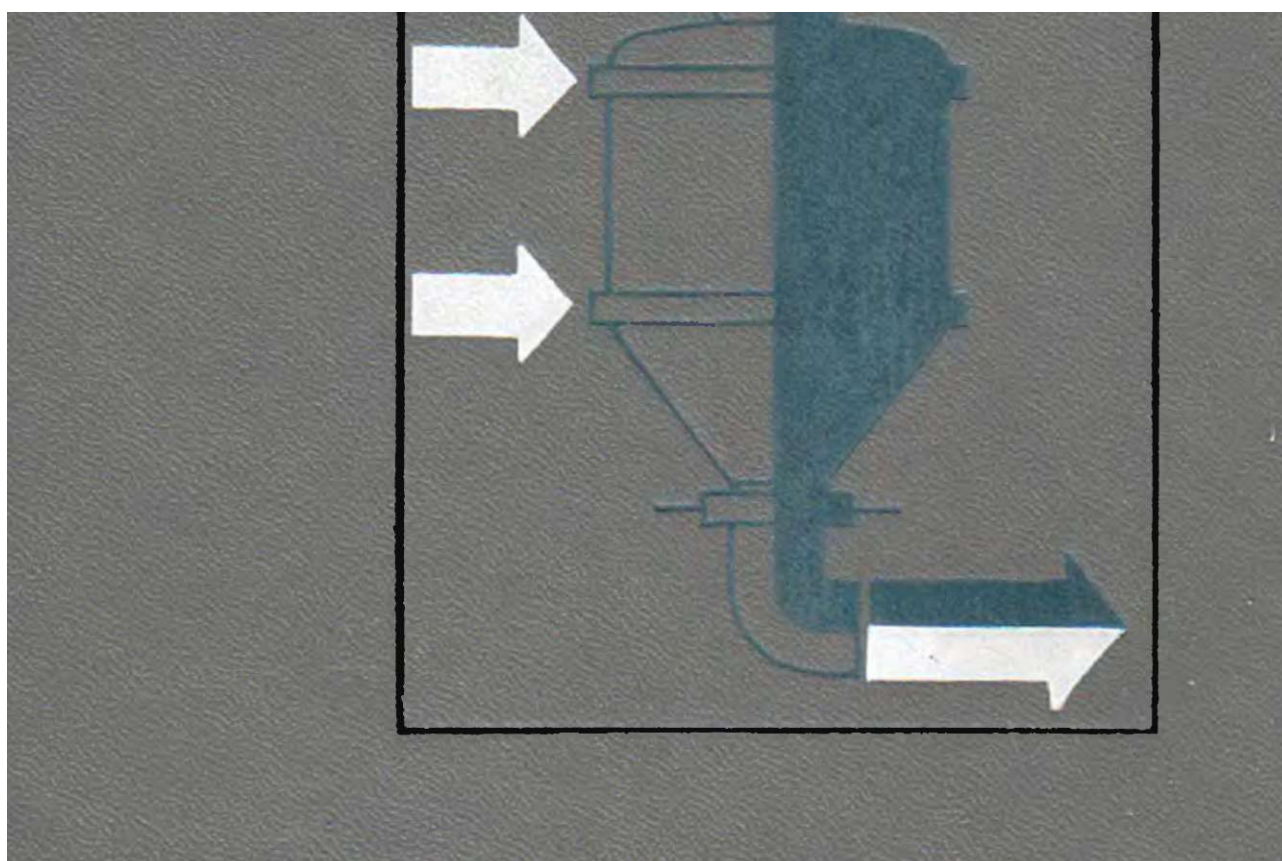


В. И. Емекеев

•

механизация взрывных работ в горной промышленности



В. И. Емекеев

Механизация
взрывных работ
в горной
промышленности



Москва «Недра» 1976

Емекеев В. П. Механизация взрывных работ в горной промышленности. М., «Недра», 1970, 182 с.

В книге приведена классификация методов и средств механизации заряжания взрывных пород горными промышленными взрывчатыми веществами. Даны рекомендации по конструированию и эксплуатации безопасных зарядных устройств. Изложены основы теории и методы расчета зарядных устройств для патронированных, россыпных и пластичных ГШ, которые позволят определить диаметры зарядных трубопроводов и шлангов, скорости пневмотранспортирования ВВ в зависимости от диаметра зарядной полости и необходимой плотности заряжания.

В книге даются современные конструкции средств механизированного заряжания и принципы комплексной механизации взрывных работ на подземных горных работах и карьерах. Большое внимание уделено методам борьбы с проявлением статического электричества. Изложены показатели технико-экономической эффективности механизации взрывных работ.

Книга предназначена для широкого круга инженерно-технических работников горных предприятий, проектно-конструкторских и научно-исследовательских институтов и может быть полезной студентам горных вузов и факультетов.

Табл. 18, ил. 90, список лит. — 41 назв.

МИГ.ДМШК

И в последнее время более 70% полезных ископаемых добывают с применением взрывных работ. От качества горного массива взрывом зависит эффективность миграции добычи и переработки полезного ископаемого (погрузка, транспорт, обогащение и др.). Трудоемкость работ и их стоимость повышаются с увеличением полезного ископаемого и вмещающих пород. Значительная часть общей стоимости буровзрывных работ приходится на заполнение взрывной полости взрывчатым веществом.

Многие промышленные заряды являются одним из путей повышения эффективности при выполнении работ, особенно при комплексной механизации взрывных работ. И настоящее время известны более 10 типов устройств для механизированного заряжения и неапатрированных 13В.

Инициация зарядов взрывных полостей пагони-
 рмшлМни ПП имеет следующие преимущества перед заряданием
 вручную:

Д) тiвiеi чиеген i руд взрышпикон; 2) улучшаются еапитарно-ги-
I ипигим кие услонин труда нарывников; Л) повышается плотность
умшднн широком ПИ. Кслн при заряджании вручную плотность
• I рц .idiuillii inn\ |мi п сКнажнн составляет 0,5—0,85 г/см^а, то при
Mi»и и нI н рп н н ш им аи рижан н и плотность повышается до 1,24 г/см³.
< (и/ютиеjii.tiM, н идиом и гом лее объеме взрывной полости можно
помогши. Ё»1 |ц»» количество ПП, что позволяет заменить мощ-
Шм| (о юрт lie ЛП на более дешевое, или сократить число шпу-
ром (|«ШUНии) пи Нifmii, г. е. снизить затраты на бурение; 4) по-
пышней и проц lПодн|ели.imiii. труда нарывника в 2—4 раза в
UlihiH iimih I и «и книг трукции применяемого зарядного устройства.

Мелкошпорошковое зарядное взрывных полостей непатронным ПП имеет ряд преимуществ перед механизированным патроном: 1) позволяет широко использовать более дешевые и рудодисперсные, гранулированные, плавленые и водонепроницаемые НВ. 2) отпускные цены непатронного ПП ниже, чем патронированных. 3) повышает производительность труда и сокращает время зарядки (по сравнению с патронированием в 5—10 раз), в результате чего снижается стоимость взрывных работ. 4) дает возможность получить сплошные и рассредоточенные заряды с переменной плотностью и даже с различными ВП по длине заряда, что позволяет применять более

совершенные схемы расположения зарядов. 5) вследствие отсутствия зазоров между стенками зарядной полости и ВВ увеличивается плотность заряжания.

Значительного повышения эффективности взрывных работ можно достичь также увеличением концентрации энергии в зарядной полости, которое может быть получено применением ВВ с большей теплотой взрыва и плотностью, например пластичных и водонанолпепных ВВ. Эти ВВ имеют ряд преимуществ перед другими взрывчатыми веществами:

1. Значительная плотность и подвижность, обеспечивающие высокие плотности заряжания.

2. Большая плотность заряда и высокое давление газообразных продуктов взрыва.

3. Высокая водоустойчивость и скорость детонации, позволяющие значительно повысить эффективность ведения взрывных работ в обводненных забоях и в крепких породах.

4. Высокая морозоустойчивость некоторых пластичных ВВ позволяет применять их при разработке месторождений полезных ископаемых, расположенных в зонах многолетней мерзлоты.

5. Большая безопасность в обращении вследствие низкой чувствительности к ударам, трепию, нагреванию и открытому огню» дающая возможность комплексно механизировать процесс заряжания ими взрывных полостей.

6. Нетоксичность многих марок указанных ВВ, а также благоприятные санитарно-гигиенические условия заряжания из-за отсутствия пыления.

7. При движении по зарядным магистралям не возбуждают возникновения статического электричества, что повышает безопасность их применения.

8. Сравнительно низкая стоимость.

Положительные качества этих ВВ особенно хорошо проявляются при механизированных способах заряжания. Поэтому вопросы механизации заряжания пластичных и водонаполненных ВВ приобретают в настоящее время все большее значение. Для эффективного внедрения механизации взрывных работ в практику необходимо комплексное решение вопросов безопасности, конструкций механизмов для заряжания и эксплуатации их.

В данной книге изложены результаты многолетних исследований, выполненных автором или под руководством автора.

