XXII.34.

В наносах: $\phi = 50^\circ$.

6. Львовско-Волынский бассейн. Углы сдвига по всем направлениям принимаются одинаковыми:

$b = 75^\circ$ — при разработке одного пласта;

$b = 70^\circ$ — при разработке двух и более пластов.

В наносах $\phi = 50^\circ$.

7. Воркутское, Воргашорское, Юнгинское и Хальмерюское месторождения Печорского бассейна. Углы сдвига в неподра-

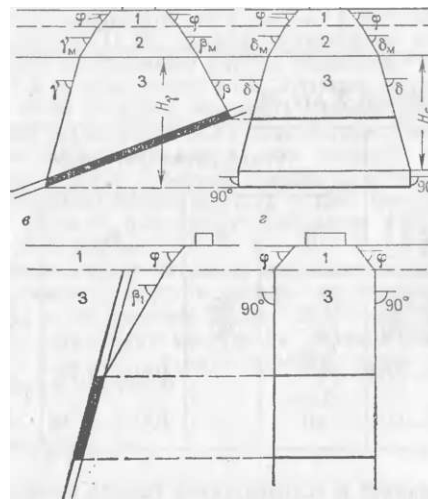


Рис. XXII.9. Построение границ предохранительных целиков:

а и б — вертикальные разрезы вкострости и по простиранию при отсутствии сдвига пород лежащего бока пласта; в и г — вертикальный разрез вкострости и проекция на вертикальную плоскость по простиранию при сдвиге пород лежащего бока; 1 — наносы; 2 — мезозойские отложения; 3 — коренные породы

Таблица XXI 1.13

Значения углов сдвижения в мезозойских отложениях

м	Эм, градус		градус
	«м от 0 до 5°	а м от 6 до 35°	
До 100	55	55 — 0,2а _м	55
150	60	60 — 0,3а _м	60
200	65	65 — 0,4а _м	65
250 и более	70	70 — 0,5а _м	70

Таблица XXII.33

Угол пласта а, градус	Углы сдвижения, градус			
	Р	У	Рi	б
0—50	70—0,65а	70		70
51—60	70 — 0,65а	—	65 — 0,4а	70
Более 60	30	—	65 — 0,4а	70

Таблица XXII.34

Углы сдвижения, градус				
Угол от 0 до 5°	а	б	Рi	б
0—25	85 — а	85		85
26—60	72 — 0,5а	85		85
61—65	72 — 0,5а		100 — 0,7а	85
66—90	40		100 — 0,7а	85

ботанной и подработанной толщах приведены в табл. XXII.35.

8. Подмосковский бассейн. Углы сдвижения по всем направлениям принимаются одинаковыми б = 55°.

9. Интинское месторождение.

В подработанной, неподработанной толщах и в наносах углы принимаются по табл. XXI 1.36.

Таблица XXI 1.14

SR" с Со.	Углы сдвижения, градус			
	Р	У	Рi	б
0—60	80 — 0,7а	80		80
61—90	80 — 0,7а, но не менее 30°		120 — а	80

Таблица XXI 1.36

Угол от 0 до 5°	Углы сдвижения, градус			
	Р	У	б	ф
0—55	70 — 0,6а	70	70	55

10. Буланашское месторождение.

Углы сдвижения в неподработанной и подработанной толщах принимаются по табл. XXI 1.37.

Построение предохранительных целиков производится способом вертикальных разрезов, графоаналитическим способом или способом перпендикуляров. Вертикальные разрезы строятся в направлениях вкост простираия и по простираию пластов.

На разрезах вкост простираия границы целиков определяются пересечением пластов линиями, проведенными в наносах через границы охраняемой площади, продолженными в мезозойских отложениях, а затем в коренных породах под соответствующими углами сдвижения (рис. XXII.9, а).

На разрезах по простираию построение границ предохранительных целиков производится следующим образом. С вертикального разреза вкост простираия на разрез по простираию проектируются верхние и нижние границы целиков (рис. XXI 1.9, б). Затем через границы охраняемой площади под соответствующими углами сдвижения проводятся линии в наносах, продолжаютя в мезозойских отложениях и в коренных породах до горизонта, расположенного от контакта коренных пород с мезозойскими отложениями или наносами на расстоянии по вертикали, равном #_г, и далее продолжаютя под углом 90° к горизонту до

Таблица XXI 1.13 Таблица XXI 1.14

Угол падения пласта α , градус	Углы сдвижения, градус				
	ρ	γ	P_i	δ	ϕ
0—25	75 — 0,9a	75	— 117— 1,1a 29°	75	45
26-55	70 — 0,7a	75		75	45
56—80	30	—		75	45
81—90	30	—		75	45

пересечения с проекцией нижней границы целика.

$$H_z = A_z H_y, \quad (\text{XXII.52})$$

где H_y — расстояние по вертикали от контакта коренных пород с вышележащими отложениями до проекции нижней границы целика; A_z — коэффициент;

$$A_\Gamma = \frac{y}{\Gamma} \frac{\sin E}{\sin Y + \operatorname{tg} a} \quad (\text{XXII.53})$$

При диагональной ориентировке объекта относительно простирания пласта для построения границ предохранительного целика проводятся плоскости в наносах под углами $\sigma\rho$, в коренных породах — под углами P' и y' .

Углы P' и y' определяются по номограмме, приведенной в Правилах охраны сооружений, или вычисляются по формулам:

$$\operatorname{ctg} P' = \frac{1}{\operatorname{ctg}^3 \rho \cos^3 \delta + \operatorname{ctg}^2 \delta \sin^2 \delta}; \quad (\text{XXII.54})$$

$$\operatorname{ctg} y' = \frac{1}{\operatorname{ctg}^2 \gamma \cos^2 G + \operatorname{ctg}^2 \delta \sin^2 \theta}, \quad (\text{XXI 1.55})$$

где ρ , γ и δ — углы сдвижения в коренных породах; θ — острый угол между линией простирания пласта и соответствующей границей бермы.

Если $v = 6$, то $y' = \gamma$.

Для вытянутых объектов, расположенных диагонально по отношению к простиранию пласта, границы предохранительных целиков могут быть определены методом перпендикуляров. Перпендикуляры к границам охраняемой площади определяются для характерных точек, где изменяется угол между простиранием пласта и границами охраняемой площади.

Длину перпендикуляров в сторону восстания q и в сторону падения l вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned} q &= \frac{(Y - h) \operatorname{ctg} P'}{1 + \operatorname{ctg} P' \cos G \operatorname{tg} a}, \\ l &= \frac{(Y - h) \operatorname{ctg} y'}{1 - \operatorname{ctg} y' \cos G \operatorname{tg} a}, \end{aligned} \quad (\text{XXII.56})$$

где Y — глубина залегания пласта под данной точкой бермы; h — мощность наносов; G , P' и y' — вычисляются по формулам (XXII.54) и (XXII.55).

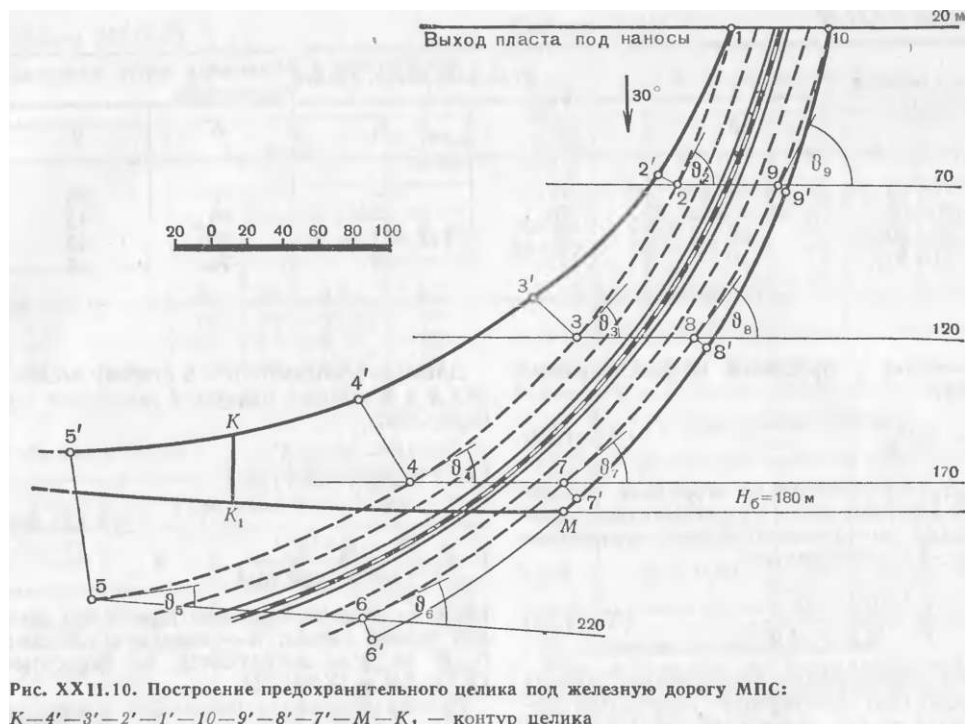
Пример построения целика под железную дорогу на одной из шахт Донбасса приведен на рис. XXII.10. Дорога расположена под углом к простиранию пласта. Мощность пласта 1,2 м, угол падения 30° , глубина залегания от 20 до 220 м, мощность наносов 20 м. Толща пород ранее была подработана. Рельсовые пути имеют нормальные стыковые зазоры, скорость движения поездов до 70 км/ч, коэффициент безопасности = 150. Безопасная глубина разработки составляет 150 X X 1,2 = 180 м.

Целик строят способом перпендикуляров. От нижнего контура насыпи откладывают берму в обе стороны. Далее определяют границу охраняемого контура на контакте наносов с каменноугольными породами путем отложения величины

$$h$$

(где h — мощность наносов; ϕ — угол сдвижения в наносах), получают контур 1—2—3—4—5—6—7—8—9—10. Верхняя граница целика — линия выхода пласта под наносы, нижняя — горизонт безопасной глубины.

Для проведения боковых границ определяют длину перпендикуляров q — в сторону восстания и l — в сторону падения. Предпо-



рительно участок железной дороги разбивают изоглубинами на четыре отдельных участка, приближающихся к прямолинейным. В точках 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 определяют значения угла θ , как показано на рис. XXII.10. Далее составляют таблицу, в которой для каждой из указанных точек вычисляют значения величин $(Я - h)$, θ , q' и I' , длины перпендикуляров $q = (Я - h) q'$ и $I = (Я - h) V$ по формулам (XXII.56). Полученные значения q и I откладывают из точек 1, 2, 3, ..., 9 в сторону падения и сторону восстания. Далее плавными кривыми соединяют концы перпендикуляров и, таким образом, получают боковые границы целика: со стороны восстания 1-2'-3'-4'-5' и со стороны падения 10-9'-8'-7'-6'. Вытянутую острую часть целика срезают по линии KK_1 .

Предохранительные целики под объекты ограниченных размеров, расположенные диагонально к простиранию пласта, строят следующим образом. Строят охраняемый контур со сторонами, параллельными линиям падения и простирания пласта, для которого строится целик по углам P , y и β , затем — охраняемый контур со сторонами, параллельными осям объекта, и для этой охраняемой

площади строят целик по углам P' и y' . Точки пересечения границ, построенных двумя способами, будут угловыми точками контура целика минимальных размеров.

На месторождениях, где установлено появление опасных деформаций вследствие сдвига пород по напластованию, для охраны вертикальных стволов и объектов с допустимыми деформациями $[e_x] < 2 \cdot 10^{-3}$ у нижних границ предохранительных целиков оставляют дополнительные целики-упоры.

При выдержанном залегании пластов целик-упор по верхнему пласту оставляется до глубины, равной $H_s Vn$ (n — число разрабатываемых пластов). По нижележащим пластам нижней границей целика-упора является пересечение пластов с вертикальной плоскостью, проведенной через нижнюю границу целика-упора по верхнему пласту.

Границами целика-упора по простиранию будут линии, соединяющие точки пересечения вертикальных плоскостей, проведенных через границы охраняемой площади параллельно линии падения пласта и нижней границы целика упора с угловыми точками по нижней границе обычного целика (рис. XXII.11).

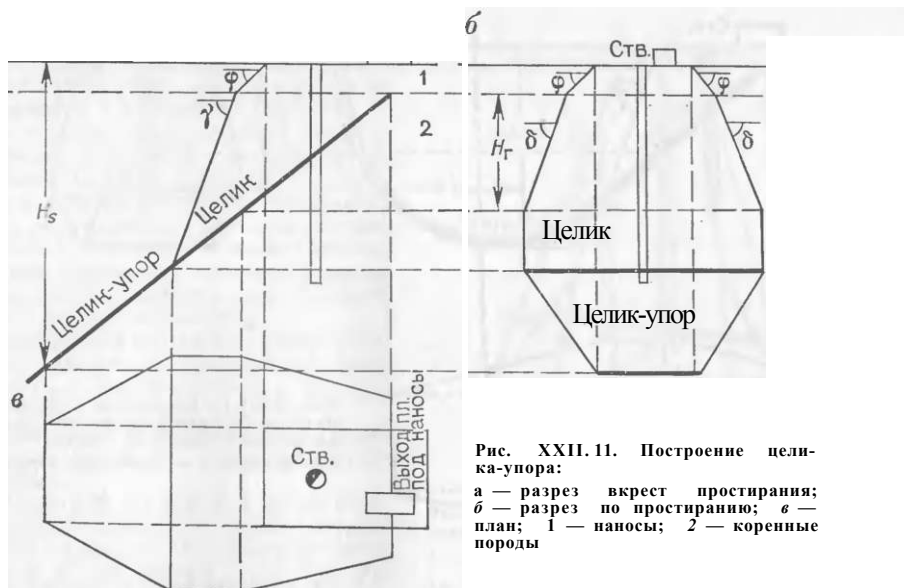


Рис. XXII.11. Построение целика-упора:
а — разрез вкост простираия;
б — разрез по простираию; в — план; 1 — наносы; 2 — коренные породы

Границы предохранительных целиков при синклинальном залегании пластов для сооружений, расположенных над осевой частью складки, определяются углами Р и б. Причем угол Р принимается переменным при изменении углов падения слоев на 10°. Так в точке I (рис. XXII.12, а) угол Рi принимается по углу падения на выходах слоев и под этим углом проводится линия до точки II, где а слоев изменяется на 10°.

Граница целика по простираию определяется у верхних границ целика и в точке пересечения пласта осевой поверхностью складки (точка О) углами сдвига б.

Для сооружений, расположенных над одним из крыльев синклинальной складки (рис. XXII.12, б), границы целиков на разрезах по простираию и верхние границы целиков на разрезах вкост простираия определяются так же, как и для сооружений, расположенных над осевой частью складки, а нижние границы целиков при углах падения крыльев складки не более 45° определяются по углу у.

Если же углы падения крыльев складки более 45°, то нижняя граница целика определяется линией, проведенной от границы охраняемой площади под углом аj, до пересечения с осевой поверхностью складки (точка А) (аj — средний угол падения пород крыла складки, под которым расположено сооружение) и линией от точки А под углом сдвига Р (точка В). После этого проверяется не-

обходимость построения дополнительного целика-упора.

Если расстояние от точки В до осевой линии меньше, чем вычисленное по формуле

$$\sim \frac{(\sin a - \cos a \operatorname{tg} p') \operatorname{ctg} a}{2 (\operatorname{tg} p' \operatorname{ctg} a i H - \sin a i)} \quad (XXII.57)$$

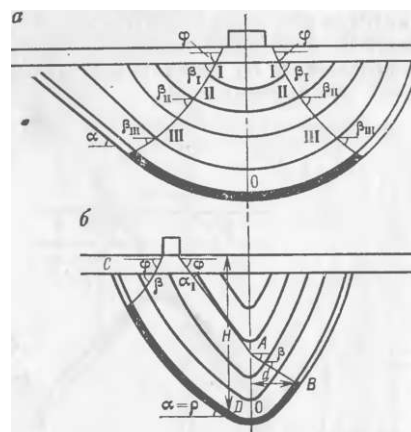


Рис. XXII.12. Построение предохранительных целиков при синклинальном залегании пластов в расположении сооружения;
а — над осевой частью складки; б — над крылом складки

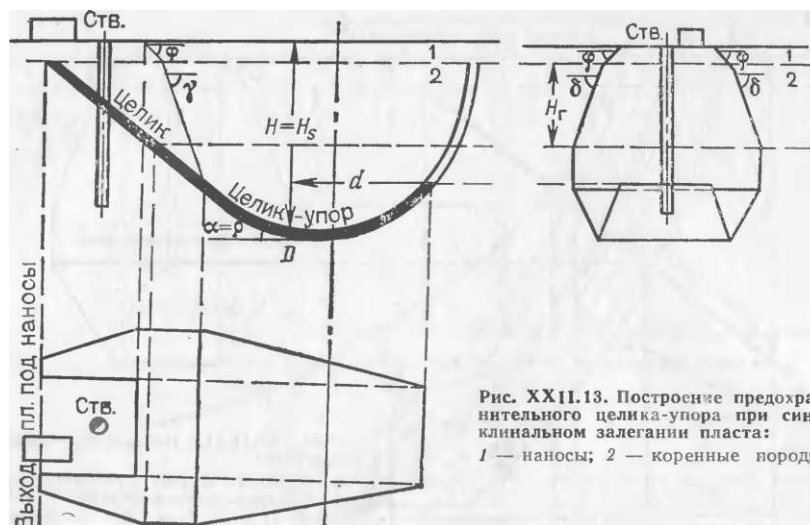


Рис. XXII.13. Построение предохранительного целика-упора при синклинальном залегании пласта:
1 — наносы; 2 — коренные породы

(где a — средний угол падения пласта от выхода его под наносы до точки, где $a = p'$ (рис. XXII.13); $Я$ — глубина залегания пласта в точке, где $a = p'$; a_r — средний угол падения на противоположном крыле складки), то строится дополнительный целик-упор, верхняя граница которого определяется расстоянием d .

При антиклинальном залегании пластов, если антиклинальная складка не переходит в синклинальную (рис. XXII.14, а), границы предохранительных целиков для зданий и сооружений, расположенных над осевой поверхностью складки определяются по простиранию углом β , а вкрест простирания —

Если антиклинальная складка переходит в синклинальную (рис. XXII.14, б), то наряду с предохранительным целиком в замке антиклинальной складки строятся целики в синклинальных складках.

Шахтные стволы являются ответственными сооружениями, деформация которых может отрицательно повлиять на работу всей шахты. В отличие от сооружений на земной поверхности стволы испытывают деформации толщи горных пород, расположенной на различном расстоянии от разрабатываемого пласта, поэтому они охраняются предохранительными целиками без учета безопасной глубины.

6

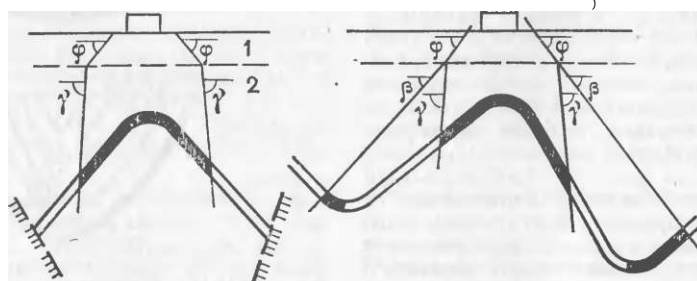


Рис. XXII.14. Построение предохранительного целика при антиклинальном залегании пластов:

а — антиклинальная складка не переходит в синклинальную; б — антиклинальная складка переходит в синклинальную; 1 — наносы; 2 — коренные породы

Границы предохранительных целиков для вертикальных шахтных стволов определяются от границ охраняемой площади, включающей копры, здания подъемных машин и берму по углам сдвижения в следующих случаях:

а) для стволов, оборудованных постоянным подъемом, при глубине разработки, не превышающей Y_0 (табл. XXII.38);

б) для вентиляционных и воздухоподающих стволов, не оборудованных постоянным подъемом, стволов с податливой крепью и стволов с постоянным подъемом в бассейнах и месторождениях, не приведенных в табл. XXII.38, при любой глубине разработки;

в) для всех стволов по пластам, расположенным ниже зумпфа на расстояниях более $0,2Y_c$, где Y_c — глубина ствола с зумпфом (рис. XXII.15).

Граничные углы в подработанной толще принимаются такими же, как в неподработанной толще.

При глубинах до Y_0 границы предохранительных целиков должны отстоять от стволов в плоскости пласта на расстоянии не менее 50 м при $\alpha < 45^\circ$ и 60 м при $\alpha > 45^\circ$. При глубинах более Y_0 указанные минимальные размеры целиков увеличиваются из расчета по 10 м на каждые последующие 100 м глубины.

В Донбассе границы предохранительных целиков для вертикальных главных и вентиляционных стволов с жесткой крепью, оборудованных постоянным подъемом (кроме инспекторского) на глубине от $H_x = 600$ м ($\alpha < 45^\circ$) и $H_x = 700$ м ($\alpha > 45^\circ$) до $1,2Y_c$ определяются по граничным углам.

На глубине от Y_0 до Y_{b2} границы целиков определяются так, как показано на рис. XXII.15.

Если граница предохранительного целика по падению построена относительно границы охраняемой площади непосредственно для шахтного ствола, то при углах падения пластов от 20 до 45° в тех случаях, когда не ожидается сдвижений по напластованию, расстояние в плоскости пласта от ствола до нижней границы целика не должно превышать 250 м.

Таблица XXII.38

Бассейн	H_0 , м
Донецкий	400
Кузнецкий	600
Кизеловский	600
Печорский	600

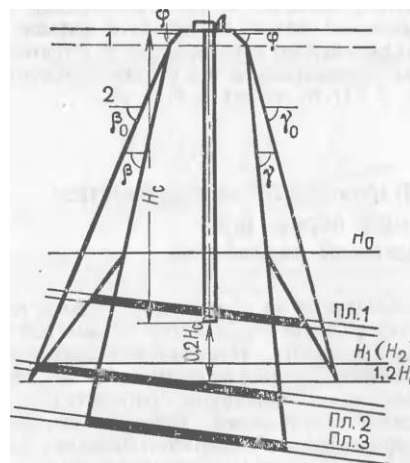


Рис. XXII.15. Построение предохранительного целика под ствол:

1 — наносы; 2 — коренные породы

При углах падения пластов от 45 до 65° для защиты ствола от подработки расстояние от ствола в плоскости пласта до границы целика по падению должно быть не менее

$$l_x = L_3 Y_T, \quad (XXI.1.58)$$

где Y_T — глубина от поверхности до точки пересечения ствола с пластом (рис. XXII.16).

Значение коэффициента A_3 определяется в зависимости от угла α :

α	45	55	60	65
A_3	0,25	0,40	0,55	0,70

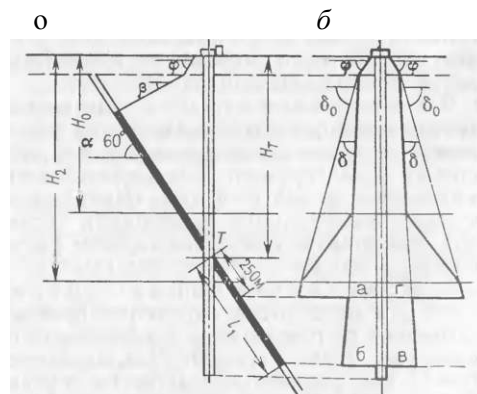


Рис. XXII.16. Определение размера целика по падению под ствол при углах падения от 45 до 65° : а — разрез вкрест простирания; б — разрез по простиранию

Если l_x более 25 м, то на расстоянии 250 м в плоскости пласта от ствола и дальше размеры целиков по простиранию со стороны падения определяются по углам сдвига β (рис. XXII.16, точки a , b , v , z).

7. Наблюдения за сдвижением горных пород при подземной разработке

Наблюдения за сдвижением горных пород ведутся с целью определения параметров процесса сдвига, установления зависимости параметров процесса сдвига от горно-геологических факторов, определения взаимосвязи деформаций земной поверхности с деформациями подрабатываемых сооружений и природных объектов и контроля за состоянием подрабатываемых сооружений и правильности принятых параметров при решении вопроса о подработке сооружений.

В зависимости от задач, поставленных перед наблюдениями, закладываются различные типы наблюдательных станций, определяются сроки, частота и точность измерений:

1. Долговременная станция для определения параметров процесса сдвига, установления распределения сдвижений и деформаций земной поверхности по мульде сдвига и характера их накопления при выемке свиты пластов или одного пласта на нескольких горизонтах. Срок существования станций не менее 3—5 лет и может быть более 20—25 лет. Конструкция реперов на таких станциях должна обеспечить их длительную сохранность. Место для закладки станции должно обеспечить возможность реконструкции ее и дозакладки профильных линий по мере развития горных работ.

2. Рядовая станция для определения параметров процесса сдвига земной поверхности при отработке одного-двух пластов на одном горизонте. Продолжительность наблюдений на ней 1—3 года. Обычно такие станции целесообразно закладывать только при относительно небольшой глубине разработки (до 300 м).

3. Кратковременная станция для определения параметров процесса сдвига по простиранию в зависимости от времени. Такие станции закладываются только при разработке пластов на глубине не более 250—300 м. Срок существования их не более года. Реперы на таких станциях могут быть простыми (забивные) и конструкция их должна обеспечивать простоту измерений.

4. Специальная станция для детального изучения отдельных вопросов, связанных [со сдвижением земной поверхности, например для установления зависимости величины деформаций от длины интервала измерения, для измерений сдвижений и деформаций не в главных сечениях мульды сдвига, а в районе подрабатываемых сооружений для установления взаимосвязи деформаций грунта и сооружений, установления условий мест образования сосредоточенных деформаций (уступы, трещины).

5. Комплексная станция для определения характера и параметров процесса сдвига толщи горных пород, связанных с подработкой водных объектов и капитальных выработок. Состоит из реперов, закладываемых в горных выработках, скважинах и на земной поверхности.

Глубинные реперы, закладываемые в скважины, могут быть различной конструкции, смещения их регистрируются с помощью проволок или металлических стержней, выводимых от репера на земную поверхность, радиометрической аппаратурой или герконовым датчиком.

Перед закладкой наблюдательной станции составляется проект, который состоит из графической части и пояснительной записки. Графическая часть состоит из плана наблюдательной станции в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000, геологических разрезов по профильным линиям и чертежей конструкции реперов. На плане показывается рельеф земной поверхности, пройденные и проектируемые горные выработки, сооружения и подземные коммуникации, предохранительные целики, выходы тектонических нарушений под наносы, профильные линии и реперы, закладываемые в сооружения.

Геологические разрезы составляются в том же масштабе, что и план с использованием всех данных по ближайшим геологическим скважинам и горным выработкам, обращая особое внимание на уточнение мощности наносов, наличия и положения мощных крепких слоев, расположения старых горных работ, тектонических нарушений и других плоскостей ослабления массива (нерабочие угольные пласты, слабые глинистые прослойки). На этих разрезах графически определяют длину профильных линий и расположение реперов на них.

В пояснительной записке указывается цель наблюдений, дается геологическая характеристика участка, на котором закладывается станция, приводятся способ закладки реперов, методика привязки станции к существующей геодезической основе, методика и частота проведения наблюдений.

На долговременной и рядовой станциях, как правило, должно быть не менее трех профильных линий: двух — вкрест простирания и одной — по простиранию. Кратковременная станция состоит из одной профильной линии по простиранию.

Длина линии вкрест простирания определяется:

1. При углах падения пласта до 25° и при отсутствии по восстанию старых горных работ от границ предполагаемой очистной выработки проводятся линии под граничными углами ρ_0 до контакта с наносами и далее под углом ϕ до пересечения с земной поверхностью (рис. XXII.17, а). Точки **Б** и **В** определяют рабочую часть линии. На этом участке по действующей инструкции расстояние между реперами определяется в зависимости от средней глубины горных работ, под которыми проводятся наблюдения (табл. XXI.1.39). Но, учитывая, что все расчетные, допустимые и критические деформации для построения углов сдвижения принимаются в настоящее время при длине интервалов 15—20 м, рекомендуется при глубинах разработки более 200 м расстояние между реперами принимать не более 15—20 м.

За точками **Б** и **В** закладываются по три контрольных репера (участок **АБ** и **ВГ**) с расстояниями между ними, как и на участке **БВ**. От точек **А** и **Г** на расстоянии не менее 100 м закладываются опорные репера (P_1, P_2, P_3). Опорных реперов должно быть не менее трех на линии (два на одном конце линии и один на другом). Два опорных репера лучше закладывать в сторону падения пласта. Расстояние между опорными реперами (на одном конце) обычно принимается около 50 м.

2. При углах падения пласта до 25° и при наличии старых горных работ границы рабочей части линии (точка **В**, рис. XXII.17, б) определяется углом γ (табл. XXI.1.5) и в этом случае опорные репера закладываются только на одном конце линии.

3. При углах падения пласта более 25° рабочая часть профильной линии по восстанию пласта определяется пересечением линии земной поверхности и линией в наносах, являющейся продолжением почвы пласта (точка **В**, рис. XXII.17, в). В этом случае для определения мест появления уступов и их высоты на участках **АО** и **ДГ** репера закладываются через 2—5 м.

Расстояние между линиями вкрест простирания принимается 50 м.

Линия по простиранию должна проходить через точку **О** (рис. XXII.17), которая определяется пересечением линии земной поверхности с линией, проведенной под углом θ (табл. XXII.5, XXII.13 и XXII.14) из сере-

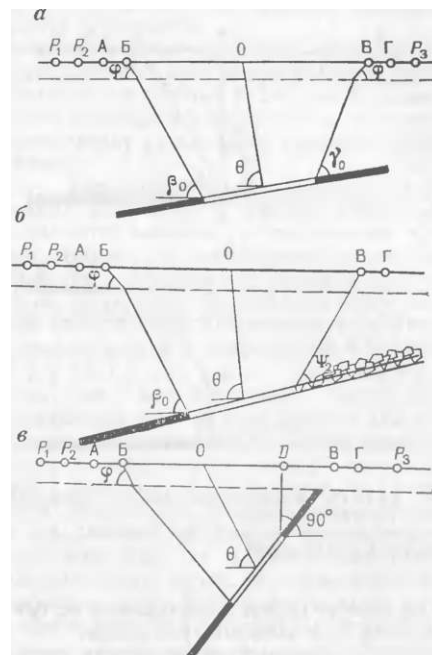


Рис. XXII.17. Определение длины профильной линии вкрест простирания пласта: а — при $\alpha < 25^\circ$; б — при $\alpha < 25^\circ$ и наличии старых работ; в — при $\alpha > 25^\circ$

дины очистных работ. При проектируемых размерах выработанного пространства по простиранию более 2Я линия вкрест простирания должна быть расположена от постоянных границ выработанного пространства на расстоянии не менее чем $Я - 0,8Я$, а на момент первого наблюдения расстояние от линии до движущегося забоя должно быть не менее чем $Я \operatorname{ctg} \rho_0$. При размерах выработанного пространства по простиранию менее 2Я линия по простиранию должна быть расположена под серединой выработанного пространства.

Таблица XXII.39

Средняя глубина разработки, м	Расстояние между реперами, мм
До 50	5
50—100	10
100—200	15
200—300	20
300—400	25
400 и более	30

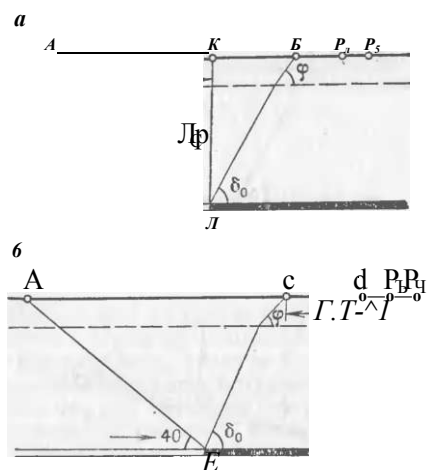


Рис. XXII.18. Определение длины профильной линии по простиранию:
а — для долговременных наблюдений; б — для частотных наблюдений

но на момент первого наблюдения не ближе чем $Y \operatorname{ctg} \delta_0$ к движущемуся забою.

Длина профильной линии по простиранию определяется следующим образом. На разрезе по простиранию, построенному через точку O , из предполагаемой точки D остановки забоя (рис. XXII.18, а) проводят линию под углом δ_0 в коренных породах и под углом φ в наносах до пересечения с линией земной поверхности (точка B). От точки K (проекция на земную поверхность остановленного забоя) в сторону выработанного пространства откладывается расстояние, равное $1,75Y_{\text{ср}}$ (точка A). Отрезок AB будет рабочей частью профильной линии. На этом участке реперы закладываются один от другого на расстоянии, определяемом по табл. XXII.39. От точки B на расстоянии 100 и 150 м между собой закладываются два опорных репера.

Кратковременная наблюдательная станция для частотных наблюдений состоит из одной профильной линии, расположенной по простиранию пласта и проходящую через точку максимального оседания (точка O , см. рис. XXII.17). Длина профильной линии зависит от длительности наблюдений и скорости подвигания забоя и определяется следующим образом. На разрезе по простиранию от места положения забоя на момент проведения первого наблюдения (точка E , рис. XXII.18, б) в сторону выработанного пространства проводится линия под углом 40° и получается точка A . В сторону неотработанной части пласта проводится линия под углом δ_0 в ко-

ренных породах и φ в наносах и получается точка C . От точки C в сторону неотработанной части плоскости откладывается отрезок $CB = cT$, где c — скорость подвигания забоя, а T — период проведения наблюдений. Отрезок AB определяет рабочую часть линии, где реперы закладываются на таких же расстояниях друг от друга, как и на рядовой станции.

Грунтовые реперы могут изготавливаться из обрезков рельсов, металлических трубок (диаметром 25—30 мм) или металлических стержней (диаметром 25—30 мм). Длина их должна быть на 30—40 см больше глубины промерзания грунта. Верхние концы металлических стержней должны быть обработаны на полусферу, в центре которой высверливаются углубления диаметром 1—2 мм, глубиной 5—7 мм. К верхней части трубки должна быть приварена головка с полусферой и таким же нанесенным центром, как и на металлических стержнях.

Опорные реперы на долговременных и рядовых станциях должны быть обязательно забетонированы. Причем бетонироваться должна только часть репера, расположенная ниже глубины промерзания грунта. Реперы лучше бетонировать в скважинах диаметром 100—200 мм. На долговременных и рядовых станциях рабочие реперы могут быть забивными. Для предохранения реперов от механических повреждений необходимо, чтобы головка репера находилась ниже поверхности земли на 30—50 см.

На кратковременных станциях целесообразно реперы делать забивными и для них могут быть использованы отрезки металлических стержней, труб и даже деревянные колья, в которые вбиваются металлические центры. Длина таких реперов может быть 0,7—1,0 м.

Схемы специальных наблюдательных станций зависят от поставленных задач перед наблюдениями. Обычно такие станции закладываются при подработке жилых и общественных зданий, промышленных сооружений, шахтных стволов и т. д. В этом случае наблюдательные станции должны состоять из совокупности грунтовых и ственных реперов. Стенные реперы закладываются в цоколях фундаментов ниже слоя гидроизоляции по всему периметру. Расстояния между реперами принимают обычно от 4 до 10 м. На каждой стороне должно быть не менее 3 реперов, грунтовые реперы закладывают против ственных на расстоянии от них 1,5—2,0 м.

Наблюдения на станциях заключаются в инструментальном определении перемещения реперов в пространстве в зависимости от времени с обязательным фиксированием всех факторов, влияющих на величины и характер*

сдвижения, а также в производстве замеров видимых деформаций земной поверхности и подрабатываемых сооружений.

Сдвигения в вертикальной плоскости определяют нивелировкой, в горизонтальной плоскости — измерением интервалов между реперами. Опорные реперы станции должны быть привязаны к ближайшим пунктам триангуляции или полигонометрии. Допустимая невязка привязочного теодолитного хода не должна превышать 1 : 2000. Высотную привязку реперов осуществляют от пунктов нивелирной сети.

Передачу отметок от исходных к опорным реперам, а также нивелировку всех реперов станции производят замкнутыми полигонами, замкнутыми ходами (когда с обоих концов профильной линии имеются опорные реперы) в одном направлении или висячими ходами — в двух направлениях. На каждой нивелирной станции отсчеты берут по черным и красным сторонам реек. Расхождение в превышениях на станции, полученных по черным и красным сторонам реек, не должно превышать ± 3 мм. Отсчеты берут на связующих реперах и на промежуточных по средней нити нивелира. Невязки пре синений ходов или полигонов не должны превышать $\pm 15 \text{ VL}$ мм (L — периметр хода, км).

Расстояние между [реперами измеряют стальными компарированными рулетками в прямом и обратном направлениях. Расхождение между непосредственно измеренным интервалом в двух направлениях не должно превышать ± 2 мм. Среднеквадратические ошибки инструментальных измерений при длине интервалов 10—15 м могут сопровождаться следующими погрешностями: оседание — до 10—15 мм, горизонтальное сдвижение — до 20—25 мм, наклоны — до $(0,3—0,4) \cdot 10^{-3}$, кривизна — до $(0,03—0,05) \cdot 10^{-3}$ и горизонтальные деформации — до $(0,3—0,4) \cdot 10^{-3}$.

Первое наблюдение проводят спустя 5—7 дней после бетонирования реперов. Начальное положение реперов определяют как среднее из двух самостоятельных наблюдений, проводимых на долговременных и рядовых станциях через 5—10 дней, на кратковременных — через 1—2 дня. Сроки проведения последующих наблюдений устанавливают в зависимости от поставленных задач.

Если необходимо получить только конечные величины параметров сдвижения (граничные углы, углы сдвижения, оседание, горизонтальное сдвижение, деформации), достаточно провести, кроме начального, еще два наблюдения. Второе наблюдение приурочивается к окончанию периода опасных дефор-

маций, последнее — ко времени затухания процесса сдвижения.

Если необходимо получить детальные сведения о процессе сдвижения, проводят (кроме начального и конечного наблюдения) не менее четырех наблюдений через равные интервалы времени между начальным и конечным наблюдениями.

На кратковременных наблюдательных станциях количество и частота наблюдений определяются задачами, поставленными перед наблюдениями. В зависимости от глубины разработки наблюдения проводятся через 1—10 дней. Материалы наблюдений после окончания каждой серии наблюдений подвергаются аналитической и графической обработке.

Аналитическая обработка результатов нивелирования заключается в определении отметок всех реперов для каждой серии наблюдений. По данным линейных измерений определяют длину интервалов между реперами и расстояние до любого репера профильной линии от опорного. Во все измеренные интервалы предварительно вводят поправки: за наклон, температуру, компарирование, провес (если измерения проводились на весу). Результаты аналитической обработки заносят в специальные журналы.

После обработки результатов определяют следующие данные: оседание $t = H_{т-г} - H_{т-г}$,

$$\text{наклоны } i = \frac{Q''}{l}, \text{ кривизну } K = \frac{i_m - i_{m-1}}{l}, \text{ радиус кривизны } R = \frac{1}{K},$$

горизонтальное сдвижение вдоль профильной линии $\xi = \xi_1 - D_{Zr}$, горизонтальную деформацию $e = \frac{\xi}{l}$, мм/м. Здесь: $H_{т-г}$ —

отметка предыдущего наблюдения; H_m — последующего наблюдения; t_1 и t_2 — оседания переднего и заднего концов интервала между реперами; l — длина интервала; i_{m-1} и i_m — наклоны предыдущего и последующего интервалов; D_x и D_2 — расстояние от опорного репера из предыдущего и последующего наблюдений; d_1 и d_2 — приведенная длина интервалов (предыдущего и последующего наблюдений).

Графическая обработка заключается в составлении совмещенного плана наблюдательной станции и горных выработок (обычно в масштабах 1 : 1000—1 : 2000), геологических разрезов по профильным линиям, на которых должны быть показаны: профиль земной поверхности, реперы профильной линии, линия контакта наносов с коренными породами, строение горных пород (колонка), границы очистной выработки, время прохождения забоя под линией.

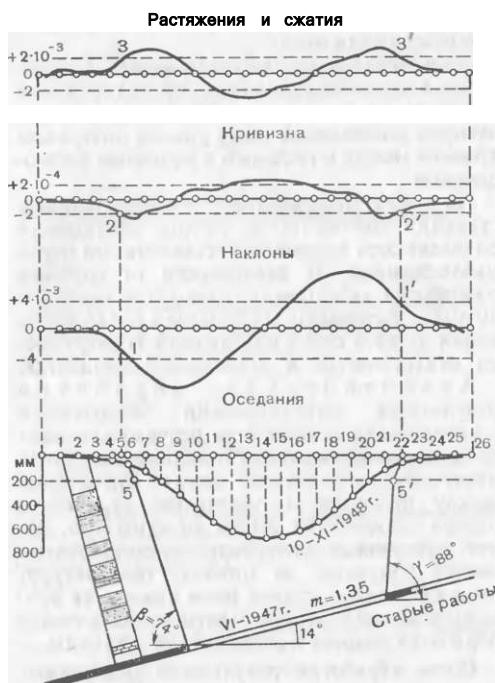


Рис. XXII.19. Графики сдвижения для определения углов сдвижения

Графики оседаний, горизонтальных сдвижений, наклонов, кривизны, растяжений, сжатий строят в масштабах, удобных для изображения на том же чертеже, на котором показан геологический разрез. По построенным графикам определяют положение характерных точек в мульде сдвижения относительно границ выработанного пространства: максимального оседания, максимального горизонтального сдвижения, максимального растяжения, сжатия, границ мульды сдвижения, границ зоны опасных сдвижений.

Углы сдвижения определяют по положению точек опасных деформаций — наклонов, кривизны, растяжений после затухания процесса сдвижения. За границу зоны опасных сдвижений принимают точки, в которых земная поверхность получила кривизну $0,2 \cdot 10^{-3}$, растяжения $2,0 \cdot 10^{-3}$, наклон $4 \cdot 10^{-3}$. Угол сдвижения определяется по одной из точек, которая дает наиболее пологий угол (рис. XXII.19). За граничную точку сдвижения принимают точку на краю мульды, в которой оседания не превышают 15 мм, либо растяжение $0,5 \cdot 10^{-3}$. По этим точкам определяют граничные углы. Углы

разрывов на разрезах определяют соединением границы выработки с трещиной, ближайшей к границе мульды.

При обработке результатов наблюдений на кратковременной станции строят разрез по простиранию через профильную линию и графики оседаний, горизонтальных сдвижений, растяжений, сжатий, кривизны, наклонов, скоростей оседания и горизонтальных сдвижений. По построенным графикам определяют положение характерных точек мульды сдвижения относительно движущегося забоя. Положение характерных точек определяют на момент каждого наблюдения. По положению точки с опасными деформациями определяют значение угла сдвижения β при движущемся забое на каждую дату наблюдений и его среднее значение. Кроме того, определяют граничные углы и углы разрывов. Построения производят так же, как и на разрезе вкрест простирания.

По скоростям сдвижений и времени появления опасных деформаций определяют длительность отдельных стадий процесса сдвижения (начальную, активную и затухания).

Интегрируя скорости сдвижений и деформаций, можно получить максимальные значения сдвижений и деформаций [3].

Список литературы

1. Инструкция о порядке утверждения площадей под строительство промышленных предприятий, городов, поселков, сооружений и водоемов при размещении их на площадях залегания полезных ископаемых. М., Углетехиздат, 1956.
2. Инструкция о порядке согласования разработки железных дорог на угольных и сланцевых месторождениях. М., изд. Минуглепрома СССР, 1969 (ротапринт).
3. Инструкция по наблюдениям за сдвижением земной поверхности и за подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях. JL, ВНИМИ, 1958.
4. Методические указания по проектированию мер защиты эксплуатируемых зданий и сооружений в районах залегания крутопадающих пластов. JL, ВНИМИ, 1973 (ротапринт).
5. Методические указания по проектированию горных мер защиты подрабатываемых объектов. JL, ВНИМИ, 1975 (ротапринт).
6. Рекомендации по проектированию мероприятий для защиты эксплуатируемых зданий и сооружений от влияния горных выработок в основных угольных бассейнах. М., Стройиздат, 1967.
7. Руководство по расчету и проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. М., Стройиздат, 1977.
8. Строительные нормы и правила (СНиП II-A.14—71). М., Стройиздат, 1972.
9. Указания по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях (СН 289-64). М., Стройиздат, 1965.
10. Указания по определению условий безопасной выемки угля под водными объектами и их охране. JL, ВНИМИ, 1977 (ротапринт).

Маркшейдерские работы по обеспечению устойчивости бортов разрезов

1. Общие сведения о деформациях и устойчивости бортов разрезов, откосов уступов и отвалов

Под устойчивостью бортов разрезов, откосов уступов и отвалов понимают такое их состояние, при котором деформации, неизбежно возникающие при проведении открытых горных выработок и отсыпке отвалов, не превышают допустимых величин, существенно не влияющих на технологию горных работ.

Виды деформаций бортов разрезов и откосов уступов, нарушающих нормальный технологический процесс, приводящих к потерям готовых к выемке запасов полезного ископаемого и представляющих опасность для работающих в разрезе людей и техники,

приведены в табл. XXIII. 1. Из деформаций наиболее опасными являются обрушения и оползни.

Задача геолого-маркшейдерской службы горных предприятий по обеспечению устойчивости бортов разрезов заключается в предотвращении активной стадии развития оползней и обрушений, т. е. в ограничении деформаций бортов разрезов, откосов уступов и отвалов до допустимых величин.

Предотвращение опасного развития деформаций бортов и отвалов достигается путем установления при проектировании разрезов допустимых по инженерно-геологическим условиям углов наклона бортов и углов разгона ярусов отвалов, а также путем организации и проведения инструментальных маркшейдерских наблюдений за деформациями откосов в период строительства и эксплуатации разрезов.

Таблица XXIII. 1

Деформации бортов разрезов и откосов уступов

Характер деформаций	Виды деформаций	Условия и причины возникновения деформаций
Скатывание отдельных кусков и глыб к основанию откоса	Осыпи откосов мягких связных пород Осыпи откосов несвязных пород	Под влиянием выветривания крутых откосов (осыпание становится более интенсивным при отсутствии заоткоски уступов)
	Осыпи откосов трещиноватых твердых пород	Под влиянием массовых взрывов, вследствие отсутствия заоткоски наклонными скважинами и выветривания

Продолжение табл. XXII 1.1

Характер деформаций	Виды деформаций	Условия и причины возникновения деформаций
Быстрое смещение породных масс по крутой поверхности скольжения	Обрушения по подрезанным контактам слоев, дизъюнктивам и сланцеватости	При падении слоев и дизъюнктивных нарушений в сторону выемки круче 25—30°
	Обрушения по поверхностям, ослабленным трещинами	При падении трещин в сторону выемки круче 35—40°
	Обрушения по криволинейным поверхностям	При завышенных угле и высоте откоса
	Обрушения по сложным поверхностям ослабления	Наличие поверхностей ослабления
Медленное смещение породных масс по пологой поверхности	Оползни изотропных массивов	Подток грунтовых вод к откосу и скопление дождевых и талых вод
	Фiltrационные оползни	Подкапывание откоса вследствие выноса фильтрующимся потоком слабосвязных частиц
	Покровные оползни	Наличие рыхлых отложений на склоне твердых пород и отсутствие регулирования стока дождевых вод
	Контактные оползни	Подрезка обводненных контактов пологозалегающих слоев глинистых пород и дизъюнктивных нарушений, заполненных глиной трения
Медленное смещение породных масс по пологой поверхности	Оползни выпирания	Наличие нескрытых слоев пластичных глин; обводнение площадок уступов и прибортовой полосы
	Глубинные оползни слоистых пород лежащего бока	Наличие слоев пластичных глин и напорных вод
	Оползни-надви́ги	Наличие слабых контактов или вскрытых слоев пластичных глин

Продолжение табл. XXXII 1.1

Характер деформаций	Виды деформаций	Условия и причины возникновения деформаций
	Оползни отвалов: надподошвенные	Прочное основание и слабые породы отвала, дополнительное увлажнение отвальных пород (особенно в основании отвала)
	подошвенные (контактные)	Наклонное слоистое основание
	подподошвенные (выпира-ния)	Прочные породы отвала, слабое основание, напорные воды в основании отвала
Оплывины — течение насыщенных водой рыхлых пород нарушенной структуры	Консистентные оплывины	Насыщение водой рыхлых пород и высокопористых отложений, обладающих сцеплением упрочнения (лессовидных суглинков и др.) до консистенции текучести
	Фiltrационные оплывины	Оплывание, связанное с выносом песчаных частиц фильтрующимся потоком

Просадки — вертикальное опускание припортовых участков рыхлых породных масс без образования сплошной поверхности скольжения

Просадки пород естественной структуры

Увлажнение (закачивание) высокопористых отложений (лессов, лессовидных суглинков, выщелоченных пород)

Просадки пород нарушенной структуры (отвалов)

Уплотнение отвалов рыхлых пород (усиливается при увлажнении)

Просадки с выпиранием оснований

Наличие слабых пластичных слоев в основании откоса

2. Методы расчета углов наклона бортов разрезов и параметров откосов отвалов

Допустимые по инженерно-геологическим условиям углы наклона бортов разрезов и параметры откосов отвалов при проектировании устанавливаются путем расчета на предельное равновесие пород в откосах. Степень устойчивости откосов оценивается коэффициентом запаса устойчи-

вости, определяемого как отношение суммы всех сил 25, препятствующих смещению пород по поверхности скольжения, к сумме сил 27\ сдвигающих массив по этой поверхности, т. е.

$$\frac{E}{BT} \quad (XXIII.1)$$

Сдвигающими силами являются касательные (относительно поверхности скольжения) составляющие веса элементарных блоков горной породы и внешних на-

грузок, располагаемых над поверхностью скольжения, а также касательные составляющие сейсмических и гидродинамических сил.