Гл. I написана В. И. Емекеевым и В. В. Сергеевым, гл. II — В. И. Емекеевым, гл. III — В. И. Емекеевым и К. С. Черновым, главы IV—VII — В. И. Емекеевым и П. 10. Шелеховым, гл. VIII § 30 В. И. Емекеевым, Г. Л. Гапичевым, § 31 — В. И. Емекеевым, Г. А. Ганичевым, Ю. П. Кудашовым, § 32 — В. И. Емекеевым, В. В. Сергеевым, § 33 — В. И. Емекеевым, Ю. П. Кудашовым, гл. IX — В. И. Емекеевым, Г. А. Гапичевым, В. В. Сергеевым, гл. X — В. И. Емекеевым, В. В. Сергеевым.

Автор выражает глубокую благодарность рецензентам проф.

д-ру г-му М. наук Г. П. Демидюку и канд. техн. наук Л. Н. Бу-
Г-му кому аа ценные замечания по рукописи при ее подготовке
И ш-цти, а также сотрудникам Тырныаузской опытно-методиче-
Г-ни партии ЦП ИГРИ Н. Т. Селезеву, И. П. Белкину, И. А. Во-
ришвиу, И. Л. Левченко, принимавшим участие в подготовке
материала рукописи, а также в проведении опытных работ.

Глава I

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ЗАРЯДЧИКОВ И СРЕДСТВА КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Для заряжания шнуров и скважин взрывчатыми веществами в настоящее время проходят промышленные испытания или находятся в постоянном применении зарядчики около 100 типов.

Зарядчики, предназначенные для заряжания взрывных полостей в подземных условиях, можно подразделить, в зависимости от способа доставки ВВ во взрывную полость, на механические (штанговые, бесштанговые и оболочковые) и пневматические (бросающего типа и нагнетательные). Зарядчики механические и пневматические бросающего типа в основном предназначены для заряжания взрывных полостей патронированными ВВ. Однако наиболее эффективным является механизированное беспатронное заряжание взрывных полостей пневматическими зарядчиками нагнетательного действия.

Эти зарядчики подразделяются на эжекторные, барабанные, шнековые, поршневые и камерные. Кроме того, часто применяют комбинированные зарядчики, например эжекторно-камерные, эжекторно-шнековые и др.

Рассмотренные в данной главе зарядные устройства испытаны и допущены Госгортехнадзором СССР для широких промышленных испытаний или к постоянному применению и выпускаются отечественной промышленностью.

Основным назначением зарядных устройств, приведенных в настоящей главе, является заряжание взрывных полостей гранулированными ВВ.

§ 1. ЭЖЕКТОРНЫЕ ЗАРЯДЧИКИ

Зарядчики типа «Курама» широко применяются на Лениногорском, Дзержинском, Ачисайском и других горных предприятиях цветной металлургии. В настоящее время зарядчики «Курама-7м», «Курама-8» выпускаются серийно, их изготавливают из легких некорродирующих материалов.

Зарядчик «Курама-7м» (рис. 1) предназначен для заряжания горизонтальных и наклонных шнуров глубиной до 3 м, диаметром

и. 10 мм; парлджик «Курама-8» (рис. 2) — вертикальных шпуров» Наинной до 1 м и диаметром до 46 мм. Его зарядная трубка и имитиор мнм-цчч с вертикальной осью бункера.

Прои ишднтгглюсть зарядчиков зависит от давления воздуха, (Ним и динмтра зарядной трубки, сыпучести БВ, а также «юн» Грукции эжекторного узла. Зарядчик обслуживается одним рмЛпчмм. Время зарядания одного шпура составляет несколько

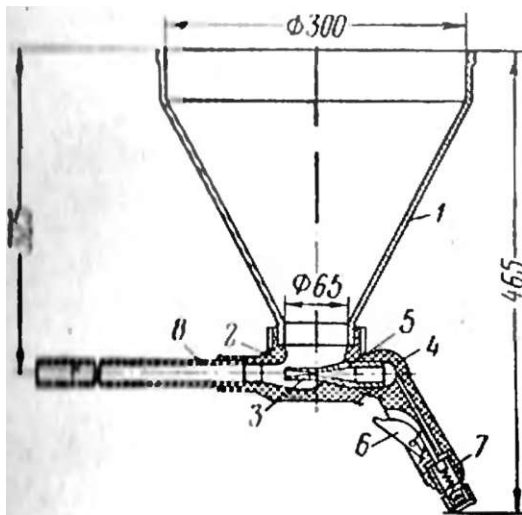


Рис. 1. Вертикальный зарядчик «Курама-7м»

ОуиМ 1, * — эжекторная головка с диффузором; 1 — сопло; 2 — ожектора; 4 — ручка; рм'ин НКЛКК-ЛННН воздуха; 6 — воздушный шланг; 1 — корпус воздушного клапана; 1, Л шланг труба

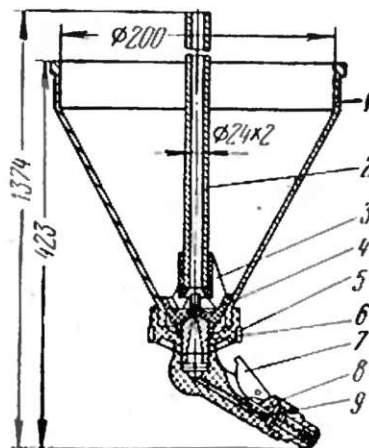


Рис. 2. Эжекторный зарядчик «Курама-8»:

1 — бункер; 2 — зарядная труба; 3 — стойка; 4 — соединительная втулка; 5 — дно; 6 — сопло; 7 — рычаг клапана; 8 — корпус клапана с пружиной и шариком; 9 — игла

« нмупд. Плотность зарядания достигает 1,15 г/см⁸, это на 30—50 % шлиц*, чем при ручном зарядании патронированными БВ.

Техническая характеристика эжекторных зарядчиков

	«Курама-7м»	«Курама-8»
Объем бункера, кг	8	8
Плотность сжатого воздуха, кгс/см ²	5—7	5—7
Производительность, кг/мин	До 15	До 12
Масса зарядчика, кг	2,2	2,5

Институтом ВПИИцветмет разработана модификация зарядчика 111-7 типа «Курама» с винтовыми направляющими в эжекторной винтовой камере. Этот зарядчик широко применяют на многих предприятиях СССР.

И. КЛМКРМЫ: НАРЯДЧИКИ

Нарядчик «Вахш-Г» (ЗНП-5) предназначен для зарядания гранул и шпуров и скважин любого направления. Он может промпорттировать БВ по пневмомагистрали на расстояние

до 60 м в горизонтальном направлении и до 40 м в вертикальном.

Зарядчик «Вахш-5» (рис. 3) состоит из герметичного металлического бункера 1, загрузочной воронки 2 с конусным затвором.?,

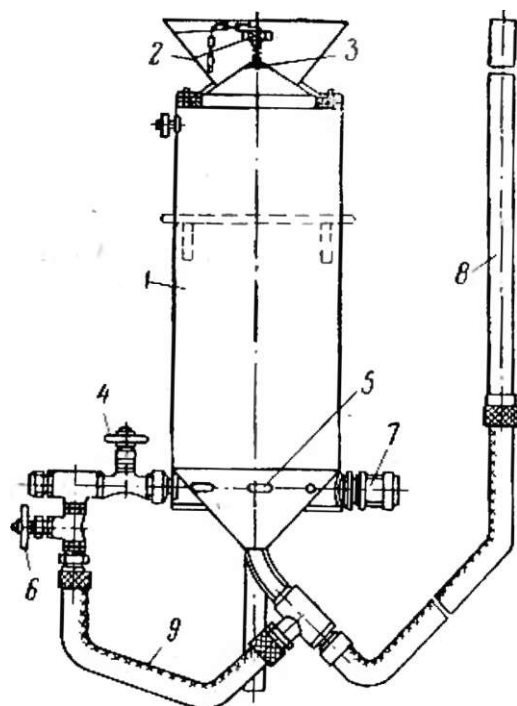


Рис. 3. Нагнетательный зарядчик «Вахш-5»

кранов включения 4, воздушных сопел 5у регулятора давления 7 и зарядного шланга 8 с зарядной трубкой. Кроме того, имеется кран и шланг 9 дополнительной подачи воздуха в зарядный шланг. Зарядчик выпускается серийно.

В конструктивном отношении и по принципу действия к зарядчику «Вахш-5» близок зарядчик ПЗЖ (рис. 4) конструкции ИГД им. А. А. Скочипского. Он оборудован дистанционным управлением для заряжания скважин с расстояния до 75 м от забоя.

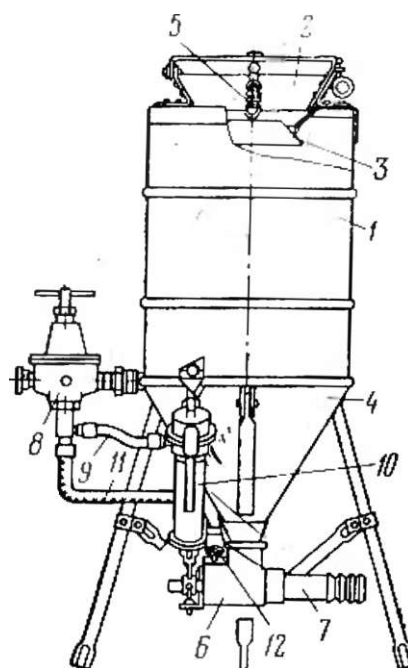


Рис. 4. Нагнетательный зарядчик ПЗЖ:

1 — бункер; 2 — загрузочная воронка; 3 — запорный конус; 4 — конусная часть бункера; 5 — крепление запорного конуса; 6 — кап пробкового типа; 7 — патрубок под зарядный шланг; 8 — регулятор давления; 9 — шланг подачи воздуха в механизм дистанционного управления; 10 — механизм дистанционного управления; 11 — шланг подвода сжатого воздуха в кап; 12 — вентиль для продувки зарядного шланга

Техническая характеристика камерных зарядчиков

	«Вахш-5»	ПЗЖ
Емкость бункера, кг.	25	28
Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см ² .	3,5—4,0	2
Производительность, кг/мин.	40—120	45
Глубина заряжания, м:		
шпуров	Д> 15	До 10
скважин	До 50	—

Дннмф тулнх Млх, мм:		
пнуром	До 56	До 65
I книжки	56—105	—
<родни иинтмен, заряджания, г/см ³	До 1,15	До 1,15
помпы" рнзмрм, мм:		
inj< win	1000	850
ММКр	260	260
INI hi mi шри/сшкл, кг	20	13
i Mн луп'пиамний нрсопал, чел	3	1—2
< iniMiiirii, yII	85	—

lwMikpniil\ зарядчик КЗВВ и камерный насос КНВВ конструкции Гипроникглл предназначены для заряджания полного веера миры it 1l)•ч гкнижип и представляют собой цилиндрическую камеру, **имеющую** плоское днище с трубками подвода сжатого воздуха М вращающимся на налу гребковым аэратором. Для обеспечения гнрмегичности сверху камера снабжена шаровым затвором и за- I pviin'iinii поронкой. Внутри по центру камеры над гребками установлена разгрузочная труба с оканчивающейся снизу воронкой и мьм»ДПЩей через верхнюю стенку камеры наружу. Снаружи на рапн руаочной трубе установлены клапан-отсекатель с коробкой ниддунн воздуха в магистраль и полиэтиленовый прозрачный от- Н> ГП трубопровода для контроля концентрации транспортируемой iMiiii. Корпус камеры насоса КЗВВ изготовлен из алюминии- •МI к I плана, что позволяет переносить его на небольшие расстоя- нии вручную. Зарядчик и насос установлены на колесно-рельсоом Годиком механизме.

||<ч||цчскаа характеристика зарядчика КЗВВ и насоса КНВВ

	Зарядчик	Насос
1 мши п. каморы, кг	110	110
ГиОочоо длллонно сжатого шмдуха, кгс/см ²	До 6	До 4
1 tM H; 1 подите льность, кг/мин	До 100	До 100
Дмамптр заряджаемых сква- жин, мм	До 105	До 105
Мну гршший диаметр шлан- П», мм	40	40
1 IjituHM п. аарижания, г/см ³	1,1	1,1
Днлмшгп. тринсиортмрова- нин, м:		
но горизонтали	300	200
ни игргнкали	160	80
Ut помимо размеры, мм	1500 X 1100 X X 1250	850 X 650 X 1200
Мни л Im I>уiуссра, кг	550	120
1 Юслужниакнцнн норсоиал, чигI	2	2

Нн ряде горим\ предприятий нашей страны применяют пор- ННонную зарядчики 311, выпускаемые рсмонтно-механической ба- НМ .Поипноюрскок) полиметаллического комбината. Зарядчики III рн ipnOoraiiM Казахским политехническим институтом (КазПТИ)

Принцип работы зарядчика ЗП-1 (рис. 5) заключается в следующем. ВВ засыпается в бункер и через загрузочное отверстие попадает в дозирующую камеру, состоящую из цилиндра и конуса.

[illegible]

Рис. 5. Порционный зарядчик ЗП-1 и ЗП-2:

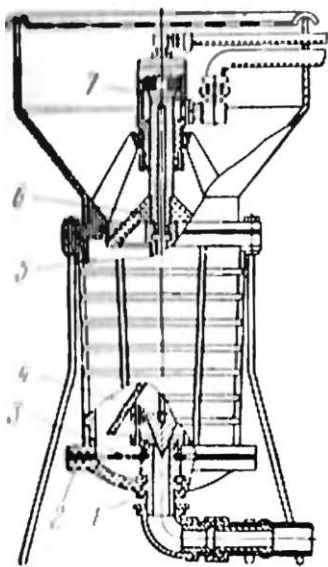
1 — пневмоцилиндр; —
стойка; 3 — бункер; 4 —
иоршеи; 5 — уплот!стельно
нос кольцо; G — пружина;
7 — запорный клапан; 8 —
гайка-разделитель; и — ци
линдрическая часть дозиру
ющей камеры; 10 — кониче
ская часть дозирующей ка
меры; 11 — золотниковые
отверстия; 12 — отверстие;
13 — отверстие запорного
клапана; 11 — зарядный
шланг; 15 — удлинительная
трубка; jв — аэрирующая
насадка

нусной части камеры образуются пробки и материал налипает на стенки цилиндрической части. Нормальный режим заряжания нарушается.

По этой причине в моделях ЗП-5, ЗГ1-12 и ЗП-25 принята подача сжатого воздуха под материал через аэрационное днище 3 (рис. 6). Эти зарядчики оборудованы нижней выгрузкой гранулированного материала через патрубок 1. Подаэрационное пространство между поддоном 2 и аэрационным днищем 3 соединено гибким шлангом со штоковой полостью пневмоцилиндра слу-

приводом напорного клапана 6. Над аэрационным днищем (ни положен защитный конус 4, обеспечивающий равномерный по-
лон шперицли на дозирующей камеры 5 на днище. Техническая
цмрактернпнка зарядчиков ЗП приведена в табл. 1.

Порционный зарядчик ЗП-Тсмн (рис. 7) состоит из зарядчика
Ш|| | I приемным бункером 1, доставочного трубопровода 2,
Приомрана /5, зарядного трубопровода 26, крана управления,
имМI пит I рубки 25, сирены 27 с фильтром 28. Питатель зарядчика



Гие, •). Лпрядчик порционный
гмин жми ими

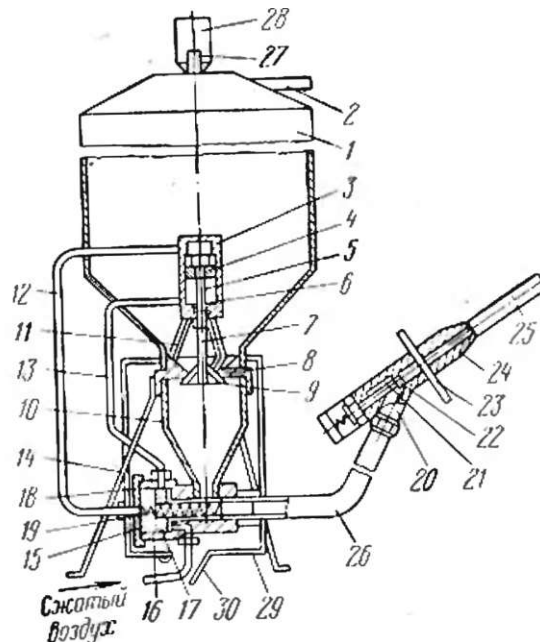


Рис. 7. Порционный зарядчик ЗП-Тсмн с
дистанционным управлеписм

«ОI I пит из нневмоцилиндра 3, поршня 4, пустотелого штока 5
г отверстиями 6 для подвода сжатого воздуха, отверстиями?»
д in сброса сжатого воздуха из питателя, запорного корпуса 8
Имкрепленного на штоке 5 гайкой 9, порционного питателя 10,
i тики //, треног 14 и шланга 12. К корпусу питателя подклю-
нен <ернокрап !Г>, состоящий из корпуса 16, поршня 17, крышки 18
к пружины 19. Сжатый воздух от сервокрана подается пневмоци-
I пи пружины 3 по шлангам 12, 13. ВВ транспортируется по шлангу 31,
на конце которого укреплен кран управления, состоящий из кор-
пу| а 20, штока 2!, клапана 22, щитка 23, штуцера 24 с зарядной
Iробкой 2Г), подвижной ручки и пружины.

Порционных питатель с сервокраном закрыт кожухом 29,
м котором имеется люк* с крышкой 30. ВВ загружают пневмотранс-
портом в бункер / через доставочный трубопровод 2, после чего
ИФ Iключается шланг подачи сжатого воздуха. При закрытом кране
управления 20 поршень 17 сервокрана 15 находится в крайнем
краном положении, запорный конус 8 опущен и ВВ из бункера 1
НI н i.пiаеісіі в емкость питателя 10. Открывая кран управления 20>

Т а б л и ц а 1

Показатели	ЗП-1	ЗП-2	ЗП-5	ЗП-12	ЗП-2 Г
Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см ²	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
Производительность, кг/мин	15—30	20—50	50—70	120—150	130—170
Диаметр заряжаемых шнуров и скважин, мм . . .	32-50	56	75	105	120-150
Глубина шнуров и скважин, м » * «	5	25	35	40	40
Диаметр зарядного шланга, мм	10	25	32	50	50—05
Дальность транспортирования, м	—	До 30	До 50	До 70	До 70
Плотность заряда, г/см ³	До 1,2	До 1,2	До 1,2	До 1,2	До 1,2
Емкость приемного бункера, л	—	40	40	60	60
Диаметр приемного бункера, мм	570	570	570	570	570
Основные размеры, мм:					
высота	810	—	—	—	—
ширина (диаметр) . .	262	—	—	—	—
Масса поршня, кг	0,7—2	0,5—2	5	12	25
Масса нарядчика, кг . . .	17	15	19	30	38

поршень 17 сервокрана 15 перемещается в крайнее правое положение, открывая доступ сжатому воздуху в нижнюю полость пневмоцилиндра 3, после чего запорный корпус 8 поднимается, отсекая порцию ВВ в питателе. Сжатый воздух через отверстие 6 в штоке 5 поступает в питатель и подает ВВ по зарядному трубопроводу через кран 20. После выхода порции ВВ кран управления 20 закрывается, поршень 17 перемещается в крайнее правое положение и перекрывает выходное отверстие порционного питателя 10, прекращая доступ сжатого воздуха в нижнюю полость пневмоцилиндра 3. Запорный конус после сброса остаточного воздуха через отверстие 7 открывает загрузочное окно питателя 10, в которое поступает следующая порция ВВ и т. д.