Удерживающими силами (препятствующими смещению) являются силы трения и сцепления, действующие по поверхности скольжения, а также другие силы, препятствующие смещению массива, в том числе искусственные, создаваемые подпорными стенками, сваями, анкерами и др.

Поверхностью скольжения при расчетах устойчивости откосов принимается наиболее слабая поверхность, по которой соотношение сил в выражении (XXIII.1) является минимальным.

Форма расчетной поверхности скольжения и ее расположение в борту разреза (откосе отвала) зависят от геологического строения и расположения в нем ослабленных поверхностей с пониженными силами сцепления и коэффициентом внутреннего трения.

Методы расчета устойчивости откосов. Наиболее распространенным методом расчета устойчивости откосов является так называемый метод круглоцилиндрической поверхности, который применим при отсутствии в откосе ослабленных поверхностей. Круглоцилиндрическая поверхность скольжения позволяет рассматривать ограниченный ею массив недеформируемым «жестким клином». При таких условиях ожидаемое смещение массива рассматривается как вращение «жесткого клина» вокруг оси, параллельной откосу и служащей осью кругового цилиндра, поверхность которого является поверхностью

скольжения. В плоской задаче круглоцилиндрическая поверхность скольжения превращается в дугу окружности ACB , а ось цилиндра — в точку O (рис. XXIII.1).

Вращательным моментом жесткого клина вокруг точки O является произведение его массы на горизонтальное расстояние между центром тяжести клина и центром вращения. Обычно вращательный момент M_p определяется путем алгебраического сложения моментов от массы отдельных блоков P_{ij} на которые разделяют призму возможного обрушения:

$$M_p = 2 a P_i. \quad (XXIII.2)$$

Как видно из рис. XXIII.1, $a_i = R \sin \varphi_i$, где R — радиус круглоцилиндрической поверхности скольжения; a — горизонтальное расстояние между центром тяжести отдельных блоков и точкой O ; φ_i — угол наклона поверхности скольжения в точке, лежащей на одной вертикали с центром тяжести блока.

Моментом сил, удерживающих призму возможного обрушения от вращения, является произведение сил трения $2S$ и сцепления на радиус круга:

$$(XXIII.3)$$

где k — удельная сила сцепления; L — длина дуги ACB , численно равная площади поверхности скольжения цилиндрического тела длиной 1 м.

Силы трения по поверхности скольжения определяются как произведение коэффици-

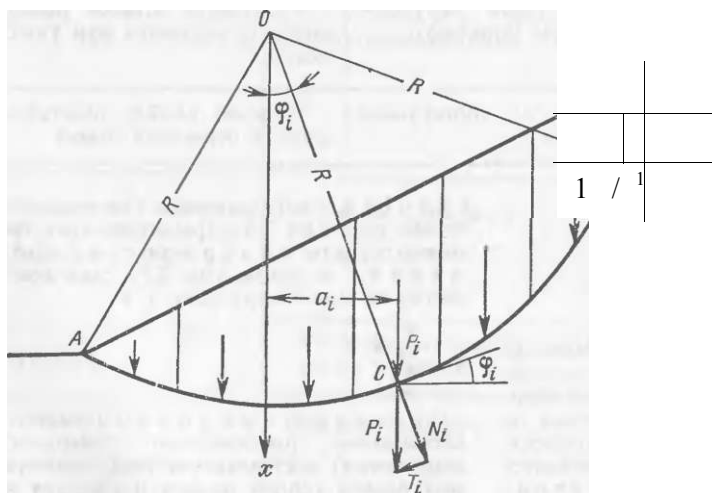
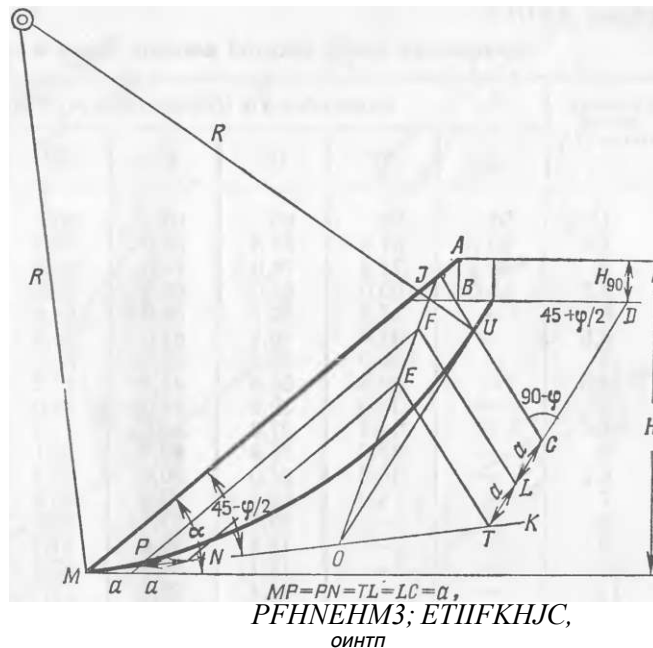


Рис. XXIII.1. Схема к расчету методом круглоцилиндрической поверхности скольжения

Рис. XXIII.2. Построение круглоцилиндрической поверхности



ента внутреннего трения пород на сумму нормальных составляющих сил массы отдельных блоков:

$$\sum \gamma V_i \cos \varphi_i$$

Приравнявая нулю сумму моментов, действующих на призму возможного обрушения, получаем выражение

$$\sum \gamma V_i N_i + kL = 0 \quad (XXIII.4)$$

где $T_i = P_i \sin \varphi_i$ — касательная составляющая массы отдельных блоков призмы возможного обрушения.

Из формулы (XXIII.4) видно, что при круглоцилиндрической поверхности скольжения можно производить алгебраическое сложение сдвигающих и удерживающих сил, возникающих в основании каждого элементарного блока породы.

В теории предельного равновесия пород в откосах [2] показано, что алгебраическое сложение сдвигающих и удерживающих сил можно производить и при пологой плавной некруглоцилиндрической поверхности скольжения.

Отыскание наиболее слабой поверхности (поверхности скольжения) в методе круглоцилиндрической поверхности является наиболее трудоемкой операцией. Из многочисленных предложений по построению наиболее слабой поверхности наиболее просто ее можно построить по методу Г. Л. Фисенко [2], в котором она пересекает откос в его нижней точке или подошву откоса (при $\alpha < 45^\circ$) под углом $45^\circ - \varphi/2$ и под таким же углом в верхней части пересекает вертикаль (рис. XXII.2).

По большому числу расчетов установлена зависимость между высотой борта H , его углом наклона α , плотностью γ и средними характеристиками k и φ , приведенная в табл. XXIII.2. В первой графе таблицы приведена величина H' , определяемая по формуле

$$H' = H \cdot \sin^2 (45^\circ - \varphi/2) \cdot \cos \varphi \quad (XXIII.5)$$

Пример. Определить угол наклона борта при $H = 300$ м, $\varphi = 26^\circ$, $k = 40$ т/м²; $\gamma = 2,5$ т/м³.

По формуле (XXIII.5) $H' = 5,9$. По табл. XXIII.2 для $H' = 5,9$ и $\varphi = 26^\circ$ путем интерполяции находим $\alpha = 46^\circ 24'$.

Метод многоугольника сил является более универсальным при наличии

Таблица XXIII.2

Зависимость между высотой плоского борта и его углом наклона

Условная высота откоса #', м	Наклон борта α (градусы) при угле внутреннего трения $\leq \rho$							
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
1	90	90	90	90	90	90	90	90
1,5	80,7	81,4	82,3	83,0	83,0	84,0	84,5	85,0
2	69,2	71,3	73,0	74,6	75,8	77,3	78,1	79,6
2,5	53,0	60,0	63,5	65,5	68,2	71,0	72,5	74,4
3	—	47,3	53,7	58,0	61,8	65,2	68,0	70,2
3,5	—	37,0	46,1	51,0	56,3	60,2	64,0	66,5
4	—	28,0	39,5	45,8	51,3	56,0	60,1	63,6
4,5	—	22,3	34,6	41,6	47,2	52,5	56,9	60,9
5	—	18,0	30,8	38,0	44,0	49,6	53,9	58,5
5,5	—	14,7	27,8	35,0	41,4	47,0	51,7	56,6
6	—	12,0	25,8	32,7	39,1	45,0	50,0	54,8
6,5	—	10,0	24,0	30,9	37,3	43,4	48,5	53,4
7	—	8,0	22,5	29,4	36,8	41,9	47,1	52,1
8	—	—	20,1	27,1	33,6	39,3	45,2	50,2
9	—	—	18,4	25,6	31,7	38,0	43,9	48,6
10	—	—	17,1	24,2	30,3	36,7	42,6	47,4
11	—	—	16,4	23,4	29,7	35,7	41,6	46,4
12	—	—	15,8	22,7	29,0	35,0	40,7	45,6
14	—	—	14,6	21,4	27,9	34,0	39,2	44,3
16	—	—	14,2	20,8	26,8	33,0	38,3	43,0
18	—	—	—	19,8	26,2	32,3	37,7	42,7
20	—	—	—	19,2	25,5	31,7	37,1	42,1
24	—	—	—	—	24,7	30,3	36,5	40,9
28	—	—	—	—	—	29,7	35,7	40,3

в откосе (борту разреза) различным образом ориентированных поверхностей ослабления массива. В этом методе форма поверхности скольжения и ее расположение в откосе в большей степени предопределяется расположением поверхностей ослабления. Призма возможного оползания разделяется на блоки гранями, ориентировка которых определяется положением в откосе крутых поверхностей ослабления или направлением наибольших главных напряжений. По граням блоков прикладываются действующие по ним векторы внешних и внутренних сил (в том числе и объемных сил, которые прикладываются к центру тяжести блоков). После этого для каждого блока последовательно определяются значения неизвестных сил. Точность решения задачи этим методом в большой степени зависит от того, как производится разделение области, находящейся в предельном состоянии, на взаимодействующие блоки, которые в этом методе принимаются жесткими. Силы, распределенные по граням между блоками, заменяются сосре-

доточенными силами, представленными силами сцепления, трения и нормальными к граням силами реакций между блоками.

Принципы метода многоугольника сил изложены в работе [2]. На рис. XXIII.3 приведена схема сил, действующих по граням блока, с учетом объемных сил при свободной верхней грани. На рассматриваемый блок действует реакция E' от предыдущего блока справа, сила собственной массы блока P , силы сцепления kl'' , kl''' и силы R'' и R''' , являющиеся равнодействующими сил трения и нормальных составляющих N'' и N''' . Искомая в этом примере сила реакции E'' на последующий блок является геометрической суммой (равнодействующей) сил сцепления kl''' , сил трения $N''' \operatorname{tg} \phi$ и нормальной составляющей взаимодействия между блоками. Решение становится возможным при условии замены сил трения и нормальной составляющей их равнодействующей R , отклоняющейся от нормали на угол, равный углу внутреннего трения между блоками. Эта равнодействующая R отклоняется от

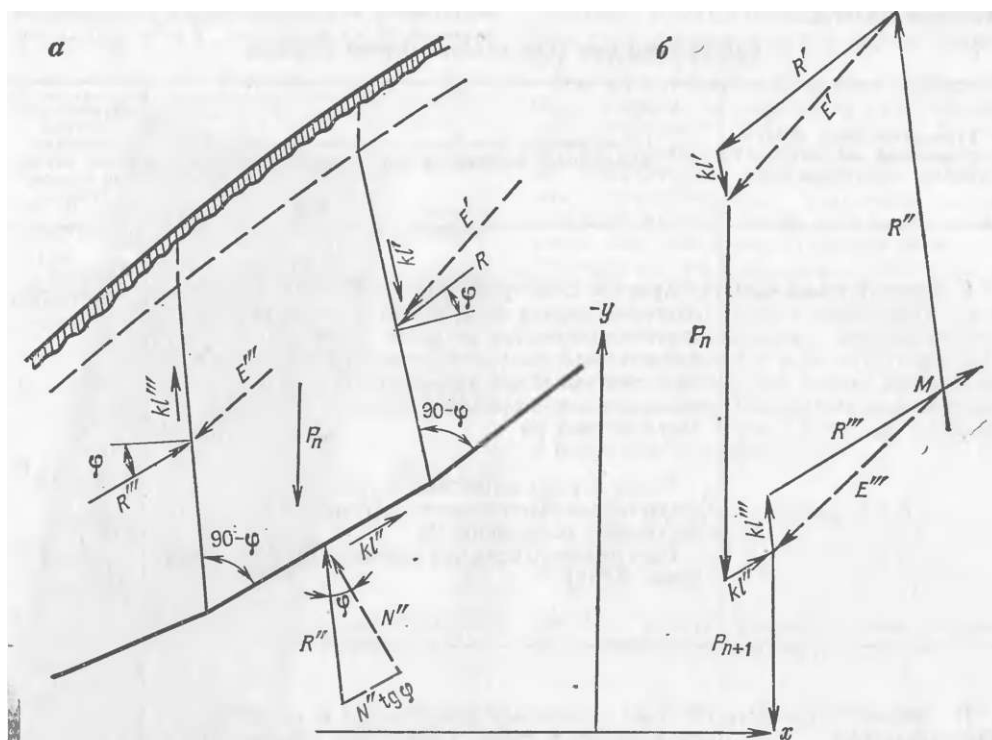


Рис. XXIII.3. Схема сил, действующих на элементарный блок горных пород (а) и многоугольник сил (б)

нормали в сторону, противоположную направлению возможного проскальзывания рассматриваемого блока относительно смежного. На графике (рис. XXIII.3, б) силы сцепления откладываются по направлениям, параллельным граням, и их величина является произведением сцепления на площадь грани. Реакции R'' и R''' известны по направлениям, а их величина определяется (ограничивается) точкой пересечения М на графике сил. Реакция E''' на последующий блок является равнодействующей сил kl''' и R''' .

При расчете по этому методу коэффициент запаса устойчивости приближенно может быть определен по формуле

$$K = 1 + \frac{hkl''}{2 \sin \phi}, \quad (\text{XXIII.6})$$

сил АТ — избыточная сила в сумме сил последнего блока, необходимых для его предельного равновесия; hkl'' — сумма сил сцепления по поверхности скольжения; $2 \sin \phi$ — сумма сил трения по поверхности скольжения.

Отрезок АТ проводится параллельно силе kl''' в последнем блоке. При этом если при замыкании многоугольника сил он будет направлен вправо от конца отрезка kl'' , то его величина будет отрицательной и коэффициент устойчивости откоса будет меньше единицы, а если влево, то АТ величина положительная, а коэффициент запаса будет больше единицы. В тех случаях, когда при определении по формуле (XXIII.6) коэффициент запаса получается больше 1,2, то его необходимо ввести в расчетные характеристики сопротивления сдвигу и повторить расчет.

В реальных геологических условиях часто необходимо применять комбинарованные методы решения задач на предельное равновесие: на криволинейном плавном участке поверхности скольжения производится алгебраическое сложение сдвигающих и удерживающих сил, а в зоне, замыкающей к излому поверхности скольжения, производится геометрическое сложение сил.

Предельная высота откоса в котором содержится плоская поверхность

Таблица XXIII.3

Ориентировочные углы наклона бортов разрезов

Геомеханическая характеристика комплексов пород, составляющих борт	Геологические условия и основные факторы, оказывающие влияние на углы наклона бортов	Ориентировочная величина углов наклона бортов, градус
I. Крепкие (скальные)	Крепкие слаботрещинчатые породы. Основные факторы: ширина берм, высота уступов и углы их откосов, зависящие от углов падения в сторону разреза слоев, наличия крупных тектонических трещин, тектонических нарушений, контактов между изверженными породами различного петрографического состава (а)	До 55—60
	Те же породы интенсивной трещиноватости при отсутствии неблагоприятно ориентированных поверхностей ослабления (б)	40—45
	Борт лежащего бока при падении слоев под углом менее 40° (в)	30—35
II. Средней крепости (полускальные)	Зоны выветрелых изверженных и метаморфических пород, а также хлоритовые, серицитовые и талько-хлоритовые сланцы, аргиллиты, алевролиты, песчаники средней прочности:	
	при отсутствии поверхностей ослабления большого протяжения, падающих в сторону разреза (а);	38—45
	при наличии поверхностей ослабления, падающих в сторону разреза (б) и при мульдообразном залегании слоев пород (в)	30—35 25—30
III. Слабые (глинистые и песчано-глинистые)	Борта сложены в основном песчано-гравийными, меловыми, дезинтегрированными изверженными и другими хорошо дренируемыми отложениями. В нижней части борта пластичных глин и поверхностей ослабления нет (а)	20—30
	В нижней части борта или в его основании имеются слои пластичных глин или поверхности ослабления—древние поверхности скольжения и слабые контакты между слоями (б)	6—25

ослабления с характеристиками сопротивления сдвигу ϕ' и k' определяется по формуле

$$H = \frac{k' \cos \phi'}{y \cos p \sin (P - \phi') (1 - V \operatorname{ctg} a \operatorname{tg} p)} \quad (\text{XXIII.7})$$

где a , p — угол откоса и угол падения поверхности ослабления; y — плотность пород.

Предельная высота откоса, содержащего поверхность ослабления, параллельную откосу, определяется по формуле

$$H = \frac{I}{90 - \operatorname{ctg} a \operatorname{tg} ij} \quad (\text{XXIII.8})$$

$$(\text{XXIII.9})$$

$$\operatorname{tg} ij' = \operatorname{tg} \phi' + \frac{k'}{a_{cp}}$$

где a_{cp} — средняя интенсивность нормального напряжения по поверхности ослабления.

H' Да°	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	15,0	11,0	9,0	7,5	6,7	6,0	5,3	4,7	4,2	3,9	3,6	3,3

3. Определение расчетных характеристик сопротивления сдвигу горных пород в массиве

Расчетные характеристики сопротивления сдвигу горных пород в массиве определяются в следующей последовательности:

производится районирование бортов по периметру разреза с целью их разделения на участки, характеризующиеся достаточно однородными инженерно-геологическим и условиями;

по каждому однородному участку вкост •простираения борта строят один или два детальных геологических разреза;

на разрезе проводится ориентировочное положение поверхности борта (по табл. XXII.1.3), положение наиболее слабой поверхности и выделяют слои или группы слоев пород, характеризующиеся определенными показателями сопротивления сдвигу э образце (ϕ ; и k), плотности пород y , и трещиноватости W ;

определяют средневзвешенные величины

В табл. XXIII.3 приведены ориентировочные углы наклона плоских бортов разреза для типовых условий.

В ы п у к л ы й п р о ф и л ь придается борту разреза, состоящему из ряда уступов, для сокращения объема вскрыши. В этом случае производятся расчеты устойчивости по трем-четырем поверхностям скольжения, ограничивающим различные высоты борта при одном и том же положении нижней точки всех поверхностей скольжения.

Б о р т а в о г н у т о г о в п л а н е к о н т у р а (круглых или овальных в плане выемок, а также участка сопряжения бортов различного простираения) характеризуются лучшей устойчивостью и им можно придавать углы более крутые, чем бортам прямолинейного простираения. Ниже приведены поправки в углы наклона борта за счет его кривизны в плане при условии

$$X \operatorname{tg} (45^\circ - \phi_n),$$

где R — радиус нижней бровки разреза; Φ_n — расчетная величина угла трения.

этих характеристик вдоль поверхности скольжения по формулам:

$$2 \Phi_i O_i h$$

$$2j^i i \quad (\text{xxш.10})$$

$$km_i = k_i \frac{1 + a/\ln H w_i}{1 + a/\ln H w_i} = k_i h_i,$$

где h — мощность каждого однородного слоя пород; l_i — протяженность в нем отрезка поверхности скольжения; — расстояние между поверхностью скольжения и поверхностью борта по средней линии каждого слоя; a ; — приближенные величины нормального напряжения в середине соответствующих участков поверхности скольжения; K — коэффициент структурного ослабления массива; a , — коэффициент, зависящий от прочности пород в образце и характера трещиноватости (табл. XXIII.4) [2].

Таблица XXII.4

Определение сцепления в образце и коэффициента a_1

Характеристика пород	Сцепление в образце, кг/см ²	Коэффициент a_1
Песчано-глинистые слабоуплотненные и слаботрещиноватые отложения, сильновыветрелые, полностью каолинизированные породы	4—9	0,5
Уплотненные песчано-глинистые отложения, в основном нормальносекущей трещиноватости, сильно каолинизированные изверженные породы	50—80	2
Те же породы с развитой кососекущей трещиноватостью	50—80	3
Крепкие слоистые породы, преимущественно нормальносекущей трещиноватости	150—200	4
Крепкие породы, преимущественно нормальносекущей трещиноватости	200—300	6
Крепкие изверженные породы с развитой кососекущей трещиноватостью	> 300	7
	> 200	10

В среднезвешенные характеристики сопротивления сдвигу, а также в характеристики сопротивления сдвигу по поверхностям ослабления вводится коэффициент запаса устойчивости n путем деления этих характеристик на величину коэффициента запаса.

Величины коэффициента запаса в зависимости от характеристики откоса приведены в табл. XXIII.5 [3].

Механические характеристики сопротивления сдвигу горных пород в образце (в «куске») ϕ и k определяют путем испытания на «быстрый неконсолидированный сдвиг» в срезных приборах или на трехосное сжатие

в стабилометрах [4]. Методика этих испытаний излагается в курсах инженерной геологии, механики грунтов и горной геомеханики.

Величину сцепления пород в образце можно определить и по данным испытаний пород на одноосное сжатие высоких образцов (с отношением высоты к диаметру 2:1) по формуле [2]

$$k = y d^{\text{TM}} \operatorname{tg} (45^\circ - \dots) \quad (\text{XXIII.11})$$

Величины углов внутреннего трения пород приведены в табл. XXII.6.

Таблица XXIII.5

Определение величины коэффициента запаса

Общая характеристика откоса или борта	Величина коэффициента запаса в зависимости от срока службы откоса	
	до 5 лет	более 5 лет
Нерабочий борт, сложенный глинами или трещиноватыми породами	1,20	1,30
Нерабочий борт с преобладанием песчаных и гравелистых пород	1,15	1,20
Рабочий борт	1,20	
Откосы рабочих уступов и отвалов	1,20	
Откосы уступов нерабочего борта, сложенные глинистыми и трещиноватыми породами	1,50	2,00
Откосы уступов нерабочего борта, сложенные песчаными и гравелистыми породами	1,15	1,20

Таблица XXIII.6

Характеристики геомеханических групп пород

Геомеханические группы пород	Прочность на сжатие, кгс/см ²	Угол внутреннего трения, градус	Коэффициент длительной прочности	Представители литологических разностей
Прочные:	>1000	30—38	0,90—0,98	Невыветрелые и слабыветрелые изверженные и метаморфические породы, кварцевые и железистые песчаники, известняки и кремнистые конгломераты
зернистые				
сланцеватые		25—30	0,80—0,95	Сидеритизированные аргиллиты, сланцы
Средней прочности:		300—1000	30—38	0,85—0,95
зернистые				
сланцеватые	25—30		0,65—0,80	Глинистые, песчано-глинистые, серицитовые и талькохлоритовые сланцы
Слабые:	10—300		30—38	0,80—0,90
песчаные				
песчано-глинистые		25—30	0,60—0,80	Алевриты, мергели, мергельные глины
глинистые		20—25	0,50—0,70	Аргиллиты
Рыхлые:	<10	26-35	0,60—0,80	Рыхлые песчаники и глинистые пески
песчаные				
песчано-глинистые		20—28	0,50—0,70	Песчаные глины, супеси, суглинки
глинистые		10—20	0,40—0,60	Различные глины
Несвязные:	— 0	36—38	0,95	Щебень I и II группы, галечник, гравий
щебеночно-гравийные				
песчаные		32—36	0,90	Пески
пылеватые		20—30	0,80	Пылеватые пески и плавунуны

Таблица XXIII.7

Характеристики сцепления и трения

Характеристика поверхностей ослабления	Величина сцепления, тс/м ²	Величина угла внутреннего трения, градус
Сплошные неровные трещины и тектонические нарушения, не заполненные глиной трения	5—10	24—28
Ровные гладкие контакты между слоями крепких изверженных пород	10—18	16—25
Контакты между слоями пород с зеркальными поверхностями скольжения	1—5	9—12

Испытания на сдвиг отвальных масс (горных пород нарушенной структуры, отсыпаемых в отвалы) также производятся по методике быстрого неконсолидированного сдвига в срезных приборах с большой площадью среза (до 50,0 см²) [4].

Механические характеристики длительного сопротивления сдвигу горных пород определяют путем умножения на коэффициент длительной прочности характеристик сопротивления сдвигу, полученных при испытаниях по методике быстрого неконсолидированного сдвига.

Величины коэффициента длительной прочности зависят от минералогического состава пород и их прочности. Ориентировочные их значения по геомеханическим группам пород приведены в табл. XXIII.6. В этой же таблице приведены значения углов внутреннего трения пород [2].

Механические характеристики по поверхностям ослабления определяются путем натурных испытаний на срез больших призм, оконтуренных в массиве.

Ориентировочные величины характеристик сцепления и трения по поверхностям ослабления некоторых пород приведены в табл. XXIII.7 [3].

4. Маркшейдерские наблюдения за деформациями бортов разрезов, откосов уступов и отвалов

Наблюдения за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов проводятся с целью контроля степени их устойчивости.

Установленные путем расчета углы наклона бортов разрезов и углы разноса ярусов

отвалов из-за невысокой точности определения расчетных механических характеристик массива горных пород имеют недостаточный или избыточный коэффициент запаса устойчивости.

Вследствие изменения напряжений в массиве горных пород, вызванных проведением открытых горных выработок, деформациям подвергаются и те откосы, которые имеют достаточный коэффициент запаса устойчивости и в течение длительного времени не подвергаются оползням и обрушениям. Такие деформации являются не опасными для производства горных работ в разрезах. На рис. XXIII.4 изображены схемы допредельного деформирования слоистых откосов.

Анализ данных точных инструментальных наблюдений за деформациями откосов позволяет прогнозировать развитие деформаций во времени по мере увеличения глубины разреза и принимать меры по предотвращению их роста до таких величин, при которых начинается стадия активного смещения массива в виде оползня или обрушения.

Методика маркшейдерских наблюдений за деформациями бортов разрезов. Наиболее полные данные о характере деформаций откосов получают путем наблюдений за смещением реперов, заложенных по профильным линиям в направлении наибольшего наклона борта. На оползнях или предрасположенных к оползням склонах больших площадей конструкция наблюдательных станций может иметь другой вид, более удобный для данных условий, чем профильные линии.

Профильные линии наблюдательных станций закладываются на менее устойчивых участках борта, характеризующихся следующими признаками:

Рис. XXIII.4. Схемы допредельного деформирования слоистых откосов:
1 — ослабленная поверхность; 2 — поверхность скольжения; 3 — направления смещений

крутым углом наклона борта или крутым углом разгона ярусов многоярусного отвала;

большой глубиной разреза или высотой отвала;

подрезкой слоев в основании бортов и слоистым основанием отвалов;

наличием тектонических нарушений, слабых контактов и пластичных слоев в основании бортов или отвалов;

наличием в борту ослаблений, обусловленных спецификой древнего и современного рельефов на отдельных участках (балки, ложбины стока в древнем рельефе, карстовые проявления и т. д.);

обводненностью горных пород, увлажнением отвальных масс и обводненностью основания отвалов;

наличием на участках нерабочих бортов отвалов породы;

нагрузкой уступов тяжелым оборудованием.

Длина наблюдательных профильных линий устанавливается с таким расчетом, чтобы при

максимальной глубине разреза часть реперов оставалась в недеформируемой зоне. Располагаемые в этой зоне реперы называются опорными.

Длину опорной части наблюдательных профильных линий принимают равной от 50 до 150 м в зависимости от условий местности, геологического строения борта и глубины разреза.

Длина рабочей части линий зависит от протяженности оползня по линии наибольшего наклона борта и может достигать 300 м и более.

Расстояние между реперами принимают от 5 до 30—40 м в зависимости от высоты уступов и ширины площадок или от профиля конкретных участков борта. На каждой площадке уступа по прямой линии закрепляют не менее двух реперов.

Конструкция реперов определяется свойствами грунта в месте закладки и сроком их службы. Основное требование к конструкции репера заключается в том, чтобы в течение всего планируемого времени наблюдений

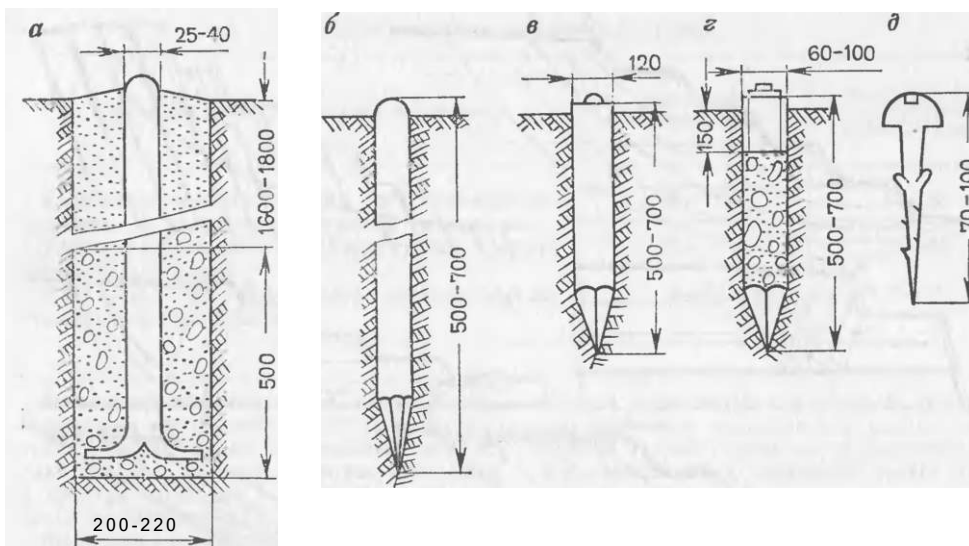


Рис. XXIII.5. Конструкция реперов наблюдательных станций:

а — репер длительного периода наблюдений; *б* — металлический забивной репер; *в* — деревянный забивной репер; *г* — металлический забивной трубчатый репер с засыпанным песком и деревянной пробкой; *д* — кованый гвоздь с головкой, заточенной на полусферу и с отверстием диаметром 2 мм, глубиной 3—4 мм (забивается в реперы конструкции *в* и *г*).

репер сохранял хорошую связь с грунтом и его смещение в пространстве отражали действительные перемещения горных пород в данной точке. На рабочей части линий этим требованиям удовлетворяют забивные реперы: при рыхлых грунтах — деревянные колья диаметром 110—120 мм, при породах средней прочности — металлические штыри. В крепкие породы пробуривают скважины-шпурсы диаметром до 40 мм, в которых цементируют металлические штыри.

К опорным реперам при наблюдениях за деформацией бортов предъявляются такие же требования, как и при наблюдениях за сдвижением горных пород. Рекомендуемые конструкции реперов изображены на рис. XXIII.5.

Точность геодезической привязки опорных реперов профильных линий должна соответствовать точности определения координат опорных реперов при наблюдениях за сдвижением горных пород или точности обоснования съемки открытых горных выработок.

Инструментальные наблюдения по каждой профильной линии и в каждой серии заключаются в определении превышений и горизонтальных расстояний между смежными реперами. По результатам этих определений для каждой серии составляют ведомость высот и горизонтальных

расстояний каждого репера от крайнего (первого) опорного репера. Разность высот и расстояний в смежных сериях или в последней и первой сериях определяют смещения каждого репера за период между сравниваемыми сериями наблюдений.

Точность определения превышений и горизонтальных расстояний устанавливается путем предрасчета в зависимости от поставленных задач наблюдений, условий рельефа и ожидаемой скорости смещения оползневого тела. Основным критерием, определяющим точность измерений при наблюдениях, является величина допустимой погрешности определения координат рабочих реперов, которая не должна превышать 0,1 величины смещения репера между сравниваемыми (смежными) сериями наблюдений. Обычно приходится увязывать точность измерений и частоту наблюдений со скоростью смещений оползня. При длительных медленных смещениях оползневого тела частота наблюдений составляет не более одной серии в квартал. На профильных линиях длиной более 300 м возникает необходимость измерения расстояний светодальномером или проволочным дальномером.

Невязка замкнутых ходов при геометрическом нивелировании горизонтальных или пологих (с наклоном до 8°) участков про-

фильных линий не должна превышать $\pm 21\Gamma$ или $\pm 61\Gamma L$ (здесь Γ — число штативов, L — длина хода, км). Тригонометрическое нивелирование наклонных участков профильных линий необходимо производить теодолитом с ценой деления вертикального круга не более 30" при двух положениях круга.

Тригонометрическое нивелирование по точности должно соответствовать подземной полигонометрии. При небольших смещениях реперов несколько повышается точность измерений, но во всех случаях она должна быть такой, чтобы погрешность определения расстояний и превышений каждого репера относительно начального репера не превышала 10% ожидаемой величины горизонтальных и вертикальных составляющих смещений за период между смежными сериями наблюдений.

Все измерения производят с контролем. В практике наблюдений за оползнями применяют следующие схемы измерений для обеспечения контроля при тригонометрическом нивелировании:

1. Прямые и обратные измерения каждого интервала или измерения в одну сторону при двух установках (горизонтах) теодолита производят в тех случаях, когда на площадках закрепляют по одному реперу.

2. При закреплении на площадке более одного репера с крайнего репера на верхней площадке измеряют углы и расстояния по крайней мере на два репера на нижней площадке, а затем производят геометрическое нивелирование всех реперов на этой площадке.

3. Если на оползневом участке закладывают параллельно две или три профильные линии, то тригонометрическое нивелирование производится по каждой линии в одном направлении без повторных измерений, после чего через два-три уступа все линии связываются геометрическим нивелированием.

Отклонение реперов от створа оказывает заметное влияние на определение горизонтального расстояния (по створу) от начального репера. Это отклонение определяется при помощи теодолита в каждой серии наблюдений.

По горизонтальным проложениям и превышениям составляют ведомость абсолютных (или относительных) высот и расстояний от начального репера по каждой профильной линии для каждой серии наблюдений.

Сравнивая высоты и горизонтальные расстояния от начального репера в смежных сериях, для каждого репера определяют горизонтальные и вертикальные составля-

ющие его смещения за период между смежными сериями наблюдений. Затем делят общую величину смещений (вектор смещения) на время, определяют средние скорости смещения каждого репера за время между смежными сериями наблюдений.

Упрощенные маркшейдерские наблюдения за деформациями откосов на разрезах проводятся на участках, где визуальным обследованием выявлены признаки формирующихся нарушений устойчивости (появление трещин, заколов и т. д.).

Упрощенные наблюдения за деформацией уступов и бортов разрезов состоят из следующих видов работ:

1. Периодическое нивелирование отдельных точек или групп точек, заложенных на характерных участках прибортовой зоны земной поверхности или на площадках уступов.

2. Наблюдения за раскрытием образовавшихся трещин с помощью двух горизонтальных реек, укрепленных на кольях с обеих сторон от трещины. На рейки наносят штрихи, по которым наблюдают за их относительным смещением.

3. Комбинированные наблюдения за влиянием взрывных работ на устойчивость откосов, уступов и сооружений, включающие измерения смещений реперов, деформаций на отдельных участках и колебаний с помощью сейсмографов, установленных на различных расстояниях от ряда взрываваемых скважин.

4. Наблюдения за выветриванием пород в откосах уступов и их осыпанием.

5. Наблюдения за основанием откосов на участках высачивания грунтовых вод проводятся во всех случаях, когда под влиянием грунтовых вод возникают фильтрационные деформации.

6. Наблюдения за деформациями высоких отвалов, которые обычно проявляются в виде просадки или сдвига (как начала развития оползня). Горнотехнические мероприятия, применяемые для борьбы с этими видами деформаций, различны.

В состав геолого-маркшейдерских работ по обеспечению устойчивости откосов уступов входит также и съемка трещин в горных породах как по их искусственным, так и по естественным обнажениям. Предметом изучения являются элементы залегания и местоположение трещин, характер их поверхности и состав заполняющего материала.

Системы ступенчато расположенных трещин отличаются интенсивностью не более 3,

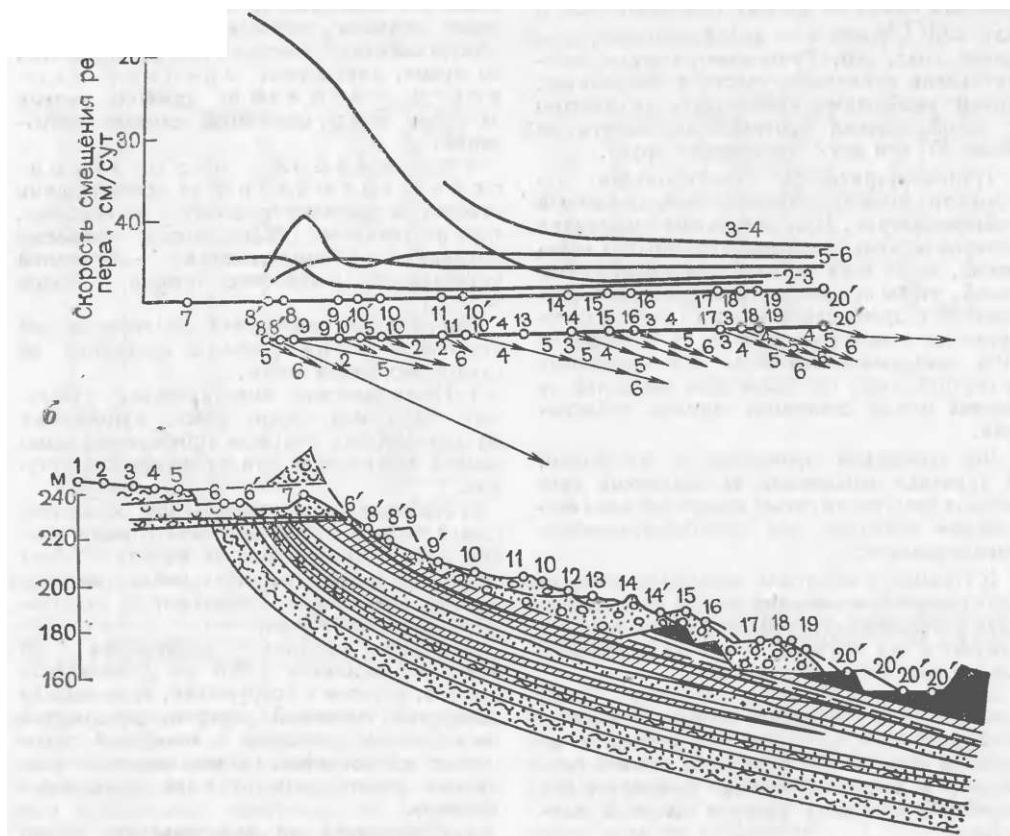


Рис. XXIII.6. Графическое изображение результатов маркшейдерских наблюдений по створу реперов

т. е. при крупности блоков не менее 0,3 м, должны также изучаться детально с определением элементов залегания системы, интенсивности и ориентировки относительно трещин большого протяжения и поверхности откоса. Определение элементов залегания систем трещин производится по участкам протяженностью от 10 до 150—200 м с однородным литологическим составом и однородной структурой.

На каждом участке с однородной трещиноватостью берут от 10 до 20 точечных замеров элементов залегания трещин каждой системы, которые сразу же в поле наносят на круговую равнопромежуточную сетку. На круговой диаграмме определяют средние значения элементов залегания систем трещин данного участка как медианные значения для групп, нанесенных на сетку точек каждой системы.

В камеральных условиях с помощью сетки Вульфа определяют углы между системами трещин отдельности и трещинами большого протяжения, а также между элементами откоса. Методика этих определений изучается в курсе «Горная геометрия».

По данным обработки полевых измерений составляют структурные карты или планы, на которых по каждому уступу выделяют участки с однородной трещиноватостью. По каждому участку наносят все точки замеров основных трещин и диаграмму систем трещин отдельности с указанием среднего направления угла падения. На участках с интенсивностью трещиноватости более 3 условным знаком обозначают форму блоков (прямоугольную, кубическую, параллелепипедную и др.), а в середине знака числом обозначают интенсивность трещиноватости. Элементы залегания основных трещин отмечают стрел-

кой с числом, обозначающим угол падения трещины в градусах.

Маркшейдерская служба разрезов обязана производить съемку и документацию всех возникающих деформаций откосов и составлять ежегодные отчеты о состоянии бортов и их деформациях. Каждый оползень и обрушение должны быть засняты и нанесены на выкопировку из плана горных выработок, захватывающую прилегающие к оползню участки шириной не менее соответствующих размеров оползня. По оползневому участку составляют два — четыре разреза, на которых показывают геологические данные, уровень грунтовых вод и профиль борта до и после оползня.

В верхней части графика (рис. XXII.1.6, а) строят векторы смещения каждого репера за время между смежными сериями наблюдений, строят также графики изменения скоростей смещения реперов по линии и изменения во времени скоростей смещения отдельных характерных реперов профильных линий.

По каждой наблюдательной профильной линии строят геологический разрез (рис. XXIII.6, б) в одинаковых вертикальном и горизонтальном масштабах, на который наносят профиль борта до оползня, контур борта к моменту первой серии наблюдений. Этот профиль пополняют при последующих сериях наблюдений. На геологическом разрезе отражают литологический состав пород, их залегание, уровни вод водоносных горизонтов или величины напоров воды в них, тектонические нарушения, трещиноватость, а также обнажившиеся участки поверхности скольжения.

5. Установление характера оползней по результатам маркшейдерских наблюдений

По результатам маркшейдерских наблюдений можно с достаточной для практики точностью построить поверхность скольжения, а при наличии геологического разреза и данных о гидрогеологическом режиме — установить характер оползня и причины его образования (в некоторых случаях для этой цели необходимо пробурить по линии две — три скважины).

1. Если векторы сдвижения реперов изменяют свое направление закономерно, а по величине почти одинаковы от верха до низа оползня, то можно сделать вывод, что последний движется как одно целое без существенных относительных смещений участков.

В этом случае, воспользовавшись направлением векторов перемещения реперов, можно построить приближенное положение поверхности скольжения в массиве, так как перемещение любой точки сдвигающегося массива можно рассматривать как вращательное движение вокруг точки, расположенной на перпендикуляре к вектору смещения. Все точки массива вблизи этого перпендикуляра (вплоть до поверхности скольжения) будут также перемещаться параллельно вектору сдвижения репера. Следовательно, и сама поверхность скольжения по обе стороны от перпендикуляра к вектору сдвижения также параллельна этому вектору. С помощью этого положения можно с достаточной для практики точностью построить всю поверхность скольжения (рис. XXII.1.7).

Вначале на профиле, где изображены в том же масштабе векторы сдвижения реперов, заложенных на поверхности откоса, к середине каждого из них восстанавливают перпендикуляр в сторону массива (при небольшой длине вектора его направление отмечают отрезком в большем масштабе).

От верхней или нижней линии (на разрезе точка) пересечения поверхности скольжения с поверхностью обнажения горных пород (вверху трещина отрыва, внизу линия надвига) проводят отрезки, параллельные векторам сдвижения реперов на соответствующих перпендикулярах, как показано * на рис. XXIII.7, а.

Полученная ломаная линия между верхней и нижней трещинами сглаживается в плавную кривую.

Если при построении ломаной линии от одной трещины она не смыкается с другой трещиной, то построение необходимо вести от верхней и нижней трещин до середины откоса. После этого надо провести среднюю кривую, как показано на рис. XXIII.7, б.

2. Если векторы сдвижения реперов от верха до низа оползневой участка параллельны наложению пород, то это указывает на скольжение оползня по этой поверхности, что наблюдается при контактных оползнях или подошвенных оползнях отвалов.

3. При оползнях вышпираания, надвига и подподошвенных оползнях отвалов, связанных с наличием тонкого слоя слабых пород или слабого контакта, поверхность скольжения частично проходит по этому слабому слою или слабому контакту, а частично под углом к нему, пересекая толщу вышележащих слоев пород. При переходе на слабый контакт или слой поверхность скольжения приобретает излом, а на земной поверхности появляется трещина со ступенчатым смещением по поверхности, сопряженной с основ-

а

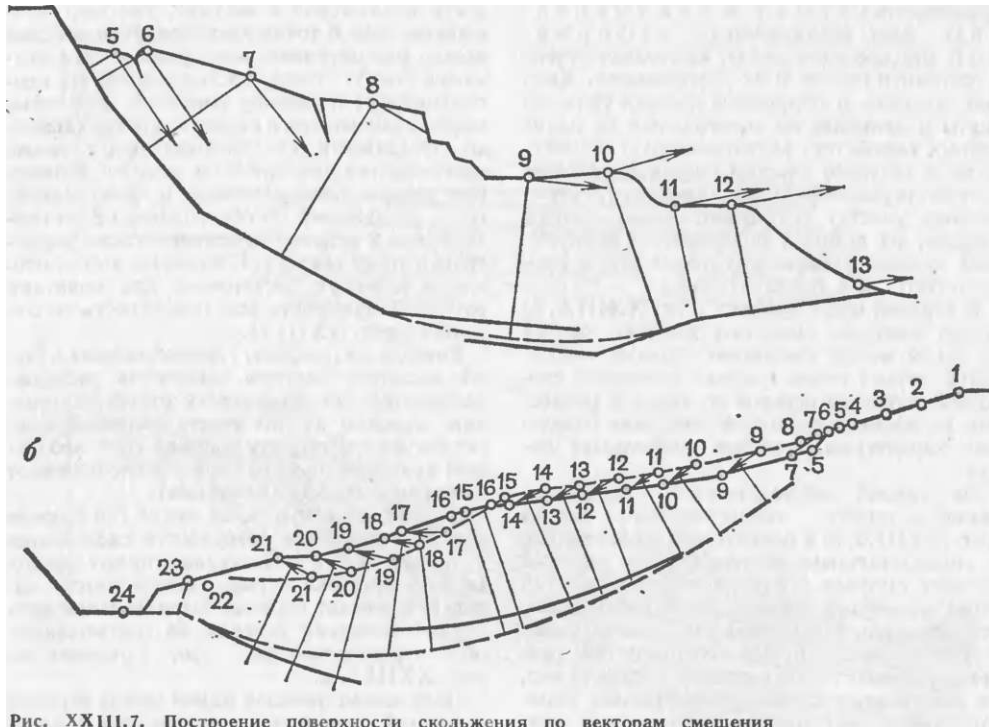


Рис. XXIII.7. Построение поверхности скольжения по векторам смещения

ной поверхностью скольжения (см. рис. XXIII.4). Угол пересечения этих поверхностей составляет $90^\circ - \phi^\circ$ (где ϕ° — средняя величина угла внутреннего трения пород, пересекаемых этими поверхностями). Векторы сдвижения на участке призмы оседания параллельны крутому участку поверхности скольжения, а на участке скольжения по слабому контакту параллельны этому контакту (слою).