Емкость приемного бункера 1 пневмозарядного агрегата до 200 кг, расстояние дистанционного управления 50—200 м.

Зарядно-доставочная установка ЗДУ, сконструированная Каз ПТИ, предназначена для заряжания полного веера скважин (глубиной до 60 м) игданитами и гранулитами. Установка смонтирована на колесно-рельсовом ходовом механизме (рис. 8) и состоит из бункера 1, снабженного воронкой 2 с сеткой и герметически закрывающейся крышкой 3 с помощью рычага 4 по принципу обратного клапана. В нижней части бункера расположена камера направленной аэрации, состоящая из решетки 5 с отверстиями диаметром 0,8—4,0 мм, через которые из пневмомагистрали в по коллектору 7 подается сжатый воздух для образования взвеси ВВ перед нагнетательным патрубком 8 диаметром 50 мм для за-

И* И ит Иог* И шланга 9. Установка оборудована пультом управления, на котором смонтированы манометр 10, клапан предельного давления 11, кран подачи сжатого воздуха в бункер 12, в камеру направленной аэрации, кран 13 продувки шлангов и кран 14 при утилизации и сброса избыточного давления воздуха в бункера, в ИМ(М) комплектом гибких шлангов (резинотканевых и полиэтиленовых диаметром 20—40 мм) для пневмозарядной магистрали и линии дистанционного управления с телефонной связью.

Установку монтируют на раме шахтного люка и вместе с вагонеткой, наполненной мешками ВВ, доставляют по откаточному горизонту к месту зарядания. Длина доставки до 300 м по горизонтали и до 100 м по вертикали. Обслуживают установку четыре человека: оператор, грузчик, зарядящий и его помощник. Опыт эксплуатации этих установок показал, что с их помощью можно повысить производительности труда на доставке ВВ и зарядании скважин и камер в 4—8 раз по сравнению с доставкой и заряданием вручную.

Установки ЗДУ-50, ЗДУ-100, ЗДУ-150 выпускаются Ленинградским полиметаллическим комбинатом и Алма-Атинским заводом котельно-вспомогательного оборудования.

На некоторых рудниках используют установки ЗДУ в комплексе с зарядчиками, когда с помощью установки доставляют ВВ к месту зарядания, а зарядчиками заряжают шпуровые скважины.

Техническая характеристика установок ЗДУ приведена в таблице 2.

Таблица 2

Наименование	ЗДУ-50	ЗДУ-100	ЗДУ-150
Объем камеры, л	250	250-500	500
Максимальное давление сжатого воздуха, кгс/см ²	1,5-3,5	3,5	4-6
Производительность, кг/мин	50	100	150
Диаметр заряжаемых скважин, мм	До 70	До 105	До 125
Диаметр зарядной трубки, мм	25	38	52
Максимальная масса заряда, кг/см ³	До 1,10	До 1,15	До 1,15
Габаритные размеры, мм . . .	1300 X 870 X 1400	-	1300 X 1105 X 1505
Масса в комплекте с рамой, кг	427	-	593

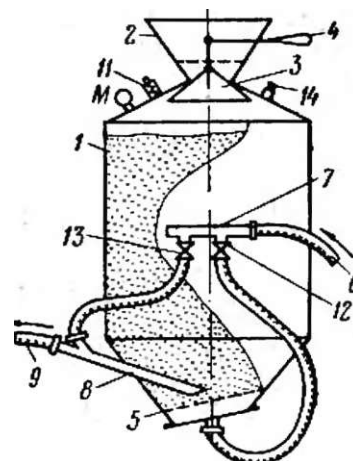


Рис. 8. Схема зарядно-доставочной установки ЗДУ-50

Зарядчик ПЗЛ (рис. 9) эжекторно-камерного типа выпускается ремонтно-механической базой Лениногорского комбината. Зарядчик ПЗЛ имеет дистанционное управление и эжекторный узел

A-A

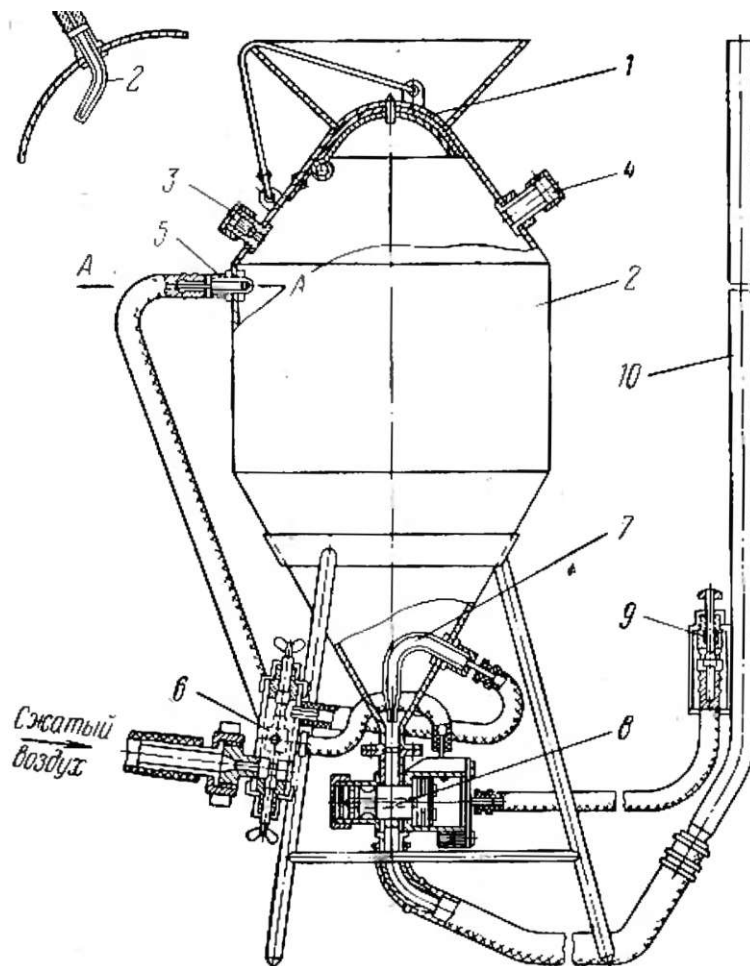


Рис. 9. Эжекторно-нагнетательный зарядчик ПЗЛ («Вахш-5м»):

1 — разгрузочная воронка с обратным сферическим клапаном; 2 — бункер; 3 — предохранительный клапан; 4 — клапан сброса остаточного воздуха; 5 — штуцер; 6 — воз-
духораспределитель; 7 — эжектор; 8 — запорное устройство; 9 — кнопка дистанцион-
ного управления; 10 — нарядный шланг с трубкой

и применяется па ряде рудников при зарядании гранулитами глубоких скважин.

Техническая характеристика зарядчика ПЗЛ

	I типоразмер	II типоразмер
Емкость камеры, л	25	40
Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см ²	1,5—5,5	5,0
Производительность, кг/мин.	15—100	До 160
Диаметр выходного патрубка, мм	35	35
Диаметр заряжаемых шпуров и скважин, мм	До 105	До 145

IV\ ilium айрнжани, м	До 5	До 50
11 in\ ik\ 11. прижлнии, г/см ³	1,1—1,15	1,1—1,15
1/1 il\ ik\ ii. грлжпортирования, м	До 200	До 350
Mm HI нарядчика, кг	12	60

h IM I тик гну камерных зарядчиков следует отметить отсутствие нрмШ1||||Ц\н частей, маневренность, простоту устройства и управ-
H ipiniHi и также сравнительно небольшие размеры.

Иедо< I а их п — наличие емкостей, находящихся под избыточ-
ным давлением при зарядании, цикличность процесса зарядания
и Как следствие, невысокая производительность, а также отсут-
• tline управления режимом зарядания.

Наиболее вероятная область их применения — для зарядания
НМ урои и очистных и проходческих забоях, где суммарный вес
МП ив iipri.ui не превышает емкости зарядчика.

I I, IUTAlAlUll.IK И РОТОРНЫЕ ЗАРЯДЧИКИ

Мм рядчики данного типа применяются на многих горных пред-
П |iivтин.х 1h>щщгвами этих зарядчиков являются непрерыв-
мш п. процесса загрузки ВВ во время зарядания, более высокая
производительность по сра-
внению г камерными заряд-
чиками, возможность регу-
лирования концентрации ВВ
И трубопроводе, достаточная
Манивирепогть при заряжа-
нии.

Недостатком этих заряд-
'1иМои мплетсн наличие вра-
мшощ.....!я барабана, пони-
||ц||о||Ц*1 о безопасность заряд-
ишь ов, в также малый срок
I lum.fn.i нары цилиндр — ба-
рина п. Мри выходе из строя
!• i|| при паносе ее возникает
неоГнодимо< 11. замены всего
\ I in.

.V пн версальная зарядно-
|oi ппешан установка ОЗУ-1

(УИДМ I), сконструированная институтом НИПИГормаш, в на-
I Iнищее время применяется на подземных рудниках при заряжа-
нии полного веера скважин игдапитом по рудным массивам с ко-
эффициентом крепости 7 -f- 8 по шкале проф. М. М. Протодряко-
III;VII .

Установка СЗУ-1 (рис. 10) предназначена для изготовления
М1 (винты п зарядания им скважиц, но наличие в этой установке
Опии с паюсом и устройства для впрыскивания дизельного топ-
лива поаволяют использовать ее для зарядания зерногранулитом,

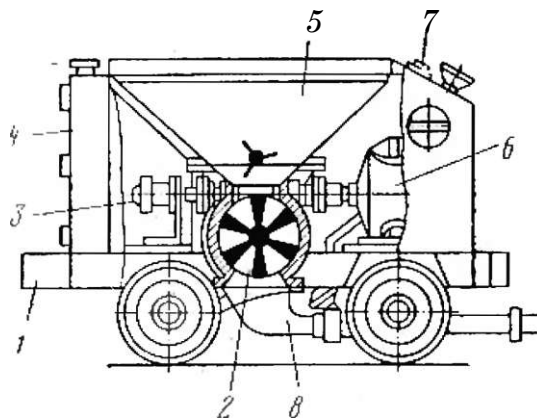


Рис. 10. Сместительно-зарядная установка СЗУ-1 (УЗДМ-1):

1 — платформа шахтной вагонетки; 2 — барабанный питатель; 3 — насос Г12-22А, 4 — бак дизельного топлива; 5 — бункер; 6 — пневмодвигатель ДР-5; 7 — пульт управления; 8 — разгрузочная камера

Зарядчик ПЗЛ (рис. 9) эжекторно-камерного типа выпускается ремонтно-механической базой Леипогорского комбината. Зарядчик ПЗЛ имеет дистанционное управление и эжекторный узел

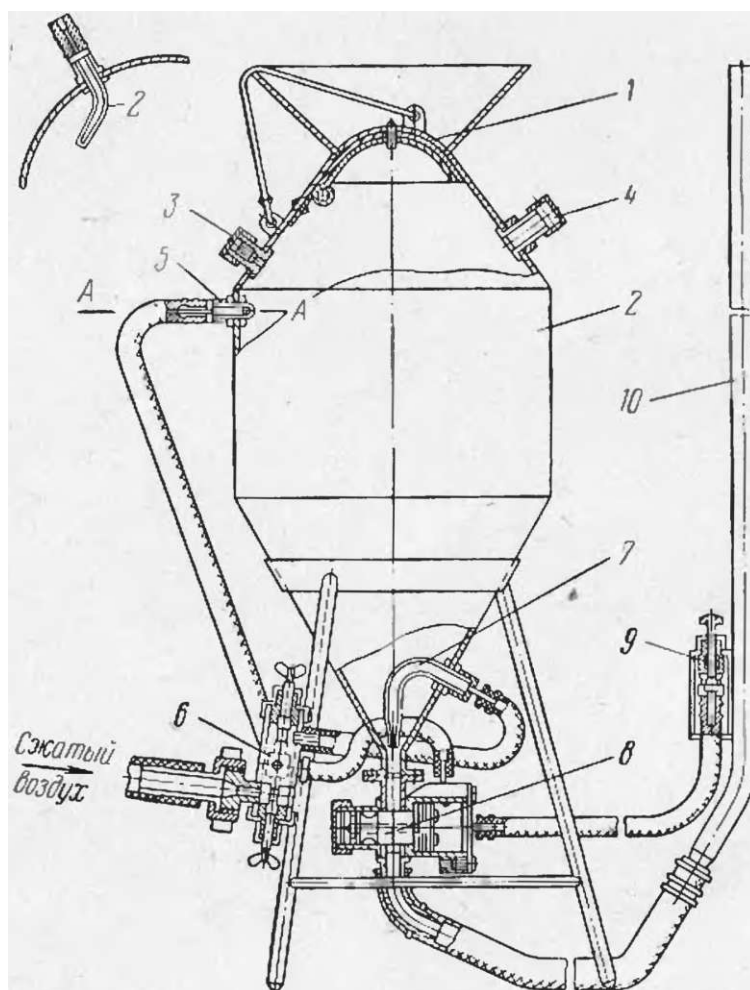


Рис. 9. Эжекторно-нагнетательный зарядчик ПЗЛ («Вахт-5м»):

1 — разгрузочная воронка с обратным сферическим клапаном; 2 — бункер; 3 — предохранительный клапан; 4 — клапан сброса остаточного воздуха; 5 — штуцер; 6 — воздухопоределитель; 7 — эжектор; 8 — запорное устройство; 9 — кнопка дистанционного управления; 10 — зарядный шланг с трубкой

и применяется на ряде рудников при зарядании гранулированными глубокими скважинами.

Техническая характеристика зарядчика ПЗЛ

	I типоразмер	II типоразмер
Емкость камеры, л	25	40
Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см ²	1,5—5,5	5,0
Производительность, кг/мин.	15—100	До 100
Диаметр выходного патрубка, мм	35	35
Диаметр заряжаемых шнуров и скважин, мм	До 105	До 145

Габаритная ширина, м	До 5	До 50
Плотность, г/см ³	1,1—1,15	1,1—1,15
Полная мощность, м	До 200	До 350
Классификация	12	60

В камерных зарядчиках следует отметить отсутствие подвижных частей, маневренность, простоту устройства и управления, в то же время — относительно небольшие размеры.

К недостаткам — наличие емкостей, находящихся под избыточным давлением при зарядании, цикличность процесса зарядания и в результате, невысокая производительность, а также отсутствие управления режимом зарядания.

В вероятной области их применения — для зарядания скважин в откосах и проходческих забоях, где суммарный вес зарядка не превышает емкости зарядчика.

0 1. ПАРАМЕТРЫ И РОТОРНЫЕ ЗАРЯДЧИКИ

Зарядчики данного типа применяются на многих горных предприятиях. Для зарядчиков этих зарядчиков являются непрерывно* «в процессе загрузки ВВ во время зарядания, более высокая эффективность по сравнению с камерными зарядчиками, возможность регулирования концентрации ВВ и в результате, достаточная маневренность при зарядании.

В конструкции этих зарядчиков является наличие вращающегося барабана, обеспечивающего безопасность зарядчиков, в то же время малый срок службы пары цилиндр — барабан. При выходе из строя пары при нанесении ее возникает необходимость замены всей пары.

Несмотря на то, что зарядно-насосная установка СЗУ-1

(УЗДМ 1), сконструированная институтом НИИ Горного, в настоящее время применяется на подземных рудниках при зарядании скважин. В скважинах издают по рудным массивам с коэффициентом прочности 78 по шкале проф. М. М. Протоцкого.

Насосная СЗУ-1 (рис. 10) предназначена для изготовления скважин и зарядания им скважин, но наличие в этой установке насоса и устройства для впрыскивания дизельного топлива позволяет использовать ее для зарядания зерногранулитом,

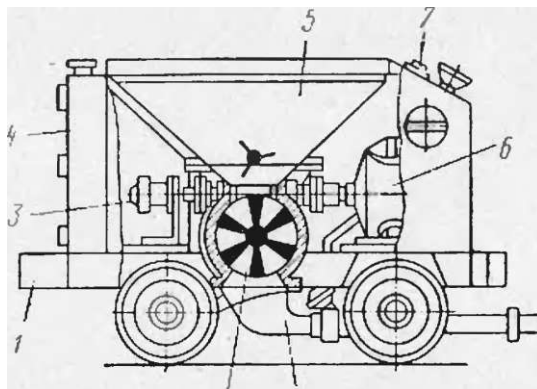


Рис. 10. Сместительно-зарядная установка СЗУ-1 (УЗДМ-1):

1 — платформа шахтной вагонетки, 2 — барабанный питатель; 3 — насос Г12-22А; 4 — бак дизельного топлива; 5 — бункер; 6 — пневмодвигатель ДР-Г; 7 — пульт управления; 8 — разгрузочная камера

граммоналом, гранулитам с введением в ВВ заводского изготовления 2-4-3% воды для пылеподавления и уменьшения электростатических параметров.

Установка смонтирована на платформе шахтной вагонетки. Ее рабочим органом является барабанный питатель секторного типа с горизонтальной осью вращения. Коническая форма секторных лопастей из антифрикционного материала обеспечивает плотное прижатие их (независимо от степени износа) к внутренней поверхности барабана питателя. Питатель вращается со скоростью 30-40 об/мин от пневмодвигателя ДР-5. Дизельное топливо насосом Г12-22А из бака подается в камеру, расположенную под питателем, где оно с помощью форсунки орошает гранулы селитры. Бункер емкостью 0Д2 м³ расположен над питателем, снабженным решеткой для предотвращения попадания посторонних предметов. Через эту решетку периодически загружают селитру. Готовая смесь из камеры сжатым воздухом подается в зарядный шланг. Установка имеет пульт управления. Применение установки СЗУ-1 позволило повысить производительность труда взрывников в 5—6 раз (по сравнению с ручным заряданием).