В тех случаях, когда слабый контакт залегает ниже подошвы откоса, на подошве откоса возникает вал выпирания. При этом, чем глубже залегает слабый контакт от подошвы откоса, тем на большем расстоянии I от нижней бровки откоса располагается вершина вала выпирания. Ориентировочно глубина залегания поверхности скольжения от подошвы откоса может быть определена по формуле

$$A = -|/\operatorname{tg}(45^\circ - \Phi)|, \quad (\text{XXIII.12})$$

где ϕ — средняя величина угла внутреннего трения комплекса пород в подошве откоса до слабого контакта.

4. При накоплении оползневых масс на поверхности бортов часто трудно установить, оползает только рыхлый покров или оползают и коренные породы. По векторам сдвижения реперов это устанавливается легко — при покровных оползнях направления и величины векторов сдвижения реперов изменяются незакономерно и среди реперов с интенсивными подвижками имеются реперы с небольшими скоростями сдвижения. В покровных оползнях-потоках выпуклые части оползневой склона часто совпадают с выпуклостями в коренных (не оползающих) породах, и положение этих выпуклых участков поверхности оползня со временем не изменяется вследствие того, что рыхлые покровные массы при оползании обтекают выступы коренных пород.

5. Выявлению характера и причин возникновения оползня способствуют графики изме-

нения скоростей смещения реперов вдоль линии и отдельных характерных реперов, позволяющие установить активную часть оползневого массива и определить влияние времени, климатических условий и производственных процессов на интенсивность движения всего оползня и отдельных его частей.

6. Мероприятия по предотвращению недопустимых деформаций

Мероприятия по предотвращению недопустимых деформаций бортов разрезов и откосов уступов разрабатываются на основе результатов анализа данных наблюдений о начавшихся деформациях.

Результаты маркшейдерских наблюдений используются также для корректировки проектных углов наклона бортов и для определения углов наклона при составлении проекта углубки разреза и его погашения.

Среди большого числа мероприятий наиболее существенным являются:

- дренаж бортов, площадок уступов и подшвы разреза;

- выполаживание или разгрузка борта;

- работа с временной подвалкой борта;

- доработка месторождения короткими участками с подвалкой борта на предельном контуре внутренними отвалами;

- уменьшение высоты или угла откоса уступов;

- заоткоска уступов в их предельном положении;

- пригрузка фильтрующих откосов песчано-глинистых пород дренажным материалом;

- ведение буровзрывных работ вблизи предельного контура борта по специальной технологии;

- искусственное укрепление ослабленных участков откосов уступов;

- дренаж основания отвалов;

- уменьшение высоты ярусов отвалов и общего угла их разгона;

- размещение внешних отвалов в упор с противоположным склоном долины.

Дренаж является важнейшим мероприятием по улучшению устойчивости бортов, сложенных перемежающимися слоями водоупорных глинистых и водоносных пород; особенно это относится к породам лежачего бока, когда водоносные слои не вскрываются горными выработками и в них сохраняются высокие напоры воды. В слоистых породах с содержанием водоупорных слоев глин вода способствует набуханию и размоканию глинистых пород с соответствующим уменьшением сопротивления сдвигу.

Простейшим аналитическим выражением показывающим влияние обводненности откосов на их устойчивость, является формула

$$kL + \%fi(c_m - H_i)$$

(XXIII.13)

где H_i — величина напора в основании каждого блока, м вод. ст.

При высоких напорах силы трения по контакту с водоупорным слоем могут уменьшаться до нуля и коэффициент устойчивости — до единицы, что и характеризует предельное равновесие борта и начало его деформирования.

Разгрузка борта и его подвалка заключаются в следующем. Поверхность скольжения в поперечном разрезе обычно имеет криволинейный характер (крутой в верхней части и пологий в нижней). Призма активного давления, располагающаяся на верхней, более крутой части поверхности скольжения, удерживается в равновесии благодаря отпору со стороны призмы упора, располагающейся на нижней, пологой части поверхности скольжения.

Разгружая верхнюю часть оползневого тела или увеличивая нижнюю часть, тем самым изменяют соотношение сдвигающих и удерживающих сил.

Если при начавшемся процессе деформирования борта (при «зарождении» оползня) создается возможность прогнозировать с достаточным приближением положение поверхности скольжения, то объем разгрузки или пригрузки может быть рассчитан достаточно надежно по приведенной выше форме.

Работа с временной подвалкой борта породами вскрыши на деформирующихся участках приводит к уменьшению длины участков бортов с максимальным углом наклона и высотой. Благодаря этому допустимый угол наклона борта увеличивается на 5—15° по сравнению с углом наклона борта большой протяженности.

Доработка месторождения короткими участками с подвалкой борта на предельном контуре внутренними отвалами. Цель этого мероприятия та же, что и предыдущего — создавать участок борта минимальной протяженности с максимальными высотой и углом наклона. Осуществляя максимальную углубку разреза на коротком участке и производя следом за выемкой пласта заполнение выработанного пространства внутренними отвалами, отработывают месторождение

Таблица XXIII.8

Углы откосов уступов

Параметр	Геомеханические типы пород (по табл. XXIII.3)							
	I			II			III	
	а	б	в	а	б	в	а	б
Угол откоса рабочих уступов, градусы	80	65—70	65—75	60—75	45—70	45—70	40—50*	40—50*
Угол откоса нерабочих уступов, градус	70—75	55—60	50—55	50—55	40—50	40—50	35—45	30—40

* Углы устанавливаются путем расчета.

с максимальным углом наклона борта в его предельном положении.

Мероприятия по предотвращению обрушений откосов уступов, сложенных прочными и средней прочности породами, заключаются главным образом в применении соответствующей технологии ведения буровзрывных работ, специальной заоткоске уступов и укреплении ослабленных участков откосов.

Мероприятия по обеспечению устойчивости откосов уступов, сложенных глинистыми и песчано-глинистыми породами, заключаются в основном в эффективном дренаже, обеспечении стока поверхностных вод и пригрузке фильтрующих участков откосов дренажным материалом. Ориентировочные углы откосов уступов приведены в табл. XXIII.8.

Мероприятия по обеспечению устойчивости отвалов заключаются главным образом в дренаже основания отвалов и установлении параметров отвалов, соответствующих физико-механическим свойствам пород отвалов и их основания.

Если в основании отвалов расположен относительно тонкий слой слабых пород (жирных глин или торфа), способствующий оползанию отвалов, то такой слой целесообразно срезать бульдозером и располагать продольными грядами.

В тех случаях, когда причиной оползня внутренних отвалов является наличие в основании отвалов углистых прослоек со слабыми контактами, эффективной мерой повышения устойчивости внутренних отвалов является частичное взрывание слоистого основания.

Процентное выражение площади рыхления основания p определяется путем расчета

в зависимости от коэффициента трения по контактам между углистыми прослойками, угла наклона основания отвалов и общей их высоты по формуле

$$p = \frac{H \cdot \tan \alpha}{H \cdot \tan \alpha + 100}, \quad (\text{XXIII.14})$$

где $\alpha_{(1)}$, α' и f — коэффициенты внутреннего трения соответственно отвальных пород, по естественным контактам между слоями пород основания и необходимый по этим же контактам для обеспечения устойчивости отвала с заданными параметрами.

Список литературы

1. Соколовский В. В. Статика сыпучей среды. М., Физматгиз, 1960.
2. Фисенко Г. Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М., Недра, 1965.
3. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. Л., ВНИМИ, 1972 (ротапринт).
4. Методическое пособие по изучению инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых, подлежащих разработке открытым способом. Л., ВНИМИ, 1965 (ротапринт).
5. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработка мероприятий по обеспечению их устойчивости. Л., ВНИМИ, 1971 (ротапринт).
6. Инструкция по расчету устойчивости бортов разрезов при их ликвидации и обеспечению сохранности прилегающих к разрезам территорий. Л., ВНИМИ, 1977 (ротапринт).
7. Фисенко Г. Л., Реватов М. А., Галустян Э. Л. Укрепление откосов в карьерах. М., Недра, 1974.

Основы управления проявлениями горного давления

I. Общие сведения

Под горным давлением понимают силы или напряжения в горных породах. Главная и повсеместно действующая причина горного давления — сила тяжести «пород».

В литературе встречается три понятия: управление кровлей, управление горным давлением и управление проявлениями горного давления. Эти понятия не должны противопоставляться друг другу.

Под управлением кровлей понимается совокупность инженерных мероприятий и практических приемов, обеспечивающих поддержание и безопасное состояние кровли в очистных выработках.

Под управлением горным давлением следует понимать совокупность инженерных мероприятий, обеспечивающих регулирование напряженности в полезном ископаемом и породах вблизи подземных выработок. Регулирование напряженности около той или иной выработки достигается главным образом тем, что эта выработка располагается в пределах или за пределами области влияния очистных выработок.

Понятие «Управление проявлениями горного давления» — более широкое и объединяет в себе оба названные выше понятия. Развитие опасных деформаций пород и крепи, перемещений и обрушений пород может быть предотвращено правильным выбором крепи с рациональными характеристиками, сопротивлением и податливостью, изменением механического состояния пород и полезных ископаемых: осушением, дегазацией, замораживанием обводненных слабых пород, химическим упрочнением, анкерованием, цементацией трещиноватых пород, нагнетанием воды и др.

Научным фундаментом при решении практических задач по управлению проявлениями горного давления является механика горных пород.

Механика горных пород, или горная геомеханика, — наука, изучающая механические свойства пород и механические процессы, происходящие в них при горных разработках.

Механические процессы, происходящие в породах в окрестности горных выработок, обусловлены изменениями исходного напряженного состояния, вызванными образованиями горных выработок. Они изучаются аналитическими и экспериментальными методами.

При использовании аналитических методов для решения прикладных задач механики горных пород приходится рассматривать несколько классов и групп задач [3]. Многие задачи решаются методами механики сплошных сред. Одни из таких задач сводятся к определению в окрестности выработок напряжений, деформаций и перемещений; другие — к оценке возможности разрушения пород, т. е. к проверке возможности перехода пород в некоторых областях в предельные состояния, к определению размеров этих областей.

Для решения таких задач широко используются методы теорий упругости, пластичности, предельного равновесия и ползучести. Большую группу задач решают инженерными методами, в которых методы механики сплошных сред применяются в комбинации с методами строительной механики и сопротивления материалов.

Для математического описания напряженно-деформированных состояний, процессов перемещения и разрушения пород методами механики сплошных сред необходимо знать соответствующие показатели механических свойств горных пород.

Механические свойства горных пород (так же как и других твердых деформируемых тел) подразделяют на деформационные и прочностные.

Деформационные свойства позволяют устанавливать связь между напряжениями и деформациями. Они определяются, как правило, при одноосном сжа-

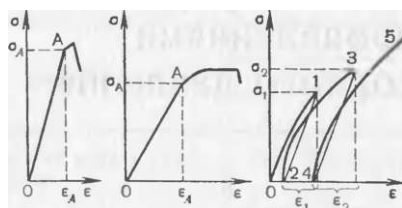


Рис. XXIV.1.*Схема нагружения и диаграммы деформаций при одноосном сжатии: а — схема нагружения образца; б — диаграмма при хрупком разрушении; в — диаграмма при вязком разрушении; г — диаграмма при последовательных нагружениях и разгрузках

тии. Для их определения необходимо в процессе испытаний устанавливать связь между напряжением σ и относительной деформацией $\epsilon = \Delta l / l_0$ (А/ — приращение интервала l на образце при напряжении σ). На рис. XXIV.1, а показана схема одноосного сжатия. На рис. XXIV.1, б, в показаны диаграммы «напряжение — деформация», иллюстрирующие соответственно хрупкое и вязкое разрушение пород. При хрупком разрушении до момента разрушения почти не происходит накопления остаточных (пластических) деформаций. При вязком разрушении на диаграмме «напряжение — деформация» имеется участок текучести. В большинстве своем горные породы — хрупкие тела.

На диаграммах точки А соответствуют пределу упругости. Пока напряжения не превышают предела упругости, зависимость между напряжениями и деформациями — линейная. Угловым коэффициентом прямых ОА является коэффициент пропорциональ-

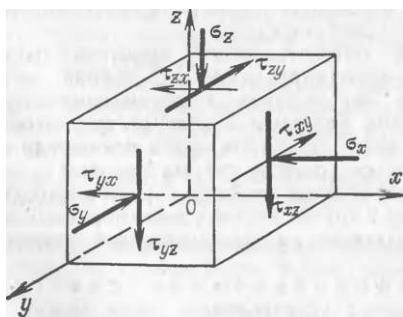


Рис. XXIV.2. Элементарный кубик с обозначениями компонентов напряжения

ности между напряжениями и деформациями и называется модулем упругости:

ЕП

Связь между напряжением σ и деформацией ϵ в теории упругости выражается законом Гука

$$\sigma = E \epsilon. \quad (XXIV.1)$$

В направлении действия сжимающих напряжений образец получает деформацию ϵ_x ; в перпендикулярном направлении он расширяется и получает деформацию ϵ_2 . При этом

$$\epsilon_2 = -\nu \epsilon_x. \quad (XXIV.2)$$

Коэффициент ν , связывающий продольные и поперечные деформации упругих тел, называется коэффициентом Пуассона.

На диаграмме «напряжение — деформация», построенной по данным, полученным при нагружении образцов, у горных пород зачастую трудно выделить прямолинейный участок. Это объясняется тем, что уже при малых напряжениях начинается отклонение от линейной зависимости между напряжениями и деформациями. Поэтому при испытаниях по мере нагружения образцов до разрушения производят несколько раз полную разгрузку, а на диаграммах различают ветви нагружения 0—1, 2—3, 4—5 (рис. XXIV.1.а) и разгрузки (1—2 и 3—4). Модуль упругости и коэффициент поперечной деформации определяют по ветвям разгрузки, так как они свободны от остаточных деформаций.

В большинстве случаев при решении задач механики горных пород необходимо рассматривать не одноосные напряженные состояния, а объемные. В теории упругости показано, что для математического описания объемных напряженных состояний в упругих изотропных телах достаточно знать только два рассмотренных выше независимых показателя деформационных свойств тел — модуль упругости E и коэффициент поперечной деформации ν .

Для описания объемного напряженного состояния в точке, обычно мысленно, вырезается элементарный кубик, грани которого параллельны координатным осям (рис. XXIV.2). При объемном напряженном состоянии к каждой грани кубика приложено некоторое напряжение. Это напряжение раскладывается на три составляющих, одна из которых перпендикулярна к грани, а две

другие лежат в плоскости грани и параллельны соответствующим координатным осям. Эти составляющие называются компонентами напряжения. На трех взаимно перпендикулярных гранях действуют три нормальных к ним компонента — σ_x , σ_y и σ_z . Индексы у σ указывают, какой оси параллельно нормальное напряжение. Компоненты, лежащие в плоскостях граней, называются касательными напряжениями и обозначаются τ_{xy} , τ_{yx} , τ_{xz} , τ_{zx} , τ_{yz} и τ_{zy} . Первый индекс при τ указывает, к какой оси перпендикулярна площадка, в которой лежит это напряжение, второй индекс указывает, какой оси это касательное напряжение параллельно. Всего имеется три нормальных и шесть касательных компонентов напряжения, совокупность которых называется тензором напряжения и записывается обычно в форме

$$\begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{pmatrix} \quad (\text{XXIV.3})$$

В силу закона парности касательных напряжений

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}, \quad \tau_{xz} = \tau_{zx} \text{ и } \tau_{yz} = \tau_{zy}.$$

Поэтому число компонентов напряжения практически равно не девяти, а шести.

Под действием нормальных составляющих напряжений изменяются линейные размеры кубика. Относительные изменения линейных размеров вдоль трех координатных осей обозначают соответственно ϵ_x , ϵ_y и ϵ_z .

Под действием касательных напряжений искажается форма граней кубика, т. е. искажаются первоначальные прямые углы между ребрами элементарного кубика. Величины искажения углов называются угловыми деформациями и обозначаются γ_{xy} , γ_{yz} и γ_{zx} . Совокупность компонентов деформации называется тензором деформации и записывается в форме

$$\begin{pmatrix} \epsilon_x & \gamma_{xy} & \gamma_{xz} \\ \gamma_{yx} & \epsilon_y & \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} & \gamma_{zy} & \epsilon_z \end{pmatrix} \quad (\text{XXIV.4})$$

При этом

$$\gamma_{xy} = \gamma_{yx}, \quad \gamma_{yz} = \gamma_{zy}, \quad \gamma_{xz} = \gamma_{zx}.$$

Компоненты тензора деформации связаны с компонентами тензора напряжения через ϵ и γ соотношениями:

$$\epsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)];$$

$$\gamma_{yz} = \frac{1}{G} \tau_{yz};$$

$$\epsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)];$$

$$\gamma_{zx} = \frac{1}{G} \tau_{zx}; \quad (\text{XXIV.5})$$

$$\epsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)];$$

$$\tau_{xy} = G \gamma_{xy}.$$

В этих соотношениях E называется модулем сдвига, который определяется через E и ν :

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \quad (\text{XXIV.6})$$

Из соотношений (XXIV.5) можно получить соотношения, в которых напряжения выражаются через деформации.

В теории упругости показано, что нормальные напряжения не искажают форму элементарного кубика, но изменяют его объем, а касательные напряжения не изменяют объем, а искажают форму кубика.

В любой точке тела, находящегося в объемном напряженном состоянии, можно построить такие три взаимно перпендикулярные площадки, на которых касательные напряжения равны нулю. Такие площадки называются площадками главных напряжений. Главные нормальные напряжения обозначают σ_1 , σ_2 и σ_3 , при этом всегда принимается, что $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ (σ_1 называется наибольшим главным напряжением, σ_3 — наименьшим, а σ_2 — средним). Трем главным напряжениям соответствуют три главных деформации — ϵ_1 , ϵ_2 и ϵ_3 .

В теории упругости решают задачи только при плоском напряжении и плоской деформации. Из объемных задач решают такие, в которых напряженное состояние является осесимметричным. При плоском напряжении одно из главных напряжений равно нулю (например, $\sigma_3 = 0$), а при плоской деформации равна нулю одна из главных деформаций (например, $\epsilon_3 = 0$). При осесимметричном напряженном состоянии равны друг другу

два главных напряжения (например, $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$ или $\sigma_1 = \sigma_2 > \sigma_3$).

Сумма нормальных напряжений в любой точке не зависит от положения осей координат, т. е.

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z.$$

Это положение справедливо и для линейных деформаций

$$e_1 + e_2 + e_3 = e^* + e_4 + e_5. \quad (XXIV.7)$$

Объемная деформация e в любой точке может быть определена через среднее нормальное напряжение a :

$$a = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}, \quad (XXIV.8)$$

где

$$\sigma = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = \frac{1}{3}(\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}); \quad (XXIV.9)$$

$$e = \frac{1}{3}(e_1 + e_2 + e_3) = \frac{1}{3}(e_{11} + e_{22} + e_{33}). \quad (XXIV.10)$$

Ранее было указано, что при использовании методов теории упругости для решения задач механики горных пород необходимо характеризовать породы только двумя показателями деформационных свойств — E и ν .

Результаты определения E и ν горных пород приведены в нескольких монографиях, например [2], и многочисленных статьях. Величины E и ν колеблются в значительных пределах даже для одной и той же разновидности пород одного и того же района. Величины модулей упругости увеличиваются от глинистых пород к мелкозернистым песчанникам, т. е. от менее прочных к более прочным, примерно от $(1-3) \cdot 10^5$ до $(3-5) \cdot 10^6$ кгс/см². Коэффициенты Пуассона у глинистых пород больше (0,2—0,4), а у песчанников меньше (0,1—0,3). Однако строгие зависимости этих важнейших показателей для распространенных разновидностей пород еще не установлены. Модули упругости, полученные при испытаниях образцов в направлении, параллельном слоистости, больше, чем в перпендикулярном (имеются результаты, указывающие на обратное соотношение). Но эти отличия редко превышают 50%, а чаще бывают в пределах 5—20% и харак-

теризуют анизотропию пород. Такая разница в модулях, как показали строгие теоретические исследования, не может привести к существенной разнице в распределении напряжений в окрестности выработок.

В условиях естественного залегания из-за наличия ослаблений (межслоевые контакты, естественная трещиноватость) модули упругости меньше, чем при испытании образцов.

Важнейшее условие для использования методов теории упругости — наличие линейной зависимости между напряжением и деформацией. В реальных горных породах это условие соблюдается не совсем строго и только до тех пор, пока напряжения не превысят некоторого предела. По мере увеличения интервалов времени выдерживания нагрузки увеличивается деформация при той же величине нагрузки. У большинства пород рост деформации с течением времени наблюдается уже при сравнительно малых напряжениях, составляющих некоторую долю от разрушающих напряжений (например, 10—15%). По мере увеличения величины напряжений увеличивается скорость возрастания деформации во времени.

Эти экспериментально изученные факты не должны служить препятствием для использования методов теории упругости. Любые инженерные решения могут быть выполнены только с определенной точностью. Поэтому при решении некоторых задач деформируемостью пород во времени можно пренебречь (например, при сравнительно прочных породах и малых глубинах разработки). При хрупком разрушении (например, при разрушении типично твердых слоев пород над очистными выработками) закон Гука оказывается справедливым почти вплоть до разрушения (см. рис. XXIV.1,6). При решении большого числа других задач нельзя пренебрегать явлением развития деформаций во времени (например, при расчете ожидаемых перемещений пород у капитальных выработок с большим сроком службы, особенно на большой глубине, при расчете целиков различного назначения и др.).

Возрастание деформации во времени называется ползучестью.

Если породы деформируются во времени, то необходимо устанавливать законы, связывающие компоненты напряжения, деформации и их производные во времени. Эти законы выражаются уравнениями состояния.

При составлении их исходят из двух основных зависимостей: деформации от времени при постоянном напряжении и напряжения от времени при постоянной деформации. Явление изменения напряжения во времени;

при постоянной деформации называется релаксацией. Зависимости деформации и напряжения от времени получают экспериментальным путем.

На рис. XXIV.3 схематически показаны зависимости деформации от времени при разных величинах напряжения (σ_0 — предел прочности породы). Для построения таких зависимостей при каждой величине напряжения необходимо измерить мгновенные деформации (ϵ_{0i}) и производить измерение деформации через некоторые интервалы времени. На всех кривых ползучести различают участки неустойчивой ползучести (криволинейные участки с переменной скоростью деформации). Протяженность этих участков увеличивается при увеличении напряжения. При малых напряжениях, например $0,2\sigma_0$ (кривая 1), через небольшой промежуток времени рост деформации прекращается (т. е. скорость роста деформации становится равной нулю). При увеличении напряжения до $0,4\sigma_0$ и $0,6\sigma_0$ удлиняется участок неустойчивой ползучести, но с течением времени рост деформации прекращается. При увеличении напряжения до $0,8\sigma_0$ за участком неустойчивой ползучести порода деформируется с постоянной скоростью; в течение интересующего нас периода не наблюдается затухание ползучести. При увеличении напряжения до σ_0 за участком неустойчивой ползучести имеется участок деформирования с постоянной высокой скоростью, а далее участок прогрессирующей ползучести и разрушения породы.

На рис. XXIV.4 показан вид кривой релаксации. Кривые ползучести строят в осях $\epsilon = -\phi(t)$, а кривые релаксации — $\sigma = f(t)$. Кривые ползучести представляют собой функции $\epsilon = D(\sigma, t)$ [каждая кривая в отдельности есть $\epsilon = \phi(t)$ при $\sigma = \text{const}$], а кривые релаксации — $\sigma = f(\epsilon, t)$. Для получения кривых релаксации необходимо приложить к образцу некоторое напряжение σ_0 , которому будет соответствовать некоторая деформация ϵ_0 . После этого образец закрепляют таким образом, чтобы его длина в дальнейшем оставалась постоянной, что будет означать $\epsilon = \text{const}$. В ходе эксперимента через некоторые интервалы времени измеряют напряжение. В релаксирующем образце напряжение уменьшается с течением времени. Получение данных для построения кривых релаксации требует создания технических средств с высокой точностью измерения напряжений при постоянной деформации.

Для математического описания экспериментальных кривых используют реологи-

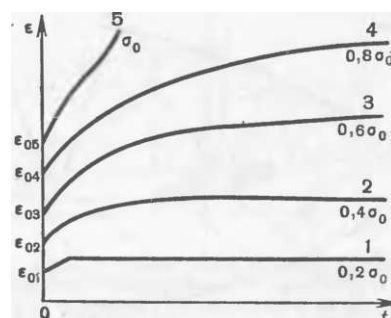


Рис. XXIV.3. Общий вид кривых ползучести при одноосном сжатии:

1, 2, 3, 4 и 5 — кривые при напряжениях соответственно $0,2\sigma_0$, $0,4\sigma_0$, $0,6\sigma_0$, $0,8\sigma_0$ и σ_0 ; σ_0 — предел прочности породы

ческие модели и составляют уравнения состояния. К настоящему времени наиболее полно разработана теория линейно-наследственной ползучести.

Прочностные свойства пород характеризуются четырьмя основными показателями: пределами прочности при одноосном сжатии ($\sigma_{сж}$, кгс/см²) и растяжении ($\sigma_{р}$, кгс/см²), коэффициентом сцепления (c , кгс/см²) и углом внутреннего трения (ρ , градус). Два последних показателя — показатели прочности при объемных напряженных состояниях. Часто используют предел прочности при изгибе ($\sigma_{из}$, кгс/см²), но он (из-за неоднородности напряженного состояния при изгибе) не относится к основным показателям прочности, хотя и имеет самостоятельное значение.

Наиболее полно прочностные свойства пород характеризуются паспортом объемной прочности (рис. XXIV.5). Паспорт объемной прочности — кривая 4, которая называется огибающей предельных со-

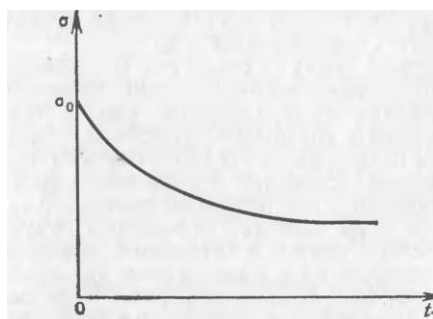


Рис. XXIV.4. Общий вид кривой релаксации

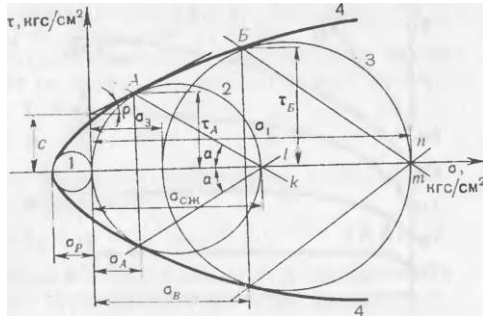


Рис. XXIV.5. Паспорт прочности породы: предельные круги одноосного растяжения (1), одноосного сжатия (2) и при объемном напряженном состоянии (3); 4 — огибающая предельных кругов

стояний. Кривая 4 для каждой конкретной породы представляет собой зависимость предельного сопротивления породы сдвигу τ_n от нормального напряжения на площадке сдвига σ_n . В общем виде эта зависимость представляет собой функцию

$$\tau_n = f(a_{\pm})_f \quad (\text{XXIV.11})$$

справедливую только для той области паспорта прочности, которая характеризует прочность породы при объемном сжатии. На рис. XXIV.5 эта область находится справа от оси τ , но чаще огибающую строят как непрерывную функцию, характеризующую прочность породы, и в тех случаях, когда при объемном напряженном состоянии появляются растягивающие напряжения (область паспорта слева от оси τ). Огибающая предельных состояний имеет две характеристики прочности: c — коэффициент сцепления и p — угол внутреннего трения. Паспорта прочности разных пород отличаются не только величинами этих характеристик, но и видом функции [формула (XXIV.11)]. Эта функция может быть линейной, параболической, циклоидальной и др.

На рис. XXIV.5 кроме c и p показаны также пределы прочности, при одноосном растяжении σ_r и одноосном сжатии $\sigma_{сж}$. На паспорте эти пределы прочности — диаметры предельного круга напряжений 1 при одноосном растяжении и предельного круга напряжений 2 при одноосном сжатии. Координаты точки касания A предельного круга одноосного сжатия к огибающей являются нормальными σ_A и касательными τ_A напряжениями, при которых произошло разрушение. Разрушение происходит на двух площадках, положение которых относительно

направления осевого сжимающего напряжения характеризуют линии k и l . К направлению сжимающего (наибольшего главного) напряжения обе площадки наклонены под одинаковыми углами

$$a = 45^\circ \quad (\text{XXIV.12})$$

На рис. XXIV.5 показан предельный круг напряжений 3 при объемном сжатии ($a_2 > 0$). Этот предельный круг касается огибающей в точке B. Координаты этой точки характеризуют предельные (разрушающие) нормальные σ_B и касательные τ_B напряжения. Положение площадок, по которым произойдет разрушение, характеризуется линиями t и n . Теория прочности Мора, положенная в основу построения паспортов прочности, предполагает, что наступление предельных состояний в теле (разрушение) не зависит от среднего главного напряжения σ_2 , а зависит только от наибольшего σ_1 и наименьшего σ_3 главных напряжений.

Паспорта прочности строят по результатам испытаний образцов пород. Для этого необходимо довести образцы до разрушения при одноосных растяжении и сжатии и построить круги 1 и 2. Кроме того, необходимо довести образцы до разрушения осевым напряжением σ_z при нескольких значениях бокового напряжения $\sigma_{\pm}$. По предельным величинам σ_1 и σ_3 построить круги, аналогичные кругу 3. После этого провести огибающую 4 таким образом, чтобы она касалась всех предельных кругов.

У горных пород основные показатели прочности колеблются в широких пределах. Предел прочности при сжатии у глинистых пород (аргиллиты, глинистые сланцы) от 20—50 до 500—600 кгс/см², а у песчаников угленосных месторождений от 30—50 (высоковлажные, выветрелые) до 2000—3000 кгс/см². Предел прочности при растяжении для всей гаммы угленосных пород колеблется в основном от 5—7 до 100—150 кгс/см². Коэффициент сцепления примерно в 3—4 раза больше предела прочности при растяжении. Угол внутреннего трения колеблется в основном от 15—20 до 35—38°.

Основной объем определений показателей прочности горных пород выполнен в лабораторных условиях в результате испытаний образцов небольших размеров. Эти показатели характеризуют прочность пород в образце. Прочность пород в условиях естественного залегания отличается от прочности пород в образце. Эти отличия тем больше, чем более интенсивно в породах развиты различного рода ослабления — слабые кон-

такты между слоями, трещиноватость, рассланцованность и т. д.

С учетом естественных ослаблений горные породы характеризуются сильно выраженной анизотропией прочностных свойств. При испытании образцов при одноосном сжатии вдоль и перпендикулярно к слоистости анизотропия прочностных свойств хотя и обнаружена, но не столь существенна. В естественном залегании анизотропия таких показателей, как коэффициент сцепления и особенно предел прочности при растяжении, проявляется очень резко. Например, коэффициент сцепления алевролитов на площадках, перпендикулярных к слоистости, может быть, например, 200—300 кгс/см², а на площадках, параллельных слоистости и совпадающих с зеркалами скольжения и глинистыми примазками, — около 0,1—1 кгс/см². В таких же условиях угол внутреннего трения будет на одних площадках 25—30°, на других — 9—10°.

В связи с ярко выраженной анизотропией прочностных свойств горных пород при решении задач управления проявлениями горного давления очень важно иметь полные сведения о наличии, пространственной ориентировке и интенсивности всех видов естественных ослаблений. Один из наиболее распространенных недостатков маркшейдерско-геологической документации — отсутствие этих сведений.

Основные виды естественных ослаблений — слабые контакты между слоями и трещиноватость. В угленосных толщах слабые контакты представлены зеркалами скольжения, углистыми прослоями, крупными растительными остатками и мелким растительным детритом (древние шламы). Они отчетливо видны в обнажениях и на керне. Эндогенную (нормально секущую) и экзогенную (кососекающую) трещиноватость можно изучать в обнажениях и на керне.

При разработке пологих пластов, как правило, мало выработок, пройденных по породе. В этих случаях слабые контакты и трещиноватость можно документировать только путем описания керна. Для определения элементов залегания систем трещин по керну необходимо, чтобы керн после извлечения мог быть сориентирован относительно стран света. При наличии четко выраженной слоистости ориентация керна осуществляется простым способом. Для этого из подземных выработок необходимо бурить скважины под углом к напластованию (60—65°) и располагать их в плоскостях, нормально секущих породы по линии простирания (рис. XXIV.6, а) и линии падения — вос-

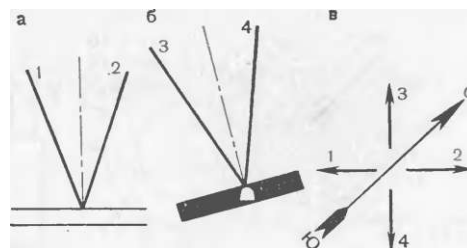
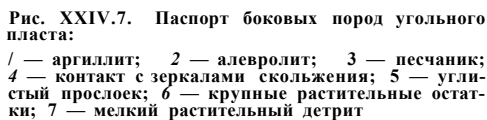


Рис. XXIV.6. Схемы расположения скважин для извлечения ориентированного косослоистого керна а и б — в сечениях соответственно по линиям простирания и падения; в — направления больших полуосей эллипсов в плане; 1, 2, 3 и 4 — номера скважин

стания (рис. XXIV.6, б). При наличии елоистости пересечение контактов слоев с цилиндрической поверхностью керна будет представлено эллипсами. Зная азимуты направления осей скважин, легко сориентировать извлеченный керн относительно стран света. Примем, например, за направление большой оси эллипса такое, с которым ось керна образует острый угол. Тогда направление осей эллипсов из скважин 1, 2, 3 и 4' схематически можно представить так, как это показано на рис. XXIV.6, в. Имеются простые методы определения элементов залегания трещин, обнаруженных на керне при известной ориентировке последнего [4].

Для каждого пласта желательно иметь паспорт боковых пород (рис. XXIV.7), на котором показывают структурную колонку боковых пород с указанием разновидностей пород, положения и типов слабых контактов и диаграмму трещиноватости. Породы кровли должны быть охарактеризованы на высоту не менее Ют (т — вынимаемая мощность пласта), а почвы — на глубину 2 м. На рис. XXIV.7 показаны диаграммы прочности пород при растяжении (вправо от колонки) и при сжатии (влево от колонки). Строят их по результатам определения пределов прочности пород. Если испытания не производились, то можно построить паспорт без диаграмм прочности. На диаграмме трещиноватости жирной стрелкой показывают азимут линии падения пласта. Рядом с диаграммой указывают интенсивность трещиноватости число трещин на 1 м. На рис. XXIV.7 *т* — *t* — интенсивность трещиноватости соответственно в песчанике, алевролите и аргиллите (5—10, 0—10 и 15—20 трещин на 1 м).

Наличие паспортов кровли позволяет прогнозировать устойчивость кровли. Исследования показывают, что в непосредственной



500

Крепи нарастающего сопротивления разделяют на две группы по признаку наличия

и отсутствия специальных устройств, обеспечивающих податливость. При отсутствии таких устройств (рис. XXIV.9, а, 1 и 2) крепь из любого материала (деревянная стойка, установленная между сравнительно жесткими породами, бетонная крепь, тубинговая, блочная и др.) по мере увеличения принудительной деформации увеличивает сопротивление (в общем случае по некоторому нелинейному закону; на рис. XXIV.9 для простоты показаны линейные зависимости). При этом любая крепь характеризуется предельной деформацией, по достижении которой она разрушается. На рис. XXIV.9, а кривая 1 характеризует жесткую крепь с малой предельной деформацией, а кривая 2 — менее жесткую крепь с большой предельной деформацией.

Жесткость крепи — отношение предельного сопротивления $P_{пр}$ к предельной деформации $h_{пр}$ выражается в тс/мм или тс/м/мм. Крепи без устройств податливости, как правило, жесткие. Кривая 3 на рис. XXIV.9, а иллюстрирует характеристику крепи, у которой податливость обеспечивается за счет какой-либо сминающейся вставки (например, деревянный верхняк над деревянной стойкой, прокладки в блочной крепи капитальных выработок и стволов и т. п.). При принудительном сокращении до величины $h_{3у}$ крепь работает на менее жесткой характеристике, а после полного смятия узла податливости выходит на более жесткую характеристику. При заданной деформации $h_{зд}$ крепь 1 будет разрушена, а крепи 2 и 3 будут иметь еще запас податливости. При заданной нагрузке крепь 1 сократит свой размер на небольшую величину, а крепь 3 — на величину, в несколько раз большую. На рис. XXIV.9, б показаны характеристики металлических стоек трения, имеющих специальные замки податливости.

Стойка 1 практически устанавливается без распора (менее 1 т). Стойка 2 имеет замок с самозатяжкой. При сокращении высоты такой стойки на небольшой ход самозатяжки ($h_{сз} \approx 10$ мм) стойка развивает начальное сопротивление ($P_{нс} \sim 5$ тс), а при дальнейшем сокращении высоты постепенно увеличивает сопротивление. Стойки 3 в отличие от стойки 2 сразу задается начальный распор $P_{нр}$ после чего она тоже постепенно развивает сопротивление. Все три стойки могут иметь одинаковое рабочее сопротивление $P_{рс}$. На рис. XXIV.9 показано, что все эти стойки имеют одинаковый предел податливости $h_{пд}$ и одинаковые пределы общей податливости до разрушения $h_{пр}$. При заданном сокращении высоты стойки на величину h наибольшее сопротивление разовьет стойка 3, а наименьшее — стойка 1. При заданной

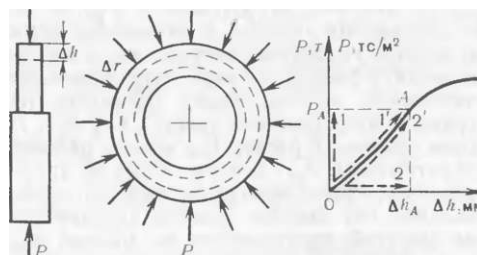


Рис. XXIV.8. К снятию характеристик стойки (а) и кольцевой крепи (б) в режиме заданной нагрузки (б, 1) и заданной деформации (б, 2)

нагрузке $P_{пр}$ наименьшая податливость будет у стойки 3, а наибольшая — у стойки 1. Жесткость таких стоек определяют для податливой части характеристики.

Характеристику постоянного сопротивления имеют гидравлические стойки (рис. XXIV.9, в, г). Если гидравли-

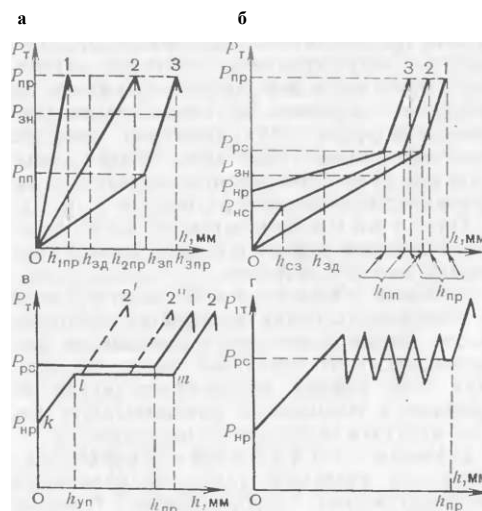


Рис. XXIV.9. Общий вид различных характеристик крепи:

а — характеристики нарастающего сопротивления, 1 и 2 — более и менее жесткие характеристики крепи без специальных сминающихся вставок, 3 — крепь со сминающейся вставкой; б — характеристики металлических стоек с замками трения: 1 — стойка, устанавливаемая без начального распора, 2 — стойка с самозатягивающимся устройством, 3 — стойка, устанавливаемая с начальным распором; в — идеальные характеристики гидравлических стоек, 1 — с начальным распором, равным рабочему сопротивлению, 2 — с начальным распором меньше рабочего сопротивления; г — реальные характеристики гидравлических стоек

ческой стойке задать начальный распор, равный рабочему сопротивлению ρ то она до достижения предела податливости (т. е. до посадки гидростоек насухо или до выхода на жесткий режим), по мере принудительного сокращения высоты, будет оказывать постоянное сопротивление (рис. XXIV.9, в, /). Чаще начальный распор $P_{нр}$ меньше рабочего сопротивления $P_{рс}$. В этом случае на характеристике, кроме участка постоянного сопротивления $1t$, имеется участок первоначальной упругой податливости kl , равный $/\gamma_{уп}$. Этот участок обусловлен сжимаемостью рабочей жидкости и деформациями стенок цилиндра гидростоек. На рис. XXIV.9, в показаны идеальные характеристики гидростоек. В реальных гидростойках предохранительные клапаны срабатывают при разной величине внутреннего давления жидкости. Разброс величин внутреннего давления, при котором происходит срабатывание предохранительных клапанов, составляет $\pm 15\%$. Если гидростойки имеют утечки, то их рабочее сопротивление может быть ниже паспортного.

В реальных условиях нагружение любых крепей происходит по характеристике, отличной от характеристики собственно крепи. Это объясняется деформированием среды на контакте с крепью. Во всех случаях сминаются породы, штыб, различного рода не предусмотренные паспортом клинья, подкладки, происходит уплотнение пустот, забутки, тампонажного раствора и т. п.

Основные режимы взаимодействия крепей с породами можно свести к четырем:

1. Режим заданной нагрузки в реальных условиях вызывается действием массы пород, полностью оторвавшихся (отделившихся) от остальной части массива. При этом режиме податливость крепи не приводит к уменьшению величины нагрузки, т. е. нагрузка не зависит от податливости.

2. Режим заданной деформации в реальных условиях вызывается непреодолимыми деформациями больших областей массива горных пород. Перемещение контура выработок и сокращение размеров крепи совершенно не зависит от сопротивления крепи. Если крепь изъять, то перемещения будут происходить с той же скоростью.

3. Режим взаимного влияния сопротивления крепи и деформации пород. Перемещение пород на контуре выработки зависит от сопротивления крепи и ее характеристики. Своевременность установки, величина начального распора, снижение или повышение сопротив-

ления крепи влияют на состояние и интенсивность перемещений пород.

4. Комбинированный режим взаимодействия крепей с породами. В реальных условиях в большинстве случаев крепи работают в условиях нескольких режимов, в условиях последовательной смены одного режима другим.

3. Управление проявлениями горного давления в капитальных и подготовительных выработках

В общем случае в окрестности капитальных выработок (вертикальных, наклонных, и горизонтальных) образуются зоны неупругих деформаций, за пределами которых породы претерпевают только упругие деформации. На рис. XXIV.10 схематически показаны зоны неупругих деформаций вблизи ствола в однородном слое породы a и вблизи горизонтальной или наклонной выработки b , пройденной в двух слоях с разными механическими характеристиками.

Вблизи ствола при горизонтальном залегании пород граница зоны неупругих деформаций в горизонтальных сечениях представлена в виде окружности 1 радиуса R .

В окрестности горизонтальной выработки даже круглого сечения, расположенной в однородной породе, граница зоны неупругих деформаций в сечениях, перпендикулярных к оси выработки, может иметь более сложный вид (рис. XXIV.10, б).

В непосредственной близости к сечению горизонтальных и наклонных выработок так же, как и вертикальных, образуются зоны разрушения, в которых породы отделяются от остальной части массива. Условие возможности образования таких зон имеет вид

$$\sigma_{\max} = \sigma_{сж} = 2\sigma_{\text{сж}} \quad (XXIV.13);$$

где $\sigma_{\max}$ — наибольшее напряжение у контура выработки, кгс/см²; $\sigma_{сж}$ — предел прочности породы при одноосном сжатии, кгс/см².

У контура стволов $a_{\max} = \sigma^* = \gamma H$ (если коэффициент бокового давления $K < 0,5$) или $a_{\max} \sim 2\gamma H$ (если $K > 0,5$).

У контура горизонтальной выработки

$$\sigma_{\max} = K\gamma H,$$

где $K > 2$ — коэффициент концентрации напряжений ($K > 2$ для идеально круглой выработки).

При проверке возможности разрушения необходимо принимать $\sigma_{сж}$ с учетом ослабления его в массиве. Учитывая, что прочность пород в массиве меньше, чем в образце, для капитальных выработок принимают (4-й-6) $\gamma H \wedge \sigma_{сж}$. При этом дополнительно учитывают, что около выработок не кругового сечения и из-за неровности контура создаются местные концентрации напряжений.

По современным представлениям крепь, капитальных выработок может препятствовать развитию смещений пород в выработку (если выработка не подвержена влиянию очистных работ).

Механизм взаимодействия крепи с породами в капитальных выработках (рис. XXIV.11). Кривая 1 представляет зависимость давления на крепь P от перемещения контура породы u . Эта кривая пересекается с осью P в точке, ордината которой соответствует давлению в нетронутом массиве. Около вертикальной выработки это давление равно γH , а около горизонтальной — γH . Часть перемещений происходит до установки крепи u_p . После установки крепи с характеристикой 2 перемещение u_p характеризует совместную работу крепи и пород. При этом крепь будет испытывать давление P_A . Точка A соответствует состоянию статического равновесия и установившегося давления. Если установить крепь с менее жесткой характеристикой, то породы получат большее перемещение, а крепь будет испытывать меньшее давление. Перемещения контура по технологическим требованиям не должны превышать определенной для данной крепи величины. Правильный выбор характеристики крепи и технологии ее возведения должен обеспечить выполнение этого условия.

Вредные последствия вызывают переборы сечения при проходке, куполообразование, ошибки при сооружении закруглений, вынужденные расширения при отклонениях выработок от заданного направления и при встрече забоев, неровности контура, плохая и неровная забутовка, некачественный тампонаж и др. Вредное влияние этих факторов может быть существенно уменьшено при осуществлении строгого маркшейдерского контроля.

Условия работы крепи в капитальных выработках принципиально изменяются, когда они оказываются в зоне влияния очистных работ. В зоне влияния очистных работ крепь капитальных выработок работает в режиме заданных перемещений, которые не могут быть предотвращены крепью. Стволы получают заданные искривления, срезы по слабым породам и контактам, осевые сжатия, сопро-

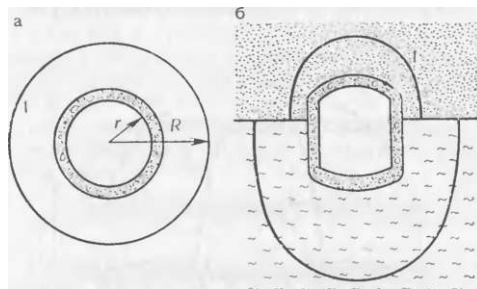


Рис. XXIV.10. Общий вид зон неупругих деформаций в окрестности вертикального ствола (а) и в окрестности горизонтальной или наклонной выработки, пройденной в двух слоях с разными свойствами (б)

вождающиеся разрушением крепи и армировки [1]. Для исключения или, по крайней мере, существенного снижения вредного влияния очистных работ на капитальные выработки маркшейдеры шахт должны обеспечить правильное установление границ очистных работ относительно капитальных выработок.

Подготовительные выработки, за исключением начального периода существования, в отличие от капитальных, не могут располагаться вне зоны влияния очистных работ. Поэтому преобладающий режим взаимодействия крепи подготовительных выработок с породами — режим заданной деформации. Так как в общем случае вокруг выработок создается зона разрушенных пород, то крепи должны развивать соответствующее сопротивление. Крепи подготовительных выработок должны иметь большую конструктивную податливость — это основное требование.

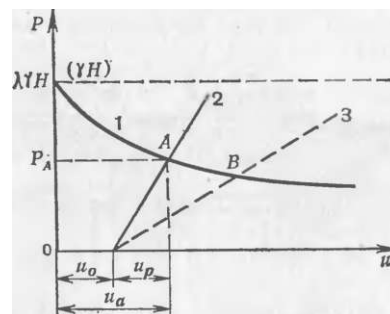


Рис. XXIV.11. Схема, иллюстрирующая влияние сопротивления крепи на перемещения контура пород:

1 — зависимость перемещения контура (u) от сопротивления крепи (P); 2 и 3 — характеристики крепи

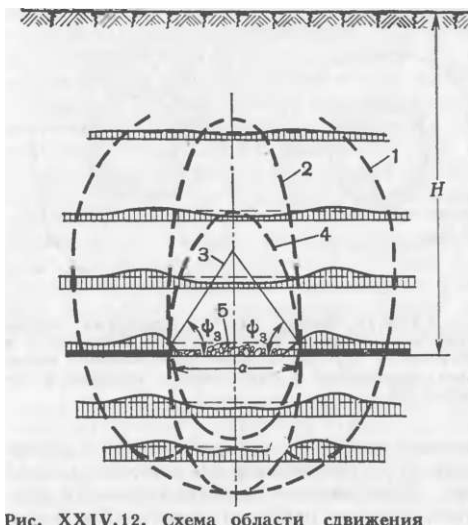


Рис. XXIV.12. Схема области сдвижения

При некоторых сочетаниях глубины, свойств пород и срока службы конструктивная податливость оказывается недостаточной. В этих случаях неизбежно перекрепление выработок. Конструктивная податливость различных крепей примерно равна: деревянной — 150—200 мм, металлической арочной трехзвенной — 300—400 мм, металлической арочной пятизвенной или кольцевой — 700 мм. Различают технологическую податливость, которая в 1,2—1,75 раза больше конструктивной. Иногда, особенно при слабых породах почвы и большой глубине, крепи имеют запас конструктивной податливости, но вследствие большого поднятия (пучения) почвы выработка приходит в аварийное состояние.

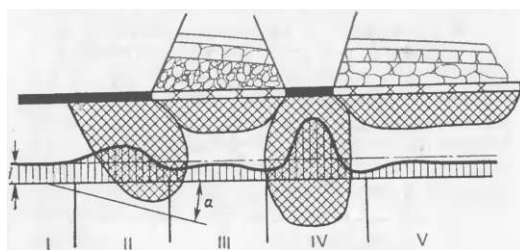


Рис. XXIV.13. Основные зоны влияния надработки:

I — зона с пренебрежимо малым влиянием надработки; II и IV — зоны стационарного влияния опорного давления под краевой частью угольного пласта и под целиком; III и V — зоны временного влияния опорного давления в период прохождения очистного забоя

Различают выработки, пройденные по разрабатываемому, надрабатываемому, подрабатываемому пластам, и полевые. Интенсивность и качественный характер перемещений и деформирования пород около контура; выработок зависит от того, в какой части области сдвижения находится выработка. Многие выработки в течение срока службы находятся последовательно в нескольких зонах области сдвижения.

На рис. XXIV.12 показана область сдвижения в сечении, перпендикулярном к направлению подвигания очистного забоя для большой глубины залегания H [5]. Кривая 2 ограничивает область разгрузки. На любом горизонте под и над разрабатываемым пластом между границами областей сдвижения и разгрузки формируются зоны повышенных напряжений — зоны опорного давления. Породы нижней части кровли обрушаются и создают зону обрушения 5. В нижней части подработанной толщи образуется зона полных сдвижений 3 (Φ — угол полных сдвижений). Если сделать сечение по простиранию пласта, то впереди забоя на всех горизонтах между границами областей сдвижения и разгрузки тоже формируются зоны повышенных напряжений и над отработанной частью пласта — зоны полных сдвижений и разгрузки (4 — граница защитного действия от проявления горных ударов).

Капитальные выработки, допускающие меньшие деформации и закрепляемые более жесткой крепью, должны располагаться практически за пределами области сдвижения. Подготовительные выработки располагаются в области сдвижения. Способы охраны и их параметры выбирают таким образом, чтобы при конструктивной податливости крепи выработка в течение срока

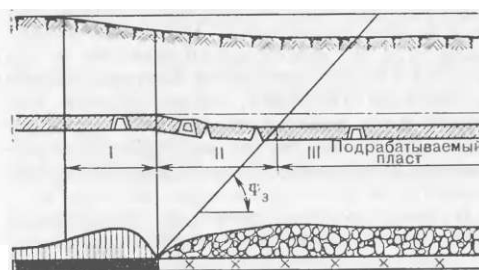


Рис. XXIV.14. Основные зоны влияния подработки:

I — зона влияния опорного давления над краевой частью угольного пласта; II — зона растяжения, изгиба и активного оседания; III — зона затухающих перемещений; ϕ_3 — угол полных сдвижений

службы не перекреплялась, или устанавливают продолжительность периода между укреплением. В зависимости от прочности угля и боковых пород, склонности их к расслоению и зависанию целесообразна охрана выработок целиками ограничивается некоторой критической глубиной. При превышении этой глубины нельзя обеспечить охрану выработок целиками. Наиболее прогрессивные способы охраны — различные варианты без целиков.

На рис. XXIV.13 и XXIV.14 схематически показаны зоны влияния надработки и подработки. При надработке наиболее опасные (заштрихованные) зоны на рис. XXIV.13) — зоны II под кромкой угольного пласта и особенно IV под оставленным целиком. Размеры этих зон тем больше, чем больше глубина разработки и чем слабее породы; при равном влиянии этих двух основных факторов зоны тем больше, чем меньше конструктивная податливость крепи. В зонах III и V выработки испытывают только временное опорное давление, когда над ними проходит очистной забой (направление подвигания забоя перпендикулярно к чертежу). При надработке выработки испытывают сжатие в зонах опорного давления (III и IV). При подработке (рис. XXIV.14) в зоне опорного давления I происходит сжатие, в зоне II — растяжение, а за границей зоны II — уплотнение и стабилизация смещений.

В связи с большим многообразием взаимного сочетания горнотехнических факторов при охране подготовительных выработок, пройденных в пределах разрабатываемых, надрабатываемых и подрабатываемых пластов, при маркшейдерском обслуживании шахт очень важно обеспечить рациональное расположение различных выработок.

4. Управление кровлей в очистных выработках

Из всей совокупности очистных выработок можно выделить две принципиально отличные группы: группу очистных выработок с короткими забоями и группу очистных выработок с длинными забоями.

В очистных выработках с короткими забоями управление кровлей осуществляется за счет использования ее собственной несущей способности и удержания на целиках. Задача сводится к выбору оптимальных размеров целиков и допустимых размеров обнажений кровли.

Очистными выработками с длинными забоями породы кровли и почвы обнажаются на больших площадях. Вследствие этого процессы деформирования в породах кровли (а при крутом падении и в породах почвы) неизбежно развиваются до разрушения. Безопасные условия в очистной выработке обеспечиваются благодаря применению тех или иных способов управления кровлей и рациональных паспортов расстановки крепей с соответствующими характеристиками.

Среди способов управления кровлей различают полное обрушение, плавное опускание, частичное обрушение, частичную закладку и полную закладку. По характеру влияния на процессы разрушения кровли и на условия поддержания ее в рабочем пространстве очистной выработки эти способы отличаются один от другого степенью ограничения перемещений нижних слоев кровли за пределами поддерживаемого пространства.

При полном обрушении и плавном опускании нижние разрушенные слои пород могут перемещаться на величину, равную вынимаемой мощности пласта или залежи полезного ископаемого (за вычетом поднятия почвы). При полной закладке достигается наибольшее ограничение перемещений пород. Величины этих перемещений зависят от полноты заполнения выработанного пространства и последующей усадки закладки. При качественной закладке (пески и крепкие шлаки без размокаемых компонентов, поданные гидравлическим способом) величины этих перемещений могут достигать 15% вынимаемой мощности пласта.

Безопасные условия в поддерживаемом пространстве очистных выработок в большинстве условий можно обеспечить при наиболее экономичных способах управления кровлей — способах полного обрушения и плавного опускания.

В общем случае при полном обрушении в разрезе подработанной толщи пород следует различать три зоны: I — зона обрушения, II — зона упорядоченного перемещения разрушенных пород, III — зона прогиба слоев (рис. XXIV.15). В нижней части зоны I (БО) куски-блоки разрушенных пород при некоторых соотношениях их размеров с высотой выработанного пространства выпадают на почву пласта с переворачиванием, беспорядочно и занимают значительно больший объем, чем до разрушения. Выше лежащие куски-блоки в зоне / из-за разрыхления пород в зоне БО уже не могут выпасть с переворачиванием и после обрушения занимают упорядоченное положение (УО).

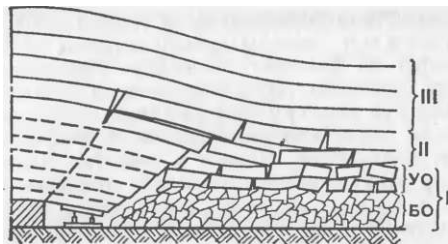


Рис. XXIV.15. Основные зоны в разрезе подработанной толщи

В зоне II куски-блоки перемещаются упорядоченно с сохранением сил распора. В зоне III происходит плавный прогиб слоев без образования трещин или с образованием трещин не по всей толщине слоев.

Требования к своевременности возведения, паспорту расстановки, сопротивлению и податливости крепей определяются характером разрушения пород, слагающих зоны I и II. Сопротивление крепей должно быть достаточным для уравнивания веса пород зоны I, а податливость должна соответствовать режиму перемещений пород зоны II.

Слои пород зоны I, залегающие непосредственно над угольным пластом, называют непосредственной кровлей, а вышележащие слои — основной. Слои пород непосредственной кровли в общем случае не могут находиться в равновесии без крепи как бы устойчивы они ни были. Под непосредственной иногда залегает ложная кровля, которая обрушается сразу же вслед за выемкой полезного ископаемого.

Способ управления кровлей и паспорта крепления очистных выработок выбираются в зависимости от устойчивости и обрушаемости кровли. Устойчивость и обрушаемость являются важнейшими интегральными свойствами кровли. Устойчивость — способность самых нижних слоев кровли не обрушаться (не выпадать) в пределы поддерживаемого крепью пространства. Устойчивость количественно оценивают размерами обнажений и продолжительностью устойчивого их состояния. Пласты с неустойчивыми кровлями (с выделением в них весьма неустойчивых и ложных) включены в «Каталог пологих пластов с неустойчивыми кровлями по основным угольным бассейнам СССР». Обрушаемость — способность совокупности слоев непосредственной и основной кровли разрушаться над поддерживаемым пространством и обрушаться за его пределами. Наибольшие трудности обеспечения безопасности труда в очистных выработках

имеют место на пластах с труднообрушаемыми кровлями. Такие пласты включены в «Каталог пологих угольных пластов с труднообрушаемыми кровлями в угольных бассейнах СССР». В последние годы широко внедряются способы активного управления кровли: предварительное разупрочнение труднообрушаемой кровли, упрочнение нижних неустойчивых слоев (синтетическими смолами, анкерами) и управление начальным, распором секций механизированных крепей.

При применении металлических и особенно механизированных крепей очень важно правильно выбирать типоразмеры крепей. Для этого необходимо располагать полными и надежными данными о колебаниях мощности пластов и геологических нарушениях. В пределах подготавливаемых лав необходима знать нижние и верхние пределы колебаний мощности угольного пласта. Амплитуды нарушений сбросового и взбросового типов, а также пережимы должны прогнозироваться с точностью до 10% вынимаемой мощности пласта. Особенно тщательно должна выявляться наименьшая мощность пласта с учетом нарушений в тех случаях, когда нижний предел конструктивной раздвижности механизированной крепи близок к средней мощности пласта. Наименьшая мощность пласта должна быть на 200—250 мм больше нижнего предела конструктивной высоты крепи.

5. Понятие о горных ударах и меры борьбы с ними

Горный удар — это хрупкое взрывоподобное разрушение угля (или пород) в зоне предельно напряженного состояния [51]. В подготовке и проявлении горного удара принимает участие вся система «боковые породы — уголь». Удар происходит за счет энергии, накопленной в угле (полезном ископаемом) и во вмещающих породах. Появление горных ударов обусловлено рядом естественно-геологических факторов, важнейшие которых:

- а) наличие мощных и крепких пластов пород, залегающих в почве и кровле полезного ископаемого;
- б) упругий уголь (руда, соль);
- в) достаточно большая глубина горных работ, неодинаковая для разной прочности полезного ископаемого и окружающих горных пород.

Важнейшее условие, определяющее потенциальную возможность горных ударов — способность углей (руд, солей) аккумулировать упругую энергию.

Боковые породы, способные к накоплению упругой энергии, опасны как очаги горных ударов только в тех случаях, когда они непосредственно обнажаются выработками или находятся вблизи обнажений. Вмещающие породы, расположенные вдали от обнажений, являются носителями упругой энергии, участвующей в развязывании горного удара, но не представляют собой возможных очагов ударов.

При высокой газоносности полезных ископаемых и пород горные удары сопровождаются усиленным газовыделением, участием энергии газа в разрушении и особенно в выносе и выбросе разрушенных полезных ископаемых и пород.

До сих пор в СССР наибольшее число горных ударов произошло при разработке угольных месторождений. Это объясняется тем, что именно на угольных месторождениях в относительно большем числе случаев достигнуты критические глубины (с учетом условий нагружения, зависящих от горно-технической ситуации). Но по мере увеличения глубины разработки потенциальная опасность проявления горных ударов будет возрастать при разработке других полезных ископаемых. При этом чем меньше предел прочности полезного ископаемого при сжатии, тем меньше критическая глубина разработки, при которой начнут проявляться горные удары. Но чем больше предел прочности полезного ископаемого при сжатии, тем больше разрушительная сила горных ударов, так как количество запасенной упругой энергии, участвующей в развязывании горного удара, при этом будет больше.

Основные меры борьбы с горными ударами **те** зависят от вида полезного ископаемого. Поэтому меры борьбы, разработанные применительно к угольным месторождениям, должны осуществляться и при проявлении горных ударов при разработке других полезных ископаемых.

Горные удары классифицируют по двум принципам: по интенсивности их проявления и вызываемого ими разрушения пласта угля или пород, крепи, механизмов, оборудования и пр. и по условиям нагружения пласта угля или пород опорным давлением. В соответствии с первым принципом горные удары подразделяют на четыре класса: стреляние, толчки, микроудары и собственно удары. Стреляние проявляется в виде отскокивания отдельных кусков угля или породы от сильно напряженных стенок, толчки — в виде разрушения пород в глубине массива, сопровождаются сотрясением, но без выброса угля (пород), осыпанием, иногда воздушной волной. М и к р о у д а р ы проявляются

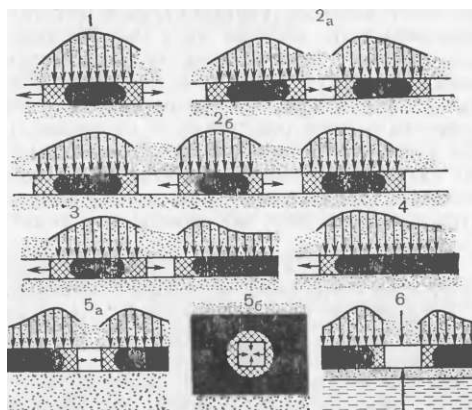


Рис. XXIV. 16. Основные схемы нагружения угольного пласта, при которых происходят горные удары

в виде разрушения и незначительного выброса угля (пород) в выработки без нарушения крепи, машин, механизмов. Собственно горные удары представляют собой взрывоподобное разрушение угля (пород), проявляющееся в виде выброса значительных объемов угля (пород) с разрушением крепи, машин и механизмов. Сотрясение массива горных пород при горных ударах ощущается на земной поверхности в радиусе до 5—10 км, а точными сейсмографами регистрируется на расстоянии десятков и даже сотен километров.

Все случаи горных ударов по условиям нагружения пласта угля или пород опорным давлением применительно к угольным шахтам, подразделяют на следующие группы (рис. XXIV. 16):

- 1) в сплошных целиках 1;
- 2) в целиках, прорезанных выработками 2, б;
- 3) в целиках, отделенных от массива выработками 3;
- 4) в краевой части угольного массива 4;
- 5) в выработках, пройденных в пласте угля 5а, б;
- 6) в выработках с разрушением почвы или кровли полезного ископаемого 6.

При значительной глубине горные удары происходят в одиночных выработках, пройденных по породе, склонной к накоплению упругой энергии (стволы, квершлагги, полевые выработки).

В сплошных целиках горные удары происходят относительно редко, но характеризуются большой разрушительной силой. Горные удары в целиках, прорезанных выработками, являются одними из наиболее

распространенных. Горные удары в целиках, отделенных от массива угля выработками, как правило, происходят в эту выработку и характеризуются полным ее завалом. Горные удары в краевой части массива угля происходят непосредственно в очистном забое и являются наиболее многочисленными, но разными по разрушительной силе. Как правило, они вызываются процессом выемки угля и именно этим они опасны для людей. Остальные горные удары встречаются реже.

Меры борьбы с горными ударами базируются на следующих основных принципах:

1. Снижение напряженности на угольных пластах и участках, потенциально опасных по горным ударам, применением опережающей отработки защитных пластов, ведением горных работ без целиков, сокращением случаев проходки выработок впереди фронта очистных работ и т. п. Эта мера борьбы наиболее эффективна. В качестве защитной следует отдавать предпочтение опережающей отработке верхних пластов в свитах.

2. Снижение или ликвидация способности краевых частей угольного пласта к накоплению упругой энергии в результате изменения их механических свойств (нагнетанием воды или эмульсий, разрыхлением взрывом и т. д.).

3. Защита горных выработок от последствий горных ударов с помощью

выкладки бутовых полос и костров, установки податливых щитов, применения специального режима ведения горных работ.

4. Управление процессом хрупкого разрушения угля подбором оптимальных способов и средств выемки угля, параметров и режимов их применения, дистанционным управлением выемочными машинами и др.

Маркшейдерская служба шахт должна обеспечить строгое выполнение комплекса мер путем защитной отработки пластов, соблюдением соотношения границ очистной выемки на соседних пластах свиты, полным исключением оставления целиков и т. п.

Список литературы

1. *Акимов М. Г., Козел А. М.* Защита вертикальных стволов шахт от влияния очистных работ. М., Недра, 1969.
2. *Кузнецов Г. Н.* Механические свойства горных пород. М., Углетехиздат, 1947.
3. *Общие* методические положения комплексного исследования проблем горной геомеханики. — Сб. ВНИМИ, № 81. Л., 1970.
4. *Очеретенко И. А.* Способ замера азимута и угла падения трещин по керну с помощью палетки. — Разведка и охрана недр, 1958, № 9.
5. *Горные удары и борьба с ними*/И. М. Петухов, В. А. Литвин, Л. В. Кучерский и др.. Пермское книжное издательство, 1969.

Планирование горных работ

1. Значение плана и виды планирования горных работ

В отраслях горнодобывающей промышленности существуют два типа предприятия: самостоятельное горное предприятие и производственное объединение (комбинат).

Самостоятельные (хозрасчетные) горные предприятия имеют статус юридического лица и могут быть представлены шахтами, рудниками, карьерами (разрезами).

В последнее время широкое развитие в промышленности получает второй тип предприятий — производственное объединение.

В угольной промышленности оно становится преобладающим, поскольку имеет экономические преимущества по сравнению с самостоятельными горными предприятиями.

Производственное объединение (комбинат) представляет собой единый производственно-хозяйственный комплекс, в состав которого входят производственные единицы (шахты, разрезы, обогатительные фабрики и др.), научно-исследовательские институты, проектные и конструкторские организации. Оно является юридическим лицом и имеет самостоятельный баланс.

Производственные единицы не имеют права юридического лица и на них не распространяется Положение о социалистическом государственном промышленном предприятии. Права и обязанности производственной единицы определяются Положением о производственной единице, утвержденном директором производственного объединения.

План горного предприятия — часть народнохозяйственного плана. Он определяет всю производственно-хозяйственную деятельность предприятия, имеет силу юридического закона и должен выполняться по всем количественным и качественным показателям.

По продолжительности планового периода планы делятся на генеральные, перспективные и текущие.

Генеральный план развития горных работ предприятия — общетехнический план (технический проект), определя-

ющий основные направления развития на весь срок существования горного предприятия. Он устанавливает количество рабочих пластов, технические границы шахты (разреза), промышленные запасы по пластам, расположение и размеры предохранительных целиков, порядок вскрытия и подготовки пластов, горизонтов (этажей) и участков, системы разработки, схемы вентиляции, энергоснабжения и водоотлива, пропускную способность каждого звена производственного процесса и производственную мощность горного предприятия.

Учитывая, что общий срок службы горного предприятия исчисляется обычно десятками лет, нецелесообразно разрабатывать детально план развития горных работ на весь срок службы. Технический прогресс обуславливает внедрение новой техники, широкую механизацию и автоматизацию работ, которые могут привести и приводят к совершенствованию технологии добычи, увеличению производственной мощности предприятия и изменению исходных данных планирования. Поэтому целесообразно перспективное планирование на более короткие периоды.

Перспективные пятилетние планы отражают ближайшую перспективу развития предприятия и обеспечивают непрерывность планирования. Однако при изменчивости природных горнотехнических условий пятилетний план не может учесть всех особенностей поля шахты (разреза). Поэтому перспективный пятилетний план служит основой для составления более точных текущих планов на год.

Годовой план горного предприятия учитывает все стороны производственно-хозяйственной деятельности и состоит из следующих разделов: план производства и реализации продукции; план технического развития и организации производства; план повышения экономической эффективности производства; нормы и нормативы; план капитального строительства; план потребности в материальных ресурсах; план по труду и заработной плате; план себестоимости, прибыли и рентабельности производства; фонды экономического стимулирования; фи-

дансовый план и план социального развития коллектива.

Годовой план производственных единиц включает следующие разделы: добыча угля в натуральном выражении; реализуемая продукция в оптовых ценах; план по труду и заработной плате; себестоимость и прибыль; план технического развития производства; план рационального использования природных ресурсов и охраны природы; план социального развития коллектива.

На основе годового плана составляют квартальные планы, а на основе квартальных — месячные.

2. Задачи и основные этапы планирования горных работ

План развития горных работ является техническим обоснованием плана производства и реализации продукции. План производства шахты (разреза) в натуральном выражении составляют одновременно с планом развития горных работ по времени и по объектам работ. Важнейшие объекты плана производства — подготовительные выработки и очистные работы, так как они дают полезное ископаемое, будущую готовую продукцию предприятия, подлежащую реализации.

Основные задачи планирования горных работ:

- 1) обеспечение выполнения государственного плана добычи в плановом периоде (год, квартал, месяц);
- 2) планомерное развитие горных работ в соответствии с техническим проектом и перспективным пятилетним планом, скорректированным на основании опыта разработки;
- 3) рациональное использование запасов полезного ископаемого поля шахты (разреза), всемерное уменьшение потерь его в недрах;
- 4) обеспечение непрерывного восполнения вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов, для создания необходимых резервов и условий ритмичной работы участков и всего горного предприятия.

Производственная мощность шахты (разреза) должна, как правило, обеспечиваться с одного горизонта. Работа на двух горизонтах может быть допущена только при доработке запасов на погашаемом горизонте.

Исходный момент во всем процессе планирования — планирование объема производства. База для планирования объемов и темпов роста производства — баланс ресурсов и потребностей страны в данном виде полезного ископаемого.

Этапы планирования.

Первый этап планирования в масштабе всей страны состоит в сопоставлении

потребностей народного хозяйства, например в каменном угле, с ресурсами, т. е. с техническими возможностями добычи угля на планируемый период.

На первом этапе выявляют узкие места угольной промышленности и принимают меры для их ликвидации, для повышения объема добычи угля до уровня, удовлетворяющего потребности народного хозяйства с учетом необходимых производственных и государственных резервов. Результаты первого этапа планирования — контрольные цифры добычи угля на пятилетний период. Эти цифры в виде директивных заданий правительства даются Министерству угольной промышленности СССР, которое распределяет их по производственным объединениям и предприятиям.

Второй этап планирования состоит в составлении проектов планов и установлении действительных возможностей каждой производственной единицы, производственного объединения и самостоятельного горного предприятия с учетом их внутренних ресурсов. Исходя из заданий пятилетнего плана, полученных контрольных цифр на планируемый период и анализа хода выполнения плана текущего года, шахта (разрез) при широком участии рабочих, ИТР и служащих разрабатывает проект годового плана по формам и показателям, утвержденным Министерством угольной промышленности СССР.

По получении утвержденных заданий Государственного плана развития народного хозяйства на планируемый год производственное объединение, производственные единицы и предприятия в месячный срок разрабатывают развернутый техпромфинплан.

Техпромфинплан, разработанный коллективом предприятия, утверждает директор и представляет его вышестоящей организации для контроля. План, разработанный коллективом производственной единицы, утверждает ее директор и представляет для контроля в производственное объединение.

В соответствии с утвержденным техпромфинпланом руководители горных предприятий не позднее чем за 15 дней до начала планируемого года утверждают по эксплуатационным участкам план основных производственно-технических показателей на год с разбивкой по кварталам.

Ежеквартально, не позднее чем за 15 дней до начала планируемого квартала, горное предприятие, исходя из утвержденных квартальных заданий годового техпромфинплана, представляет вышестоящей организации план по месяцам планируемого квартала.

Не позднее 25 числа каждого месяца руководители горных предприятий и производ-

ственных единиц утверждают планы по участкам и цехам и сводный план по шахте (разрезу) на следующий месяц.

Изменение плановых заданий вышестоящей организацией допускается лишь в исключительных случаях после предварительного обсуждения с руководством предприятия и внесением необходимых изменений во все взаимосвязанные показатели.

После утверждения техпромфинплана он становится законом, подлежащим обязательному выполнению.

3. Задачи маркшейдера при составлении плана развития горных работ

Перспективные и годовые планы развития горных работ шахты (разреза) разрабатывает руководство при непосредственном участии маркшейдера горного предприятия.

В процессе подготовки и составления плана развития горных работ маркшейдер должен подготовить материалы о выполнении плана горных работ за текущий год и дать их анализ: подготовить расчетные исходные данные для распределения плана добычи шахты (разреза) по участкам и составить проект плана горных работ участков на предстоящий плановый период в соответствии с годовым планом добычи по участкам; составить календарный план развития горных работ и нанести его на планы горных выработок по забоям, участкам и пластам.

Перед составлением проекта плана развития горных работ маркшейдерская служба шахты (разреза) готовит материал о выполнении плана горных работ за текущий год, пополняет планы горных выработок для обеспечения реальных величин планируемых объемов горных работ.

Пополненные планы дают материалы для анализа выполнения плана развития горных работ в текущем году. Анализ имеет целью установить фактическое состояние горных работ и степень выполнения плана горных работ текущего года по объемам и объектам, учесть все отклонения от плана текущего года и принять их во внимание при составлении плана развития горных работ на следующий плановый период и более точно определить ожидаемое положение забоев на начало нового планового периода.

Маркшейдерская служба шахты (разреза) должна также дать ряд расчетных величин, необходимых для определения производственной мощности каждого забоя, участка и предприятия в целом. Такими величинами на планируемый период являются: 1) запасы

угля в недрах; 2) производительность пласта, по каждому очистному и подготовительному забою; 3) среднедействующая линия очистных и подготовительных забоев; 4) скорости подвигания очистных и подготовительных забоев в соответствии с принятой механизацией работ, нормативами нагрузки на очистные забои и нормативами скорости проведения подготовительных выработок; 5) расстояния транспортировки угля и породы от участков до ствола; 6) величина плановых эксплуатационных потерь в целом по шахте (разрезу) и по системам разработки; 7) объем работ по ремонту горных выработок и объем отвальных работ при открытом способе разработки.

После распределения добычи по забоям и участкам маркшейдер составляет календарный план развития линии очистных забоев, в соответствии с которым строит график ввода и выбытия лав. Маркшейдер составляет также план развития подготовительных выработок, который должен обеспечить плановую линию очистных забоев в установленные графиком сроки.

Планы развития очистных и подготовительных работ, нанесенные на планы горных выработок, с необходимыми расчетными обоснованиями представляют руководителю горного предприятия для утверждения и в вышестоящую организацию для контроля.

4. Исходные данные для составления плана развития горных работ

Исходные данные подразделяют на директивные и расчетные.

Директивные данные выражают задачи государства горному предприятию на плановый период. Они исходят из Основных направлений развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы, утвержденных XXV съездом КПСС.

Намечено интенсивное развитие добычи угля открытым способом, которая даст 60% всего прироста добычи угля в стране в десятой пятилетке.

В большом масштабе будет продолжаться техническое перевооружение угольной промышленности, совершенствование техники и технологии производства с целью обеспечить ускорение темпов роста добычи угля. Будет повышаться концентрация производства за счет укрупнения шахт, карьеров, участков и увеличения нагрузки на забой. На предприятиях угольной промышленности планирование развития горных работ, а также выбор средств механизации подгото-

вительных и очистных работ будет производиться на основе технологических схем и прогрессивных норм и нормативов.

Расчетные данные характеризуют горно-геологические, технические и организационные условия разработки поля шахты (разреза) и определяются самим предприятием.

Значительная часть расчетных величин для планирования горных работ обеспечивается маркшейдерской службой горного предприятия.

5. Определение расчетных величин плана развития горных работ при подземном и открытом способах разработки

При подземном способе разработки. Возможность реализации резервов каждого забоя, участка и пласта для выполнения государственного планового задания по добыче угля зависит от точности расчетных величин: мощности пласта, длины забоя. Для месячных планов добычи угля точность определения указанных величин должна обеспечить отклонение фактических данных от плановых не более $\pm 1\%$, для квартальных и годовых планов — не более $\pm 2\%$.

Необходимая точность указанных величин, подверженных значительным изменениям (особенно мощность пласта), обеспечивается систематическими замерами и фиксацией их результатов на планах горных выработок.

Мощность пласта m . Различают несколько видов мощности пласта.

Геологическая (общая) мощность m_g — мощность всех пачек угля и всех породных прослоек, включенных в пласт.

Выемочная мощность m_v — мощность разрабатываемой части пласта (слоя), включающая пачки угля и породные прослойки.

Эксплуатационная мощность пласта m_z — мощность разрабатываемых пачек угля и неотбираемых в забое прослоев породы.

Выемочная полезная мощность $L_{вп}$ — суммарная мощность разрабатываемых пачек угля.

Для годовых и квартальных планов мощность пласта или слоя определяют на основании следующих данных: 1) замера мощности пласта по подготовительным выработкам, пройденным на площади, подлежащей очистной выемке в планируемом году, не реже чем через 50 м, результаты замеров должны быть нанесены на планы горных выработок; при

этом должны быть учтены данные всех точек отбора проб для установления стандартов углей. При недостаточном числе имеющихся замеров мощности пласта на момент составления годового плана по пройденным ранее выработкам при составлении квартальных планов делают дополнительные замеры через 50 м. В случаях резко изменяющейся мощности пласта замеры производят не более чем через 10 м; 2) замеров мощности пласта в выработках вышележащего горизонта; 3) замеров мощности пласта по разведочным скважинам; 4) замеров мощности пласта в выработках, проводимых с различной целью со сближенных пластов, разрабатываемых с опережением против планируемого к разработке пласта.

Для месячных планов, кроме того, используют данные месячного замера мощности пласта (слоя), предшествующего планируемому. Замеры производятся не менее чем в трех точках каждого очистного забоя и не реже чем через 20 м в откаточных и вентиляционных штреках, разрезных сбойках, бремсбергах и уклонах.

Плотность γ угля и неотбираемых в забое прослоев породы в целике (по эксплуатационной мощности) принимают по данным пластово-дифференциальных проб, отобранных для установления стандарта угля в точках, ближайших к планируемой площади очистных работ. Плотность угля и породы определяют в химической лаборатории, рассчитывают на рабочее топливо и представляют главному маркшейдеру шахты, который использует эти данные для определения средневзвешенной (по площади) величины плотности.

Производительность пласта p . На основании данных об эксплуатационной мощности пласта, плотности угля и неотбираемых прослоев породы в целике главный маркшейдер шахты рассчитывает производительность 1 м^2 пласта для всех точек, принятых к учету для годовых, квартальных или месячных планов, и выводит для каждого квартала и каждого месяца производительность 1 м^2 пласта угля.

Производительность пласта — количество угля в тоннах, которое можно получить при разработке 1 м^2 пласта. Она зависит от эксплуатационной мощности пласта и плотности угля в целике и устанавливается маркшейдером для каждого забоя. Основанием для установления производительности пласта является структура пласта по разведочным данным и данным измерений мощности пласта в очистных и подготовительных забоях.

Производительность отдельного пласта

$$P = m_z \gamma, \quad (\text{XXV. 1})$$

Таблица XXV. 16

Определение производительности 1 м² пласта

Мощность каждой пачки угля неотбираемых прослоек породы, м	Пачки угля и неотбираемые прослойки породы	Плотность угля (на рабочее топливо), т/м ³	Зола, %	Производительность пласта, т/м ²
0,35	Верхняя пачка угля	1,32	12	0,35 X 1,32 = 0,46
0,05	Глинистый сланец	2,00	—	0,05 X 2,00 = 0,10
1,15	Нижняя пачка угля	1,25	10,5	1,15 X 1,25 = 1,44
Эксплуатационная мощность пласта 1,55 м	—	—	—	2,00

где m_z — эксплуатационная мощность пласта (слоя), м; γ — плотность угля и неотбираемых прослоек в целике, т/м³.

Пример. Определить производительность 1 м² пласта, если он состоит из двух пачек угля мощностью 0,35 и 1,15 м и прослойка породы мощностью 0,14 м, из которого 0,09 м отбирается в забое, а 0,05 м выдается вместе с углем. Расчет приведен в табл. XXV. 1.

Суммарная производительность свиты пластов или группы одновременно разрабатываемых пластов

$$P = \sum_{i=1}^n E_{ад} = m_{z1}\gamma_1 + m_{z2}\gamma_2 + \dots + m_{zi}\gamma_i. \quad (XXV.2)$$

Линия забоев. Все имеющиеся на предприятии угольные забои разделяют на очистные и подготовительные. При подземном способе добычи к очистным забоям относят: забои лав, уступов, полос, заходок, коротких столбов, камер, щитовые забои и забои горизонтальных и поперечнойнаклонных слоев, а при открытом способе добычи — забои уступов по полезному ископаемому.

К подготовительным забоям при подземном способе добычи относят: забои выработок, проводимых по углю и по углю с подрывкой породы, забои бремсбергов, уклонов, скатов, штреков, ходков, просеков, разрезных и вентиляционных печей, гезенков, а также забои раскосок штреков, бремсбергов и других подготовительных выработок. При открытом способе добычи к подготовительным забоям относят забои вскрышных уступов.

Длина очистного забоя — расстояние вдоль забоя между выработками

или целиками, оконтуривающими забой, при подземном способе добычи. При открытом способе добычи длина очистного забоя может быть выражена шириной заходки.

Очистные забои подразделяют на действующие и запасные. К действующим относят забои, оборудованные механизмами, снабженные энергией, удовлетворяющие требования правил безопасности и технической эксплуатации и систематически находящиеся в работе.

План добычи угля устанавливают только на действующие забои. Длина действующего очистного забоя в течение планируемого периода (год, квартал, месяц) может изменяться. Это может быть обусловлено, например, изменением угла падения пласта. Поэтому для планирования добычи из забоя принимается средняя расчетная длина забоя h_p на планируемый период. Ее устанавливают по плану горных выработок как среднюю из длины очистного забоя на начало h_n и конец h_k планируемого периода:

$$h_p = \frac{h_n + h_k}{2}. \quad (XXV.3)$$

В частном случае при выдержанном залегании пласта длина очистного забоя может оставаться постоянной в течение всего планового периода.

Если на момент составления годового плана на площади, подлежащей очистной выемке в текущем году, подготовительные выработки уже пройдены, то длину очистного забоя для этих кварталов и месяцев определяют по фактической длине лав. Если подготовительные выработки еще не пройдены, то длину очистных забоев определяют по плану горных выработок (проекту плана) на

котором нанесены запроектированные подготовительные выработки с максимально возможным учетом всех изменений залегания пласта по простиранию и падению. Среднюю расчетную длину очистных забоев на каждый планируемый месяц уточняют.

Количество добычи из забоя определяется не только физической длиной забоя, но и планируемой продолжительностью его работы. Для того чтобы учесть изменение физической длины забоя и времени его работы в течение планового периода, определяют среднюю действующую длину забоя:

$$L_{\text{ср}} = \frac{\sum L_{\text{дл}}}{n_{\text{дл}}} \quad (\text{XXV.4})$$

где $L_{\text{ож}}$ — ожидаемое (планируемое) число дней работы забоя в плановом периоде; $n_{\text{дл}}$ — число рабочих дней в плановом периоде.

Пример. Шахта по пласту А на горизонте +150 м имеет две лавы длиной по 120 м каждая. Забои работают на прерывном режиме. Плановый период — один месяц (25 рабочих дней). Лава № 1 работает все 25 дней.

Ее среднедействующая длина

$$L_{\text{ср}} = \frac{120 \cdot 25}{25} = 120 \text{ м.}$$

Лава № 2 будет переведена из запасной в действующую внутри планового периода и проработает 17 рабочих дней. Среднедействующая ее длина за этот период

$$L_{\text{ср}} = \frac{120 \cdot 17}{25} = 81,6 \text{ м.}$$

Среднедействующая длина забоя — это длина эквивалентного по добыче забоя, работающего в течение всего планового периода.

Пример. Лава длиной 120 м дает в сутки 240 т угля. За 17 суток добыча из этой лавы составит $240 \times 17 = 4080$ т. Суточная добыча лавы со среднедействующей длиной очистного забоя 81,6 м составит $81,6/120 \times 240 = 163,2$ т. За месяц добыча из этой лавы будет $163,2 \times 25 = 4080$ т.

Суммируя среднедействующие длины отдельных очистных забоев, получают среднедействующую линию очистных забоев по шахте. Суммируя среднедействующие длины отдельных подготовительных забоев, получают среднедействующую линию подготовительных забоев. Суммируя среднедействующую линию очистных и подготовительных забоев, получают общую среднедействующую линию забоев по горному предприятию или производственной единице. Только среднедействующая линия забоя дает реаль-

ное представление о возможной добыче шахты в плановом периоде.

Запасные очистные забои предназначаются для замены действующих очистных забоев в случае их временной остановки, а также при непредвиденном выходе их из строя и непригодности для дальнейшей работы по горно-геологическим условиям.

К запасным очистным забоям относят забои, полностью оборудованные для очистной выемки угля, удовлетворяющие Правилам технической эксплуатации угольных шахт и расположенные вблизи основных транспортных магистралей. Категорически запрещается создание запасных забоев вблизи геологических нарушений, а также у границ шахтных полей и участков при отработке их прямым ходом.

Для обеспечения равномерной добычи и высокой надежности работы предприятия на шахтах создается экономически обоснованная, оборудованная линия запасных очистных забоев (от 20 до 50% числа действующих очистных забоев). Чем больше концентрация работ, тем выше процент запасных забоев.

Для поддержания добычи на необходимом уровне очистные забои, выбывающие из-за отработки промышленных запасов, компенсируют новыми очистными забоями. Последние подготавливают заблаговременно, за 1,5—2 мес. до ввода их в эксплуатацию. Они — резерв очистной линии забоев шахты.

Среднедействующее число забоев. Ввиду того что в течение планового периода одни очистные забои выбывают, а другие вступают в работу, число действующих и запасных забоев изменяется. Для того чтобы получить представление о возможных изменениях, определяют плановый показатель — среднедействующее число забоев:

$$P_{\text{заб}} = \frac{\sum n_{\text{дл}}}{n_{\text{дл}}} \quad (\text{XXV.5})$$

где $L_{\text{ож}}$ — ожидаемое число дней работы каждого действующего забоя в плановом периоде; $n_{\text{дл}}$ — число рабочих дней в плановом периоде.

Норматив цикличности при подземном способе разработки — плановое число циклов, подлежащее выполнению в плановом периоде в конкретных горно-геологических условиях. Величина его

$$K_{\text{ц}} = V_{\text{в}} \cdot n_{\text{ц}} \quad (\text{XXV.6})$$

где $K_{\text{ц}}$ — коэффициент цикличности, который учитывает горно-геологические и технические условия работы принимается не менее 0,9 (чем труднее геологические условия и больше

длина забоя, тем меньше $\xi_{ц}$); t_y — продолжительность планового периода или число рабочих дней забоя по уголю; $p_{ц}$ — число циклов в сутки, которое может быть выполнено в данном забое.

Если в формуле (XXV.6) $t_y = 1$, т.е. одним суткам, то получим точный норматив цикличности, если $t_y = \frac{1}{p_{ц}}$ т.е. числу дней работы в плановом периоде, то получим месячный, кварталный или годовой норматив цикличности.

Подвигание забоя за цикл $/_{ц}$ зависит от горно-геологических условий и средств механизации и принимается в соответствии с «Технологическими схемами очистных и подготовительных работ на угольных шахтах». Подвигание за цикл в очистных забоях рекомендуется принимать:

В комбайновых и машинных лавах с широкозахватной техникой ($/_{ц} > 1$ м) ширину захвата принимают на 15 см меньше длины бара, если длина его менее 1,8 м, и на 20 см — если длина бара 1,8 м и более. В комбайновых лавах с узкозахватной техникой ($/_{ц} = 1$ м) ширину захвата принимают от 0,5 до 1 м в зависимости от типа комбайна.

На пластах, где имеет место отжим угля, подвигание за цикл принимают с учетом величины отжима, в забоях крутых пластов, если они разрабатываются на всю мощность или с разделением на наклонные слои, — в соответствии с «Технологическими схемами очистных работ». При разработке горизонтальными и поперечно-наклонными слоями мощных крутых пластов вкрест простирания — ширине трех крепей.

В узких забоях (камерно-столбовая система) при вынимаемой мощности пласта до 2,7 м включительно — 4-кратной полезной глубине вруба или 4-кратной величине подвигания забоя за взрыв одного комплекта шпуров, а при вынимаемой мощности пласта более 2,7 м — 3-кратному значению указанных величин.

Полезную глубину вруба или подвигания забоя за взрыв одного комплекта шпуров следует принимать по паспорту буровзрывных работ, но не менее 1,5 м.

«Технологическими схемами подготовительных работ» для трехсменного суточного режима работы установлены оптимальные, экономически целесообразные скорости проходки. Значения оптимальных скоростей проходки для различных серийных видов оборудования изменяются в небольших интервалах и зависят главным образом от коэффициента подрывки породы k_n , который равен частному от деления площади забоя

по породе на общую площадь поперечного сечения выработки в проходке.

Для указанного режима работы рекомендуются следующие значения оптимальных скоростей проходки:

k_n	0 — 0,2	0,2 — 0,8	0,8 — 1,0
» опт. М/смену	3 — 3,5	2,5 — 3,0	2,0 — 2,5

В выработках, проводимых без применения взрывных работ, а с помощью отбойных молотков, подвигание должно быть не менее 1,5 м; в выработках, проводимых комбайнами по уголю, по уголю и по породе и по породе, подвигание за цикл следует принимать не менее 2 м, а при нарезке комбайнами не менее 2,5 м.

Скорость подвигания очистных и подготовительных забоев. При подвигании линии очистного забоя за цикл, равном $/_{ц}$, плановая скорость подвигания равна

$$L = A /_{ц} = V_y \cdot n \cdot U \quad [(XXV.7)]$$

Формула (XXV.7) пригодна для определения скорости подвигания очистного забоя за любой промежуток времени: сутки, месяц, квартал, год. В зависимости от продолжительности планового периода изменяется только значение t_y .

По формуле (XXV.7) можно рассчитать скорость подвигания очистных и подготовительных забоев. Скорость подвигания очистных забоев по этой формуле рассчитывают в тех случаях, когда очистной забой расположен по линии падения пласта. Если забой расположен диагонально, т.е. под углом $\beta < 90^\circ$ по отношению к этажному или подэтажному штреку, то

$$L = \frac{A \cdot \sin p}{\sin \beta} \quad (XXV.8)$$

При выемке столбами (полосами) по падению или по восстанию линия очистного забоя идет по простиранию пласта и располагается параллельно откаточному или промежуточному штреку. В этом случае следует различать: скорость подвигания очистного забоя (столба, полосы), отнесенную к откаточному (промежуточному) штреку, и скорость отработки всего столба (этажа, подэтажа) по простиранию.

В первом случае скорость подвигания забоя определяют по формуле (XXV.7). Скорость отработки всего столба по простиранию определяют по формуле

$$L = \frac{A}{\sin \beta} \cdot \sin p \quad (XXV.9)$$

где I — длина очистного забоя столба (полосы), м; h — высота этажа (подэтажа) или ширина столба, м.

Пример. Определить месячную скорость отработки столба по простиранию при выемке его полосами по восстанию: $\gamma_n = 0,9$; $t_y = 25$; $\gamma_n = 3$; $\gamma_n = 2$ м; $I = 10$ м; $h = 45$ м.

$$i = \frac{\gamma_n I \gamma_n}{h} = \frac{0,9 \cdot 25 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10}{45} = 0,0 \text{ м.}$$

Полученную скорость отработки столба по простиранию используют для определения времени отработки столба и необходимой скорости подвигания подготовительных забоев при подготовке следующего выемочного участка.

Суточное подвигание действующего очистного забоя при применении широкозахватных комбайнов

$$I_{\text{сут}} = \frac{\gamma_n \gamma_n}{\gamma_n} \quad (\text{XXV. 10})$$

где $\gamma_n = 0,9$ — плановый коэффициент цикличности; $t_y = I$ — число рабочих дней по плану; γ_n — число циклов, выполняемых в забое за сутки по технологическому графику организации работ; γ_n — подвигание за цикл или ширина захвата комбайна, м.

При использовании узкозахватных комбайнов суточное подвигание забоя

$$I_{\text{сут}} = \frac{\gamma_n \gamma_n}{\gamma_n} \quad (\text{XXV. 11})$$

где γ_n — число смен по добыче угля в течение суток; γ_n — число циклов, выполняемых в забое за смену;

$$I_{\text{сут}} = \gamma_n \cdot \text{об} D_{\text{ц}}; \quad (\text{XXV. 12})$$

где γ_n — сменная норма производительности комбайна, принимается по нормам выработки на очистные работы, установленные в данном бассейне (районе); — добыча за цикл;

$$D_{\text{ц}} = \frac{\gamma_n \gamma_n}{\gamma_n} \quad (\text{XXV. 13})$$

Здесь γ_n — коэффициент, учитывающий потери отбитого угля в забое.

Число смен по добыче угля в течение суток γ_n определяют таким образом, чтобы была обеспечена систематическая посадка кровли после равного числа циклов по выемке угля. При этом надо стремиться, чтобы затраты труда (численность рабочих) в добычных и ремонтно-подготовительных сменах были бы одинаковыми. Этого можно добиться соответствующим подбором паспорта управления кровлей. Аналогично определяют суточное подвигание лавы, оборудованной струговой установкой.

Суточный норматив нагрузки на очистной забой. При планировании суточную добычу устанавливают по технологическим графикам, но не ниже суточного норматива нагрузки, который устанавливают для каждого очистного забоя.

Норматив нагрузки на забой — минимальная суточная добыча угля из очистного забоя, которая должна быть достигнута в конкретных условиях, при эффективном/использовании забойного оборудования и прогрессивной организации труда и производства.

В настоящее время созданы и действуют типовые нормативы нагрузки очистных забоев для шахт Донбасса, Кузбасса, Караганды, Урала, Подмоскownого и других бассейнов. Норматив нагрузки на очистной забой определяется рядом факторов: мощностью пласта, длиной забоя, видом добычных машин и суточным режимом работы забоя. Так, например, ДонУГИ предложена расчетная формула для определения суточного норматива нагрузки на очистной забой при пологом падении пласта и выемке узкозахватными комбайнами:

$$D_{\text{сут.н}} = D_{\text{ц}} \gamma_n \quad (\text{XXV. 14})$$

где $D_{\text{ц}}$ — добыча за цикл, т; γ_n — число циклов в сутки:

$$\gamma_n = \frac{\gamma_n \gamma_n}{\gamma_n} \quad (\text{XXV. 15})$$

γ_n — число смен по добыче угля в течение суток; γ_n — нормальная продолжительность смены, мин; γ_n — время подготовительно-заключительных операций в течение добычной смены, мин; γ_n — нормальная продолжительность производственного цикла, мин;

$$T_{\text{н.н}} = 1,1 (T_2 + T_3) + (T_3 + T_4); \quad (\text{XXV. 16})$$

T_2 — чистое время основных и вспомогательных неперекрываемых операций по выемке полезного ископаемого, мин; T_2 — время основных и вспомогательных неперекрываемых операций на ремонтно-подготовительные работы, мин; T_3 — время технологических перерывов при выемке полезного ископаемого и ремонтно-подготовительных работах по техническим причинам, мин; T_4 — время технологических перерывов при выемке полезного ископаемого и ремонтно-подготовительных работах по организационным причинам, мин; 1,1 — коэффициент, учитывающий время на отдых при выполнении основных и вспомогательных операций.