Техническая характеристика установки СЗУ-1

Емкость открытого бункера, м ³	0,12—0,3
Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см ²	2—5
Производительность барабана питателя, т/ч:	
при доставке до 50 м	10
при доставке до 250 м	С
Диаметр заряжаемой скважины, мм	С0—105
Глубина заряжаемой скважины, м	До 50
Угол подъема скважин, градус	До 45
Дальность транспортирования, м:	
по горизонтали	250
по вертикали	До 80
Мощность пневмодвигателя, л. с.	8
Масса установки, кг	800
Максимальный расход воздуха, м ³ /мин	10

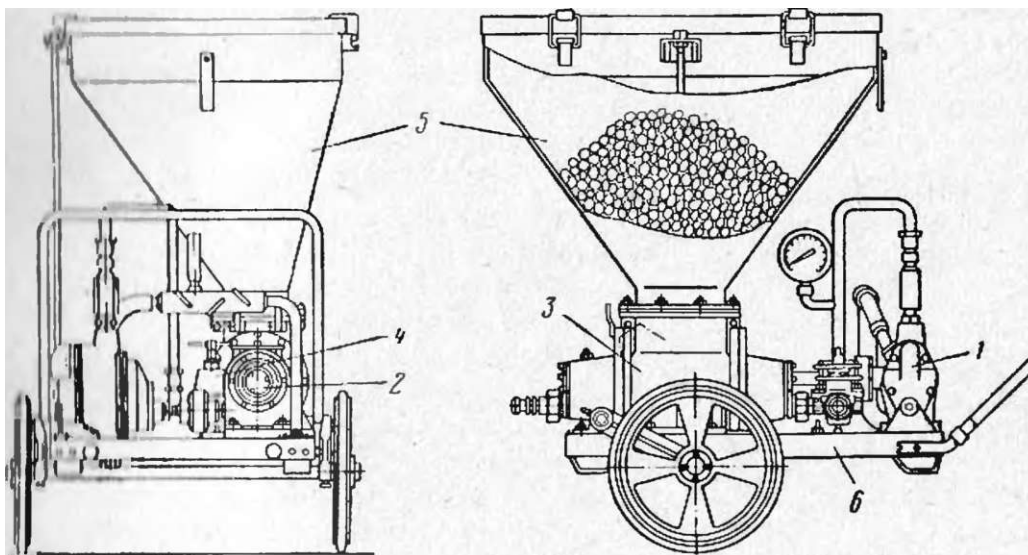
Зарядчик ВПЗ-4 разработан ГИГХСом и предназначен для зарядания скважин диаметром от 50 до 200 мм (глубиной до 50 м) игданитом, гранулитом и зерногранулитом.

Отличительной особенностью зарядчика ВПЗ-4 (рис. 11) является подача ВВ с помощью барабанного питателя секторного типа, обеспечивающего непрерывную загрузку пневмомагистральной. В корпусе барабана вращается от пневмодвигателя РС-32 ротор, разделенный на 12 секторов текстолитовыми лопастями, который непрерывно отдельными небольшими порциями захватывает ВВ из бункера и передает в камеру, сообщаемую с пневмомагистралью. Для поддержания постоянного режима транспортирования текстолитовые лопасти секторного ротора плотно подогнаны к цилиндрической поверхности и к торцевым стенкам барабана.

Кроме того, предусмотрена подача сжатого воздуха в бункер зарядчика, который способствует лучшему заполнению секторов

и иш. и алрывчатым веществом и препятствует обратному его вбросу.

1.упкер снибжен решеткой для просева ВВ во вромья загрузки и герметически закрывающейся крышкой. Все узлы зарядчика Мик и и h j m i f из легких токопроводящих, неискрящих материалов (и и (умни, дюраль и др.), соединенных в электрически проводящую цепь Нарядчик обслуживают 3—5 чел (оператор-взрывник и вспо- Мни {цельные рабочие).



Г'м 11. Ниовмозарядчик барабанного тина БГ13-4:

» . . . пмоднигтель; 2— редуктор; 3 — цилиндр; 4 — регулятор давления; Г> — бун-
ш [1, я — [ЦМГ\

Техническая характеристика зарядчиков БПЗ

	БПЗ4	БПЗ4М
Км кость бункера, л . . .	130	150
1аГюм) давление сжатого полдуха, кгс/см ^а . . .	3 - 4	3,5-4,5
11ршгшодительность, кг/мин	30	00
Диаметр зарядного шланга мм	25—50	30—СО
Диаметр скважин, мм	От 50 до 200	
Глубина скважин, мм	До 50	
Угол наклона скважин «Р'ДУС	От 0 до 50	
Дилмюсть транспортирова вин, м	До 200	
Иноамоириюд.	РС-32	
'Г исто! а вращения барабана долатмра иод нагрузкой «»5/МПП	15	15
< К поийбв' размори, мм	1400 X 700 X X1172	1480 X 785 x X 1540
Мm i а шридчвка (околесным ходом), кг.	113	120

Один зарядчик обслуживают 2—3 чел.

Для переноски по восстающим зарядчик разбирается на отдельные узлы.

К недостаткам зарядчиков Б113 следует отнести быстрый износ лопаток питателя.

Зарядная установка УЗС (ЗМБ) конструкции НИПИГормаша предназначена для пневматического транспортирования рассыпных гранулированных ВВ с откаточного горизонта в очистной блок

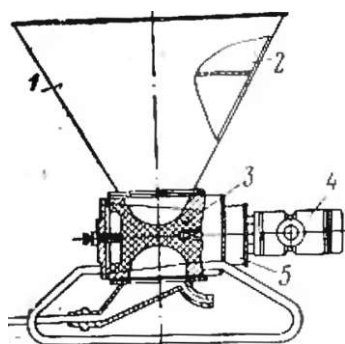


Рис. 12. Пневмозарядчик барабанного типа УЗС-1500

и заряжения скважин глубиной до 50 м и минных камер на подземных рудниках.

Применяются две модификации зарядных установок УЗС — УЗС-1500 (рис. 12) и УЗС-С000. Установки состоят из бункера У, снабженного решеткой 2, вращающегося питателя 3 с горизонтальной осью вращения, приводимого в движение от пневмодвигателя 4 через планетарный редуктор 5. В пневмодвигатель сжатый воздух подается от пульта управления, в состав которого входят редуктор давления воздуха, манометр и другие устройства. Пневмодвигатель оборудован глушителем шума, смонтированным на раме — салазках.

Зарядчик комплектуется доставочно-зарядным шлангом (отрезками по 50 м, с насаженными соединительными муфтами), пылеулавливающим устройством, собранным из резиновых пластин переменного диаметра, фильтром, форсункой для увлажнения ВВ в процессе пневмотранспортирования и распределителем для переключения потока ВВ из одной скважины в другую.

Особенностью установок УЗС является конический барабан питателя. Барабан прижат к корпусу пружиной, благодаря чему обеспечивается хорошая герметичность. Он сверху сочленен с бункером, а снизу — с нагнетательной камерой пневмомагистральной, в которую одновременно с ВВ поступает сжатый воздух. Пневмомагистраль снабжена щупом, упирающимся в забой скважины при зарядании.

Техническая характеристика зарядных установок УЗС

	УЗС-1500 (ЗМЕ-1)	УЗС-6000 (ЗМБ-2)
Емкость открытого бункера, л	70	300
Внутренний диаметр зарядного трубопровода, мм	32	40
Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см ²	3—4	3—4
Производительность, кг/мин	50	100
Диаметр заряжаемых скважин, м	70—150	00—160
Угол наклона скважин, град.:		
при диаметре до 105 мм	0—360	0—360
при диаметре свыше 105 мм	от —90 до -1-45	от —5)0 до +50

Длина транспортирования, мм:		
но горизонталь	250	250
писали	80	80
• м • ги вращения барабана, об/мин	40	33
Внутренний диаметр заряд- ного трубопровода, мм	32	40
Потребление воздуха, м³/мин	2,5	4—5
Приводной двигатель:		
Тип	И-118	П2Л-8
мощность, л. с.	1,4	8
чистота вращения, об/мин	—	600
расход воздуха, м³/мин на 1 л. с.	—	0,8
давление воздуха, кгс/см²	5	5
редуктор	Планетарный двухступенчатый	
Передаточное число	18	18
Габаритные размеры, мм	850 X 650 X 880	1350 X 700 X 1000
Масса установки, кг	82	270
Исполняющий персонал чел	2	

Зарядчик роторной конструкции ПРИ (рис. 13) КазПТИ состоит из ротора, разделенного перегородками на ячейки и приводимого в движение пневматическим двигателем 1 через одноступенчатый редуктор 2. Верхняя полость ротора 3 является рабочей. К ней примыкают в зоне загрузки приемная воронка 5 с ограничительной прокладкой 4 в нижней части и с сеткой просеивания ВВ — в верхней части; в зоне загрузки — нажимная плита 6 с двумя ручками, один из которых служит для подвода сжатого воздуха внутрь ячеек, другой для подачи аэросмеси в транспортный трубопровод 10. Между нажимной плитой и рабочей плоскостью ротора положена уплотнительная прокладка 6, выполненная из листового фторопласта. В зоне выгрузки ВВ ячейки герметизированы уплотнительной прокладкой в рабочей плоскости ротора между нажимной плитой и специальным приспособлением состоящим из винта и двух колонок с траверсой. Усилие винта на