В конкретных условиях величина норматива нагрузки на очистной забой

$$D_{\text{сут.н}} = [D_{\text{сут.н}} + {}^L D_T - m_0^{100} + D_{\text{Д}}, (I - I_0)]/5, \quad (\text{XXV.17})$$

где $D_{\text{сут.н}}$ — величина типового норматива нагрузки на очистной забой берется по сборникам для различных бассейнов т/сут; $A_{\text{Д}}$ — увеличение (уменьшение) норматива нагрузки на 1 см изменения вынимаемой мощности пласта, т/сут; $A_{\text{Д}}$ — увеличение (уменьшение) норматива нагрузки на 1 м изменения длины очистного забоя, т/сут; m_0 и I_0 — вынимаемая мощность пласта и длина очистного забоя, для которых установлен норматив нагрузки, м; t и I — конкретные значения вынимаемой мощности и длины забоя, для которых определяется норматив нагрузки, м; k — поправочный коэффициент, равный произведению поправочных коэффициентов, учитывающих: ухудшение горно-геологических условий k_H , плотность угля k_2 и режим работы очистного забоя k_3 .

Поправочный коэффициент k_2 на ложную кровлю и слабую устойчивость боковых пород, на сильную обводненность забоя и на весьма крепкие угли со значительным включением твердых частиц равен 0,9.

Поправочный коэффициент на плотность угля определяется как отношение фактической плотности угля к принятой в нормативах.

Поправочный коэффициент на режим работы очистного забоя k_3 определяется как отношение числа часов работы по графику организации работ к принятому по нормативу.

Пример типового норматива нагрузки на очистной забой в условиях Донбасса для трехсменного режима работы забоя с продолжительностью смены 7 ч 12 мин. Условия, для которых определен норматив: длина забоя 100 м; вынимаемая мощность пласта 1,85 м; плотность угля 1,3 т/м³; падение — пологое; выемка — механизированным комплексом ОМКТ. Норматив нагрузки на забой 720 т/сут. Увеличение (уменьшение) норматива: на 1 м изменения длины забоя — 5,5 т/сут, на 1 см изменения мощности пласта — 4,5 т/сут.

По заданным нормативам нагрузки на забой определяют суточное подвигание лавы

$$L_{\text{сут}} \sim \frac{D_{\text{сут.н}}}{H_p \Gamma \Pi \Sigma \text{УС}} \quad (\text{XXV.18})$$

где $D_{\text{сут.н}}$ — заданный суточный норматив нагрузки, т; L_p — длина лавы, м; t_3 —

мощность пласта, м; γ — плотность угля, т/м³.

Пример. Установленный суточный норматив нагрузки на лаву равен $D_{\text{сут.н}} = 360$ т/сут, мощность пласта $m_0 = 0,9$ м, плотность угля $\gamma = 1,65$ т/м³, длина лавы $h_p = 150$ м, $a = 0,99$.

Нормативное суточное подвигание лавы

$$L_{\text{сут}} = \frac{360}{150 - 0,9 - 1,65 - 0,99} = 1,62 \text{ м.}$$

При применении угольных стругов, узкозахватных и широкозахватных комбайнов необходимо проверить число получающихся при этом циклов. Желательно иметь целое число циклов в сутки.

Пример. В предыдущем примере ширина захвата комбайна типа К-52 $l_c = 0,8$ м. Тогда число циклов в сутки составит

$$\frac{1,62}{0,8} : 2.$$

Нормативы проведения подготовительных выработок. Проведение подготовительных выработок должно осуществляться по технологическим графикам. Необходимая среднемесячная скорость проведения подготовительных выработок зависит от трех факторов: скорости подвигания очистных забоев; объема подготовительных выработок, необходимого для подготовки новой линии очистных забоев взамен выбывающей из-за окончания отработки выемочных участков и принятого порядка проведения подготовительных выработок.

При планировании объема и скорости проведения подготовительных выработок в среднем в течение года должно быть подготовлено столько же новых выемочных участков, сколько их вырабатывается за год. При этом между окончанием подготовки отдельных выемочных участков и фактическим началом очистных работ в них должен быть резерв времени, равный 2—3 мес.

Объем подготовительных выработок, необходимый для подготовки новой линии очистных забоев взамен выбывающей, зависит от системы разработки. Например, при сплошной системе разработки этажный откаточный штрек должен подвигаться со скоростью подвигания очистного забоя, так как при этом надо подготовить такую длину части этажа по простиранию, которая будет **Еьнута** очистным забоем в следующем плановом периоде.

При столбовых системах разработки объем подготовительных выработок зависит от длины очистных забоев и их числа в выемоч-

Таблица XXVII.7

Нормативы скорости проведения подготовительных выработок

Способы проведения горных выработок	Минимальные скорости проведения горизонтальных и наклонных выработок, м/мес			
	по углю	с прирезкой породы до 50% ($f < 6$)	с прирезкой породы более 50% ($f < 6$)	по породам с $f < 6$
Комбайновый снизу вверх	210	190	170	
Буровзрывной снизу вверх	100	80	70	60
Буровзрывной сверху вниз	70	60	55	50

ном поле и должен быть специально рассчитан для каждой системы разработки и каждого выемочного поля в отдельности.

Ниже приведен пример такого расчета для системы разработки длинными столбами по простиранию. При проведении подготовительных выработок в объеме, необходимом для подготовки новых выемочных участков, скорость проведения подготовительных выработок будет зависеть от способа их проведения параллельно или последовательно во времени. Если все подготовительные выработки в выемочном поле будут проводиться параллельно, т. е. в выемочном поле будет одновременно действовать большое число подготовительных забоев, скорость продвижения каждого забоя будет различной. Однако она не должна быть меньше нормативов, выраженных в м/мес и указанных в табл. XXV.2 применительно к условиям проведения конкретных горных выработок.

Нормативы месячной скорости проходки подготовительных выработок являются минимальными и обязательными. Они разработаны для механизированного проведения подготовительных выработок узким забоем с выемкой горной массы и не распространяются на выработки, проводимые вслед за лавой. Если горнотехнические условия конкретных выработок отличаются от условий, учтенных в нормативах, то допускается применение к нормативам поправочных коэффициентов:

1) при проведении выработок с раздельной выемкой и транспортировкой угля и породы — $k = 0,8$;

2) при проведении выработок широким ходом по пластам мощностью до 1 м — $k = 0,65$, более 1 — $k = 0,7$;

3) при проведении выработок породным и смешанным забоем с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова: > 6 — $k = 0,9$; > 10 — $k = 0,8$;

4) при проведении выработок вкрест простиранию — $k = 0,85$;

5) при проведении выработок сечением вчерне более 14 м² — $k = 0,9$;

6) при проведении выработок с углом наклона более 16° — $k = 0,9$;

7) при проведении выработок с выполнением специальных мероприятий по предотвращению внезапных выбросов угля и газа и горных ударов — $k = 0,75$, а в режиме сотрясательного взрывания — $k = 0,6$.

При одновременном влиянии нескольких неблагоприятных факторов результирующий поправочный коэффициент к нормативу определяется как произведение частных коэффициентов, но не ниже 0,6.

Нормативы для конкретных условий с учетом поправочных коэффициентов представляются на утверждение одновременно с планом развития горных работ.

Планирование скорости месячной проходки больше норматива не ограничивается.

Для создания возможности скоростного проведения подготовительных выработок и уменьшения числа проходческих бригад подготовительные выработки рекомендуется проводить последовательно во времени со скоростями больше нормативных.

П л о щ а д ь в ы е м к и F за месяц определяют как произведение месячного продвижения забоя L на среднедействующую длину линии забоя за месяц $\Gamma_{сд}$

$$F = \Gamma_{сд} L \quad (XXV.19)$$

Величины $\Gamma_{сд}$ и L находят соответственно по формуле (XXV.4) и (XXV.7).

Плановую добычу угля за месяц D определяют как произведение площади выемки F на производительность пласта p и коэффициент извлечения $c_{из}$ учитывающий потери отбитого угля в забое:

$$JX = F p c_{из} \quad (XXV.20)$$

Плановую среднесуточную добычу из забоя получают делением месячной добычи D на число рабочих дней в месяце t_p :

$$\text{Дсут} = JX't_p \quad (\text{XXV.21})$$

Возможную общую добычу участка, имеющего в своем составе несколько забоев, или шахты за любой плановый период (месяц, квартал, год) определяют как сумму добычи из очистных и подготовительных выработок:

$$\text{Добш} = D_o + D_n \quad (\text{XXV.22})$$

При открытом способе разработки. Расчетными показателями плана являются: размеры уступа; норматив производительности добычных и вскрышных экскаваторов; число суток работы экскаваторов по месяцам, кварталам и за год; выход полезного ископаемого и вскрыши с одного метра фронта уступа; эксплуатационный коэффициент вскрыши на плановый период; емкость одного метра фронта породных отвалов; норматив потерь полезного ископаемого; нормативы переходящих запасов. Ниже рассмотрена методика определения расчетных показателей плана для разреза.

Уступ — определенной высоты горизонтальный слой полезного ископаемого или вскрышных пород, разрабатываемый общими средствами выемки и транспорта.

Уступ разрабатывается полосами (заходками), которые представляют собой последовательно вынимаемые части уступа по всей его длине.

Высота уступа определяется параметрами экскаватора, характером полезного ископаемого и пород вскрыши, типом забоя (открытый, траншейный). Решающее значение имеет высота черпания экскаватора h_4 . При выемке малосвязных пород экскаватором типа механическая лопата высота уступа не должна превышать максимальной высоты черпания экскаватора:

$$h_y < h_4 \quad (\text{XXV.23})$$

При выемке сыпучих и хорошо разрушенных взрывными работами скальных пород, когда постепенное их осыпание не опасно для работы экскаватора, высота уступа может быть

$$h_y \sim h_4 \quad (\text{XXV.24})$$

Ширина заходки также определяется параметрами экскаватора. Так, например, при выемке экскаватором типа механическая лопата рациональная ширина заходки не должна превышать полутора радиусов черпания экскаватора (R_4) на уровне его стояния:

$$A = (1,0 \div 1,5) R_4 \quad (\text{XXV.25})$$

Длина заходки на уступе — расстояние между границами поля разреза. Заходка по длине может делиться на блоки.

Блок — часть заходки, обрабатываемая самостоятельными средствами выемки и транспорта. Блок отработывают обычно одним забоем.

Забой — рабочее место, где производится выемка полезного ископаемого или пород вскрыши и погрузки его в транспортное средство.

Ширина рабочей площадки уступа определяется шириной заходки (J), величиной дополнительного развала после взрыва (ξ), минимальным расстоянием между развалом и транспортной площадкой (B), шириной предохранительной бермы (Γ), шириной транспортной площадки (E). Минимальная ширина рабочей площадки

$$/7 = 2J + \xi + \xi + \Gamma + \xi \quad (\text{XXV.26})$$

Схема рабочей площадки уступа карьера показана на рис. XXV.1.

Величина дополнительного развала B обычно не превышает 0,75—1,0 высоты уступа. С достаточной точностью величина развала может быть определена графически (рис. XXV.1). Угол откоса взорванной породы по практическим данным колеблется в пределах 20—35°. Для конкретного уступа он должен быть установлен опытным путем.

Расстояние между развалом и транспортной площадкой должно быть не менее 3 м.

Транспортная площадка служит для укладки на них рельсовых путей или устройства автомобильных дорог. При транспортировании полезного ископаемого и пород вскрыши в вагонах нормальной колеи ширина одноколейной площадки равна 7—8 м, двухколейной — 12—15 м.

Ширина предохранительной площадки для конкретных условий определяется графически по величине угла естественного обрушения гр (рис. XXV.1).

Линия и угол разгона борта (разреза) ϕ служат для определения необходимого соотношения между добычными и вскрышными работами. Чем меньше угол разгона борта, тем большее опережение имеют вскрышные работы по отношению к добычным. Обычно $\phi = 15$ —20°.

Норматив производительности добычных и вскрышных экскаваторов определяется на основе часовой производительности экскаватора. Он может быть рассчитан на рабочий день (смену) и сутки. Так, например, часовая производительность экскаватора типа механическая лопата (или драглайн) может быть определена из выражения

$$П_q = Ущ_{ц_0} \quad (\text{XXV.27})$$

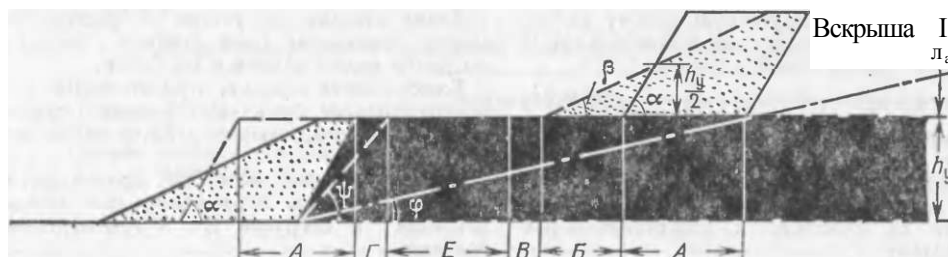


Рис. XXV.1. Схема рабочей площадки уступа

— количество полезного ископаемого (в т) и вскрыши (в м³) в целике за один цикл черпания:

$$\frac{V_{\text{за}}}{k_p} V_{\text{т}} \quad (\text{XXV.28})$$

$$V_{\text{а}} \quad (\text{XXV.29})$$

$\Pi_{\text{ц}}$ — число циклов черпания за 1ч непрерывной работы;

$$3600 \quad (\text{XXV.30})$$

V_r — геометрическая емкость ковша, м³; a — коэффициент наполнения ковша; k_p — коэффициент разрыхления полезного ископаемого (вскрыши); γ — плотность полезного ископаемого, т/м³; $\gamma_{\text{ц}}$ — продолжительность одного цикла черпания, с.

Сменный и суточный нормативы производительности экскаваторов определяются соответственно по формулам:

$$\gamma_{\text{п. об. см}} \Pi_{\text{ц}} T_{\text{см}} I_{\text{з}}; \quad (\text{XXV.31})$$

$$\text{Ни. об. сут} = \gamma_{\text{ц}} \Gamma_{\text{см}} \gamma_{\text{з}} / \Gamma_{\text{см}}, \quad (\text{XXV.32})$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность рабочего дня, ч; $\Pi_{\text{см}}$ — число смен работы по выемке угля в сутки; k_z — коэффициент экстенсивного использования оборудования (во времени) при железнодорожном транспорте — до 0,6, при автомобильном 0,6—0,8, при конвейерном — 0,7—0,9, при перевалке в выработанное пространство — 0,8—0,95.

Суточные нормативы производительности экскаваторов устанавливаются с учетом времени года. На летний период нормативы выше, чем на зимний. Данные о суточных нормативах по сезонам, видам и номерам экскаваторов сводятся в таблицу по форме табл. XXV.14.

На основе суточных нормативов могут быть установлены годовые нормативы производительности экскаваторов по формуле (табл. XXV.3)

$$\text{НП. об. год} = H_{\text{н. об. с у Л}}, \quad (\text{XXV.33})$$

где $T_{\text{н}}$ — нормативное число дней работы экскаватора в плановом периоде.

Число суток работы экскаватора в плановом периоде. Важность этого показателя состоит в том, что возможная годовая добыча отдельного забоя (блока, участка) зависит от суточ-

Таблица XXV.3

Годовые нормативы производительности экскаваторов по МУП СССР

Виды работ	ЭКГ-4, ЭКГ-4,6	ЭКГ-8, ЭКГ-8И	ЭШ-1Л/60, ЭШ-Ю/70	ЭШ-15/90
Вскрышные, тыс. м ³	1200	1900	2700	3800
Добычные, тыс. т *	1560	2470	3580	4940
Отвальные, тыс. м ³ **	1500	2375	3375	4750

* При плотности угля $\gamma = 1,3 \text{ т/м}^3$.

** При работе на отвалах задание по производительности увеличивается на 25% по сравнению с производительностью на вскрышных работах.

ного норматива производительности экскаватора и числа дней работы его по добыче в течение года. Однако число дней работы в плановом периоде по годам не одинаково. Оно меняется в високосном году, а также в зависимости от режима работы горного предприятия во времени (прерывный, непрерывный) и графика ремонтов оборудования. Форма для расчета этого показателя приведена в табл. XXV.15.

Выход полезного ископаемого с 1 м фронта уступа

$$D_{\text{м}} = c_{\text{д}} \cdot A_{\text{К}} \quad \text{<XXV.34>}$$

где $D_{\text{м}}$ — общее количество полезного ископаемого с 1 м уступа;

$$D_{\text{м}} = A_{\text{г}} \cdot y, \text{ т;} \quad \text{(XXV.35)}$$

$$D_{\text{м}} = A_{\text{г}} \cdot y, \text{ м}^3; \quad \text{(XXV.36)}$$

Упл — плановые потери угля (доли единиц или проценты); γ — коэффициент извлечения, учитывающий потери отбитого угля в забое.

Выход пород вскрыши с 1 м фронта вскрышного уступа определяется по формуле (XXV.36).

Эксплуатационный коэффициент вскрыши на плановый период устанавливается для контроля за правильным соотношением добычных и вскрышных работ. Он определяется из выражения

$$\gamma = \frac{D_{\text{пл}} \cdot \gamma_{\text{г}} \cdot f_{\text{пл}} \cdot Q_{\text{к}}}{D_{\text{пл}} \cdot \gamma_{\text{г}} \cdot f_{\text{пл}} \cdot Q_{\text{к}}} \cdot 10^3 / \text{т} \quad \text{(XXV.37)}$$

где $D_{\text{пл}}$ — общий объем вскрыши за плановый период (в целике) м; $D_{\text{пл}}$ — плановая добыча карьера, т; $\gamma_{\text{г}}$ — плановые потери полезного ископаемого в плановом периоде, т; $Q_{\text{к}}$ — переходящие запасы на конец планового периода, т; $Q_{\text{н}}$ — переходящие запасы на начало планового периода, т.

Вместимость 1 м отсыпaeмой полосы породного отвала в целике

$$V_{\text{от}} = A_{\text{от}} \cdot h_{\text{от}} \cdot \gamma_{\text{р.от}} \quad \text{(XXV.38)}$$

где $A_{\text{от}}$ — ширина отсыпaeмой полосы породного отвала, м; $h_{\text{от}}$ — высота отсыпaeмой полосы породного отвала, м; $\gamma_{\text{р.от}}$ — коэффициент разрыхления пород вскрыши в отвале.

6. Планирование эксплуатационных потерь полезного ископаемого

Одновременно с планом развития горных работ составляют проект плановых эксплуатационных потерь на планируемый период

(см. гл. XIX). Плановые эксплуатационные потери ежегодно устанавливаются для шахты (разреза) в соответствии с нормативами эксплуатационных потерь и планом развития горных работ.

Нормативы эксплуатационных потерь угля рассчитываются для каждого выемочного участка при составлении проекта на его отработку и по согласованию с местными органами Госгортехнадзора СССР утверждаются производственным объединением (комбинатом). При отсутствии установленных нормативов плановые эксплуатационные потери определяют на основе технического проекта и, в исключительных случаях, по нормам, рассчитанным на основе элементов систем разработки, принятых для данных геологических условий.

К плановым эксплуатационным потерям относят потери, зависящие от применяемой системы разработки, и потери отбитого угля. Потери от неправильного ведения горных работ не планируются.

Потери отбитого угля в очистных и подготовительных забоях из-за неполноты зачистки колеблются в зависимости от конкретных условий, но обычно они не превышают 0,5—1%. При планировании их учитывают с помощью коэффициента извлечения, который рекомендуется брать не менее 0,99.

Все цифровые данные о добыче и потерях выражают в тысячах тонн с округлением до 0,1 тыс. т.

Проект плановых потерь представляют по установленной форме с необходимыми расчетами и пояснительной запиской.

Норматив переходящих запасов полезного ископаемого. Обеспеченность горного предприятия запасами, подготовленными и готовыми к выемке на плановый период (см. гл. XIX) определяют по формуле

$$Z = D_{\text{пл}} + 1'_{\text{пл}} + Z_{\text{к}} - Z_{\text{н}} \quad \text{(XXV.39)}$$

Наличие обычных и достаточных переходящих запасов, подготовленных и готовых к выемке, — важнейшее условие для обеспечения ритмичности работы горного предприятия по добыче полезного ископаемого. Величина переходящих запасов полезного ископаемого на конец планового периода определяется из выражений:

$$Z_{\text{к}} = \Pi_{\text{г}} / \text{пв} \quad \text{(XXV.40)}$$

$$Z_{\text{к}} = 4 f'_{\text{г}} \cdot B, \quad \text{(XXV.41)}$$

где $\Pi_{\text{г}}$ — норматив переходящих подготовленных запасов, мес; $t_{\text{гпв}}$ — норматив готовых к выемке запасов, мес.

Переходящий запас на конец текущего года Z_k становится переходящим запасом на начало нового планового периода Z_{k+1} .

7. Методика составления плана развития горных работ и плана добычи

Распределение плана добычи по участкам и забоям. Плановое задание по добыче угля, установленное шахте (разрезу), распределяет между участками директор или главный инженер шахты (разреза) с участием главного маркшейдера и начальника планового отдела.

При распределении суточной и годовой добычи по участкам учитывают: производственную мощность забоев и участка; качество угля по участкам (зольность); расстояние транспортирования угля и материалов; состояние откаточных выработок и проветривания; укомплектованность участка рабочими и процент молодых, неопытных рабочих на участке; опытность руководства участком.

Возможная суточная, месячная, квартальная и годовая производительность (производственная мощность) забоя или участка составит

$$\text{Дп. м} = h_{\Sigma} L p c_r \quad (\text{XXV.42})$$

где h_{Σ} — суммарная среднедействующая длина линии очистных (подготовительных) забоев, м; L — подвигание очистного (подготовительного) забоя (за сутки, месяц, квартал, год), м; p — производительность пласта, т/м²; c_r — коэффициент извлечения.

Возможную производительность забоя (участка), рассчитанную по формуле (XXV.42), используют при распределении добычи по участкам и для установления обоснованного планового задания участку по добыче. Исходя из производственной мощности каждого забоя, определяют развитие очистных работ по месяцам, кварталам и за год. Величину подвигания очистных забоев наносят на планы горных выработок.

В соответствии с развитием очистных работ устанавливают необходимый объем подготовительных работ, учитывающий порядок отработки (прямой или обратный), способ подготовки шахтного поля (этажный или панельный) и применяемую систему разработки.

Общую добычу шахты — сумму добычи из очистных и подготовительных забоев определяют по формуле (XXV.22). Добыча участка может быть представлена добычей из очистных и подготовительных забоев или только из очистных забоев. Это зависит от

того, ведут или нет эксплуатационные участки подготовительные работы.

При прямом порядке отработки шахтного поля и сплошной системе разработки объем подготовительных работ на участке невелик и проведение подготовительных выработок осуществляется обычно самим эксплуатационным участком.

При обратном порядке отработки выемочных полей и при столбовых системах разработки объем подготовительных работ весьма значителен и подготовительные выработки проводятся специальными подготовительными участками.

При распределении добычи по участкам учитывают всю линию действующих очистных и подготовительных забоев. На запасные забои, находящиеся на территории участка, добычу не планируют.

При составлении плана развития горных работ и добычи соблюдается следующий порядок:

1. Анализ выполнения плана горных работ текущего года и определение ожидаемого положения очистных и подготовительных забоев на начало нового планового периода.

2. Составление плана механизации и организации горных работ в новом плановом периоде.

3. Составление плана развития очистных работ и расчет ожидаемой плановой добычи из забоев (участков, предприятия).

4. Составление плана развития подготовительных работ и расчет ожидаемой плановой добычи из них.

5. Составление плана добычи по предприятию (производственной единице) и сравнение его с директивным плановым заданием по добыче полезного ископаемого в плановом периоде.

Составление плана развития горных работ и добычи при сплошной системе разработки

Ниже приведена методика составления плана развития горных работ и добычи на примере сплошной системы разработки (лава-этаж) на шахте.

Задание. Составить план развития очистных и подготовительных работ эксплуатационно-подготовительного участка на 1980 г. с разбивкой по месяцам и кварталам. Установленный контрольными цифрами годовой план добычи участка равен 84 000 т; участок состоит из одной лавы и ведет очистные и подготовительные работы; вынимаемая мощность пласта равна эксплуатационной мощности и составляет $m_z = 0,8$ м; плотность

угля $\gamma = 1,3 \text{ т/м}^3$. На начало планируемого периода угол падения пласта 15° и постепенно уменьшается; длина крыла этажа составляет 1900 м, а длина забоя на начало планируемого периода 150 м и постепенно возрастает.

Длина забоя откаточного штрека 3,5 м и остается неизменной в течение всего планового периода; забой откаточного штрека опережает лаву на 70 м, это опережение сохраняется в течение всего планового периода. Штрек проводится узким ходом по углю с подрывкой почвы; выемка ведется широкозахватным комбайном «Донбасс-1 Г», подвигание за цикл $\gamma_{\text{ц}} = 1,8 \text{ м}$; организация работ в лаве — один цикл в сутки; коэффициент цикличности $\gamma_{\text{ц}} = 0,9$; шестидневная рабочая неделя; потери отбитого угля вследствие неполной зачистки угля в лаве составляют 1%, т. е. коэффициент извлечения $C_{\text{л}} = 0,99$.

Решение. Исходная величина для составления плана — контрольная цифра добычи участка — 84 000 т.

" Возможность получения установленной контрольной цифрой добычи проверяют расчетом. Для этого определяют ожидаемое положение очистных и подготовительных забоев на начало нового планового периода, расчетные величины и возможную производительность участка при заданных условиях.

Определение ожидаемого положения забоев. Получив директивные показатели плана производства в натуральном выражении, приступают к составлению плана развития горных работ и добычи с целью выяснения возможности выполнения планового задания в существующих условиях и необходимости разработки мероприятий по увеличению добычи в плановом периоде.

Первым этапом работы по составлению плана производства является анализ состояния горных работ. Выясняют фактическое состояние горных выработок, соответствие их плану на текущий год и устанавливают ожидаемое положение забоев на начало нового планового периода.

Для составления реального плана добычи на предстоящий год в каждом забое, на участке и предприятии очень важно правильно оценить итоги работы за три квартала текущего года и возможно точнее установить ожидаемое положение каждого очистного и подготовительного забоя на начало нового планового периода. От этого зависят расчетные показатели на новый плановый период.

Анализ состояния горных работ по объектам и по объемам работ позволяет выявить отклонения от плана за три квартала текущего года и учесть их при определении ожи-

даемого положения забоев на начало планового периода. В случаях перевыполнения и выполнения плана ожидаемое положение забоев на начало нового планового периода получим, если к их фактическому положению прибавим плановое подвигание на IV квартал текущего года. Если же план подвигания забоев за три квартала текущего года не выполнен, то ожидаемое положение на начало нового планового периода определяется в зависимости от реальной возможности полной или частичной ликвидации отставания в IV квартале текущего года.

Расчет квартальных и месячных показателей по очистному забою

1. Выемочная мощность пласта равна эксплуатационной мощности. По данным горных работ и буровых разведочных скважин в 1980 г. она останется неизменной — $m_{\text{з}} = 0,8 \text{ м}$.

2. Плотность угля $\gamma = 1,3 \text{ т/м}^3$ по лабораторным данным.

3. Производительность пласта по кварталам планируемого периода определяют по формуле (XXV.1)

$$p = m_{\text{з}} \gamma = 0,8 \cdot 1,3 = 1,04 \text{ т/м}^2.$$

4. Подвигание забоя за один цикл определяется средствами механизации и организации работ, применяемыми в очистном забое. В забое работает комбайн «Донбасс-1 Г» с захватом шириной 1,8 м. Организация работ — один цикл в сутки. Подвигание за один цикл $\gamma_{\text{ц}} = 1,8 \text{ м}$.

5. Месячное плановое подвигание очистного забоя определяют по формулам (XXV.6) и (XXV.7) и расчет сводят в табл. (XXV.4). Например, в январе 1980 г. месячное подвигание забоя составит

$$Z_{\text{мес}} = \gamma_{\text{ц}} \gamma_{\text{ц}} = 0,9 \cdot 26 \cdot 1,8 = 42,1 \text{ м}.$$

6. Среднедействующая длина линии очистного забоя за месяц, квартал и год определяется по планам горных выработок участка (рис. XXV.2). Для этого на план горных выработок в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000 наносят направление откаточного и вентиляционного штреков.

Фактическое положение очистного забоя AA_1 на момент составления плана показано на рис. XXV.2. Ожидаемое положение очистного забоя BB_x на начало планируемого периода 1 января 1980 г. определяют прибавлением планового подвигания за IV квартал 1979 г. к фактическому положению очист-

Плановое подвигание очистного забоя

Время		'у	"Ц	$N_{ц. \text{ мес}}$	$V^м$	$L_{м}^м$
Январь	0,9	26	1	23,4	1,8	42,1
Февраль	0,9	25	1	22,5	1,8	40,5
Март	0,9	25	1	22,5	1,8	40,5
I квартал	0,9	76	1	68,4	1,8	123,1
Апрель	0,9	26	1	23,4	1,8	42,1
Май	0,9	25	1	22,5	1,8	40,5
Июнь	0,9	25	1	22,5	1,8	40,5
II квартал	0,9	76	1	68,4	1,8	123,1
Июль	0,9	27	1	24,3	1,8	43,7
Август	0,9	26	1	23,4	1,8	42,1
Сентябрь	0,9	26	1	23,4	1,8	42,1
III квартал	0,9	79	1	71,1	1,8	128,0
Октябрь	0,9	26	1	23,4	1,8	42,1
Ноябрь	0,9	23	1	20,7	1,8	37,3
Декабрь	0,9	27	1	24,3	1,8	43,7
IV квартал	0,9	76	1	68,4	1,8	123,1
Год	0,9	307	1	276,3	1,8	497,3

Длину линии очистного забоя на конец планируемого периода определяют также по плану горных выработок. Пусть она будет

[illegible]

524

равна 174 м. Тогда средняя расчетная длина очистного забоя, действующего в течение всего года,

$$h_p = \frac{h_n + h_k}{2} = \frac{150 + 174}{2} = 162 \text{ м.}$$

Аналогично определяют расчетную длину очистного забоя на каждый месяц и квартал года.

Среднедействующую длину линии очистного забоя вычисляют по формуле (XXV.4) и данным табл. XXV.4:

$$L_{сд} = \frac{h_{пл_{ччк}}}{*_{пл}} = \frac{162 \cdot 307}{307} = 162 \text{ м.}$$

Из приведенных расчетов видно, что в случаях, когда очистной забой действует в течение всего планового периода, его расчетная и среднедействующая длины будут одинаковы.

7. Площадь выемки за месяц F_0 определяют по формуле $F_0 = H_{сд} L$. Она равна произведению месячного подвигания L_M на среднедействующую линию очистного забоя $L_{сд}$ за месяц. Величины $L_{сд}$ и L вычисляют соответственно по формулам (XXV.4) и (XXV.7).

В качестве примера определим площадь выемки на январь 1980 г. Среднюю расчетную длину очистного забоя за январь измеряют по плану горных выработок на начало ($h_n = 150$ м) и конец ($h_k = 152$ м) января.

Расчетная длина забоя за январь

$$h = \frac{K + f_k}{2} = \frac{150 + 151}{2} = 150,5 \text{ м.}$$

Забой будет действовать весь месяц, поэтому среднедействующая длина его будет равна расчетной длине забоя

26

Месячное подвигание забоя в январе 42,1 м (см. табл. XXV.4). Тогда площадь выемки

$$F_0 = L_{сд} L_M = 151 \cdot 42,1 = 6357 \text{ м}^2.$$

Плановая добыча угля за январь месяц

$$D_0 = F_0 \rho_{сх} = 6357 \cdot 1,04 = 6611,28 \text{ т.}$$

Плановая суточная добыча угля в январе месяце в соответствии с формулой (XXV.21) и табл. XXV.4.

$$D_{сут} = D_0 : t_y = 6611,28 : 26 = 254,28 \text{ т.}$$

Аналогичные расчеты производят для каждого месяца, результаты заносят в форму табл. XXV.5.

Среднюю расчетную длину очистного забоя, работавшего в течение всего квартала, определяют как среднюю из месячных расчетных длин.

Если забой работает не все дни квартала, то среднедействующую длину очистного забоя определяют по формуле (XXV.4).

Квартальную суточную добычу из очистного забоя находят как среднюю из месячных.

Остальные показатели за квартал (норматив цикличности, подвигание забоя, площадь выемки и общую добычу угля) получают суммированием месячных показателей.

Аналогично на основе квартальных показателей определяют годовые показатели.

Когда на шахте имеется несколько очистных забоев, то подобные расчеты производят по каждому забою, а результаты подсчетов по очистным забоям сводят в табл. XXV.5 в раздел «Всего по очистным и подготовительным забоям шахты».

Итоговые показатели по очистным работам шахты определяют в следующем порядке: суммируют среднедействующую линию всех очистных забоев и площадь выемки всех очистных забоев. Среднее месячное подвигание линии очистных забоев по шахте получают как частное от деления площади выемки на среднедействующую линию очистного забоя. Общую добычу угля получают суммированием добычи отдельных очистных забоев за определенный период (месяц, квартал, год). Среднесуточную добычу угля по шахте получают как частное от деления общей добычи на число дней по добыче угля в плановом периоде. Производительность пласта за квартал определяют как частное от деления общей добычи за квартал на площадь выемки за то же время.

Для показа ввода, выбытия очистных забоев в течение года на основе данных табл. XXV.5 строят график ввода и выбытия лав по шахте (табл. XXV.6).

, Таблица XXV.5

Расчет плана добычи угля из

Крыло, пласт, способ механизации выемки	Показатели, устанавливаемые на год и квартал	Кварталы				На год	
		I	II	III	IV		
Восточное крыло, пласт «Великан», лава № 2, комбайн «Донбасс-1 Г»	Производительность 1 м ² пласта, т Подвигание за 1 цикл, м Добыча с 1 цикла, т Суточный норматив цикличности	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	I. Очистные
		1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	
		283	294	306	317	300	
		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
	Сечение в проходке, м ² В том числе по углю Добыча с 1 м, т Уход за 1 цикл, м Длина линии забоя на конец квартала, м	II. Подготовительные					
		11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	
		2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	
		3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	
		1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	
		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	
Всего по очистным и подготовительным забоям шахты	Длина линии забоя на конец квартала, м						

очистных и подготовительных забоев

Показатели, устанавли- ваемые на каждый месяц	I квартал				Кварталы			Всего за год
	январь	февраль	март	итого	II	III	IV	
работы								
Среднедействующая линия забоев, м	151	153	155	153	159	165	171	162
Месячное подвигание, м	42,1	40,5	40,5	123,1	123,1	128,0	123,1	497,3
Площадь выемки, м ²	6357	6196	6277	18 830	19 570	21 118	21 052	80 570
Добыча угля, т:								
общая	6545	6379	6463	19 387	20 149	21 743	21 675	82 954
суточная	252	255	258	255	265	275	285	270
работы по углю								
Среднедействующая линия забоев, м	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Месячное подвигание, м	42,1	40,5	40,5	123,1	123,1	128,0	123,1	497,3
Площадь выемки, м ²	147	142	142	431	431	448	431	1741,0
Добыча угля, т:								
общая	151	146	146	443	443	461	443	1790
суточная	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Среднедействующая линия забоев, общая, м	154,5	156,5	158,5	156,5	162,5	168,5	174,5	165,5
Площадь выемки, об- щая, м ²	6504	6338	6419	19 261	20 001	21 566	21 483	82 311
Добыча угля, т:								
общая	6696	6525	6609	19 830	20 592	22 204	22 118	84 744
суточная	258	261	264	261	271	281	291	276
Число дней работы по добыче угля	26	25	25	76	76	79	76	307

Таблица XXVII.7

График ввода и выбытия лав по шахте

Участок	Лава	I квартал			II квартал			III квартал			IV квартал		
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
№ 1	№ 1	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
№ 2	№ 2										140	140	140
	№ 3										100	100	100
№ 3	№ 11												
	№ 12	140	130	120	100	100	100	100	100	100			
	№ 13	130	130	130	140	140	140	130	130	130			
№ 4	№ 13	85	85	90	90	90	90	95	95	95	100	100	100
	№ 14	Запасная лава											100
№ 5	№ 15	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
№ 6	№ 16	75	75	80	90	95	100	110	110	100	100	100	100
Действующие забои	Лав	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Длина линии очистных забоев, м	665	660	660	660	665	670	675	676	665	680	680	680
Запасные забои	Лав	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Длина линии запасных забоев, м	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Расчет квартальных и месячных показателей по подготовительному забою

1. Сечение выработки в проходке принимают типовое для конкретных условий. Ширина забоя штрека по углю равна 3,5 м. При мощности пласта $t_3 = 0,8$ м площадь забоя по углю составляет $3,5 \times 0,8 = 2,8$ м².

2. Добычу угля с 1 м ухода выработки определяют как произведение площади забоя по углю на уход и плотность угля:

$$2,8 - 1 \cdot 1,3 = 3,6 \text{ т/м.}$$

3. Длина линии забоя по углю в штреке остается обычно постоянной (если изменения длины линии забоя в связи с изменением угла падения незначительны, их можно не учитывать).

4. Уход за один цикл определяют горно-геологическими условиями, технологией проведения выработок и организацией работ в забое и принимают в соответствии с исходными данными для составления плана развития горных работ.

5. Среднедействующая линия подготовительного забоя остается равной 3,5 м, так как забой действовал в течение всего планового периода.

6. Месячное подвигание забоя штрека определяют нормативом цикличности и уходом за один цикл и определяют по формулам (XXV.6) и (XXV.7) на месяц, квартал и год. Например, на январь 1980 г. плановое подвигание забоя штрека составит

$$F_{\text{мес}} = A V_{\text{мес}} / \alpha = V y V u = 0,9 - 26 - 1 - 1,8 = 42,1 \text{ м}^*.$$

7. Площадь выемки угля в подготовительном забое находят по формуле (XXV.19). Так, площадь выемки за январь 1980 г.

$$F_n = h_{\text{сн}} L_{\text{у.п}} = 3,5 - 42,1 = 147 \text{ м}^2.$$

8. Плановую месячную добычу угля из подготовительного забоя определяют по формуле (XXV.20). Так, добыча из подготовительного забоя за январь

$$D_n = F_{\text{нр}} \cdot \rho_{\text{г}} = 147 - 1,04 - 0,99 = 151 \text{ т.}$$

9. Суточную добычу из подготовительного забоя определяют по формуле (XXV.21). За январь месяц 1980 г.

$$D_{\text{сут}} = D_n : t_y = 151 : 26 = 5,8 \text{ т.}$$

* При сплошной системе разработки скорость подвигания забоя штрека должна быть не менее скорости подвигания очистного забоя и может быть равна ей. При этих условиях поддерживается нужное опережение подготовительного забоя, необходимое для нормальной работы очистного забоя.

Результаты расчета сводят в табл. XXV.5 (раздел II «Подготовительные работы по углю»).

Данные по каждой подготовительной выработке подсчитывают отдельно. Затем подводят итоги по всем подготовительным забоям.

Возможную готовую добычу участка (шахты) подсчитывают по формуле (XXV.22). На 1980 г. добыча участка составит

$$D_{\text{общ}} = D_o + D_n = 82\,954 + 1790 = 84\,744 \text{ т.}$$

Полученная расчетом годовая добыча участка превышает контрольную цифру добычи, установленную участку, и составляет 84 744 т. План участку на 1980 г. может быть повышен по сравнению с контрольной цифрой.

На основании итоговых показателей плана очистных и подготовительных работ определяют месячные, квартальные и годовые показатели по шахте в целом. Методика их определения аналогична изложенной.

Составление плана развития горных работ и добычи при системе разработки длинными столбами

Задание. Составить годовой план развития очистных и подготовительных работ эксплуатационно-подготовительного участка шахты (с разбивкой по кварталам), разрабатывающего пологий пласт ($\alpha = 10^\circ$) крепкого угля общей мощностью (она же эксплуатационная) 1,4 м с плотностью 1,3 т/м³. Режим работы — прерывный, шестидневная рабочая неделя. Суточный режим — три добычных смены по 6 ч.

Этаж разделен на два подэтажа и разрабатывается системой длинных столбов по простиранию с выемкой на передний бремсберг. По условиям газовыделения лавы проветривают раздельно (рис. XXV.3).

Участковые бремсберги проходятся через 600 м, при этом длина выемочных столбов с учетом ширины целиков, защищающих бремсберги, и ширины разрезной печи в новом выемочном поле равна 556 м.

Длина лав (верхней и нижней) по 170 м. Выемку угля производят узкозахватным самозарубающим комбайном 2К-52М по челноковой схеме с индивидуальной металлической крепью. Полезная ширина захвата комбайна 0,63 м; средняя рабочая скорость подачи комбайна 0,58 м/мин. Норма производительности комбайна 164 т в смену.

На 1.1 планируемого года в верхнем выемочном столбе (лава II—1) осталось выра-

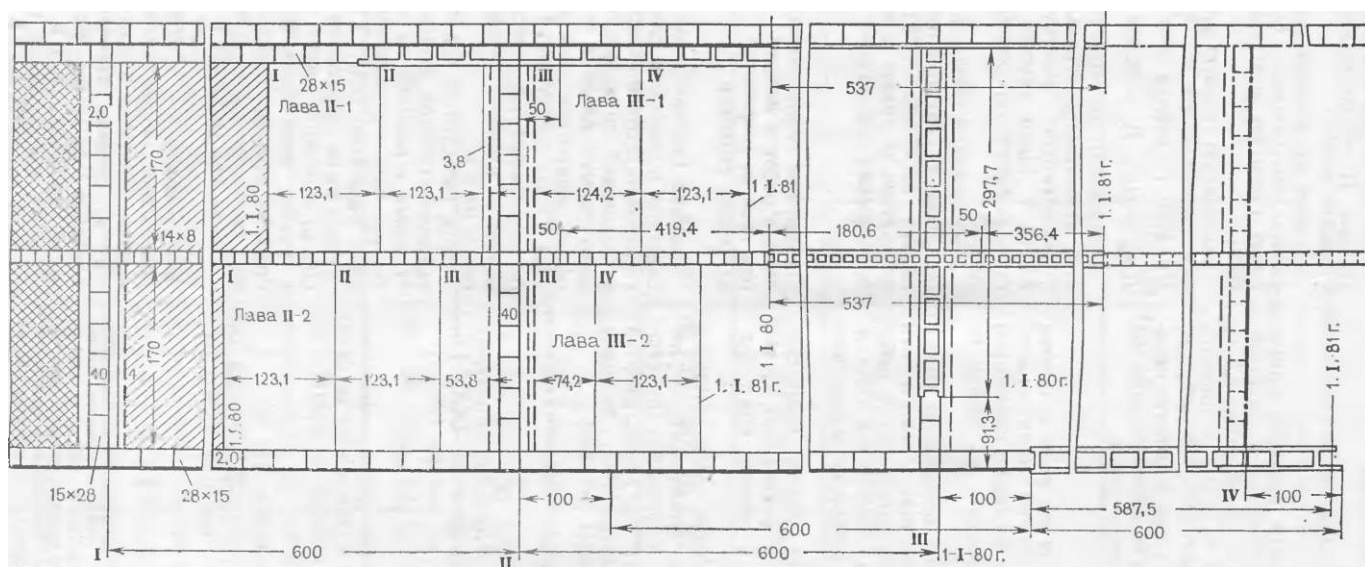


Рис. XXV.3. План горных работ при системе длинных столбов по простиранию

Таблица XXVII.7

План подвигания очистной линии забоев участка (в м)

Очистные забои	План на год	В том числе по кварталам			
		I	II	III	IV
Лавы II—1	250	123,1	123,1	До 2/VII 3,8	123,1
» III—1	247,3	—	—	С 3/VII 124,2	
» \ II—2	300	123,1	123,1	До 7/VIII 53,8	—
» [III—2	197,3	—	—	С 8/VIII 74,2	123,1

ботать 250 м, а в нижнем (лава II—2) — 300 м.

Ширина забоев подготовительных выработок по углю равна: коренного штрека — 4,5 м; конвейерных штреков обеих лав — 3 м; вентиляционных штреков обеих лав — по 2,5; конвейерного и рельсового бремсбергов — по 2,5 м, прочих выработок (печи и просеки, оконтуривающие предохранительные целики у подготовительных выработок) — по 2 м.

Размеры целиков: над откаточным и под вентиляционным этажными штреками — 15 X 28 м, между вентиляционным штреком нижней лавы и конвейерным штреком верхней лавы — 8 X 14 м, между конвейерным и рельсовым бремсбергами — 28 X 15 м. Целики у всех подготовительных выработок «е» вынимаются.

Ожидаемое положение очистных и подготовительных забоев на начало планируемого года показано на плане горных выработок сплошными линиями (рис. XXV.3).

Решение. Составление плана развития очистных работ и плана добычи из очистных выработок.

1) План подвигания очистной линии забоев

Комбайновая добыча из верхней лавы за цикл в соответствии с формулой (XXV.13) составит:

$$Z_{\text{ц}} = i_{\text{п}} / i_{\text{у}} \cdot m_3 - Y - C_i = 170 - 0,63 - 1,4 - 1,3 \cdot X \\ X \cdot 0,99 = 192 \text{ т.}$$

Норма производительности комбайна 2К-52М для заданных условий составляет 164 т/см (ЕНВ для шахт Донецкого и Львовско-Волынского угольных бассейнов. М., 1973, МУП СССР, с. 48). При трех добычных

сменах суточная добыча составит 492 т, а число циклов в сутки будет $492 : 192 = 2,56$. Подвигание забоя лавы составит: суточное — $2,56 \cdot 0,63 = 1,62$ м, годовое — $307 \cdot 1,62 = 497,3$ м, среднемесячное — $497,3 : 12 = 41,4$ м.

По условиям примера в верхнем столбе (лава II—1) осталось доработать 250 м. За I и II кварталы планируемого года будет отработано по $76 \cdot X \cdot 1,62 = 123,1$ м. В III квартале необходимо доработать 250 — $246,2 = 3,8$ м, на что при суточном подвигании забоя 1,62 м потребуется 2,3 сут. Следовательно, лава II—1 закончит работу 2 июля, а с 3 июля вступит в работу лава III—1 в следующем выемочном поле. Так как до конца III квартала остается работать 76,7 сут, то будет пройдено 124,2 м. За IV квартал лава III—1 подвинется еще на 123,1 м.

Таким образом, годовое подвигание лавы в верхнем столбе за год составит: $123,1 + 123,1 + 128,0 + 123,1 = 497,3$ м.

Аналогично определяется подвигание лавы в нижнем столбе, за год оно составит:

$$123,1 + 123,1 + 53,8 + 74,2 + 123,1 = 497,3 \text{ м.}$$

На основании этих расчетов составляют план подвигания очистной линии забоев участка (табл. XXV.7) и строят график ввода и выбытия очистных забоев участка (табл. XXV.8).

2) План длины очистной линии забоев участка

Откладываем на плане горных выработок по средней линии каждого выемочного столба соответствующие подвигания лав, взятые из табл. XXV.7, из полученных точек проводим линии, направленные по линии паде-

Таблица XXV. 16

График ввода и выбытия очистных забоев участка

Очистные забоя	Кварталы	
	III	IV
Лава II—1 "	До 2/VII	
» III—1	С 3/VII	
» II—2-	До 7/VIII	
» III—2	С 8/VIII	
Число		
Выбытие		
Длина, м	340	
Число		
Ввод		
Длина, м	340	

ния пласта. Эти линии покажут положения соответствующих лав на конец каждого квартала планируемого года. Измерив длину их по плану горных выработок, определим длину соответствующих очистных забоев на начало и конец каждого квартала. В нашем случае эта величина остается постоянной для каждой лавы и равна 170 м.

Среднедействующую длину каждой лавы по кварталам и за год определяют по формуле (XXV. 4).

Пример. Среднедействующая длина лавы II—1 в I и II кварталах составит 170 м, так как лава работает весь плановый период. В III квартале лава II—1 работает только 2, 3 рабочих дня из 79, поэтому среднедействующая длина ее в III квартале

$$Л_{сд} = \frac{Л_{р'ок}}{тп} = \frac{170-2,3}{79} = 5,0 \text{ м,}$$

а лавы III—1

$$Л_{сд} = \frac{Л_{р'ок}}{тп} = \frac{170-76,7}{79} = 165 \text{ м.}$$

Их суммарная длина тоже равна 170 м.

532

Годовая среднедействующая длина лав II-1 и III-1

$$л_{сд'год} = \frac{л_{р'ок}}{л_{пл}} = \frac{179 \times 154,4}{307} = 85,4 \text{ м.}$$

Результаты этих измерений и расчетов сводят в табл. XXV.9.

3) План площади выемки в очистных забоях

Площадь выемки за квартал в каждом очистном забое определяют по формуле (XXV. 19). Например, расчетная длина лавы II—1 в III квартале равна 170 м, а среднедействующая длина этой лавы в III квартале равна 5 м, плановое продвижение лавы 128 м, тогда площадь выемки

$$F_0 = h_{сд} L = 5 \times 128 = 640 \text{ м}^2.$$

Результаты таких расчетов сведены в табл. XXV.9.

4) План добычи угля из очистных забоев

Умножая площадь выемки на эксплуатационную производительность пласта, с учетом потерь отбитого угля в нашем случае

Таблица XXVII. 7

Забой	Показатели	Кварталы и число рабочих дней в них				Всего за год (307 дней)
		I (76)	II (76)	III (79)	IV (76)	
Лава II—1	1. Среднедействующая линия очистного забоя, м	170	170	5	–	85,4
	2. Подвигание забоя, м	123,1	123,1	128,0	123,1	497,3
	3. Площадь выемки, м ²	20 927	20 927	640	–	42 494
	4. Добыча, т	37 668	37 668	1152	–	76 488
Лава III—1	1. Среднедействующая линия очистного забоя, м	–	–	165	170	84,6
	2. Подвигание забоя, м	123,1	123,1	128,0	123,1	497,3
	3. Площадь выемки, м ²	–	–	21 120	20 927	42 047
	4. Добыча, т	–	–	38 016	37 668	75 684
Лава II—2	1. Среднедействующая линия очистного забоя, м	170	170	71,4	–	102,6
	2. Подвигание забоя, м	123,1	123,1	128,0	123,1	497,3
	3. Площадь выемки, м ²	20 927	20 927	9 139	–	50 993
	4. Добыча, т	37 668	37 668	16 450	–	91 786
Лава III—2	1. Среднедействующая линия очистного забоя, м	–	–	98,6	170	67,4
	2. Подвигание забоя, м	123,1	123,1	128,0	123,1	497,3
	3. Площадь выемки, м ²	–	–	12 621	20 927	33 548
	4. Добыча, т	–	–	22 718	37 668	60 386

$1,4 \times 1,3 \times 0,99 = 1,8 \text{ т/м}^2$, получим плановую добычу угля из очистных забоев (табл. XXV.9).

План развития подготовительных работ и добычи из подготовительных выработок

1. **Определение годового объема** проведения основных (главных) подготовительных выработок.

Для правильного развития горных работ скорость подготовки выемочных полей должна быть равна скорости их очистной выемки; при этом подготовительные работы должны вестись с опережением на два-три месяца против очистных. Отсюда следует, что каждое последующее выемочное поле должно быть в каждый момент времени подготовлено главными подготовительными выработками на столько же процентов, на сколько выработано предыдущее выемочное поле (с учетом заданного запаса подготовительных работ во времени). Исходя из этого положения, определим нормальное развитие подготовительных работ на начало планируемого года. Расчет будем вести по верхнему выемочному столбу, так как он будет выработан раньше нижнего.

Выемочный столб II—1 выработан на $556 - 250 = 306 \text{ м}$, а с учетом двухмесячного запаса в подготовке на $306 + (2 \times 41,4) = 388,8 \text{ м}$. Это составляет $\frac{388,8}{556} \times 100 =$

$69,9\%$, всей длины верхнего выемочного столба. Поэтому следующее выемочное поле III должно быть подготовлено к началу планируемого года на $69,9\%$.

Для подготовки выемочного поля III необходимо пройти (рис. XXV.3) этажного откаточного штрека 600 м , конвейерного штрека нижней лавы 600 м , конвейерного и рельсового бремсбергов III по 389 м , вентиляционного штрека нижней лавы и конвейерного штрека верхней лавы по 600 м , вентиляционного штрека верхней лавы — 600 м . Кроме того, необходимо перекрепить 600 м этажного вентиляционного штрека.

К началу планируемого года должно быть пройдено этажного откаточного штрека и конвейерного бремсберга III $(600 + 389) \times 0,699 = 691,3 \text{ м}$, т.е. проведение этажного откаточного штрека в выемочном поле III должно быть закончено, а бремсберг III должен быть пройден на $691,3 - 600 = 91,3 \text{ м}$. Конвейерный штрек верхней лавы и вентиляционный штрек нижней лавы должны быть пройдены на длину $600 \times 0,699 = 419,4 \text{ м}$. На ту же длину $419,4 \text{ м}$ должен быть пройден вентиляционный штрек

верхней лавы и перекреплен этажный вентиляционный штрек.

Откладываем полученные длины подготовительных выработок на плане горных работ, причем будем считать, что для удобства проведения подготовительных выработок положение подготовительных забоев на момент начала отработки выемочного поля II было следующим: забой этажного откаточного штрека находился в 100 м за бремсбергом II, забой вентиляционного штрека нижней лавы и конвейерного штрека верхней лавы находился в 50 м за бремсбергом II, а этажный вентиляционный штрек перекреплен на длину 50 м за бремсбергом II.

Необходимое развитие подготовительных работ в выемочном поле III с учетом указанных длин их за бремсбергом II к началу планируемого года показано на плане горных выработок (рис. XXV.3).

Из плана горных работ находим, что для окончания подготовки бремсбергового поля III основными подготовительными выработками необходимо пройти: конвейерного и рельсового бремсберга III по $389 - 91,3 = 297,7 \text{ м}$, вентиляционного штрека нижней лавы и конвейерного штрека верхней лавы по $600 - 419,4 = 180,6 \text{ м}$, вентиляционного штрека верхней лавы $600 - 419,4 = 180,6 \text{ м}$ и перекрепить $600 - 50 - 419,4 = 130,6 \text{ м}$ этажного вентиляционного штрека.

После того как установлено положение подготовительных забоев на начало планового периода, переходят к определению положения забоев основных подготовительных выработок на конец планируемого года.

В течение планируемого года очистной забой верхнего выемочного столба подвинется на $497,3 \text{ м}$, из них в поле II 250 м и в поле III $497,3 - 250 = 247,3 \text{ м}$. С учетом двухмесячного запаса в подготовке это составляет $247,3 + 2 \cdot 41,4 = 330,1 \text{ м}$. $100 = 59,4\%$.

556

Так как объемы проведения основных подготовительных выработок, необходимые для полной подготовки выемочного поля IV такие же, как и для подготовки поля III, то к концу планируемого года в поле IV должно быть пройдено:

этажного откаточного штрека и бремсберга IV

$$(600 + 389) \times 0,594 = 587,5 \text{ м};$$

конвейерного штрека верхней лавы и вентиляционного штрека нижней лавы по

$$600 - 0,594 = 356,4 \text{ м};$$

перекреплено этажного вентиляционного штрека

$$600 - 0,594 = 356,4 \text{ м};$$

вентиляционного штрека верхней лавы

$$600 - 0,594 = 356,4 \text{ м}.$$

Складывая объемы проведения основных подготовительных выработок в бремсберговых полях III и IV и принимая во внимание необходимое опережение штреков по отношению к бремсбергам, получаем годовой объем проведения основных подготовительных выработок по видам:

конвейерного бремсберга III — 297,7 м, этажного откаточного штрека и бремсберга в поле IV — 587,5 м,

конвейерного штрека верхней лавы — $180,6 - 1 - 356,4 = 537$ м и перекрепление этажного вентиляционного штрека — $130,6 + 356,4 + 50 = 537$ м.

Примечание. Здесь перечислены только подготовительные выработки, необходимые для составления календарного плана проведения подготовительных выработок. Выработки, проводимые одновременно с названными, например рельсовый бремсберг III, конвейерный штрек нижней лавы и другие, будут учтены непосредственно в плане проведения подготовительных выработок.

2. Составление календарного плана проведения основных подготовительных выработок. По определенным выше объемам проведения основных подготовительных выработок находим среднесуточную и среднесуточную скорость их проведения. Для этажного откаточного штрека и бремсбергов $L_M = 885,2 : 12 = 73,8$ м/мес, $L_{сут} = 885,2 : 307 = 2,9$ м/сут.

Для конвейерного штрека верхней лавы и вентиляционных штреков нижней и верхней лавы: $L_M = 44,75$ м/мес, $L_{сут} = 1,75$ м/сут.

Перекрепление этажного вентиляционного штрека $L_M = 40,6$ м/мес, $L_{сут} = 1,6$ м/сут.

Полученные среднесуточные и среднесуточные скорости проведения горизонтальных выработок с подрывкой породы ниже нормативных скоростей для такого вида выработок (табл. XXV.2), проводимых обычно с помощью проходческих комбайнов. Минимальная скорость проходки для данных условий 170 м/мес или 6,6 м/сут [1(170 X 12) : 307].

Так как ожидаемые средние скорости проходки ниже нормативных, то в дальнейшем расчет календарного плана проведения выработок производится по нормативным скоростям проходки.

С 1 января продолжается проведение конвейерного и рельсового бремсбергов III. Осталось пройти $389 - 91,3 = 297,7$ м. При суточном нормативе проходки 6,6 м на проведение оставшейся части бремсбергов III потребуются

$$297,7 \text{ м} : 6,6 \text{ м/сут} = 45 \text{ сут}.$$

Работа по проходке бремсберга должна быть закончена 22.II 1980 г. С 23.II 1980 г. начнется проведение этажного откаточного штрека. Планируемый метраж (587,5 м) будет пройден за $587,5 \text{ м} : 6,6 \text{ м/сут} = 89$ сут и работа будет закончена 9.VI 1980 г.

Одновременно с этажным откаточным штреком будут проводиться конвейерный штрек верхней лавы и вентиляционный штрек нижней лавы (537 м), на что потребуется

$$537 \text{ м} : 6,6 \text{ м/сут} = 81 \text{ сут}$$

и работа будет закончена 30.V 1980 г.

С такой же скоростью проводится вентиляционный штрек верхней лавы и ведется перекрепление этажного вентиляционного штрека. Результаты расчетов сведены в табл. XXV.10.

3. Определение объема проведения прочих подготовительных выработок производят по объему проведения обслуживаемых ими основных подготовительных выработок и числу метров прочих подготовительных выработок, приходящихся на 1 м основных выработок. В рассматриваемом примере на 1 м этажного штрека приходится $15 : 30 = 0,5$ печей, на 1 м конвейерного бремсберга $15 : 30 = 0,5$ м просеков, на 1 м конвейерного штрека верхней лавы $8 : 16 = 0,5$ м печей и на 1 м вентиляционного штрека верхней лавы $15 : 30 = 0,5$ м печей. Умножая цифры табл. XXV.10 на число метров прочих подготовительных выработок, приходящихся на 1 м основных подготовительных выработок, получают объем проведения рассмотренных видов прочих подготовительных выработок.

Кроме того, надо предусмотреть проведение разрезных печей лав III—1 и III—2 длиной 170 м каждая. Проведение разрезной печи лавы III—1 может быть начато после окончания проходки бремсберга III, т. е. во II квартале, а разрезной печи лавы III—2 — в начале III квартала. Проводит их специальная бригада рабочих.

План проведения прочих подготовительных выработок приведен в табл. XXV.11.

План проведения основных и прочих подготовительных выработок изображается графически на календарном плане проведения подготовительных выработок по участку.

Таблица XXVII. 7

План проведения (в м) основных подготовительных выработок					
Основные подготовительные выработки	План на год (307 дней)	В том числе по кварталам			
		I	II	III	IV
Бремсберг III: конвейерный рельсовый	297,7 297,7	297,7 297,7			
Этажный откаточный штрек	587,5	205	382,5		—
Штрек нижней лавы: конвейерный	587,5	205	382,5	—	
вентиляционный	537	205	332		
Штрек верхней лавы: конвейерный	537	205	332		
вентиляционный	537	205	332		
Итого проведение основных подготовительных выработок	3381,4	1620,4	1761,0		
Перекрепление этажного вентиляционного штреха	487	244	243	—	—

Таблица XXV. И

План проведения (в м) прочих подготовительных выработок					
Прочие подготовительные выработки	План на год (307)	В том числе по кварталам			
		I	II	III	IV
Просеки между конвейерным и рельсовым бремсбергами	149	149			
Печи:					
между этажным откаточным штреком и конвейерным штреком нижней лавы	294	103	191		
между вентиляционным штреком нижней лавы и конвейерным штреком верхней лавы	269	103	166		
между этажным вентиляционным штреком и вентиляционным штреком верхней лавы	269	103	166		
Разрезная печь лавы III—1	170		170		
» » » III—2	170			170	
Итого проведения прочих подготовительных выработок	1321	458	693	170	

4. Составление плана добычи угля из подготовительных выработок.

Для составления плана добычи угля из подготовительных выработок надо умножить объем проведения подготовительных выработок на добычу с 1 м ухода, которая составляет: для этажного откаточного штрека $4,5 \times 1,4 \times 1,3 \times 0,99 = 8,1$ т/м; для конвейерных штреков лав — 5,4 т/м; для вентиляционных штреков лав и конвейерных и рельсовых бремсбергов — 4,5 т/м; для вентиляционных печей и просеков — 3,6 м/т. Добыча угля из каждой разрезной печи составляет 1224 т.

Результаты расчетов плана добычи угля из подготовительных выработок приведены в табл. XXV.12.

План добычи угля по участку получают суммированием данных табл. XXV.9 и табл. XXV.12, цифры которых округлены до 0,1 тыс. т (табл. XXV.13).

Если план добычи по участку отвечает контрольным цифрам, установленным участку, то его утверждают и передают для исполнения. В противном случае должны быть найдены резервы для обеспечения контрольных цифр.

Планирование перехода на новый горизонт. Производственная мощность шахт, как правило, должно быть обеспечена ведением эксплуатационных работ на одном горизонте. Для устойчивой работы шахт, разрабатывающих пологие и наклонные пласты, срок службы горизонта устанавливают не менее 10—15 лет, а для шахт, разрабатывающих крутые пласты, не менее 6—10 лет. Поэтому появляется необходимость в планировании перехода на новый горизонт. Вскрытие нового горизонта может быть осуществлено углубкой наклонного ствола, уклонами или углубкой вертикального ствола и проведением этажного квершлага. Каждый из указанных способов вскрытия имеет ограниченную область применения.

Выбор схемы вскрытия осуществляется сопоставлением различных вариантов для конкретных условий. При выборе экономически выгодного и технически целесообразного варианта вскрытия следует принимать во внимание кроме стоимости вариантов также сроки вскрытия нового горизонта для каждого из сравниваемых вариантов.

При разработке пологих и наклонных пластов вертикальными шахтами вскрытие горизонтов, расположенных ниже горизонта околостовольного двора, осуществляют обычно уклонами. Углубка вертикальных стволов и проведение центральных квершлагов взамен ступенчатых уклонов возможна при длине уклонов более 1000 м. При этом целе-

сообразность углубки стволов или реконструкции уклонов должна быть обоснована технико-экономическими расчетами.

Вскрытие новых горизонтов на вертикальных шахтах, разрабатывающих крутые пласты, проводят с помощью углубки стволов и проведения центральных квершлагов. При сроке службы горизонта менее 6 лет углубку целесообразно производить сразу на два горизонта.

Подготовка нового горизонта на полную плановую добычу должна заканчиваться раньше начала сокращения линии забоев на работающем горизонте (этаже) не менее чем на 5 мес при углубке стволов и на 3 мес во всех остальных случаях.

Пример составления плана развития горных работ при переходе на новый горизонт и отработке его системой длинных столбов по простиранию от границ шахтного поля.

Задание. Составить план развития горных работ по вскрытию и подготовке нового горизонта (этажа) для отработки его от границ шахтного поля. Отработку от границ поля начать 1 апреля 1981 г. Установить дату начала работ по вскрытию нового горизонта и положение очистных работ на действующем этаже на эту дату при следующих условиях.

Вынимаемая мощность пласта $m_b = 1$ м; угол падения пласта $\alpha = 10^\circ$; длина крыла шахтного поля 2000 м; наклонная высота вновь вскрываемого этажа $h_z = 350$ м, из них на забой откаточного штрека по углю приходится 4 м. Вскрытие этажа производят центральным уклоном. Действующий горизонт отрабатывают прямым ходом, сплошной системой по схеме лава—подэтаж. Выемка угля в лавах осуществляется на действующем горизонте комбайном «Донбасс-1Г» с полезной шириной захвата 1,8 м; работы в лавах организованы по графику один цикл в сутки. На вновь вскрываемом этаже намечается обратный порядок отработки этажа от границ шахтного поля к центральному уклону. Система длинных столбов по простиранию с выемкой на передний бремсберг. Этаж делится на два подэтажа, длина верхней лавы 158 м. Выемку угля в лавах будет осуществлять комбайн 2К-52М с полезной шириной захвата 0,8 м; работы в лавах будут организованы по графику три цикла в сутки. Время проведения системы выработок определяется в соответствии с нормативами скорости проходки. Выемочный участок на новом горизонте должен быть полностью подготовлен за 3 мес до окончания работ на действующем горизонте.

Таблица XXVII. 7

План добычи угля (в т) из подготовительных выработок

Подготовительные выработки	План на год	В том числе по кварталам			
		I	II	III	IV
Основные					
Бремсберг III:					
конвейерный	1 340	1 340	—	—	—
рельсовый	1 340	1 340	—	—	—
Откаточный этажный штрек	4 758	1 660	3 098	—	—
Штрек нижней лавы:					
конвейерный	3 172	1 107	2 065	—	—
вентиляционный	2 416	922	1 494	—	—
Штрек верхней лавы:					
конвейерный	2 900	1 107	1 793	—	—
вентиляционный	2 416	922	1 494	—	—
Итого добыча из основных подготовительных выработок	18 342	8 398	9 944		
Прочие					
Печи:					
между конвейерным и рельсовым бремсбергами	536	536	—	—	—
между этажным откаточным штреком и конвейерным штреком нижней лавы	1 058	370	688	—	—
между вентиляционным штреком нижней лавы и конвейерным штреком верхней лавы	968	370	598	—	—
между этажным вентиляционным штреком и вентиляционным штреком верхней лавы	968	370	598	—	—
Разрезная печь III—1	1 224	—	1 224	—	—
» » III—2	1 224	—	—	1 224	—
Итого добыча из прочих подготовительных выработок	5 978	1 646	3 108	1 224	
Добыча из всех подготовительных выработок	24 320	10 044	13 052	1 224	—

Таблица XXV. 13

План добычи угля по участку

Показатели	План на год	В том числе по кварталам			
		I	II	III	IV
Добыча, тыс. т:					
из очистных выработок	304,4	75,3	75,4	78,3	75,4
из подготовительных выработок	24,3	10,0	13,1	1,2	—
общая по участку	328,7	85,3	88,5	79,5	75,4
Процент добычи из подготовительных выработок	7,4	11,7	14,8	1,5	

1) разрезная печь в верхнем столбе бремсбергового поля I на новом горизонте; 2) промежуточный штрек в пределах этого поля; 3) бремсберг I с ходком; 4) коренной штрек от приемной площадки центрального уклона до бремсберга I; 5) приемная площадка центрального уклона; 6) центральный уклон с ходком.

Определение времени на подготовку бремсбергового поля I нижележащего этажа. Лава I—II бремсбергового поля I нижележащего этажа, разрабатываемого обратным ходом (рис. XXV.4), должна вступить в строй действующих забоев 1 апреля 1981 г. С учетом резерва времени, предусмотренного Правилами технической эксплуатации, подготовка ее должна быть закончена за 3 мес до указанного срока, т. е. к 1 января 1981 г.

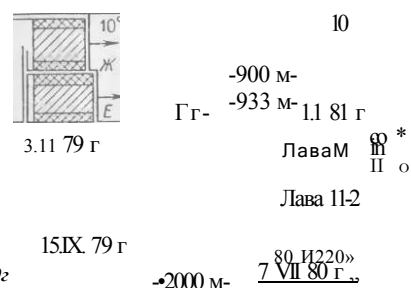
Подготовка нижней лавы I—2 бремсбергового поля I, заключающаяся в проведении коренного штрека от бремсберга I до границы шахтного поля и разрезной печи лавы I—2, может быть выполнена одновременно с подготовкой лавы I—1 и вследствие меньшей суммарной длины выработок, необходимых для этого, не увеличит срока подготовки бремсбергового поля I.

а) время на проходку разрезной печи лавы I—1 при нормативной скорости проходки 210 м/мес (или $210 : 25 = 8,4$ м/сут) составит $158 : 8,4 = 19$ сут.

в) время на проходку бремсберга I с ходком на полную длину до коренного вентилационного штрека, равную 346 м (350—4) при нормативной скорости проходки 100 м/мес (или 4 м/сут) составит $346 : 4 = 87$ сут.

Определение времени на проведение коренного штрека. Для того чтобы можно было начать проходку бремсберга I и разделку приемной площадки, забой коренного штрека должен быть продвинут за бремсберг I на некоторое расстояние. Примем его равным 80 м. Таким образом, к моменту начала проходки бремсберга I забой коренного штрека не дойдет до границы шахтного поля на $300 - 80 = 220$ м.

Определение времени на проходку уклона. Уклон должен быть пройден на длину 350 м. Кроме того, должна быть пройдена нижняя приемная площадка уклона. Ориентировочно объем приемной площадки уклона принят равным 1300 м³. Тогда при нормативной скорости проходки уклона 60 м/мес (или 2,4 м/сут) и при проходке приемной площадки 500 м³ в месяц (условно) при работе двумя забоями время на проходку уклона и разделку приемной площадки потребуется:



539

на разделку приемной площадки

на проходку уклона

$$350 : 2,4 = 146 \text{ сут.}$$

Суммируя необходимые затраты времени на вскрытие нового этажа и подготовку в нем лавы I—1, получают общее время на вскрытие и подготовку нового этажа (в сут):

подготовка бремсбергового поля I 150
проведение коренного штрека 247
разделка приемной площадки уклона 33
углубка уклона 146

Всего 576

Календарный план развития горных работ по вскрытию и подготовке бремсбергового поля I. Так как подготовка лавы I—1 должна быть закончена к 1.I 1981 г., проходка бремсберга I должна быть начата за 150 сут до этого момента, т. е. 7 июля 1980 г.

К этому времени должно быть закончено проведение коренного штрека. На проведение коренного штрека необходимо 247 сут, поэтому проходка его должна быть начата 5.VII 1980 г. — 247 сут = 15.IX 1979 г. Разделка приемной площадки уклона должна быть начата 14.IX 1979 г. — 33 сут. = 8.VIII 1979 г. Наконец, работы по проходке уклона должны быть начаты 7.VIII 1979 г. — 146 сут. = 3.II 1979 г. После этого необходимо провести проверку. Общее число рабочих дней за период с 3.II 1979 г. по 31.XII 1980 г.: 269 (в 1979 г.) и 307 (в 1980 г.).

Определение положения очистного забоя на действующем этаже на момент начала работ по вскрытию нижележащего этажа. Общее время вскрытия и подготовки нового горизонта составляет 576 дней. За это время очистной забой на разрабатываемом этаже при продвижении за один цикл, равный 1,8 м, и коэффициенте цикличности 0,9 продвигается на длину $0,9 \times 1,8 \times 576 = 933$ м.

Отложив эту величину на линии откаточного штрека от границы шахтного поля по направлению к уклону, находят точку Д, когда забой нижней лавы разрабатываемого этажа доходит до точки Д, необходимо на-

чать работы по вскрытию нижележащего этажа. Если точка окажется позади фактического положения линии очистного забоя, то это указывает на то, что вскрытие и подготовка нового горизонта при принятых нормативных скоростях проведения выработок не будут выполнены к назначенному сроку.

Для того чтобы лава I—1 на новом горизонте вступила в строй в намеченный срок (1.IV.1981 г.), весь объем работ по вскрытию и подготовке должен быть выполнен в срок, оставшийся для доработки действующего этажа; этого можно достигнуть соответствующим увеличением темпов проведения выработок. Например, если бы в момент начала работ по вскрытию нового этажа нижняя лава разрабатываемого этажа находилась в положении *Е'Ж'*, впереди точки Д на расстоянии 900 м от границы поля, очистные работы в разрабатываемом этаже были бы закончены через $900 : (0,9 \times 1,8) = 555$ дней. Следовательно, для того чтобы выполнить необходимый объем работ за этот срок, темп проведения всех выработок необходимо увеличить в $576:555 = 1,04$ раза, или на 4%.

Составление плана добычи и развития горных работ на угольных разрезах

План добычи и развития горных работ на разрезах составляют в следующем порядке:

- 1) определяют расчетные показатели для составления плана добычи и развития горных работ в условиях разреза;
- 2) определяют ожидаемое положение добычных и вскрышных забоев на начало планового периода;
- 3) составляют план механизации и организации добычных и вскрышных работ;
- 4) составляют план добычи полезного ископаемого и план развития добычных работ разреза;
- 5) составляют план вскрышных работ и их развития на разрезе.

Пример. План добычи угля на 1980 г. равен 4 млн. т. Условия разработки: пласт мощностью 10 м залегает горизонтально и разрабатывается одним уступом. Плотность угля $1,3 \text{ т/м}^3$. Мощность вскрыши 20 м. Породы крепкие, разрабатываются с применением взрывных работ. Система разработки — транспортная. Транспорт — железнодорожный, пути — двухколейные нормальной ширины. Длина заходки в пределах контура разреза 6000 м. Высота уступа 10 м. Ширина заходки 12 м. Угол наклона борта

уступа 60°. Угол естественного откоса 50°. Угол развала угля и вскрышных пород после взрыва 35°. Угол разноса рабочего борта уступа 15°.

На добычных и вскрышных работах используются экскаваторы типа ЭКГ-4,6. Годовой режим работы разреза — непрерывный, число суток работы в плановом периоде равно 358. Общие потери угля составляют 2,7%, в том числе по мощности 1,5%, по площади 1,0%, отбитого угля 0,2%.

Решение. Возможность получения добычи, установленной плановым заданием (4 млн. т в год) проверяют по расчетным показателям и возможной производительности разреза при заданных условиях.

Расчетные показатели к составлению плана добычи и вскрыши по разрезу. Ширина рабочей площадки уступов по формуле (XXV.26)

$$П = 2Л + \epsilon > + В + Г + \epsilon' = 2 \times 12 - f - 4,5 + 3 + 2,5 + 12 = 46 \text{ м}$$

2. Норматив производительности добычных и вскрышных экскаваторов установлен по МУП СССР не менее 1200 тыс. м³ в год, среднесуточный норматив производительности экскаватора составит $1\,200\,000 : 358 = 3352 \text{ м}^3$. Суточные нормативы производительности с учетом сезонных колебаний приведены в табл. XXV.14.

3. Число суток работы экскаваторов в плановом периоде определяется с учетом годового режима работы разреза, организации выемки в блоке и пребывания экскаваторов в ремонте. Время работы экскаваторов на добыче определяется ниже, при рассмотрении плана механизации и организации работ.

4. Выход полезного ископаемого с 1 м фронта уступа определяют по формулам (XXV.36), (XXV.35), (XXV.34).

Общее количество угля с 1 м фронта уступа

$$D_M = Ah_y = 12 \times 10 \times 1 = 120 \text{ м}^3 \text{ или } 156 \text{ т};$$

С учетом плановых эксплуатационных потерь 151,5 т, или 115,8 м³.

Определение ожидаемого положения забоев на начало планового периода. Анализ подвигания очистных и вскрышных забоев за I—III кварталы текущего года показывает, что план подвигания забоев выполняется и ожидаемое положение забоев на начало планового периода совпадает с положением, намеченным планом.

Составление плана механизации и организации добычных и вскрышных работ. План механизации работ по выемке угля и вскрыш-

Таблица XXVII.7

Суточные нормативы производительности экскаваторов по кварталам

I	IV	II	III
3017	3017	3687	3687
3922	3922	4793	4793

Примечание. В числителе нормативы в м³, в знаменателе — в т.

ных пород предусматривает определение необходимого числа экскаваторов в работе и расстановку их по участкам и забоям.

План организации работ имеет целью установить использование экскаваторов во времени в течение года. Оно зависит от принятого годового режима работы разреза, затрат времени на все виды ремонтов и организации работ в пределах блока (односторонней или челноковой схемы отработки заходки). Организационный фактор проявляется также и в суточном режиме работы экскаваторов, так как отражается на величине суточного норматива производительности экскаватора.

В рассматриваемом примере на добыче по списку числится три экскаватора ЭКГ-4,6. Расчет времени их работы в течение года приведен в табл. XXV.15.

Число экскаваторов в работе получают умножением списочного числа экскаваторов на коэффициент использования экскаваторов в течение года, определяемый по формуле

$$k, \gamma = T_p : T_r, \text{ м}, \quad (\text{XXV.43})$$

где T_p — нормативное число суток работы экскаватора в плановом периоде; $T_{p-м}$ — число суток работы при принятом годовом режиме работы разреза.

Так, для экскаватора ЭКГ-4,6 № 1157 коэффициент использования составит

$$k, \gamma = \frac{358}{358} = 1,0$$

Для экскаваторов № 2108 и № 3366 он соответственно будет: $\gamma_{ми} = 0,86$;

Таким образом, в работе в течение всего года находятся 2,58 экскаватора.

Время работы эскаваторов

[illegible]

Составление плана добычи полезного ископаемого и развития добычных работ разреза. План добычи разреза составляется с целью проверки возможности выполнения планового задания при существующих горно-геологических, технических и организационных условиях. Разрезу задается не только годовая, но и среднесуточная добыча, которую необходимо обеспечить для ритмичного выпуска реализации готовой продукции.

При плановой добыче угля разреза на 1980 г. 4 млн. т (или 3,1 млн. м³) и плотности угля $\gamma = 1,3$ т/м³ средняя суточная добыча составит $4\,000\,000 : 358 = 11\,174$ т.

Определение возможной годовой и среднесуточной добычи. На основе данных о применяемом оборудовании, принятом годовом режиме работы предприятия с учетом времени работы экскаваторов в течение года и суточных нормативов их производительности определим возможную годовую добычу угля на разрезе. Расчет плана добычи для каждого экскаватора и разреза по кварталам и за год приведен в табл. XXV. 16.

Методику расчета плана добычи каждого экскаватора и разреза покажем на примере экскаватора № 1157. Данные о числе ка-

лендарных дней работы экскаваторов T , и работы карьера приведены в табл. XXV.15. Суточные нормативы производительности экскаваторов в различное время года приведены в табл. XXV. 14.

Экскаватор ЭКГ-4,6 № 1157 в I квартале при непрерывном годовом режиме работы из 91 календарного дня работает 80 сут. За это время при установленных суточных нормах производительности экскаватор № 1157 может добыть угля в целике 80 X X 3017 = 241 360 м³, или 313 760 т.

Аналогично определяется добыча за остальные кварталы года.

Добыча угля экскаватором № 1157 за год определяется как сумма квартальных объемов добычи и составит $1\,059\,232\text{ м}^3$, или $1\,376\,970\text{ т}$. Средняя суточная производительность экскаватора в течение года составит $1\,059\,232\text{ м}^3 : 316\text{ сут.} = 3352\text{ м}^3$, или 4357 т . Средняя суточная производительность разреза в течение года будет $1\,059\,232\text{ м}^3 : 358\text{ сут.} = 2959\text{ м}^3$, или 3846 т .

Просуммировав данные о добыче всех экскаваторов по кварталам и за год, получают квартальные и годовую добычу угля по разрезу (табл. XXV. 16).

Таблица XXV. 16

План добычи разреза

Разрез, блок	Марка и № экскаватора	Плановый период (квартал, год)	Число дней			Суточная производительность				Плановая добыча, т
			календарных	работы экскаватора	работы карьера	экскаватора		разреза		
						м³	т	м³	т	
Блок 1	ЭКГ-4,6 № 1157	I	91	80	89	3017	3922	2712	3525,4	313 760
		II	91	77	88	3687	4793	3226	4193,9	369 061
		III	92	81	92	3687	4793	3246	4219,9	388 233
		IV	92	78	89	3017	3922	2644	3437,3	305 916
		Год	366	316	358	3352	4357	2959	3846	1 376 970
Блок 2	ЭКГ-4,6 № 2108	I	91	68	89	3017	3922	2305	2997	266 696
		II	91	79	88	3687	4793	3310	4303	378 647
		III	92	83	92	3687	4793	3326	4324	397 819
		IV	92	80	89	3017	3922	2712	3525	313 760
		Год	366	310	358	3367	4377	2915	3790	1 356 922
Блок 3	ЭКГ-4,6 № 3366	I	91	80	89	3017	3922	2712	3525	313 760
		II	91	79	88	3687	4793	3310	4303	378 647
		III	92	83	92	3687	4793	3326	4324	397 819
		IV	92	58	89	3017	3922	1966	2556	227 476
		Год	366	300	358	3379	4393	2831	3681	1 317 702
По разрезу	ЭКГ-4,6 № 1157 № 2108 № 3366	I	91	76	89	3 017	3922	7728	10 047	894 216
		II	91	78,3	88	3 687	4793	9846	12 800	1 126 355
		III	92	82,3	92	3 687	4793	9898	12 868	1 183 871
		IV	92	69,4	89	3 017	3922	7321	9 518	847 152
		Год	366	306	358	10 185	13240	8705	11 317	4 051 594

Указанным выше методом определяют годовую (4 051 594 т) и суточную (11317 т) производительность разреза.

Возможную суточную производительность разреза определяют двумя способами:

1) как частное от деления годовой добычи угля всеми работающими на добыче экскаваторами на число суток работы: $4\,051\,594\text{ т} : 358\text{ сут} = 11\,317\text{ т}$;

2) как сумму средней суточной добычи экскаваторами в течение года: $3846\text{ т} + 3790\text{ т} + 3681\text{ т} = 11\,317\text{ т}$.

Если возможная добыча, полученная расчетом и сведенная в табл. XXV.16, равна плановому заданию или больше его, то переходят к составлению плана развития добычных работ на планах горных выработок по горизонтам горных работ, на которых показывают время отработки заходов в пределах каждого блока.

Если произведенная проверка возможной годовой и среднесуточной добычи не дает планируемого объема добычи, то ищут пути повышения добычи до уровня, предусмотренного плановым заданием.

Планирование развития добычных работ. Для обеспечения равномерного подвигания фронта добычных уступов в пределах отдельных блоков и всего разреза необходимо каждый год корректировать длину блоков, исходя из годовой добычи каждого действующего экскаватора.

Длина заходки на уступе в пределах контура карьера $L_{\text{з.ах}}$ всегда известна. Поэтому оптимальную длину блока для каждого экскаватора можно определить по формуле

$$L_{\text{бл}} = \frac{D_{\text{з.г.}}}{D_{\text{к.г.}}} \quad (\text{XXV.44})$$

где $D_{\text{з.г.}}$ — плановая добыча экскаватора за год, т; $D_{\text{к.г.}}$ — плановая добыча разреза за год, т.

Определение длины блоков для каждого экскаватора при заданных условиях: длина блока № 1 (ЭКГ-4,6 № 1157) равна

$$L_{\text{бл1}} = \frac{D_{\text{з.г.}}}{D_{\text{к.г.}}} \cdot \frac{1\,376\,970}{4\,051\,594} \cdot 6000 = 2039\text{ м};$$

блока № 2 — 2009 м; блока № 3 — 1952 м.

Рассмотрим методику определения контура горных работ и составления календарного плана развития добычных работ на примере блока № 1 (ЭКГ-4,6 № 1157) на 1980 г. с разбивкой по кварталам.

Возможная плановая добыча с 1 м фронта угольного уступа, определенная по формуле (XXV.34), составляет

$$D_{\text{м}} = < D_{\text{м}} - \gamma_{\text{п}} A K = (156 - 0,027 \cdot 156) 0,998 = 151,5\text{ т}.$$

Величина переходящих запасов, подготовленных к выемке на конец планового периода, определенная по формуле (XXV.40) $Z_{\text{к1}}$, составит 688 485 т.

Необходимое число заходок, обеспечивающее выполнение плана добычи и нормальные переходящие запасы, подготовленные к выемке на конец года, определяется по формуле

$$n = \frac{D_{\text{пл}}}{Z_{\text{к}}} \quad (\text{XXV.45})$$

Для блока № 1 разреза она составит

$$n_{\text{з.ах-1}} = \frac{1\,376\,970 - 688\,485}{2039 - 151,5} = 6,69\text{ зах.}$$

Из них для обеспечения плановой годовой добычи необходимо

$$n_{\text{з.ах.доб}} = \frac{1\,376\,970}{2039 - 151,5} \approx 4,4\text{ зах.};$$

для обеспечения переходящих запасов, подготовленных к выемке на конец года, необходимо

$$n_{\text{з.ах.пер}} = \frac{688\,485}{2039 - 151,5} \approx 3,3\text{ зах.}$$

Составление календарного плана добычных работ в блоке № 1 (ЭКГ-4,6 № 1157) с разбивкой по кварталам.

Подвигание забоя L в заходке блока за любой отрезок времени определяется по формуле

$$L = D_{\text{пл}} : D_{\text{м}}, \quad (\text{XXV.46})$$

где $D_{\text{пл}}$ — плановая добыча за сутки (месяц, квартал, год), т; $D_{\text{м}}$ — выход угля с 1 м фронта уступа, т.

Подвигание забоя в блоке № 1 за год

$$L_{\text{год}} = \frac{D_{\text{пл}}}{D_{\text{м}}} = \frac{1\,376\,970}{151,5} = 9088,8\text{ м},$$

в том числе в I квартале $313\,760 : 151,5 = 2071,0\text{ м}$, во II квартале $2436,0\text{ м}$, в III квартале — $2562,6\text{ м}$ и в IV квартале — $2019,2\text{ м}$.

Для определения положения очистных работ на конец года и построения календарного плана их развития данные расчета на-

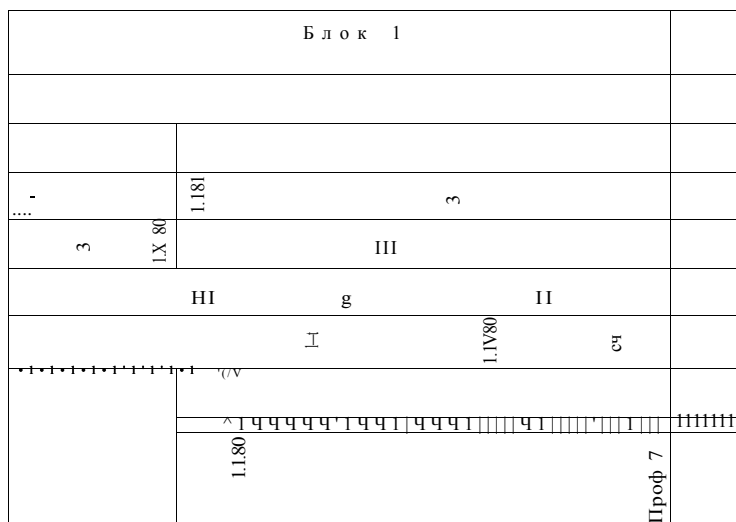


Рис. XXV.5. Календарный план развития добычных работ

носят на план горных выработок угольного уступа. Работа проводится в следующем порядке: 1) от ожидаемого положения добычного забоя на начало планового периода по линиям профилей откладывают полученное расчетное число заходов, отрабатываемых за год; 2) соединяют точки одноименных заходов на профилях и получают контуры заходки; 3) затем на поступный план горных работ наносят те заходки (или их части), которые подлежат отработке по кварталам года, а также части заходов, которые содержат переходящие запасы на конец года.

Линия последней заходки покажет плановый контур добычных работ на конец планового периода с учетом переходящих запасов. План развития добычных работ представлен на рис. XXV.5.

Составление плана вскрышных работ и их развитие на разрезе. При планировании вскрышных работ исходят из условия подготовки такого количества запасов, которое обеспечивает плановую добычу и создание необходимых переходящих запасов на конец планируемого периода.

Объем вскрышных работ в плановом периоде зависит от фактического соотношения добычных и вскрышных работ. Это соотношение считается оптимальным, если вскрышные работы не сдерживают планового развития добычи и обеспечивают нормативные «подготовленные и готовые к выемке переходящие запасы полезного ископаемого. Встречаются и другие ситуации — вскрышные

работы намного опережают добычные или отстают от них. Особенно нежелателен последний случай, ибо восстановление оптимального соотношения может привести к резкому увеличению объема вскрышных работ в плановом периоде.

Определение годового и среднесуточного объема вскрышных работ. Объем работ по вскрыше является производной величиной от планового объема добычи угля за год, от величины переходящих запасов на начало и конец года и от мощности пород вскрыши.

Подсчет объема пород вскрыши, подлежащего выемке в плановом периоде, производится по каждому вскрышному уступу, а на уступе — по блокам в следующем порядке:

1. На вертикальные разрезы наносят контуры запланированных заходов по добыче и заходов, обеспечивающих переходящие запасы на начало и конец года.

2. От контуров добычных заходов по каждому породному уступу строят контуры заходов по вскрышке с соблюдением правил технической эксплуатации.

3. По каждому уступу подсчитывают объем запланированной вскрыши за год.

4. Составляют календарный план вскрышных работ на планах горных выработок по горизонтам горных работ и общий контур наносят на сводный план горных выработок.

Расчет объемов вскрыши производится способом вертикальных параллельных сечений (см. гл. IX).

Плановый среднесуточный объем вскрыши

$$U_{сут} = U_{общ} : T_{р.м}, \quad (XXV.47)$$

где $U_{общ}$ — общий объем вскрыши, планируемой к выемке по разрезу за плановый период (год), м³; $T_{р.м}$ — число суток работы по выемке вскрыши в соответствии с установленным годовым режимом работы предприятия.

Методика составления плана выемки и календарного плана развития вскрышных работ по блокам и карьере в целом аналогична методике составления плана для добычных работ.

Контроль правильности соотношения добычных и вскрышных работ производится по плановому эксплуатационному коэффициенту вскрыши по каждому кварталу и за год. Он определяется по формуле (XXV.37). В ходе работы фактический коэффициент вскрыши не должен быть меньше планового. Отклонение фактического коэффициента вскрыши от планового указывает на нарушение оптимального соотношения добычных и вскрышных работ.

8. Документация при планировании развития горных работ и контроль выполнения плана

План развития горных работ шахты или разреза содержит графический и табличный материалы и объяснительную записку.

Графический материал. В состав графического материала входят пополненные планы горных выработок в масштабе 1 : 1000, 1 : 2000 или 1 : 5000, на которых должно быть нанесено ожидаемое положение забоев на начало планового периода.

План развития горных работ составляют по каждому забою, участку, пласту или слою. Планы оформляют в соответствии с установленными знаками и требованиями действующих инструкций по составлению и оформлению копий планов горных выработок.

На планах выделяют горные выработки, закрепленные и проектируемые к креплению по видам материалов и конструкции крепи. По каждому очистному забою указывают крепость угля, способ управления кровлей, способы выемки и доставки угля. У забоев, где применяют или намечены к применению новые горные машины и комплексы, надписывают их сокращенное название; приводят схемы вскрытия и подготовки шахтных полей, а также реконструкции уклонов и транспортирования по ним; схемы транспорта и вентиляции (существующая и новая, на

дату ее изменения). Если шахты разрабатывают один пласт, то их наносят на план горных выработок, если несколько пластов, то составляют отдельные схемы транспорта и вентиляции. Одновременно с планом горных работ составляют помесечный график ввода и выбытия лав на год.

На разрезах развитие горных работ на добычных и вскрышных уступах показывают на погоризонтных планах горных выработок. В случае необходимости составляют совмещенные планы, которые используют для координации добычных и вскрышных работ.

Табличный материал. После проведения всех необходимых расчетов фактические, ожидаемые и плановые данные, характеризующие горно-геологические условия, фактическое состояние горных работ шахты (разреза) и их развитие в плановом периоде, сводят в таблицы.

На проектных планах горных выработок размещают таблицы горно-геологических показателей забоев и участков, планируемых к отработке, и таблицы основных горнотехнических показателей, характеризующих технологию, механизацию и организацию работ в плановом периоде.

Объяснительная записка. В объяснительной записке излагают основные направления развития шахты (разреза), мероприятия по реализации планов, объемы работ, сроки их выполнения и стоимость. По каждому мероприятию приводят технико-экономическое обоснование.

Проект плана развития горных работ как составную часть техпромфинплана шахты (разреза) утверждает директор.

После того как план развития горных работ утвержден, он вступает в силу. Работа маркшейдера, однако, не заканчивается участием в составлении плана. Он должен проверять ход выполнения утвержденного плана горных работ по объемам и качеству. В конце отчетного периода (месяца, квартала, года) маркшейдер на одной из копий проектного плана горных работ отмечает фактическое положение очистных и подготовительных забоев по каждому участку.

Сопоставление плановых показателей с фактическими по каждому забою и участку позволяет оценить ход работ по выполнению, плана и определить отклонения от плана по срокам и по объемам работ. Систематический контроль за ходом работ обеспечивает возможность быстрого устранения всех недостатков и выполнение плана в намеченные сроки каждым забоем, участком и предприятием в целом.

Организация маркшейдерских работ на горных предприятиях и нормативные документы

1. Структура маркшейдерской службы в СССР

Маркшейдерская служба в настоящее время организована по двум направлениям: маркшейдерская служба предприятий и организаций горнодобывающей промышленности и специализированные организации.

Маркшейдерская служба на предприятиях и в организациях горнодобывающей промышленности является основным звеном в общей структуре маркшейдерской службы горнодобывающей промышленности СССР.

Основной первичной производственной единицей является маркшейдерский отдел (бюро) горного предприятия. На маркшейдерский отдел горного предприятия возлагаются обязанности выполнения всех основных и текущих маркшейдерских работ, возникающих при освоении и разработке месторождения. Капитальные маркшейдерские работы, требующие применения специальных методов, технических средств и инструментов (производство аэрофотосъемки, построение и развитие маркшейдерских опорных сетей большой протяженности и т. д.), согласно положению о маркшейдерской службе, должны выполняться специализированными организациями по договорам с горными предприятиями.

Штат сотрудников маркшейдерского отдела горного предприятия состоит из главного маркшейдера — начальника отдела, участковых маркшейдеров, техников-картографов и замерщиков. На ряде горнорудных предприятий вместо должности главного маркшейдера установлена должность старшего маркшейдера.

На маркшейдерские отделы организаций, непосредственно руко-

водящих горными предприятиями, возлагаются следующие обязанности: контроль за подбором, расстановкой и правильным использованием маркшейдерских кадров на горных предприятиях; утверждение планов работ маркшейдерских отделов горных предприятий и контроль за их выполнением; техническое руководство работой маркшейдерских отделов предприятий; планирование научно-исследовательских и ответственных капитальных маркшейдерских работ на горных предприятиях; производство контрольных инструментальных съемок, а также контрольных замеров остатков полезного ископаемого на складах; анализ маркшейдерской отчетности горных предприятий и составление сводной документации; подготовка материалов для оформления горных и земельных отводов; составление заявок о потребности горных предприятий в инструменте, приборах, чертежных принадлежностях и материалах и т. д.

Штаты маркшейдерских отделов этих организаций обычно представлены главным маркшейдером, помощником главного маркшейдера и техником-топографом.