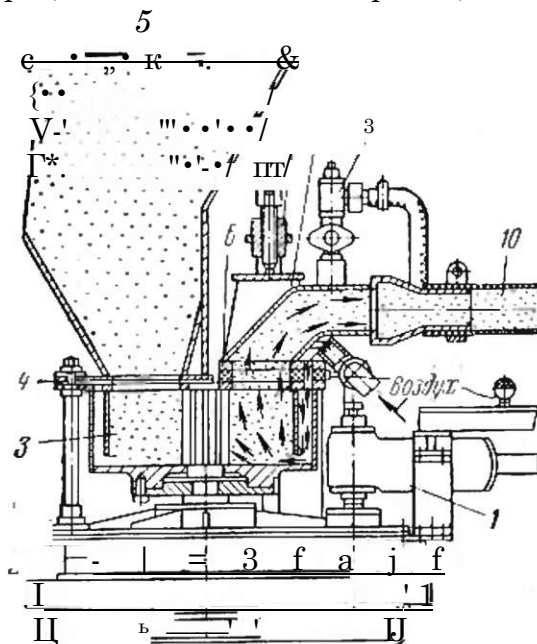


Рис. 13 Пневматический роторный зарядчик ПРИ

уплотнительную прокладку передается в точке приложения равнодействующей сил давления воздуха внутри ячеек, находящихся под разгрузкой. Это позволяет уплотнительной прокладке самоустанавливаться относительно рабочей плоскости ротора, равномерно распределяя усилие прижима по всей поверхности прокладки, что исключает ее перекося. Такое конструктивное решение обеспечивает надежное уплотнение рабочей поверхности ротора в зоне разгрузки и равномерный износ прокладки.

Роторные зарядчики оборудованы пультами управления 9, которые позволяют регулировать подачу сжатого воздуха как на привод зарядчика, так и на пневмотранспорт ВВ.

Техническая характеристика зарядчиков ПРИ

	ПРН-2	ПРН-Ю
Емкость ротора, л	2,25	41
Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см ²	6	6
Производительность, кг/мин	До 100	До 450
Емкость приемной воронки, л	60	60
Частота вращения ротора, об/мин . . .	20—60	20—60
Диаметр зарядного трубопровода, мм	38—50	50—60
Общий расход воздуха, м ³ /мин	До 10	До 16

§ 4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ЗАРЯДНЫЕ УСТАНОВКИ

Эффективность заряжания в значительной степени зависит от режимов транспортирования и заряжания, т. е. от оптимальной концентрации твердого в воздушной среде. При непроизвольном изменении этой концентрации, что в производственных условиях встречается очень часто, нарушаются режимы транспортирования и заряжания вплоть до полной остановки процесса.

Поэтому в настоящее время предпринимаются усилия для создания автоматизированных систем, в которых автоматически поддерживается оптимальный режим транспортирования и заряжания.

Для предотвращения пробкообразования в шланге и нормализации работы установки путем поддержания оптимальных заданных параметров предложена и разработана СКГМИ и СКФ ВНИКИцветметавтоматика система автоматического регулирования (САР) давления смеси в шланге и тем самым весовой концентрации смеси.

Действие разработанной системы САР основано на изменении давления смеси в шланге, являющегося линейной функцией весовой концентрации смеси. Причины повышения давления в шланге в конечном счете связаны с быстрым увеличением количества твердого ВВ в нем.

Поскольку диаметр нагнетательного шланга сравнительно мал (36,48 мм), то даже при длине шланга 200—300 м резкое увеличение содержания твердого в смеси может произойти за весьма короткое время — от долей секунды до 2—3 с. Реагировать на

поль быстрые изменения режима транспортирования обслуживающий машину персонал не в состоянии. Только автоматическая система, реагирующая на быстрые изменения режима работы, и состоянии нормализовать работу зарядной установки.

На схеме автоматизированной пневмозарядной машины АПЗМ-2 (рис. 14) показаны: нагнетательный материально-воздушный трубопровод 1 с внутренним диаметром 48 мм. Пневматическая маслянка 2, служащая для смазки воздухораспределительных устройств 3 типа ВР, которые в свою очередь подают сжатый воздух

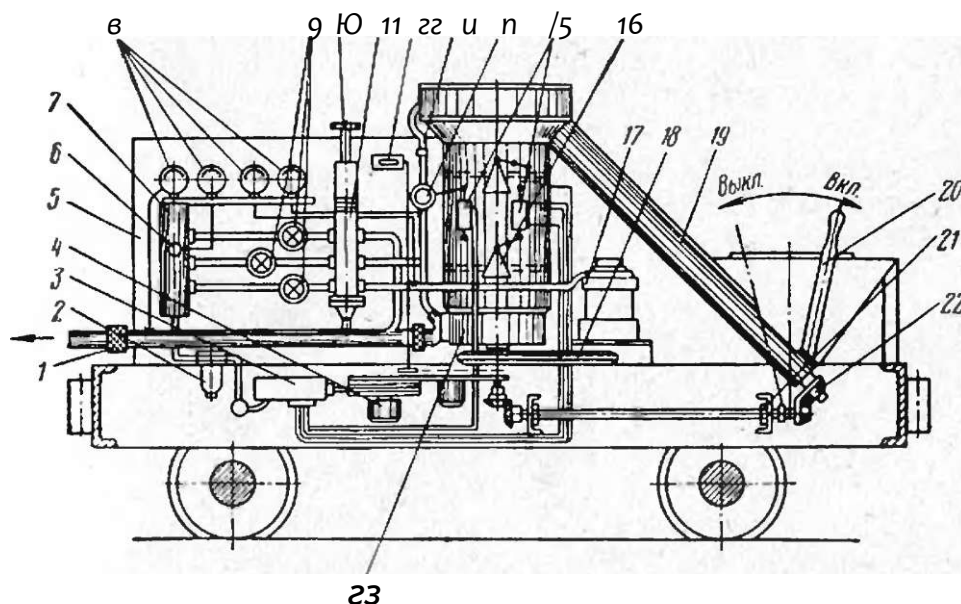


Рис. 14. Схема автоматизированной пневмозарядной машины АПЗМ-2

в устройствам, перекрывающим поочередно камеры зарядной машины. Кулачковый механизм воздухораспределительных устройств 3, получающий крутящий момент через серию передач пневматического двигателя 17 типа ДР-10. Основание 5, на котором крепятся отдельные устройства машины. Патрубок 6 для подачи в машину сжатого воздуха давлением 4—5 кгс/см² и воздухоприемник 7. Манометры 8 для контроля давления сжатого воздуха, поступающего в машину, в пневматический двигатель, и нижнюю камеру машины и контролирующего давление материально-воздушной смеси и транспортируемого материала в машине. Вентили 9 для регулирования расхода сжатого воздуха. Пневматический регулятор 10 устройства для автоматического поддержания режимов работы машины АПЗМ-2. Устройство 11 для автоматического поддержания оптимальных режимов работы зарядной машины АПЗМ-2, состоящее из золотника и специальной пружины. Устройство 11 является автоматическим регулятором давления смеси, а также пробколовидирующим и выключающим машину устройством. Эти функции выполняются поочередно.

Счетчик 12 количества ВВ, которое отсчитывается по числу оборотов дозирующего конуса, выдающего в магистраль за один оборот 1 кг ВВ. Воздухораспределительная система 13,14. Пневматические цилиндры 15, автоматически регулирующие работу клапанов 16, и связанные с ними шарнирно-рычажные механизмы. Клапан, герметизирующий камеры дозирующего аппарата 23. Цепная передача 18 между двигателем и дозирующим конусом. Шнековый транспортер 19 между приемным бункером для ВВ и камерами машины. Рукоятка 20 для включения и отключения шнекового транспортера. Зубчатые передачи 21—22 для передачи крутящего момента на вал шнекового транспортера.

Россыпное ВВ из бункера загружается в камеру дозирующего аппарата 23 шнеком 19. Дисковый ячеистый питатель дозирующего аппарата 23 и шнек 19 приводятся в движение пневмодвигателем ДР-10 посредством цепной передачи 18 и двух конических зубчатых передач 21, 22. Включение и выключение шнека, а следовательно, включение или отключение от машины питания ВВ осуществляется рукояткой 20. Приемная камера закрыта фильтро-тканью во избежание пылеобразования.

Сжатый воздух из шахтной воздушной сети давлением 4—6 кгс/см² подается в воздухоприемник 7 через патрубок 6, перед которым установлен входной кран. По системе труб сжатый воздух может поступать из воздухоприемника 7 через автоматический золотниковый регулятор 11, пневмодвигатель 17 и воздухораспределительную систему 13,14 или, минуя машину, в магистраль 1 в случае начала закупоривания его. При этом сжатый воздух из сети ликвидирует образовавшиеся в магистрали пробки.

Кроме того, из воздухоприемника 7 сжатый воздух поступает в воздухораспределительную систему 3,4 и далее в пневматические цилиндры 15, автоматически регулирующие работу клапанов 16, которые связаны с цилиндрами 15 шарнирно-рычажными механизмами. Регулятор 11 автоматически поддерживает давление смеси «ВВ — воздух» в нагнетательном шланге 1 и тем самым оптимальный режим работы установки. Необходимая при заданном рабочем давлении воздуха осадка пружины сжатия регулятора 11 устанавливается вращением винта 10. Вентилем 9 первоначально регулируется режим работы зарядной установки. На схеме АПЗМ-2 точки, в которых измеряется давление, условно соединены одинарными линиями с манометрами. Регулирующее устройство 12 связано с валом ячеистого питателя дозирующего аппарата трансмиссией с передаточным отношением $i = 1$. Отдельные узлы системы САР зарядной машины монтируются на станине и прикрываются кожухом.