Маркшейдерская служба в министерствах организована по-разному. В тех случаях, когда министерство объединяет большое число горных предприятий, причем нескольких отраслей горной промышленности, маркшейдерские отделы или секторы организуются при отраслевых управлениях и в центральном аппарате министерства. Если министерство объединяет горные предприятия одной отрасли горной промышленности, маркшейдерская служба, как правило, организуется только в центральном аппарате министерства. В центральном аппарате министерства маркшейдерская служба

обычно входит в состав технического управления, кроме Министерств угольной промышленности, цветной металлургии и химической промышленности СССР. В министерстве угольной промышленности СССР создано управление главного маркшейдера, а в министерствах цветной металлургии и химической промышленности СССР — управления геолого-разведочных и маркшейдерских работ. Основные обязанности маркшейдерских управлений, отделов министерств сводятся к следующему: контроль за подбором, расстановкой и правильным использованием маркшейдерских кадров в комбинатах (производственных объединениях) и принятие мер по повышению их квалификации; общее методическое руководство работой маркшейдерских отделов и систематический контроль за состоянием маркшейдерской службы во всех подведомственных министерству предприятиях и организациях; разработка наставлений, инструкций, нормативов и правил по отдельным вопросам маркшейдерской службы в представление их на утверждение в установленном порядке; планирование капитальных и научно-исследовательских маркшейдерских работ и разработка предложений по их финансированию; внедрение в практику работы горных предприятий новых, более производительных методов и приборов для производства маркшейдерских работ.

Специализированные организации в зависимости от возложенных на них функций делятся на пять групп.

В первую группу специализированных организаций входят производственные организации, выполняющие по хозяйственным капитальным маркшейдерским работам для нужд горных предприятий. К ним относятся: Союзный маркшейдерский трест (Союзмаркштрест), Уральская, Грузинская, Ташкентская и Карагандинская топографо-маркшейдерские партии, а также специализированные экспедиции изыскательских отделов проектных институтов. Ведущей из этой группы организаций является Союзмаркштрест Главного управления геодезии и картографии. В ряде районов Советского Союза он имеет стационарные экспедиции.

Во вторую группу специализированных организаций входят Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ); маркшейдерские лаборатории и группы Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-конструкторского института по осуществлению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу

(ВНИОГЕМ), Уральского научно-исследовательского и проектного института меди» (Унипромедь) и Всесоюзного научно-исследовательского института галургии¹ (ВНИИГ), выполняющие научно-исследовательские работы для нужд горнодобывающей промышленности. Ведущим из этой группы организаций является ВНИМИ в системе Министерства угольной промышленности СССР. В Донбассе, Кузбассе, Караганде, на Урале, в Подмосковном бассейне, в Закавказье, в Норильске и Восточной Сибири институт имеет филиалы и опорные пункты. Исследования ВНИМИ ведет в области горного давления и управления кровлей, сдвижений горных пород под влиянием горных выработок, методики маркшейдерских работ и маркшейдерского приборостроения.

В третью группу специализированных организаций входят Харьковский завод маркшейдерских инструментов (ХЗМИ) и экспериментальный завод ВНИМИ, обеспечивающие маркшейдерские отделы горных предприятий приборами и инструментами. Экспериментальный завод ВНИМИ небольшими партиями изготавливает маркшейдерские гирокомпасы и светодальномеры, а также образцы других приборов, разрабатываемых институтом. В обязанности ХЗМИ входит массовое, серийное изготовление маркшейдерских инструментов и их ремонт по заявкам горных предприятий.

В четвертую группу специализированных организаций входят вузы и техникумы, осуществляющие подготовку кадров, по маркшейдерскому делу. Подготовка ведется в 13 высших учебных заведениях и 11 техникумах. Сейчас практически отсутствуют главные и участковые маркшейдеры без среднего или высшего специального образования. В учебных планах по маркшейдерской специальности не предусмотрены специализации, как это имеет место на других горных специальностях, они рассчитаны, на подготовку инженеров-маркшейдеров широкого профиля. Опыт подготовки специалистов с высшим образованием и результаты дискуссии по этому вопросу позволили ориентироваться и в дальнейшем на подготовку инженеров-маркшейдеров широкого профиля. Было решено ввести специализацию по подготовке **техн**икоЕ-картографов. Это решение в 1977 г. начало внедряться в техникумах, входящих в систему Министерства угольной промышленности СССР. Соотношение между специалистами высшей и средней квалификации (по исследованиям автора) рекомендуется 1 : 1,5. Для ознакомления с последними достижениями измерительной техники и новыми методами ведения марк-

шейдерских работ в ряде высших учебных заведений (ЛГИ, ДПИ, СГИ и др. институтах) организованы очные и заочные курсы повышения квалификации работников маркшейдерской службы продолжительностью 1,5—2 мес. Опыт проведения повторных курсов с работниками маркшейдерской службы позволяет рекомендовать, исходя из получения достаточного количества новой информации, периодичность курсов в среднем через 5 лет. В отличие от подготовки специалистов в вузах и техникумах курсы повышения квалификации, в связи с их небольшой продолжительностью, рационально проводить по более узкой специализации: открытая разработка угольных и открытая разработка рудных месторождений; подземная разработка угольных и подземная разработка рудных месторождений. Наряду с курсами работа по повышению квалификации работников маркшейдерской службы горных предприятий должна вестись систематически на местах, в комбинатах (производственных объединениях). Для этого рационально организовать при каждом маркшейдерском отделе комбината (производственного объединения) специальные маркшейдерские кабинеты. Одна из основных задач кабинетов — пропаганда работы передовых маркшейдерских отделов, прогрессивных методов и приемов выполнения отдельных маркшейдерских работ, а также оказание методической помощи в изучении и освоении новых маркшейдерских инструментов и приборов, поступающих в комбинат (производственное объединение).

В пятую группу специализированных организаций входят контролирующие организации — Государственный комитет по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору при Совете Министров СССР (Госгортехнадзор СССР) и Государственный геодезический надзор при Главном управлении геодезии и картографии (Госгеонадзор).

На Госгортехнадзор СССР в части маркшейдерского контроля возлагается: контроль за правильностью эксплуатации месторождений полезных ископаемых и применением наиболее эффективных систем разработки в части полноты выемки разведанных запасов, безопасности работ и комплексного извлечения полезных ископаемых при их добыче; контроль за правильной постановкой маркшейдерских съемок на предприятии, наличием установленного комплекта первичной, вычислительной и графической документации и их качества; оформление горных отводов, выдача разрешений на разработку месторождений и утверждение участ-

ков для возведения капитальных сооружений на площадях залегания полезных ископаемых; утверждение правил, инструкций и норм по маркшейдерской службе и маркшейдерскому контролю и т. д.

Госгортехнадзор СССР на местах имеет управления округов и районные горнотехнические инспекции. Маркшейдерский контроль в округах и районных инспекциях осуществляется инженерами-контролерами.

Главное управление геодезии и картографии (ГУГК) осуществляет государственный надзор за производством топографо-геодезических, аэрофотосъемочных и картографических работ, проводимых различными ведомствами. Для этого ГУГК имеет отделы и отделения Госгеонадзора. На Госгеонадзор возлагается: контроль за производством геодезических, топографических, аэрофотосъемочных и картографических работ; методическое руководство выполняемыми работами, имеющее целью повышение качества работ и снижение их стоимости; приемка законченных геодезических и топографических работ; концентрация материалов и сведений по выполненным топографо-геодезическим и картографическим работам.

Согласно положения «О государственном геодезическом надзоре» все ведомства и организации, выполняющие топографо-геодезические работы, обязаны согласовывать свои планы с соответствующими отделами Госгеонадзора и имеют право приступать к работе только по получении разрешения.

В целях концентрации материалов для всестороннего их использования ведомственные организации после приемки работ сдают в Госгеонадзор технические отчеты по выполненным работам и часть материалов, включая журналы наблюдений, материалы вычислений, каталоги координат и высот, издательские оригиналы топографических съемок и др.

Отделы Госгеонадзора представляют материалы во временное или постоянное пользование организациям, испытывающим в них потребность, ведут дежурную карту и контролируют состояние геодезических знаков на территории своей деятельности.

2. Техническое нормирование маркшейдерских работ

Назначение технического нормирования — изучение и исследование производственного процесса с целью его наилучшей организации и достижения высокой производительности труда. Эти материалы являются основой для разработки технически обоснованных

норм выработки на основные и текущие маркшейдерские работы, необходимых для установления плановых заданий, расчета потребного штата исполнителей работы и фонда заработной платы. К основным понятиям о нормах относят норму времени и норму выработки.

Н о р м а **в р е м е н и** — время, необходимое для изготовления единицы доброкачественной продукции при определенных производственно-технических условиях. **Н о р м а** **в ы р а б о т к и** — количество доброкачественной продукции, которое исполнитель (бригада) должен выработать в единицу времени при определенных производственно-технических условиях. Норма выработки, как правило, в маркшейдерской практике рассчитывается на рабочий день и устанавливается в натуральных единицах измерения: км (горизонтальные и вертикальные съемки), дм² (составление и вычерчивание планов) и т. д. Методом технического нормирования устанавливается норма времени, а уже на основании нормы времени соответствующим расчетом выводится норма выработки. Схематически норма времени может быть представлена в виде

$$t = C_o - I_{в} \cdot 0,4 - 0,01 J_{отд} \quad (XXVI.1)$$

где t_0 — время основной работы на единицу продукции; t_B — время вспомогательной работы на единицу продукции; $J_{отд}$ — норматив времени на отдых в процентах от оперативного времени.

Время основной и вспомогательной работы на единицу продукции определяется на основании наблюдений из фактического баланса рабочего дня. Имея норму времени на единицу продукции, нетрудно рассчитать норму выработки:

$$N_{в.р} = (t_0 + t_B) \cdot \frac{(\Gamma_{п-3} + 7_{п-п})}{(1 + 0,01 J_{отд})} \cdot \frac{Y_{YVT} \cdot 9}{\quad} \quad (XXVI.2)$$

где $\Gamma_{п-3}$ — нормальная продолжительность рабочего дня; $\Gamma_{п-3}$ — затрата времени на выполнение подготовительно-заключительных операций; $T_{м-п}$ — затраты времени на Технологические перерывы.

Установление норм выработки методами Хронометражных наблюдений — дело сложное, требующее продолжительного времени на производство и обработку результатов наблюдений. Поэтому затруднительно своевременно разрабатывать нормы выработки для каждого конкретного случая, каждого предприятия и организации.

В горной промышленности нет елиных сборников типовых норм выработки на маркшейдерские работы. В специализированных

организациях, где действует сделная оплата труда, применяются ведомственные нормировочники. Из этих нормировочников наибольший интерес представляет сборник норм времени и выработки на маркшейдерские работы, составленный нормативно-исследовательской партией Союзмаркштреста. Для составления смет на геолого-разведочные работы, куда составной частью входят топографо-геодезические и маркшейдерские работы, пользуются справочником укрупненных норм для проектирования геолого-разведочных работ, разработанным Всесоюзным научно-исследовательским институтом минерального сырья. Пока отсутствуют единые сборники норм времени и выработки на маркшейдерские работы рекомендуется при планировании маркшейдерских работ на горном предприятии пользоваться введенными выше нормировочниками.

3. Особенности и основные принципы организации маркшейдерских работ

Маркшейдерские работы делятся на два цикла — полевые и камеральные. Успех выполнения маркшейдерских работ в большой мере зависит от того, насколько удачно они организованы. Главная задача организации всех маркшейдерских работ заключается в выполнении их в установленный срок, ибо несвоевременное выполнение может привести к браку горных работ и дополнительным затратам государственных средств, а то и тяжелым последствиям.

Рациональная организация производства маркшейдерских работ предусматривает:

выбор наиболее целесообразной методики работ с учетом условий, места работы, заданной точки и наличия соответствующего инструментария, приборов и оборудования; внедрение наиболее совершенной техники и организации выполнения работ, используя опыт и приемы новаторов производства; обеспечение безопасности работ и надлежащих условий на рабочем месте.

При выполнении всех видов маркшейдерских работ должно обращаться серьезное внимание на подготовку к работе. Особенно это важно для основных маркшейдерских работ, ибо указанные работы характеризуются наличием значительного объема работ, подлежащих выполнению в течение смены. Так, например, если планируется работа по созданию планового или высотного обоснования на предприятии, то до выполнения её у ответственного исполнителя должно быть четкое представление о том, каким спо-

собою будет создаваться обоснование, где будут закреплены точки, какова методика полевых наблюдений и т. д. Постоянные точки в натуре при всех видах съемочных работ должны быть закреплены заранее (за 2—3 дня), чтобы цемент полностью схватился до начала измерений. Снаряжение и оборудование должно быть приготовлено под непосредственным наблюдением руководителя работ. Все инструменты должны быть тщательно выверены.

Так как при выполнении большинства этих работ участвует сравнительно много исполнителей, то целесообразно тщательно продумать и составить график организации выполнения основных и вспомогательных операций.

Характерная особенность текущих маркшейдерских работ заключается в значительной затрате времени на подготовительно-заключительные и вспомогательные операции, связанные с переходами к месту работы и обратно, надеванием и снятием спецодежды и т. д., последние часто намного превышают объем производительных операций. Так как непроизводительные затраты времени снижают производительность труда и совершенно не зависят от объема работ, основная задача рациональной организации текущих маркшейдерских работ заключается в увеличении объема производительных операций, для этого необходимо стремиться к максимальному уплотнению рабочего дня, т. е. выполнять в течение одного дня не один, а несколько видов маркшейдерских работ на участке. Последнее достигается надлежащим планированием маркшейдерских работ по участку. Правильная организация работ включает также наиболее рациональную расстановку исполнителей с учетом их опыта, знаний и деловых качеств.

4. Основные положения планирования маркшейдерских работ

Общие вопросы планирования маркшейдерских работ. В горнодобывающей промышленности, как и в других отраслях промышленности, составляются перспективные и текущие планы развития горных работ для разработки месторождений. В соответствии с указанными видами планирования горных работ составляются перспективные и текущие планы маркшейдерских работ. Перспективные и текущие планы маркшейдерских работ горного предприятия должны включать: виды, объемы маркшейдерских работ и сроки их выполнения; штат марк-

шейдерского отдела горного предприятия; оборудование и инструментальный маркшейдерского отдела; стоимость маркшейдерского обслуживания на 1 т добычи.

Исходными материалами для составления планов служат:

перспективные и годовые планы развития горных работ по предприятию; технические инструкции и наставления по производству маркшейдерских работ; действующие нормы времени и выработки на маркшейдерские работы.

Планирование целесообразно вести отдельно по следующим трем группам маркшейдерских работ: капитальные, основные и текущие.

В перспективных планах обращается главное внимание на капитальные маркшейдерские работы, так как они выполняются специализированными организациями и через значительные промежутки времени. Что касается основных и текущих маркшейдерских работ, в перспективных планах в укрупненных показателях должны найти отражение виды и объемы этих работ и периодичность их выполнения, с тем чтобы можно было определить потребность горного предприятия в специалистах и составить заявки на оборудование и инструментальный.

В текущих планах маркшейдерских работ уже более детально отражаются все эти показатели.

Капитальные маркшейдерские работы рационально выполнять одновременно не для одного, а для группы предприятий (рудуправления, комбината, объединения), поэтому составление текущих (годовых) планов на предприятии по этим работам сводится к составлению и обоснованию плана-заявки. Основой для ее составления служит перспективный план маркшейдерских работ, уточняемый планом развития горных работ на предстоящий планируемый период. План-заявка предприятия представляется главному маркшейдеру вышестоящей организации, который обобщает полученные от предприятий заявки и составляет общий план работ по рудуправлению или комбинату (объединению) и оформляет договор со специализированными организациями на их выполнение.

Основные маркшейдерские работы выполняются в одних случаях силами работников маркшейдерской службы горного предприятия, в других — специализированными организациями или специальными отрядами при маркшейдерских отделах комбинатов (объединений). Независимо от этого в текущих планах по данной группе работ должны найти отражение следующие элементы: виды и объемы основных маркшейдерских работ,

требуемая точность наблюдений, необходимый штат исполнителей (отдельно ИТР и рабочих) и перечень требуемого инструмента. При установлении видов и объемов основных маркшейдерских работ исходят из потребностей горного предприятия, определяемых планом развития горных работ, условиями залегания полезного ископаемого и требованиями технической инструкции по производству маркшейдерских работ. Планирование основных маркшейдерских работ заканчивается составлением календарного плана их выполнения.

В текущих планах маркшейдерских работ по предприятию по работам третьей группы приводятся объемы их по отдельным группам забоев и общие сроки выполнения.

Детальные календарные планы выполнения текущих маркшейдерских работ по отдельным забоям и видам работ рационально составлять по каждому маркшейдерскому участку при планировании работ на месяц. Составление плана начинают с работ, которые должны выполняться в одно, установленное для данного предприятия, время. К таким работам относятся работы, связанные с определением выполненных объемов горных работ. Им должны предшествовать работы по созданию съемочного обоснования на участке. Остальные работы планируют, исходя из потребностей предприятия и возможностей маркшейдера.

Методика расчета штата маркшейдерского отдела (бюро) горного предприятия и принцип выделения маркшейдерских участков. Расчет штата маркшейдерского отдела (бюро) горного предприятия рационально начинать с определения количества участков маркшейдеров — основной категории работников маркшейдерской службы горных предприятий. Остальной штат определяется в зависимости от расчетной численности участков маркшейдеров. Число участков маркшейдеров зависит от числа маркшейдерских участков на предприятии. За маркшейдерский участок принимается число добычных и подготовительных забоев (механизмов), которое может обслужить один маркшейдер с необходимым штатом вспомогательного персонала. При перспективном планировании количество маркшейдерских участков можно определить по укрупненным показателям, например по производительности предприятия с учетом горно-геологических условий, по числу выемочных машин (экскаваторов) и т. д.

При текущем планировании число маркшейдерских участков рационально определять, исходя из фактически запроектированного объема основных и текущих маркшейдерских работ на предприятии. В этом слу-

чае общее число маркшейдерских участков по предприятию

$$N = N_1 + N_2 \quad (\text{XXVI.3})$$

где N_1 и N_2 — число маркшейдерских участков по объему соответственно текущих и основных маркшейдерских работ.

В том случае, когда основные маркшейдерские работы выполняются специализированными организациями,

$$N = \quad (\text{XXVI.4})$$

При подземном способе разработки:

$$N_i = \frac{7_{\text{оч}} + T_2 n_{\text{ос}} + 7_{\text{вп}}}{I \cdot \text{tn} - 3} \quad (\text{XXVI.5})$$

$$\gg (7_{\text{оч}} + T_2 n_{\text{ос}}) + S^1, \quad (\text{X TM})$$

где $P_{\text{оч}}$, $P_{\text{ос}}$ и $P_{\text{вп}}$ — среднедействующее число очистных, основных и вспомогательных подготовительных забоев; $7_{\text{оч}}$, T_2 и T_3 — месячная норма времени, необходимая для обслуживания одного очистного, основного и вспомогательного подготовительного забоя; T — месячный бюджет рабочего времени одного маркшейдера; $7_{\text{ИТ}}$ и T^* — суммарные затраты труда ИТР во времени на выполнение соответственно полевых и камеральных операций за планируемый период при выполнении основных маркшейдерских работ; n — продолжительность планируемого периода; $t_{\text{п-з}}$ — время затрачиваемое маркшейдером в течение месяца на подготовительно-заключительные операции.

«оч.», «ос.» и «вп.» определяют по календарному плану развития горных работ. Величины T_1 , T_2 и T_3 определяют в следующей последовательности:

а) все забои (очистные и подготовительные), которые будут находиться в работе в планируемый период, делят на отдельные группы. В одну группу включают забои (выработки), которые обслуживаются однотипными маркшейдерскими работами. В формуле (XXVI.5) принято три группы забоев, но при разработке ряда месторождений их может быть и больше;

б) по каждой группе забоев определяют их средние параметры: для подготовительных забоев — среднее сечение и среднее месячное подвигание, для очистных — среднюю длину линии очистного пространства и среднее месячное подвигание;

в) руководствуясь требованиями технической инструкции по производству маркшейдерских работ и условиями разработки месторождения, устанавливают перечень необхо-

димых маркшейдерских работ, которые требуется выполнить по каждому типу забоев:

г) пользуясь нормами времени на маркшейдерские работы, рассчитывают месячные затраты времени участкового маркшейдера по каждому виду работ и суммарные — по забою.

Для упрощения определения показателей T_1 , T_2 и T_3 можно ограничиться только установлением необходимого времени на полевые работы. В этом случае месячный бюджет рабочего времени одного маркшейдера уменьшается наполовину. Зная объемы маркшейдерских работ второй группы на планируемый период, Γ''_c и T''_c определить не представляет труда, пользуясь для этих целей имеющимися нормировочниками.

Время на подготовительно-заключительные операции при полевых работах складывается из затрат времени на подготовку к работе самого исполнителя и переходы его к месту работы, т. е.

$$*(<п-3>) = <<_{,,} - 3> . + '(<п-3>) _ 2 . \quad (XXVI.7)$$

По проведенным наблюдениям, $/(п-3)!$ на рабочий день составляет 1,5 ч, а $\wedge_{п-3} 2$ определяется из выражения

$$<(<_{,,} - .) , = V > \quad (XXVI.8)$$

где S_{cp} — средняя длина пути от ствола до забоя, км; t — норма времени на переходы (1 ч на 1 км).

Число маркшейдерских участков при открытых способах разработки определяется также из выражений (XXVI.5) и (XXVI.6). При определении L^A выделяют забои (число экскаваторов) по полезному ископаемому, забои по вскрыше и отвальное хозяйство (число отвалов). Если при ведении добычных и вскрышных работ применяют взрывные работы, то следует выделять забои с буровзрывными работами и без буровзрывных работ. Средними параметрами для каждой группы забоев в этом случае будут: ширина экскаваторной заходки, уход (подвигание) фронта работ, число скважин на единицу площади (при буровзрывных работах) и объемы отвалов (для отвального хозяйства). При определении затрат времени на подготовительно-заключительные операции в выражении (XXVI.7) $\wedge_{п-3}!$ следует принимать 1 ч на рабочий день.

Определив таким образом число участковых маркшейдеров, которое будет равно числу маркшейдерских участков, определяют численность вспомогательного персонала. Под вспомогательным персоналом подразуме-

ваются техники-картографы и замерщики на маркшейдерские и геологические работы (1 и 2 разряда). Последние определяются по числу участковых маркшейдеров по ведомственным тарифно-квалификационным справочникам.

Маркшейдерские участки на предприятии организуются по видам маркшейдерских работ или горно-геологическим признакам (горизонтам, отдельным рудным телам и т. д.). В первом случае маркшейдер выполняет определенный вид работ на предприятии, во втором — все работы на определенном участке. Во втором случае маркшейдер несет ответственность за весь комплекс маркшейдерских работ на участке, имеет более равномерную загрузку в течение месяца и сокращаются затраты времени на переходы.

Помещение, оборудование и инструментальный маркшейдерского отдела горного предприятия. На крупных предприятиях помещение маркшейдерского отдела должно состоять из: комнаты главного маркшейдера; комнаты для работы участковых маркшейдеров и съемщиков; комнаты для хранения маркшейдерской документации и работы с ней; помещения для размножения маркшейдерской графической документации; инструментальной камеры. Кроме того, желательно иметь специальное помещение для компарирования мерных приборов.

В комплект оборудования комнаты главного маркшейдера должно входить: письменный стол, стол для работы с маркшейдерской графической документацией; сейф для хранения специальной документации и книжный шкаф для хранения справочной литературы.

Комната для участковых маркшейдеров и съемщиков должна быть оборудована письменными и чертежными столами и шкафами.

Комната для хранения маркшейдерской графической документации и для работы с ней должна иметь специальные шкафы-сейфы, стол для чертежницы, светостол и большой стол для пантографирования чертежей. При применении на карьерах наземной стереофотограмметрической съемки в этой же комнате располагают стереокомпараторы и фотограмметрические: чертежные приборы или стереоавтографы.

Инструментальная камера должна быть оборудована специальными застекленными стеллажами для оптических маркшейдерских инструментов и стенками для хранения штативов и реек. В инструментальной камере необходимо иметь верстак для мелкого ремонта инструментов и приборов.

Комната для размножения графической документации должна иметь светокопировальное или другое множительное устройство, устройство для проявления чертежей, письменный стол, стол для обрезки чертежей, специальные шкафы для хранения светочувствительной бумаги и изготовленных копий. В этой же комнате должна размещаться фотолаборатория для обработки фотопластинок при применении стереосъемки.

Помещение для компарирования рулеток должно быть оборудовано двумя компараторами: для компарирования на весу и для компарирования на плоскости. Указанные компараторы целесообразно иметь не для каждого предприятия, а один комплект для группы предприятий, оборудовав их в подвальной части здания одного из бытовых комбинатов.

Для выполнения маркшейдерско-геодезических работ каждое горное предприятие должно иметь необходимый комплект специальных инструментов и принадлежностей к ним.

Количество инструментов на предприятии для выполнения текущих маркшейдерских работ (работ третьей группы) должно соответствовать числу участковых маркшейдеров данного горного предприятия с учетом запаса в размере 20%. К каждому инструменту и прибору должен быть приложен паспорт, составленный заводом-изготовителем. В дальнейшем в паспорт вносятся результаты проверок и ремонтов данного инструмента или прибора.

Определение стоимости маркшейдерского обслуживания на тонну добычи полезного ископаемого. Планирование маркшейдерских работ заканчивается определением стоимости маркшейдерского обслуживания на 1 т добычи полезного ископаемого:

* = (XXVI.9)

где К — сумма всех затрат на маркшейдерское обслуживание за планируемый период, руб.; Д — планируемая добыча за то же время, т.

Сумма затрат на маркшейдерское обслуживание на планируемый период складывается из следующих основных элементов: основной заработной платы инженерно-технических работников и рабочих маркшейдерского отдела горного предприятия; начислений на заработную плату; материалов; возмещения износа малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря; амортизации основных средств и прочих расходов.

5. Инструкции и положения по маркшейдерскому делу

Положения, относящиеся к маркшейдерской и геологической службе в горно-добывающей промышленности. Положение о маркшейдерской службе Министерства цветной металлургии СССР. Изд. Министерства цветной металлургии СССР, 1966.

Положение о маркшейдерско-геодезической службе Миннефтепрома СССР. Изд. Министерства нефтяной промышленности СССР, 1967.

Положение о геодезическо-маркшейдерской службе в строительно-монтажных организациях. Изд. Госстроя СССР, 1970.

Положение о маркшейдерской службе на предприятиях и в организациях Минстройматериалов СССР. Изд. Министерства промышленности строительных материалов СССР, 1968.

Положение о геологической службе на горных предприятиях Минцветмета СССР. Изд. Министерства цветной металлургии СССР, 1966.

Положение о геологической службе на предприятиях и в организациях системы Минстройматериалов СССР. Изд. Министерства промышленности строительных материалов СССР, 1967.

Положение о Госгортехнадзоре СССР. Изд. Госгортехнадзора СССР, 1968.

Положение о порядке контроля, технической приемки и оценки качества топографо-геодезических, картографических и маркшейдерских работ, проводимых в геологических, геофизических и специализированных организациях системы Государственного геологического комитета СССР. Изд. Государственного геологического комитета СССР, 1963.

Типовое положение о геологической службе на горнодобывающих предприятиях и в организациях системы Минчермета СССР. Изд. Министерства черной металлургии СССР, 1969.

Типовое положение о маркшейдерско-геологической службе шахты (шахтоуправления) Изд. Министерства угольной промышленности СССР, 1970.

Основные инструкции, наставления, указания для маркшейдеров горных предприятий

По маркшейдерским работам.

Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. М., Недра, 1973.

Инструкция по составлению чертежной обменной горной графической документации. Изд. Минуглепрома СССР, 1977.

Инструкция по учету добычи угля (сланца) на шахтах (разрезах). Изд. Минуглепрома СССР, 1971.

Межотраслевая инструкция по определению и контролю добычи и вскрыши на карьерах. М.—Л., Недра, 1977.

Маркшейдерские вычисления на ЭВМ (дополнение к § 17.12 Технической инструкции по производству маркшейдерских работ). Изд. ВНИМИ, 1977.

Перечень действующих общесоюзных нормативных документов по строительству. Изд. Госстроя СССР, 1977.

По топографо-геодезическим работам

Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР. М., Недра, 1966.

Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. М., Недра, 1974.

Инструкция по полигонометрии и трилатерации. М., Недра, 1976.

Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500. М., Недра, 1973.

Инструкция по вычислению нивелировок. М., Недра, 1971.

Инструкция о государственном геодезическом надзоре. М., Недра, 1967.

Инструкция о порядке контроля и приемки топографо-геодезических работ на предприятиях ГУГК МГ СССР. М., Недра, 1966.

Инструкция по производству топографо-геодезических работ при геологической съемке и разведке. М., Недра, 1964.

Инструкция по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства (СН 212—73). М., Стройиздат, 1974.

Инструкция по топографо-геодезическим работам для городского, поселкового и промышленного строительства (СН 212—62). Изд. Госстроя СССР, 1962.

Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500. М., Недра, 1973.

По охране недр.

Единая инструкция по учету потерь и разубоживания твердых полезных ископаемых при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений (подземные и открытые работы) М., Metallurgizdat, 1954.

Инструкция о порядке предоставления горных отводов для разработки месторождений полезных ископаемых (кроме общераспространенных) М., Недра, 1970.

Изменения^{***} дополнения к Инструкции о порядке предоставления горных отводов. М., Недра, 1970.

Инструкция о порядке консервации и ликвидации горнодобывающих предприятий (в части обеспечения безопасности и полноты выемки полезных ископаемых). М., Недра, 1969.

Инструкция о порядке предоставления горных отводов для разработки месторождений общераспространенных полезных ископаемых. М., Госгортехиздат, 1962.

Инструкция по применению классификации запасов по месторождениям углей и горючих сланцев. М., Недра, 1968.

Инструкция по применению классификации запасов различных руд. М., Госгеолтехиздат, 1961.

Инструкция о содержании и порядке предоставления на утверждение ГКЗ СССР проектов кондиций, необходимых для подсчета запасов полезных ископаемых. М., Недра, 1965.

Инструкция о порядке внесения, содержания и оформлении материалов по подсчету запасов углей и горючих сланцев, представляемых для утверждения ГКЗ СССР. М., Недра, 1968.

Изменения и дополнения, вносимые в классификацию запасов месторождений твердых полезных ископаемых. М., Недра, 1968.

Инструкция по учету запасов полезных ископаемых по составлению балансов по формам № 5 гр и 5 гр (уголь). Изд. Всесоюзного геологического фонда, 1971.

Инструкция по учету вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов руды и песков, классификации горных работ и порядку погашения затрат на их проведение на предприятиях Министерства цветной металлургии СССР. М., Недра, 1977.

Инструкция по определению и учету вскрытых, подготовленных к выемке запасов полезных ископаемых на горных предприятиях МЧМ СССР. Изд. Министерства черной металлургии СССР, 1973.

Инструкция по учету состояния и движения запасов слюды и кварцполевошпатового, сырья горнодобывающими предприятиями Главметаллоруда МПСМ СССР. Изд. Министерства промышленности строительных материалов СССР, 1975.

Отраслевая инструкция по определению[^] нормированию и учету потерь и разубоживания руды и песков на рудниках и приисках Министерства цветной металлургии СССР. М., Недра, 1977.

Отраслевая инструкция по геолого-маркшейдерскому учету состояния и движения разведанных запасов полезных ископаемых на

горнодобывающих предприятиях и в организациях Министерства цветной металлургии СССР. М., Недра, 1977.

Отраслевая инструкция по определению и учету потерь нерудных строительных материалов при добыче. Изд. Министерства промышленности строительных материалов СССР, 1973.

Отраслевая инструкция по учету состояния и движения разведанных запасов горнохимического сырья на горнодобывающих предприятиях Министерства химической промышленности СССР. Изд. Министерства химической промышленности СССР, 1974.

Отраслевая инструкция по определению и учету количественных потерь полезного ископаемого при добыче на предприятиях Министерства химической промышленности СССР. Изд. Министерства химической промышленности СССР, 1974.

Отраслевая инструкция по экономической оценке и нормированию потерь твердых полезных ископаемых при добыче на предприятиях Министерства химической промышленности СССР. Изд. Министерства химической промышленности СССР, 1975.

Отраслевая инструкция по учету балансовых и расчетных промышленных запасов, определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь угля (сланца) при добыче. Изд. Министерства угольной промышленности СССР, 1974.

Отраслевая инструкция по определению, учету и нормированию потерь руды при разработке железорудных, марганцевых и хромитовых месторождений на предприятиях Министерства черной металлургии СССР. Изд. Министерства черной металлургии СССР, 1975.

Отраслевая инструкция по определению и учету потерь цементного сырья при добыче. Изд. Министерства промышленности строительных материалов СССР, 1974.

Положение о порядке передачи разведанных месторождений полезных ископаемых для промышленного освоения. Изд. Министерства геологии СССР, 1970.

Положение о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий. М., Недра, 1970.

Положение о порядке передачи рекультивированных земель землепользователям предприятиями, организациями и учреждениями, разрабатывающими месторождения полезных ископаемых и торфа, проводящими геолого-разведочные изыскательские, строительные и иные работы, связанные с нарушением почвенного покрова. Изд. Министерства сельского хозяйства СССР, 1977.

Типовые методические указания по определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь твердых полезных ископаемых при их добыче. Изд. Всесоюзного геологического фонда, 1972.

По сдвигению горных пород и охране сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок.

Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на рудных месторождениях с неизученным процессом сдвижения горных пород. Изд. ВНИМИ, 1966.

Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. Изд. ВНИМИ, 1953.

Инструкция по наблюдениям за сдвижением земной поверхности и за подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях. Изд. ВНИМИ, 1958.

Инструкция о порядке утверждения мероприятий по охране сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок и о порядке ведения горных работ в предохранительных целиках. Изд. Госгортехнадзор СССР, 1955.

Инструкция по наблюдениям за деформацией бортов, откосов, уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. Изд. ВНИМИ, 1971.

Инструкция о порядке согласования подрябки железных дорог на угольных и сланцевых месторождениях СССР. Изд. Министерства угольной промышленности СССР, 1969.

Инструкция о порядке выдачи разрешений на застройку площадей залегания полезных ископаемых. М., Недра, 1971.

Инструкция о порядке утверждения площадок под строительство промышленных предприятий, городов, поселков, сооружений, водоемов и других объектов при размещении их на площадях залегания месторождений общераспространенных полезных ископаемых. Изд. Госгортехнадзора СССР, 1969.

Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Карагандинском угольном бассейне. Изд. ВНИМИ, 1958.

Дополнения и изменения к правилам охраны сооружений и природных объектов в Карагандинском бассейне. Изд. ВНИМИ, 1969.

Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Подмосковном угольном бассейне. Изд. ВНИМИ, 1958.

Дополнения к правилам охраны сооружений и природных объектов в Подмосковном угольном бассейне. Изд. ВНИМИ, 1964.

Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок в Донецком бассейне. Изд. ВНИМИ, 1972.

Правила охраны сооружений от вредного влияния подземных горных разработок для Уральских медных рудников. Изд. Свердловского СНХ, 1960.

Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Кизеловском угольном бассейне. Изд. ВНИМИ, 1967.

Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Печорском угольном бассейне. Изд. ВНИМИ, 1967.

Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на Эстонском месторождении горючих сланцев. Изд. ВНИМИ, 1967.

Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Криворожском железорудном бассейне. Изд. ВНИМИ, 1967.

Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Львовско-Волынском бассейне. Изд. ВНИМИ, 1971.

Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Кузнецком угольном бассейне. Изд. ВНИМИ, 1968.

Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Челябинском бурогольном бассейне. Изд. ВНИМИ, 1967.

СНиП II-A.14—71. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях. Нормы проектирования. М., Стройиздат, 1972.

Руководство по расчету и проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. М., Стройиздат, 1977.

Методические указания по проектированию мер защиты эксплуатируемых зданий и сооружений в районах залегания крутопадающих пластов. Изд. ВНИМИ, 1973.

Рекомендации по проектированию мероприятий для защиты эксплуатируемых зданий и сооружений от влияния горных вы-

работок в основных угольных бассейнах. Л., Стройиздат, 1967.

Руководство по расчету зданий и сооружений, проектируемых на подрабатываемых территориях. Л., Стройиздат, 1968.

По обеспечению безопасности работ.

Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. М., Госгортехиздат, 1962.

Единые правила безопасности при взрывных работах. М., Недра, 1977.

Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. М., Недра, 1969.

Единые правила безопасности при геологоразведочных работах. М., Недра, 1964.

Инструкция о расследовании и учете несчастных случаев на предприятиях и объектах, подконтрольных Госгортехнадзору СССР. М., Недра, 1968.

Положение о вспомогательных горноспасательных командах на шахтах и рудниках РСФСР. Изд. Госгортехнадзора СССР, 1969.

Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах (с приложением сборника инструкций). М., Недра, 1976.

Правила безопасности при проходке стволов шахт специальным способом. М., Недра, 1965.

Правила безопасности в нефтегазодобывающей промышленности. М., Недра, 1968.

Правила безопасности при разработке морских нефтяных месторождений. М., Недра, 1965.

Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах. М., Недра, 1969.

Типовое положение о порядке проверки знаний правил, норм и инструкций по технике безопасности руководящими и инженерно-техническими работниками. Изд. Госгортехнадзора СССР, 1968.

Указания о порядке допуска к техническому руководству (ответственному ведению) работами на предприятиях горнодобывающей промышленности и в геологоразведочных партиях и экспедициях. М., Госгортехиздат, 1963.

Таблицы и постоянные
величины

Таблица XXVII.1

Таблица вспомогательных величин

Широ- та B	/	Γ	R , км	Широ- та B	f	Γ	R , км
35°	0,00 25 409	0,053 500	6 370,9	55°	0,00 25 293	0,053 255	6 385,5
40°	0,00 25 381	0,053 440	6 374,5	60°	0,00 25 266	0,053 198	6 388,9
45°	0,00 25 351	0,053 377	6 378,2	65°	0,00 25 242	0,053 147	6 391,0
50°	0,00 25 322	0,053 315	6 381,9	70°	0,00 25 221	0,053 103	6 394,7

Таблица XXVII.2

Величины K для вычисления сближения меридианов y (эллипсоид Красовского)

	Ю	20	30	40	50	60	70	80
0,3930	3943	3956	3969	3982	3995	4008	4021	4034
0,4061	4074	4088	4101	4115	4128	4141	4154	4168
0,4195	4209	4222	4236	4250	4264	4277	4291	4305
0,4333	4347	4361	4375	4389	4403	4417	4431	4446
0,4474	4488	4503	4517	4531	4546	4560	4574	4589
0,4619	4633	4648	4662	4677	4692	4707	4722	4737
0,4767	4782	4797	4812	4827	4843	4858	4874	4889
0,4920	4935	4951	4967	4982	4998	5014	5029	5045
0,5077	5093	5109	5125	5141	5157	5174	5190	5206
0,5239	5255	5272	5289	5305	5322	5339	5355	5372
0,5406	5423	5441	5458	5475	5492	5509	5526	5543
0,5578	5596	5613	5631	5648	5666	5684	5702	5720
0,5756	5774	5792	5811	5829	5847	5866	5884	5903
0,5940	5959	5978	5996	6015	6034	6053	6072	6092
0,6131	6150	6169	6189	6208	6228	6248	6268	6288
0,6328	6348	6368	6388	6409	6429	6449	6470	6491
0,6532	6553	6574	6595	6616	6638	6659	6680	6701
0,6745	6766	6788	6810	6832	6854	6876	6899	6921
0,6966	6989	7011	7034	7057	7080	7103	7126	7149
0,7196	7219	7243	7266	7290	7314	7338	7362	7387
0,7436	7461	7486	7510	7525	7560	7585	7611	7626
0,7687	7713	7739	7764	7790	7816	7843	7869	7896
0,7949	7976	8003	8030	8057	8084	8112	8140	8167
0,8223	8252	8281	8309	8338	8366	8395	8424	8453
0,8511	8541	8571	8601	8631	8661	8692	8723	8753
0,8814	8845	8877	8908	8940	8971	9003	9035	9068
0,9132	9165	9198	9232	9265	9298	9332	9366	9400
0,9468	9503	9539	9574	9610	9645	9681	9716	9752
0,9823	9860	9896	9933	9971	0008	0046	0083	0121
1,0198	0237	0276	0315	0354	0394	0434	0474	0515

Пример, $x = 5358,2$ км; $y = +108,7$ км. Из таблицы находим $K = 0,605$. $V = +1^{\circ}05'8$.

Таблица XXVII. 7

Поправки $As_0 = d - s$ для редуцирования длин на плоскость проекции Гаусса
(эллипсоид Красовского, широта $B = 50^\circ$, $f' = 0,053315$). Поправки As_0 даны в миллиметрах
для расстояний $s = 1$ км

$y_m \cdot \text{км}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4
20	5	5	6	6	7	8	8	9	10	10
30	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19
40	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
50	31	32	33	34	36	37	38	40	41	43
60	44	46	47	49	50	52	53	55	57	58
70	60	62	64	65	67	69	71	73	75	77
80	79	81	83	85	87	89	91	93	95	97
90	99	102	104	106	108	111	113	116	118	120
100	123	125	128	130	133	135	138	141	143	146
110	149	151	154	157	160	162	165	168	171	174
120	177	180	183	186	189	192	195	198	201	204
130	207	211	214	217	220	224	227	230	234	237
140	241	244	248	251	255	258	262	265	269	273
150	276	280	284	287	291	295	299	303	306	310
160	314	318	322	326	330	334	338	342	346	351
170	355	359	363	367	372	376	380	385	389	393
180	398	402	407	411	416	420	425	429	434	439
190	443	447	452	457	462	467	472	476	481	486
200	491	496	501	506	511	516	521	526	531	536
210	541	547	552	557	562	567	573	578	583	589
220	594	600	605	611	616	622	627	633	638	644
230	649	655	661	666	672	678	684	690	695	701
240	707	713	719	725	731	737	743	749	755	761
250	767	773	780	786	792	798	805	811	817	824
260	830	836	843	849	856	862	869	875	882	888
270	895	902	908	915	922	928	935	942	949	956
280	962	969	976	983	990	997	1004	1011	1018	1025
290	1032	1040	1047	1054	1061	1068	1076	1083	1090	1098
300	1105	1112	1120	1127	1135	1142	1150	1157	1165	1172

Пример. Дано: $y = 257,5$ км, $s = 1253,739$ м. Находим $As_0 = 814$ мм; $As = As_0 \frac{s}{1 \text{ км}} = 814 \times 1,2537 = 1020,5$ мм;

$$d = s + As = 1253,739 + 1,021 = 1254,76 \text{ м.}$$

Таблица XXVII. 7

Поправки за кривизну δ для редуцирования
(эллипсоид Красовского,

Y_m	Ax											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
20	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
30	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
40	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
50	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5
60	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8
70	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1
80	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
90	0,2	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7
100	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0
110	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,3
120	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6
130	0,3	0,7	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0
140	0,4	0,7	1,1	1,4	1,8	2,1	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3
150	0,4	0,8	1,1	1,5	1,9	2,3	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6
160	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,1	4,5	4,9
170	0,4	0,9	1,3	1,7	2,2	2,6	3,0	3,4	3,9	4,3	4,7	5,2
180	0,5	0,9	1,4	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,1	4,6	5,0	5,5
190	0,5	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8
200	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1
210	0,5	1,1	1,6	2,1	2,7	3,2	3,7	4,3	4,8	5,3	5,8	6,4
220	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,5	5,0	5,6	6,1	6,7
230	0,6	1,2	1,7	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,2	5,8	6,4	7,0
240	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3
250	0,6	1,3	1,9	2,5	3,2	3,8	4,4	5,1	5,7	6,3	7,0	7,6
260	0,7	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6	7,2	7,9
270	0,7	1,4	2,1	2,7	3,4	4,1	4,8	5,5	6,2	6,8	7,5	8,2
280	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,3	5,0	5,7	6,4	7,1	7,8	8,5
290	0,7	1,5	2,2	2,9	3,7	4,4	5,1	5,9	6,6	7,3	8,1	8,8
300	0,8	1,5	2,3	3,0	3,8	4,6	5,3	6,1	6,8	7,6	8,4	9,1

Пример. Дано: $y_m = +257,5$ км, $Dx = +13,6$ км. Интерполированием в таблице находим $\delta = -8''9$.

направлений на плоскость проекции Гаусса
широта $B = 50^\circ$, $f = 0,0025322$)

Дт

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3
1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0
1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3
2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,7	2,9	3,0	3,2	3,3	3,5	3,6	3,8	4,0'
2,3	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,5	3,7	3,9	4,3	4,3	4,4	4,6
2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3
3,0	3,2	3,4	3,6	3,9	4,1	4,3	4,6	4,8	5,0	5,2	5,5	5,7	5,9
3,3	3,5	3,8	4,1	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,8	6,1	6,3	6,6
3,6	3,9	4,2	4,5	4,7	5,0	5,3	5,6	5,8	6,1	6,4	6,7	7,0	7,2
4,0	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	6,1	6,4	6,7	7,0	7,3	7,6	7,9
4,3	4,6	4,9	5,3	5,6	5,9	6,3	6,6	6,9	7,2	7,6	7,9	8,2	8,6
4,6	5,0	5,3	5,7	6,0	6,4	6,7	7,1	7,4	7,8	8,2	8,5	8,9	9,2
4,9	5,3	5,7	6,1	6,5	6,8	7,2	7,6	8,0	8,4	8,7	9,1	9,5	9,9
5,3	5,7	6,1	6,5	6,9	7,3	7,7	8,1	8,5	8,9	9,3	9,7	10,1	10,5
5,6	6,0	6,5	6,9	7,3	7,7	8,2	8,6	9,0	9,5	9,9	10,4	10,8	11,2
5,9	6,4	6,8	7,3	7,7	8,2	8,7	9,1	9,6	10,0	10,5	10,9	11,4	11,9
6,3	6,7	7,2	7,7	8,2	8,7	9,1	9,6	10,1	10,6	11,1	11,5	12,0	12,5
6,6	7,1	7,6	8,1	8,6	9,1	9,6	10,1	10,6	11,1	11,6	12,2	12,7	13,2
6,9	7,4	8,0	8,5	9,0	9,6	10,1	10,6	11,2	11,7	12,2	12,8	13,3	13,8
7,2	7,8	8,4	8,9	9,5	10,0	10,6	11,1	11,7	12,3	12,8	13,4	13,9	14,5
7,6	8,2	8,7	9,3	9,9	10,5	11,1	11,6	12,2	12,8	13,4	14,0	14,6	15,1
7,9	8,5	9,1	9,7	10,4	10,9	11,5	12,2	12,8	13,4	14,0	14,6	15,2	15,8
8,2	8,9	9,5	10,1	10,8	11,4	12,0	12,7	13,3	13,9	14,6	15,2	15,8	16,5
8,6	9,2	9,9	10,5	11,2	11,9	12,5	13,2	13,8	14,5	15,1	15,8	16,5	17,1
8,9	9,6	10,3	10,9	11,6	12,3	13,0	13,7	14,4	15,0	15,7	16,4	17,1	17,8
9,2	9,9	10,6	11,3	12,1	12,8	13,5	14,2	14,9	15,6	16,3	17,0	17,7	18,4
9,5	10,3	11,0	11,7	12,5	13,2	14,0	14,7	15,4	16,2	16,9	17,6	18,4	19,1
9,9	10,6	11,4	12,2	12,9	13,7	14,4	15,2	16,0	16,7	17,5	18,2	19,0	19,8

Таблица XXVII.5

Плотности некоторых твердых тел

Агат	2,5-2,8	Лед	0,88—0,92
Асбест	2,1—2,8	Магнезит	3,0
Алебастр	2,3—2,8	Магнитный железняк	4,9—5,2
Алюминий	2,56—2,75	Магнитный колчедан	4,54—4,64
Алмаз	3,5-3,6	Малахит	3,7—4,1
Антрацит	1,4—1,7	Марганцевая руда красная	3,5
Апатит	3,16—3,22	Марганцевая руда черная	3,9—4,1
Аспидный сланец	2,65-2,7	Медный блеск	5,5—5,8
Асфальт	1,1—1,5	Медный колчедан	4,1—4,3
Базальт	2,7—3,2	Мел	1,8—2,6
Бетон	1,8—2,5	Мергель землистый	2,3
Бурый железняк	3,4—3,9	Мергель твердый	2,5
Бурый уголь	1,2—1,5	Мрамор	2,5—2,9
Висмут самородный	9,8	Опал	2,2
Вольфрам	19,1	Охра	3,5
Гипс обожженный	1,8	Пемза натуральная	3,37—0,9
Гипс сухой литой	1,0	Песок мелкозернистый сухой	1,4—1,65
Глауберова соль	1,4—1,5	Песок мелкозернистый сырой	1,9—2,05
Глина свежевырытая	1,6—1,9	Песок крупнозернистый сухой	1,4—1,5
Глина сухая	1,5-1,6	Песчаник	2,2—2,5
Глинистый сланец	2,8—2,9	Пиролюзит	3,7—4,6
Гнейс	2,4—2,7	Поваренная соль	2,15-2,17
Горный хрусталь чистый	2,6	Порфир	2,6—2,9
Гранат	3,4—4,3	Полевой шпат	2,53—2,58
Гравий сухой	1,8	Роговая обманка	3,0
Гравий сырой	2,0	Свинцовый блеск	7,3—7,6
Гранит	2,5—3,0	Селитра чилийская	2,26
Графит	1,9—2,3	Сера самородная	2,07
Древесный уголь, заполненный воздухом	0,4	Сера аморфная	1,93
Древесный уголь безвоздушный	1,4—1,5	Сера кристаллическая	1,96—2,07
Доломит	2,9	Серный колчедан	4,9—5,2
Железо	7,6—7,9	Сerpentin	2,4—2,7
Железняк красный	4,5-4,9	Слюда	2,65—3,2
Земля свежая, глинистая, плотно утрамбованная	2,0	Снег, в среднем	0,125
Земля сухая	1,6—1,9	Стронций	2,54
Золото самородное	19,33	Стронцицит	3,7
Известь обожженная на-сыпная	0,9—1,3	Сурьмяный блеск	4,6—4,7
Известь гашеная	1,15—1,25	Тальк	2,7
Известковый шпат	2,6—2,8	Топаз	3,51—3,57
Известняк	2,5—2,8	Торф сухой	0,51
Калиевая селитра	1,95—2,08	Торф землистый	0,64
Каменная соль	2,28—2,41	Торф смоляный	0,84
Каменный уголь	1,2—1,5	Трахит	2,6—2,8
Кварц	2,5—2,8	Турмалин	2,94—3,24
Кирпич обыкновенный	1,4—1,6	Туф в кусках	1,3
Кирпич клинкер	1,7—2,0	Туф в кирпичах	0,8—0,9
Кирпичная кладка свежая	1,57—1,63	Тяжелый шпат	4,5
Кирпичная кладка сухая	1,42—1,46	Целестин	3,9
Кокс	1,4	Цемент	1,82—1,95
Корунд	3,9—4,0	Цинковая обманка	3,9—4,2
Кремень	2,66	Чугун белый	7,0—7,8
Лава базальтовая	2,8—3,0	Чугун серый	6,7—7,6
Лава трахитовая	2,0—2,7	Чугун литейный	7,25
		Шлаки доменных печей	2,5—3,0

Продолжение табл. XXVI 1.5

Древесные породы	Сухие	Свежесрубленные
Береза	0,51—0,77	0,8—1,09
Бук	0,62—0,82	0,92—1,25
Вяз	0,62	0,62
Дуб	0,69—1,03	0,93—1,28
Ель	0,37—0,75	0,77—1,23
Ива	0,49—0,59	0,79
Кедр	0,57	—
Клен	0,53—0,81	0,83—1,05
Липа	0,32—0,59	0,58—0,87
Лиственница	0,47—0,56	0,81
Ольха	0,55	0,9
Ореховое дерево	0,6—0,81	0,91—0,92
Пихта	0,35—0,6	0,40—1,07
Пробковое дерево	0,24	—
Сосна	0,31—0,76	0,38—1,08
Ясен	0,57—0,94	0,7—1,14

Плотности некоторых жидкостей

плотность при $t^{\circ}\text{C}$			плотность при $t^{\circ}\text{C}$		
Бензин	0,68—0,7	15	Керосин	0,79—0,82	15
Бензол	0,9	0	Нефть	0,76—0,94	15
Вода дистиллированная	1	4	Ртуть	13,6	0
Вода морская	1,02—1,03	15			

Таблица XXVII.6

Коэффициент линейного расширения на 1°C

Алюминий	$23,8 \cdot 10^{-6}$	Медь	$16,5 \cdot 10^{-6}$
Бронза	$17,5 \cdot 10^{-6}$	Магний	$26 \cdot 10^{-6}$
Висмут	$13,4 \cdot 10^{-6}$	Нейзильбер	$18 \cdot 10^{-6}$
Гипс	$5 \cdot 10^{-6}$	Никель	$13 \cdot 10^{-6}$
Железо	$11,5 \cdot 10^{-6}$	Олово	$23 \cdot 10^{-6}$
Золото	$14,4 \cdot 10^{-6}$	Платина	$9 \cdot 10^{-6}$
Инвар (36% никеля, 64% железа)	$1,6 \cdot 10^{-6}$	Платино-иридий	$8,8 \cdot 10^{-6}$
Иридий	$6,5 \cdot 10^{-6}$	Свинец	$29,2 \cdot 10^{-6}$
Кварц плавленный	$0,5 \cdot 10^{-6}$	Сера	$9 \cdot 10^{-6}$
Кобальт	$12,7 \cdot 10^{-6}$	Серебро	$19,7 \cdot 10^{-6}$
Константан	$15,2 \cdot 10^{-6}$	Стекло	$8 \cdot 10^{-6}$
Магнелий	$24 \cdot 10^{-6}$	Тантал	$6,5 \cdot 10^{-6}$
Латунь	$18,5 \cdot 10^{-6}$	Фарфор	$3 \cdot 10^{-6}$
		Цинк	$30 \cdot 10^{-6}$

Таблица XXVII.7

Сводная таблица							
Единица измерения	1 мм равен	1 см равен	1 м равен	1 км равен	1 вершок равен	1 аршин равен	
Миллиметр	1	10	10^3	10^6	44,45	711,2	
Сантиметр	10^{-1}	1	10^2	10^5	4,445	71,12	
Метр	10^{-3}	10-2	1	10^3	0,04445	0,7112	
Километр	10^{-6}	10^{-5}	10^{-3}	1	$4445 \cdot 10^{-8}$	$7112 \cdot 10^{-7}$	
Вершок	0,02249718	0,2249718	22,49718	22 497,1	1	16	
Аршин	0,00140607	0,0140607	1,40607	1 406,07	0,0625	1	
Сажень	$46\ 869 \cdot 10^{-8}$	0,0046869	0,46869	468,692	0,020833	0,333333	
Верста	$9\ 373 \cdot 10^{-10}$	$93\ 738 \cdot 10^{-10}$	$93\ 738 \cdot 10^{-8}$	0,93738	$4\ 166 \cdot 10^{-8}$	$6\ 666 \cdot 10^{-7}$	
Точка	3,937008	39,37008	3 937,008	3 937 008	175	2 800	
Линия	0,3937008	3,937008	393,7008	393 700,8	17,5	280	
Дюйм	0,03937008	0,3937008	39,37008	39 370,08	1,75	28	
Фут	0,0032808	0,032808	3,2808	3 280,8	0,14583	2,33333	
Ярд	0,0010936	0,010936	1,0936	1 093,6	0,0486	0,777778	

Таблица XXVII.8

Некоторые часто		
Обозначения	Число	
π	3,14159265	0,49714987
π^2	9,86960440	0,99429975
Vn	1,77245385	0,24857494
e	2,71828183	0,43429448
	0,43429448	9,63778431
$P = \frac{360^\circ}{2\pi}$	$57^\circ,2957795$	1,75812263
$\frac{60' \cdot 360}{2\pi}$	3437',7468	3,53627388
$P = \frac{60'' \cdot 360 \cdot 60}{2\pi}$	206 264'',81	5,31442513
$\text{arc } 1^\circ = \frac{\pi}{180}$	0,0174533	8,24187737
$\text{arc } \Gamma = \frac{\pi}{P}$	0,00029089	6,46372612
$\text{arc } 1'' = \frac{\pi}{P \cdot 3600}$	0,00000485	4,68557487

перевода линейных мер

	1 сажень равна	1 верста равна	1 точка равна	1 линия равна	1 дюйм равен	1 фут равен	1 ярд равен
2 133,6	1 066 800	0,254	2,54	25,4	304,8	914,4	
213,36	106 680	0,0254	0,254	2,54	30,48	91,44	
2,1336	1 066,8	254-Ю ⁻⁶	0,00254	0,0254	0,3048	0,9144	
21 336-Ю ⁻⁷	1,0668	254-Ю ⁻⁹	254-10 ⁻⁸	254-10 ⁻⁷	3048-Ю ⁻⁷	9144-10 ⁻⁷	
48	2 400	0,00571428	0,0571428	0,571428	6,857142	20,571426	
3	1 500	35 714-Ю ⁻⁸	0,0035714	0,035714	0,428568	1,285704	
1	500	119 047-Ю ⁻⁹	0,00119047	0,0119047	0,1428564	0,4285692	
0,002	1	238-10 ⁻⁹	238-10 ⁻⁸	238-10 ⁻⁷	2856-10 ⁻⁷	8568-Ю ⁻⁷	
8 400	4 200 000	1	10	100	1 200	3 600	
840	420 000	0,1	1	10	120	360	
84	42 000	0,01	0,1	1	12	36	
7,	35 000	8333-Ю ⁻⁷	0,008333	0,08333	1	3	
2,33333	1166,6666	277-Ю ⁻⁶	0,002777	0,02777	0,33333	1	

встречающиеся величины

Обозначения	Число	lg
• с°	360°	2,55630250
C'	21 600'	4,33445375
C''	1 296 000"	6,11260500
г	1,111... ^д	—
г	1,85185185... ^е	—
1"	3,086419753086... ^е	—
1 ^д	0°,9	—
1 ^е	32",4	—
лсс	0",324	

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Цифры после слов обозначают номера страниц, где эти слова помещены. Указатель адресуется читателю только к тем страницам справочника, где можно найти справку по существу понятия, отраженного в рубрике или подрубке.

Абсцисса 13
Автоматический проволочный длиномер 64
Азимут 14
Аккумуляторная батарея 77
Аксонметрические проекции 7
Акустическая система 92
Алгоритм 348, 351
Алгоритмические языки 348
Алфавитно-цифровое печатающее устройство (АЦПУ) 346
Амплитуда дизъюнктив 420
Аномалия высоты 13
Аппаратура СИ-4 264
Арифмометр 341
Армирование 257
Асимметрия (скошенность кривой распределения) 299, 301
Аэрофотоснимок 148
Аэрофотосъемка разрезов 153
Аэрофототопографическая съемка 148, 150

Базисы^ фотографирования 149
Балтийская система высот 127
Барометрическое нивелирование 136
Барометры-анероиды 136
Барьерные целики:
 междушахтные 283
 у затопленных выработок 279—280
 у незатампонированных скважин 281
Башенные копры 244, 253
Безопасная глубина разработки 454
Бит 345
Блок-диаграмма 8
Борт разреза 473, 475, 484
Бремсберговое поле 539
Бункер 401

Буровые установки 267

В

Вектор сдвижения 489
Величины:
 зависимые 287
 независимые 287
Верньер 28
Вероятностная оценка точности 294
Вероятность события 294
Весы:
 неоднородных величин 292
 связь с погрешностями 292
Вес обратный 292
Виды планирования горных работ 510
Визир 29
Визирная цель 29
Визуальная оптическая система 24
Влажность полезного ископаемого в штабелях 404

Вместимость 1 м отсыпаемой ленты породного отвала 521
Вскрытие нижележащего горизонта — планирование 537
Встречные забои 269
Вульфа сетка 10
Высотная отметка, передача:
 длинномером ДА-2 210
 шахтной лентой 212
Высотное обоснование топографической съемки 141, 173
Выход вскрыши с 1 м фронта уступа 521
Выход полезного ископаемого с 1 м фронта (длины) уступа 521
Вычисления:
 в полигонометрии 123
 при нивелировании III и IV классов 131
 уравнительные 285, 308
Вычислительные машины настольные: 341
 электромеханические 342
 электронные клавишные 343
 электронные с программным управлением (ЭВМ) 345

Геодезическая:
 линия 14, 16
 основа 95, 139
 сеть 95
Геодезические даты 13
Геодезическое нивелирование 134
Геоид 13
Геометризация месторождений полезных ископаемых 413
Геометрические параметры тел 413
Геометрические элементы комплекса шахтного подъема 239, 246, 253
Геометрическое нивелирование 230
Гидростатический нивелир 51
Гипсометрические планы 427
Гиробуссоль маркшейдерская 82
Гироинклинометры 414
Гирокомпас маркшейдерский 72
Гирокомпас наземный 72
Гиромотор 75
Гиронасадка 73
Гироскопический азимут 78, 80, 83—85
Гиростороны 188
Гиротеодолит 72, 73
Гистограмма 297, 298
Глубина разработки безопасная 454
Горизонтали 5
Горная геомеханика 493
Горная графическая документация 357
Горно-геометрические графики 427
Горное давление 493
Горный удар 506
Градиент:
 измеряемой величины 109
 измеряемой функции 109, 110
 линий положения 109

Границы опасных зон: 276
у дизъюнктивов 279, 282, 283
у затопленных выработок 280
у скважин 279, 281
Графопостроитель 346, 354

Д

Давление опорное временное 505
Дальномер 51
Дебит скважины 276, 277
Деколи 375
Деформации 493, 496
Деформационные свойства пород 493
Деформация земной поверхности, расчет 434
Дешифрирование аэроснимков 151
Диаграммы трещиноватости 425
Диазосветокопирование 376
Дизъюнктивная дислокация (дизъюнктив):
геометрические параметры 420
определение 420
элементы залегания 420
Дирекционный угол (избыточный, исходный) 14, 217
Дискриминатор 87
Дисперсия 296
Дисплей 346
Длина волны 66
Длиномер 224
Добротность гирокомпаса 73, 82
Добыча за цикл:
месячная плановая 518
среднесуточная плановая 519
Добыча полезных ископаемых:
замер остатков на складах 398
разреза — планирование 541
общая возможная 519
учет оперативный 398
Доверительная вероятность 299, 301
Доверительный интервал 292, 299
Долгота 15
Дражный звуколокатор 93
Дренаж 491

Ж

Железные дороги — подработка 463
Жесткая крепь 501

З

Забои:
встречные 269
длинные 505
догоняющие 262
короткие 505
ожидаемое положение на начало планового периода 523
очистные запасные 514
среднедействующая длина 514
среднедействующее число 514
Задача:
Ганзена 97, 101
Потенота 97
Задачи планирования горных работ 510
Закладка полная 505
Зазоры безопасности 265
Закон 487
Закон:
больших чисел 296
нормального распределения (закон распределения Гаусса) 290, 297
распределения вероятности появления погрешностей 298
распределения случайных погрешностей 297

Запасы твердых полезных ископаемых:
оперативный пересчет 384—385
учет состояния и движения 382

Засечка:
боковая 97, 100, 111, 113
варианты 106
линейная 97, 102, 103, 111, 113
обратная 97, 101, 111
полярная 97, 102, 111
полярная линейно-угловая 97, 102
пространственная линейная 97, 104
прямая 97
Засорение полезного ископаемого 388
Затраты:
замыкающие 382, 393
на потерянное полезное ископаемое 393
Защитная отработка 508
Звено проводника 257
Звуколокатор 86—94
Звуколокационная станция 92
Звуколокационные измерения 86
Зенит — прибор 245
Зеркало 23
Зеркало скольжения 421
Зона возможной встречи скважин в пласте 282
Зона опорного давления 504
Зрительная труба 24

И

Извлечение полезных ископаемых 388
Измерение 285
Измерения:
длины сторон в полигонометрии 4 класса.
1 и 2 разрядов 118
избыточные 287
контрольные 113
угловые в полигонометрии 117
Изолинии 413, 428
Импульсный модулятор 86
Инклинометры 266, 414
Интерполирование поправок 18
Исправления и изменения в исходных чертежах 361
Исходные данные 288
Итоговые показатели плана развития горных работ 525

К

Календарные планы работ 540, 545
Картографические материалы 362
Касательные напряжения 495
Качество результатов измерений 285
Классификация 1962 г. 95
Классификация чертежей 357
Команда 346
Компенсатор 26
Кондиции на полезные ископаемые 382
Коисоль 29, 30
Конструктивная постоянная:
измерительного блока 85, 202
чувствительного элемента 202
Конструкции центров 217—219
Континуум 298
Контур затопленных выработок:
достоверный 275
недостоверный 275
Координатограф 164, 374
Координатные зоны 13
Координаты:
Гаусса—Крюгера 14
аксонометрические 8
Копры шахтные 244, 246—248
Корректирование стереоскопической модели 152
Коэффициент:
Пуассона 494
безопасности 449
выхода полезного ископаемого 407

- длительной прочности 484
- запаса устойчивости 475, 479, 482
- извлечения из недр полезного компонента 388
- подработанности 432
- потерь качества 388
- разрыхления 178, 182, 405
- структурного ослабления 481
- угленасыщенности 407
- цикличности 514
- Коэффициент случайного влияния в линейных измерениях:
 - в подземных выработках 216
 - линейного расширения 226
 - систематического влияния 216
- Крепь:
 - нарастающего сопротивления 500
 - постоянного сопротивления 500
- Кривая педальная 107
- Кртая распределения при многократных испытаниях 296
- Круговой тахеометр 54
- Кубатура выемки:
 - на открытых работах 406
 - при подземной разработке 406

Л

- Лавы — графики ввода и выбытия 525, 531
- Лазерная светопроекционная система 25
- Лазерный:
 - нивелир 47
 - проектир 64
 - указатель направлений 62
- Линейные деформации 496
- Линза 23
- Линия положения 109
- Логарифмическая линейка 354
- Локальные опорные сети 220
- Лупа 24

М

- Магнитные:
 - барабаны 345
 - диски 345
 - ленты 345
 - экраны 76
- Маркшейдерская:
 - документация, см. Горная графическая документация
 - наблюдательная станция 484
 - съемка — правила выполнения 213
- Маркшейдерская съемка разрезов:
 - ординатная 175
 - стереофотограмметрические способы 1)75
 - тахеометрическая 145, 174
- Маркшейдерские работы:
 - при отвалообразовании 186
 - при перезксации 186
- Маркшейдерский:
 - контроль оперативного учета добычи полезных ископаемых 398
 - план развития горных работ 511
 - подсчет добычи полезных ископаемых 399
 - учет и контроль объемов вынутых и взорванных пород 181
- Маркшейдерское обслуживание буровзрывных работ 168
- Масштаб:
 - аксонометрический 8
 - изображения 15
- Масштабы чертежей 357
- Математическое ожидание 296
- Маятниковый гирокомпас 72
- Мензурная съемка 139, 142
- Мензурные ходы 142
- Мера точности 290
- Меридиональный эллипс 13

Место:

- горизонта 229
- нуля гирокомаса 78
- нуля подвеса 78

Метод:

- Чебышева 308
- фильтрации, Кальмана 308
- Коши 308
- Монте-Карло 308
- круглоцилиндрической поверхности 476
- многоугольника сил 477
- наименьших квадратов 308
- решения системы неопределенных уравнений 308

Методы передачи высот 228

- Методы съемки выработок:
 - взаимного ориентирования 234—235
 - ортогональный 234, 237
 - полярный 234

- Механика горных пород 493
- Механический центрир 30
- Микробарометр 136
- Микробаронивелир 126, 136
- Микрокалькуляторы 343, 344
- Микроскоп 24
- Модель стереоскопическая 149
- Модуль упругости 494
- Модулятор 67
- Монтажная сетка 242
- Мощность пласта 416, 512
- Мульда сдвижения 430

Н

- Наблюдательная профильная линия 484^485
- Наблюдательные станции за сдвижением поверхности 468
- Наблюдение 285
- Наводящее приспособление 29
- Надежность: 285, 301
 - интервала (доверительная вероятность) 292
 - оценки точности 301
- Надписи к объектам съемки 361
- Надрработка 505
- Направления:
 - горизонтальные в триангуляции 96
 - ответственные 269
 - свободные 269
- Напряжения: 493, 494
 - главные 495
 - нормальные 495
- Невязки высотные 228, 231, 236
- Невязки линейные:
 - в полигонометрических ходах 228
 - в съёмочных ходах 1 разряда 233
 - в съёмочных ходах 2 разряда 233
- Невязки угловые:
 - в полигонометрических ходах 228
 - в съёмочных ходах 1 разряда 233
 - в съёмочных ходах 2 разряда 233
- Нивелир: 41—50, 230
 - с компенсатором 45
 - с уровнем 41
- Нивелирная рейка 49
- Нивелирные знаки 127
- Нивелирные журналы 133
- Нивелирование 126
- Нивелирование площадей 146
- Номенклатура листов 357, 358
- Номограмма 111, 112, 354
- Номограммный тахеометр 54
- Нормальные уравнения — решение 315
- Норматив:
 - месячной скорости проходки подготовительных выработок 518
 - нагрузки на очистной забой 516
 - переходящих запасов 521
 - производительности экскаваторов 519, 520»
 - цикличности 515
- Нумерация координатных зон 13, 14

О

- Оборудование проходческое 257
- Обоснование съемочное 95, 97
- Обратная геодезическая задача 16
- Обрушаемость 506
- Обрушение 473, 474, 505
- Объекты подземной маркшейдерской съемки 234
- Огибающая предельных состояний 497
- Округление — правила 340
- Опалубки 255
- Опасная зона 279
- Оперативный учет объемов 169, 175
- Оползень, активная стадия оползня (обрушения) 473—475, 489
- Опорное давление 505
- Оптическая призма 23
- Оптический:
 - клин 23
 - микрометр 28, 31
 - проектир 63
- Ордината 13, 14
- Ориентир-буссоль 30
- Ориентирный угол 318
- Ориентирование:
 - геометрическое 189
 - гирскопическое 200
 - магнитное 188
 - подземной опорной сети 217
 - подэтажных горизонтов 231
 - ступенчатое 200
 - через два вертикальных ствола 196
 - через несколько вертикальных стволов 200
 - эллипсоида 13
- Ориентирование снимков:
 - взаимное 149
 - внешнее 150
- Осевой меридиан 13
- Оседание 430
- Оси:
 - монтажные 242
 - сооружений основные 239
 - шахтных стволов 243
- Основа геодезическая 95
- Остатки взорванных пород 179, 186
- Осыпь 473
- Ось:
 - подъема 246
 - складки 418
- Отвал 491
- Отвалы:
 - полезного ископаемого (пород) 168
 - угля 401—404
- Отвес 29
- Отвесы:
 - армировочные 258
 - боковые 256
 - осевые 256
 - центральные 256
 - шахтные 259
- Отклонения армировки нормативные 264
- Откос: 476, 489
 - защищенный 179
 - предельная высота 479, 481
 - уступа 175
- Отметки числовые 5
- Отработка защитная 508
- Отражатель 67
- Отсчетное приспособление 27
- Оформление планшетов 359
- Охрана сооружений и природных объектов 456
- Охраняемая площадь 283
- Оценка точности (теория погрешностей): 289
 - вероятностная 294
 - измеренных величин 292
 - линейных измерений 223—224
 - определения объемов по маркшейдерской съемке 176

- получения средней квадратической погрешности 300
- точный метод 292
- угловых измерений 221
- уравниваемых величин 293
- Оценщик простой 27

П

- Параллактический метод 122
- Паспорт прочности 498
- Перевычисление координат:
 - из зоны в зону 14
 - из одной системы в другую 16
- Передача высотной отметки:
 - длиномером ДА-2 210
 - шахтной лентой 212
- Перекрытие координатных зон 14
- Пересортица полезного ископаемого 388
- Период колебаний 75
- Перфокарта 345
- Перфоленга 345
- Перфоратор 346
- Пикеты 144, 177
- Плавное опускание 505
- Планирование:
 - вскрышных работ на разрезе 545
 - длины очистных забоев участка 531
 - добычи полезного ископаемого и развития добычных работ разреза 545
 - механизации и организации добычных и вскрышных работ 541
- Планы гипсометрические— построение 418
- Планы перспективные пятилетние 509
- Пластичность 493
- Пласты: 413
 - элементы залегания 414
- Плоскопараллельная пластинка 23
- Плотность вероятности 298
- Плотность пород:
 - взорванных (разрыхленных) 179
 - способы определения 178
 - способы пробной выемки 180
- Поверхность:
 - скольжения 476
 - топографическая 7
- Повторительное устройство 29
- Погрешностей теория 285
- Погрешность: 285
 - абсолютная 339, 340
 - абсциссы 107
 - апостериорное значение 293
 - априорное значение 292
 - грубая (промах) 285
 - гирскопического ориентирования 207
 - дирекционного угла 108
 - единицы веса 292
 - исправленного результата измерения 303
 - наблюдения (измерения) 289
 - относительная 339, 340
 - ориентирования 193—194, 196—198
 - положения пункта 108
 - положения пункта, определяемого засечкой 110
 - предельная абсолютная 339, 340
 - предельная относительная 339, 340
 - проектирования проволочными отвесами 190
 - расстояния 108
 - систематическая 285, 286
 - случайная 285, 286
 - срединная (вероятная) 291
 - средняя (средняя арифметическая) 291
 - средняя квадратическая 290
 - средняя квадратическая функции приближенно уравненных величин 308
 - функции 303
- Податливая крепь 500
- Подвигание забоя за цикл 515

Подготовительная стадия оползня 487, 491
 Подготовительные:
 выработки — планирование 534
 забои 513
 Подработка 505
 Подставка 29
 Подсчет объемов, способы: 176
 вертикальных сечений 177, 181
 горизонтальных сечений 176
 объемной палетки 177
 при многорядном и каскадном взрыва-
 нии 182, 185
 среднего арифметического 176, 182
 Подшивная площадка 249
 Подъемная установка 248, 251
 Ползучесть 496
 Полигонометрия 115
 Полигонометрические:
 сети 115
 ходы 115
 Полная закладка 505
 Полное обрушение 505
 Положение равновесия:
 прецессионных колебаний ЧЭ 80, 202
 свободных колебаний ЧЭ 80
 Полуось эллипса:
 большая 13
 малая 13
 Польке теорема 8
 Поправка:
 в измеренные углы 228
 в превышения 231
 в приращения координат
 гирокомпас местная 203
 » разовая 204
 » текущая 205
 для редуцирования длины линий на пло-
 скость в проекции Гаусса 226
 за атмосферное давление 226
 за закручивание подвеса 74, 80
 за засоренность угля породой 399
 за компарирование мерного диска 226
 за компарирование рулетки 225
 за кривизну изображения геодезической ли-
 нии 14
 за приведение измерений линий к поверх-
 ности референц-эллипсоида 226
 за приведение линий к горизонту 226
 за провес проволоки 226
 за температуру 225, 226
 за температуру мерного диска 226
 за уплотнение отвалов 405
 за эксцентриситет трубы угломера 233
 к плотности угля в отвалах 405
 Потери полезных ископаемых:
 методы нормирования 390
 учет и определение размеров 389
 экономическая оценка 392
 Потери угля — планирование 521
 Правильность 285
 Предварительная оценка точности смыкания за-
 боев 270
 Предельное равновесие борта (уступа, отвала) 491
 Предохранительные целики 275
 Преобразованная ордината 14
 Преобразователь полупроводниковый 77
 Прецессионные колебания 74, 78
 Прецессия 201
 Приближенные числа:
 правила вычислений 339, 341
 Призма обрушения борта 476
 Примыкание:
 при соединительных съемках 189
 способом соединительного треугольника 192
 способом соединительного четырехуголь-
 ника 195
 через два вертикальных ствола 196
 Примычное направление 80
 Программа 348

Проводники 257
 Проектирование при соединительных съемках»
 189, 190
 Проекторы 375
 Проекторы границ опасных зон 275—276
 Проекции:
 Гаусса 13, 97
 аксонометрические 7
 диметрические 8
 изометрические 8
 косоугольные 8
 ортогональные 5
 параллельные 5
 перспективные 5
 поперечно-цилиндрические конформные 13*
 прямоугольные 8
 с числовыми отметками 5
 стереографические 9
 триметрические 8
 центральные 5
 Проектиометры 268
 Производительность пласта 512
 Производственная мощность забоя и участка 522
 Производственный цикл — продолжитель-
 ность 516
 Просадка 475
 Противооползневые мероприятия 491
 Профилограф рельсовых путей 269
 Профилограммы 263
 Профильная съемка проводников 261
 Профильные линии 261
 Проходка шахтного ствола 256
 Проходческий комплекс 256
 Прочностные свойства пород 497
 Прочность 498
 Проявление горного давления 499
 Пункты:
 вновь определяемые 96
 исходные 95, 96
 основные съемочных сетей 97
 Пункты подземной маркшейдерской опорной »
 съемочной сети:
 временные 217
 постоянные 216

Р

Радиодальномер 67
 Разбивочные:
 работы 239
 сети 242
 Разграфка чертежей 357
 Разгрузка борта 491
 Разность фаз 66
 Разрезы:
 контроль объемов 181
 проектирование маркшейдерского обслужи-
 вания 168
 съемка горных выработок 173
 съемочное обоснование 171
 Разрыхленные (взорванные) породы 179
 Разубоживание полезных ископаемых:
 методы нормирования 390
 методы определения величины 391
 экономическая оценка 392
 Распределение Стьюдента 299, 303
 Расслоение 500
 Расстояние между определяемым и исходным
 пунктами 110
 Расстрелы 257
 Расчетная длина очистного забоя 514
 Редукция:
 направлений 15
 расстояний 15, 16
 сигналов 221
 Режим взаимодействия крепей с породами 502*
 Релаксация 497
 Репера 127, 485
 Референц-эллипсоид 13

Решение треугольника:
по двум углам и стороне 97
по трем заданным сторонам 98
Рулетка 64

С

•Сближение меридианов 14
Сбойки 269
•Светодальномер 67—71, 225
Светопроекционная оптическая система 25
Свободные колебания 74
Свободный гироскоп 200
Сдвигающие силы 475
Сдвигание пород — основные термины 430
Секция хода 217
•Сети:
государственные геодезические 95
гущения 95
Сети маркшейдерские в подземных выработках 213
Сетки:
Вульфа 10
меридиональные 10
полярные 9
стереографические 9
•Сжатие меридионального эллипса 13
Синхронизатор 86
•Система:
высот Балтийская 95
геодезических координат 1942 г. 13
координат 357
осей 28
Системы:
полигонометрии 115
построения подземных маркшейдерских се-
тей — классификация 214, 215
счисления 347
•Скважины:
азимуты 414
искривления 414
съемки инклинометрические 414
углы зенитные 414
Скважины:
водоспускные 276—278
опережающие 277—278
Складки 417
Склады:
замер остатков полезных ископаемых 402
Скорость:
подвигания забоев 515
смещения репера 487
Слабые межслоевые контакты 499
Совокупности событий 295
Содержание чертежей 362, 367
Соединительный полигон 197
Сооружение шахтных стволов 255
Соотношение геометрических элементов 248
Состав чертежей 363—366
Специальные способы проходки 266
Способ уравнивания:
двухгрупповой 314
коррелятный (метод условий) 312
параметрический 308
Способы:
высотных измерений 228
детальной разбивки 241
контроля бурения 266
линейных измерений 223—225
ориентирования сетей 217
угловых измерений 221—223
Способы уравнивания: 288
приближенные 288
строгие 288
Средний радиус кривизны поверхности эллип-
соида 15, 16
Средняя погрешность единичного определения
гироскопического азимута стороны 73
Стандарт (стандартное отклонение) 296

Стандартная аппроксимация функции распе-
деления (плотности вероятности) 291
Степень свободы 299
Стереоавтограф 161
Стереографические проекции 9
Стереометрограф 151, 153
Стереопара 149
Стереотопографическая воздушная съемка 151
Стереофотограмметрическая наземная съемка 148,
152, 155
Стороны базисные — измерения 97
Стреляние 507
Строительная сеть пунктов 239
Строительные нормы и правила 255
Стюдента распределения 299, 303
Сфероидическое направление 16
Схема гущения сети вставками 96
Сцепление пород 476
Съемка:
вертикальная транспортных путей 236—237
глубоких взрывных скважин 235—236
методом световых сечений 166
очистных забоев 237
подготовительных выработок 234
Съемки соединительные: 188
вертикальные 188
горизонтальные 188
через горизонтальные и наклонные выра-
ботки 189

Т

Тахеометр: 30, 53—57
с авторедукционным дальномером 55
с внутрибазисным дальномером 55
Тахеометрическая формула 122
Тензор:
деформации 495
напряжения 495
Теодолитные ходы 115, 133
Теодолиты: 30—41
оптические 220
с металлическими лимбами 220
с эксцентренной трубой 234
Теория погрешностей и уравнивательные вычисле-
ния 285
Технокарт 164
Технологические схемы:
армирования 258
проходки шахтного ствола 255
углубки 262
Токоподвод маломоментными проводниками 76
Толчки 507
Топографическая:
поверхность 7, 427
съемка
Торсионный подвес 75
Точки съемочные 97
Точность: 285
высотных измерений 228
изображения 361
линейных измерений 215
подземной съемки 215
показатели 291
положения пунктов опорной сети 215
пунктов, оценка 111
угловых измерений 215
Трансформирование 150
Треугольник:
линейный — решение 98
триангуляции 97
трилатерации 98
Трещиноватость:
горного массива 424
диаграммы 425
Триангуляционные сети:
несвободные 319
свободные 319
Триангуляция 95

Тригонометрическое нивелирование 229
Трилатерации 95
Тушь для лавсана 368, 371

у

Угловые деформации 495
Угломер 30
Угломерный прибор 30
Угломер-тахеометр 30, 57—61
Угломер УТБЗ 234
Углоначертательный прибор 61
Углы:
 вертикальные 135
 в треугольниках 97
 граничные 430
 девиации 250, 253
 зенитные 414
 измерения в полигонометрии 117
 максимального оседания 435
 отклонения 253
 падения пластов 415
 параллактические 121
 простираания 5, 415
 сдвигения 433
 складок 418
 скольжения 422
Угол:
 внутреннего трения пород 482—484, 490
 наклона борта разреза 475, 477, 480, 484, 490
Указание направлений выработкам 268
Указатели направлений 61—63, 268
Уклонение отвесной линии 13
Укрепление откосов уступов 492
Управление:
 горным давлением 493
 кровлей 493, 505
 проявлениями горного давления 493, 502
Упругость 493
Уравниваемые величины 287
Уравнивание (уравновешивание): 308
 зависимых величин 317
 нивелировок 336
 полигонометрии 329
 способы 288
 триангуляций 318
 триангуляционных сетей в углах 319
 трилатераций 321
 ходов 226—228
Уравнительные вычисления 285, 287, 308
Уровень 26
Условные знаки 361
Условные уравнения:
 геометрического вида 319
 тригонометрического вида 319
Устойчивость 506
Устойчивость бортов разрезов 491
Уступ разреза 473
Учет объемов оперативный

ф

Фазовращатель 67
Фотограмметрия 148
Фотограммы угловых отклонений 263
Фотографирование разреза 154
Фотоинклинометры 414
Фотоплан 150
Фототеодолит 161
Фотоснимки 148
Фототрансформатор 150
Фототриангуляция 150
Фотоэлектронный умножитель 67
Фундаменты 242
Функции распределения:
 Релея (усеченная) 291
 антимодальная 291
 нормальная (усеченная) 291

 равномерная 291
 трапециевидная 291
 треугольная (Симпсона) 291
Функция связи 291

х

Характеристика крепи 500
Ходы подземные:
 нивелирные 230
 полигонометрические 214
 теодолитные 231
 угломерные 231

ц

Целики предохранительные 459
Центрирование:
 автоматическое 221
 подземной сети 208
 сети 220
 сигналов 221
 теодолита 221
Циклографические проекции 10

ч

Частичная закладка 505
Частичное обрушение 505
Частота (частота) события 294
Чертежи горной графической документации:
 исходные 357
 правила составления 359
 производные 357
Чертежная:
 бумага 362, 368
 пленка 362, 368, 370
Чертежные инструменты 372, 374
Число циклов в сутки 516
Числовые отметки 5
Чувствительный элемент 75

ш

Шаблоны 261
Шаг армировки 257
Шахтостроительные организации 254
Ширина заходки 519
Ширина рабочей площадки 519
Широта 15
Шкала 27
Шкаловый микроскоп 28, 31
Шкив капровый 251
Штабели, см. Отвалы
Штатив 30

э

Экватор 13
Эксплуатационный коэффициент вскрыши 521
Эксцентриситет меридионального эллипса 13
Эксцесс (крутость кривой распределения) 299 301
Электрофотография 378
Элементы залегания:
 пласта 414
 складки 418
Эллипс погрешностей:
 построение 108
 средний 107
Эллипсоид Красовского 13
Этапы планирования горных работ 510

я

Ярус:
 колонн 244
 расстрелов 257

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие		
Глава I		
Проекции, применяемые в маркшейдерском деле (И. Н. Ушаков) . . .		
1. Проекция с числовыми отметками . . .	7	
2. Аксонометрические проекции	9	
3. Стереорафические проекции	10	
4. Циклографические проекции	12	
Список литературы		
Глава II		
Система плоских прямоугольных координат Гаусса—Крюгера (В. В. Зверев , В. Г. Зданович)	13	
1. Система геодезических координат 1942 г	13	
2. Проекция Гаусса. Координатные зоны	13	
3. Геометрические элементы и основные величины в системе координат Гаусса—Крюгера	13	
4. Редукция расстояний и направлений при переходе с поверхности эллипсоида на плоскость проекции Гаусса . . .	15	
5. Перевычисление координат из одной системы в другую	16	
Список литературы	22	
Глава III		
Маркшейдерско-геодезические приборы (Н. А. Гусев , В. Н. Лавров , В. А. Синицын , М. И. Миронович , А. А. Гурич)	23	
1. Оптико-механические приборы. Устройство приборов. Оптические детали и системы	23	
2. Приборы для измерения расстояний электромагнитным методом	66	
3. Маркшейдерские гирокомпасы	72	
4. Маркшейдерские звуколокаторы	86	
Список литературы	94	
Глава IV		
Триангуляция и трилатерация (Б. Я. Никифоров)	95	
1. Маркшейдерско-геодезические опорные сети	95	
2. Сети сгущения	97	
3. Съёмочное обоснование	97	
4. Засечки	107	
5. Оценка точности засечек	113	
6. Использование контрольных измерений	114	
Список литературы		
Глава V		115
Полигонометрия (А. Н. Белоликов)		115
1. Общие сведения		115
2. Составление проекта полигонометрии		117
3. Полевые работы		117
4. Обработка результатов измерений . . .		123
Список литературы		125
Глава VI		126
Нивелирование (Л. Н. Белоликов)		126
1. Общие сведения		126
2. Нивелирование I—IV классов		127
3. Техническое нивелирование		132
4. Геодезическое нивелирование		134
5. Барометрическое нивелирование		136
Список литературы		136
Глава VII		137
Съёмка земной поверхности (В. Ш. Кронгауз)		137
1. Общие положения		137
2. Геодезическая основа		139
3. Мензульная съёмка		142
4. Тахеометрическая съёмка		145
5. Съёмка застроенных территорий		145
6. Нивелирование площадей		146
Список литературы		147
Глава VIII		148
Фотограмметрическая съёмка (А. П. Трунин)		148
1. Общие сведения		148
2. Комбинированный метод аэрофототопографической съёмки		150
3. Воздушная стереотопографическая съёмка		151
4. Наземная стереофотограмметрическая съёмка		152
5. Аэрофотосъёмка разрезов		153
6. Наземная стереофотограмметрическая съёмка разрезов		155
7. Примеры нетопографического применения фотограмметрии в горном деле		164
Список литературы		167
Глава IX		168
Маркшейдерские работы на разрезах (В. Ш. Кронгауз)		168
1. Назначение, виды и порядок выполнения маркшейдерских работ		168
2. Проектирование маркшейдерского обслуживания крупных предприятий . . .		168
3. Опорная сеть и съёмочное обоснование		170

4. Съёмка горных выработок	173
5. Определение объемов вынутых и взорванных пород	175
6. Маркшейдерский учет, контроль и оценка точности определения объемов вынутых и взорванных пород	181
7. Маркшейдерские работы при переэкскавации и отвалообразовании	186
Список литературы	186

Глава X. 188

Соединительные съемки (Л. В. Хлебников, В. Н. Лавров). 188

1. Общие сведения	188
2. Соединительная съемка через горизонтальные и наклонные выработки	189
3. Геометрическое ориентирование	189
4. Гироскопическое ориентирование	200
5. Центрирование подземной сети	208
6. Вертикальная соединительная съемка	210
Список литературы	212

Глава XI

Съемка подземных горных выработок (С. А. Филатов). 213

1. Общие положения	213
2. Построение подземных маркшейдерских опорных сетей	215
3. Построение высотных подземных маркшейдерских опорных сетей	228
4. Съёмочные сети	231
5. Съёмочные работы	234
Список литературы	238

Глава XII. 239

Маркшейдерские работы при строительстве, реконструкции и подготовке новых горизонтов шахт (Я. И. Добкин). 239

1. Маркшейдерские работы при строительстве зданий и сооружений шахтной поверхности	239
2. Маркшейдерские работы при сооружении вертикальных шахтных стволов	255
3. Маркшейдерские работы при проходке горизонтальных и наклонных горных выработок	268
4. Проведение выработок встречными забоями	269
Список литературы	274

Глава XIII. 275

Маркшейдерские работы при подходе к опасным зонам (Д. И. Добрица, Н. Н. Кацнельсон). 275

1. Общие положения	275
2. Расчет и построение зон, опасных по расчётам воды (барьерных и предохранительных целиков), на угольных и сланцевых месторождениях	279
3. Примерное содержание проектов по установлению границ зон, опасных по прорывам воды	283
Список литературы	284

Глава XIV. 285

Теория погрешностей и уравнивательные вычисления (Б. И. Никифоров) 285

1. Основные положения	285
2. Оценка точности (теория погрешностей)	289
3. Уравнивательные вычисления	308
4. Уравнивание триангуляции	318
5. Уравнивание трилатерации	321
6. Уравнивание полигонометрии	329
7. Уравнивание нивелировок	336
Список литературы	338

Глава XV. 339

Способы маркшейдерских вычислений (И. И. Финаревский, З. Д. Низгурецкий). 339

1. Действия с приближенными числами	339
2. Настольные счетные машины	341
3. Электронные цифровые вычислительные машины с программным управлением	345
4. Приборы и приспособления для вспомогательных маркшейдерских вычислений	353
Список литературы	306

Глава XVI. 357

Горная графическая документация (С. А. Филатов). 357

1. Основные определения и классификация чертежей горной графической документации	357
2. Масштабы и разграфка чертежей горной графической документации	357
3. Оформление планшетов горной графической документации	359
4. Основные правила составления чертежей	359
5. Картографические материалы и требования к ним	362
6. Состав и содержание чертежей	362
Список литературы	367

Глава XVII. 368

Изготовление и размножение чертежей горной графической документации (Д. С. Михалевич). 368

1. Чертежные материалы для горной графической документации	368
2. Чертежные работы на синтетической пленке	371
3. Хранение чертежей на пластике	374
4. Средства механизации графических работ	374
5. Способы, аппаратура и материалы для размножения чертежей горной графической документации	376
Список литературы	381

Глава XVIII. 382

Учет, состояние и движение запасов твердых полезных ископаемых в недрах (М. Я. Глейзер). 382

1. Подсчет запасов полезных ископаемых 382
2. Классификация запасов полезных ископаемых по степени их подготовленности к выемке 385
- Список литературы 385

Глава XIX. 386

Учет, определение размеров, нормирование и экономическая оценка последствий потерь П, разубоживания Р и извлечения И полезных ископаемых при их добыче (М. Я. Глейзер). 386

1. Основные положения учета потерь и разубоживания полезных ископаемых 386
2. Классификация фактических П, Р и И полезных ископаемых 387
3. Методы определения величин П и Р полезных ископаемых 389
4. Методы нормирования величин П и Р полезных ископаемых 390
5. Экономическая оценка влияния П и Р полезных ископаемых на экономику предприятия, отрасли и народного хозяйства 392
- Список литературы 397

Глава XX. 398

Маркшейдерский контроль оперативного учета добычи полезных ископаемых (Е. Я. Лабутин). 398

1. Общие сведения 398
2. Определение объема полезного ископаемого в штабелях (отвалах) и бункерах 401
3. Определение плотности полезного ископаемого в штабелях (отвалах) 404
4. Определение объема выемки полезного ископаемого при подземной разработке 406
5. Определение объема выемки на разрезах 406
- ^
- Определение плотности полезных ископаемых в массиве 407
- Список литературы 412

Глава XXI. 413

Горно-геометрические задачи. Методика эксплуатационной геометризации месторождений полезных ископаемых (Я. Я. Ушаков). 413

1. Плоскостные формы залегания 413
2. Складки 417
3. Разрывные структуры — дизъюнктивы 420
4. Трещиноватость массива горных пород 424
5. Горно-геометрические графики. Построение скрытых и условных топографических поверхностей 427
- Список литературы 429

Глава XXII. 430'

Сдвигание горных пород, защита зданий, сооружений и природных объектов (Я. А. Петухов). 430

1. Схема процесса сдвигания пород и основные термины 430
2. Методика расчета сдвижений и деформаций земной поверхности 434
3. Допустимые условия подработки зданий и сооружений 448
4. Условия выемки угля под водными объектами 454
5. Меры охраны сооружений и природных объектов 456
6. Правила построения предохранительных целиков 459
7. Наблюдения за сдвижением горных пород при подземной разработке 468
- Список литературы 472

Глава XXIII. 473

Маркшейдерские работы по обеспечению устойчивости бортов разрезов (Г. Л. Фисенко). 473

1. Общие сведения о деформациях и устойчивости бортов разрезов, откосов уступов и отвалов 478
2. Методы расчета углов наклона бортов разрезов и параметров откосов отвалов 475
3. Определение расчетных характеристик сопротивления сдвигу горных пород в массиве 481
4. Маркшейдерские наблюдения за деформациями бортов разрезов, откосов уступов и отвалов 484
5. Установление характера оползней по результатам маркшейдерских наблюдений 489
6. Мероприятия по предотвращению недопустимых деформаций 491
- Список литературы 492

Глава XXIV. 413

Основы управления проявлениями горного давления (С. Т. Кузнецов) 493

1. Общие сведения 493
2. Понятие о характеристиках крепей и режимах взаимодействия их с породами 500
3. Управление проявлениями горного давления в капитальных и подготовительных выработках 502
4. Управление кровлей в очистных выработках 505
5. Понятие о горных ударах и меры борьбы с ними 506
- Список литературы 508

Глава XXV.	509	Глава XXVI.	547
Планирование горных работ (Морозов А. И.).	509	Организация маркшейдерских работ на горных предприятиях и нормативные документы (Н. И. Стенин)	547
1. Значение плана и виды планирования горных работ	509	1. Структура маркшейдерской службы в СССР	547
2. Задачи и основные этапы планирования горных работ	510	2. Техническое нормирование маркшейдерских работ	549
3. Задачи маркшейдера при составлении плана развития горных работ	511	3. Особенности и основные принципы организации маркшейдерских работ	550
4. Исходные данные для составления плана развития горных работ	511	4. Основные положения планирования маркшейдерских работ	551
5. Определение расчетных величин плана развития горных работ при подземном и открытом способах разработки	512	5. Инструкции и положения по маркшейдерскому делу	554
6. Планирование эксплуатационных потерь полезного ископаемого	521		
7. Методика составления плана развития горных работ и плана добычи	522	Глава XXVII.	558
8. Документация при планировании развития горных работ и контроль выполнения плана	546	Таблицы и постоянные величины	558
		Предметный указатель	566

ИБ № 3103

Справочник по маркшейдерскому делу

Редакторы издательства:

Т. И. Королева, Л. И. Елагин

Переплет художника Н. Ф. Зыкова

Художественный редактор О. Н. Зайцева

Технические редакторы Н. В. Жикова,

А. Е. Матвеева

Корректоры И. Н. Таранева,

Г. В. Спиридонова

Сдано в набор 11.12.78. Подписано в печать 13.08.79, Т-14557. Формат 70X90¹/₁₆. Бумага типогр. № 1. Гарнитура литер. Печать высокая. Печ. л. 36,0. Усл. печ. л. 42,12. Уч.-изд. л. 52,82. Тираж 10 600 экз. Заказ 1211/7582-9. Цена 3 р. 30 к.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19

Ленинградская типография № 6 Ленинградского производственного объединения «Техническая книга» Союзполиграфпрома Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 193144, Ленинград, С-144, ул. Моисеенко, 10