При закупорке шланга даже в самой отдаленной от заряжающей машины части весовая концентрация смеси в шланге, а следовательно, и давление смеси весьма быстро возрастают. Сила на торце золотника регулятора (рис. 15, а) увеличится на такую величину, что золотник передвинется в корпусе в крайнее верхнее

положение и упрется в упорное кольцо. Нижнее (продолговатое) и среднее отверстия в корпусе закроются и воздух не будет подаваться в пневмодвигатель ДР-10 и в смесительную камеру машины.

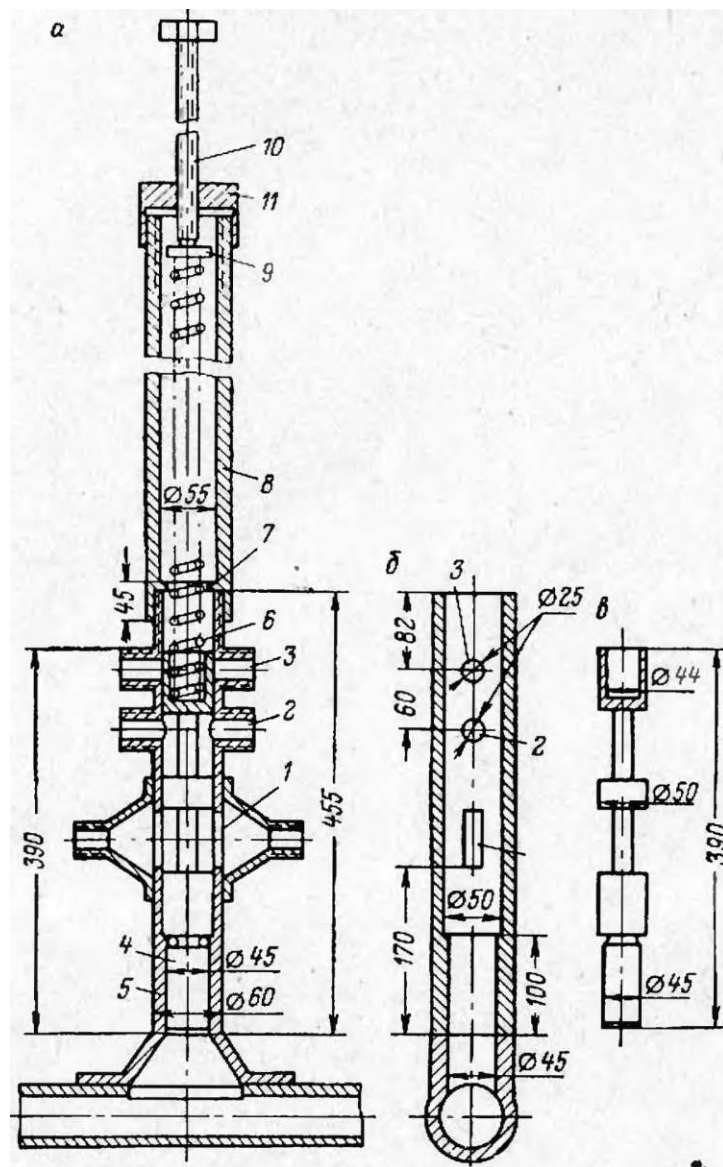


Рис. 15. Автоматический золотниковый регулятор:

1, 2, 3 — отверстия с патрубками; 4 — золотник; 5 — трубчатый корпус; 6 — пружина сжатия; 7 — кольцо ограничительное; 8 — труба; 9 — накладка; 10 — регулировочный винт; 11 — крышка-гайка

Двигатель отключается и, следовательно, прекращается подача НИ в шланг. Одновременно с закрытием отверстия 2 открывается верхнее отверстие 3 в корпусе (рис. 15, б) и воздух из шахтной сети, минуя машину, под более высоким давлением поступает в шланг. Создаются условия для выбивания пробки из шланга при помощи сжатого воздуха. После ликвидации пробки давление в шланге уменьшится. Под действием пружины золотник (рис. 15,б)

опускается и, закрыв верхнее отверстие, открывает среднее и нижнее отверстия и пневмодвигатель начнет работать.

При бесперебойном зарядании продолжительность укладки заряда зависит от массы заряда и расхода ВВ G_M . При диаметре скважины 100 мм и длине заряда 28 м масса заряда при средней плотности зарядания $1,06 \text{ г/см}^3$ составит 230 кг. При расходе ВВ 25—50 кг/мин продолжительность зарядания составляет 5—

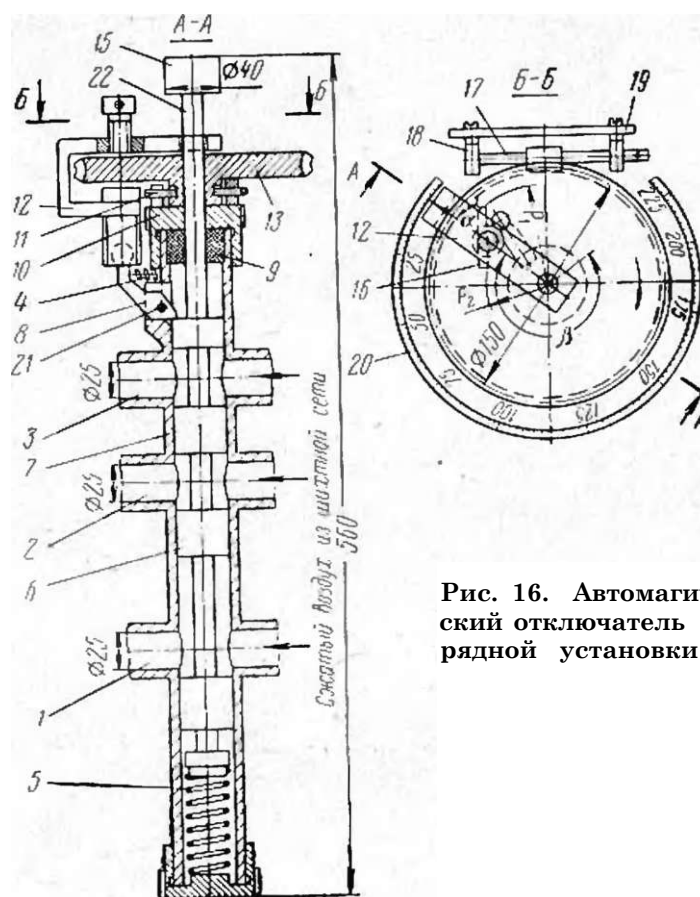


Рис. 16. Автомагический отключатель зарядной установки

9 мин. В минных выработках масса заряда значительно большая (2000 кг и более), соответственно увеличивается и продолжительность зарядания.

Счетчик ВВ зарядной машины АПЗМ-2 фиксирует общее число вращений диска питателя машины. Поскольку расход ВВ пропорционален числу n_2 вращений питателя, т. е.

$$G_M = K n_2, \text{ кг/мин,}$$

то при известном коэффициенте пропорциональности K (кг/оборот) легко определить по счетчику количество уложенного в скважины и минные выработки ВВ. В описываемой установке коэффициент $K = 1$ (кг/оборот).

Отключатель (рис. 16) устанавливается в зарядной машине перед автоматическим регулятором. С помощью его после укладки

при печенного количества ВВ в скважину или минную выработку машина выключается автоматически. Принцип действия его заключается в перекрытии труб 1, 2, 3 (подающих сжатый воздух и пневмодвигатель, камеру зарядно-транспортирующей машины и непосредственно в нагнетательный шланг) после того, как будет уложено необходимое количество ВВ в скважину. Отключатель рассчитан на загрузку в скважину примерно 230 кг ВВ. Он состоит из корпуса 7, золотника 6, помещаемого в корпус по ходовой дорожке, пружины сжатия 5, под действием которой при выключении установки и выключающего программного устройства движется золотник. Выключатель путем поворота защелки 8 вокруг оси и 21 освобождает золотник. Пружина передвигает его вверх до резинового упора — амортизатора 9. Трубы 1, 2, 3 при этом перекрываются, воздух перестает подаваться в установку и последняя выключается. Защелка 8 поворачивается под давлением движущейся плоскости 76, устанавливаемой к скобе 12 под углом в 60°. Рабочий угол поворота червячного колеса равен 270—280°. Этот угол определяет ход рычага защелки, который можно регулировать. Скоба 12 при помощи винта укрепляется на червячном колесе 13, свободно посаженном на выходящем из корпуса шпильке 22 золотника, и может быть передвинута в нужное положение.

При необходимости укладки определенного количества ВВ отметку на скобе (указатель) устанавливают против нужной цифры на шкале 20, соответствующей количеству ВВ в килограммах. Скоба после этого закрепляется винтом. Скорость вращения червячного колеса определяется передаточным отношением i к червячной передаче. В данном устройстве $i = 300$. Чем больше передаточное отношение приводного механизма, тем большее количество ВВ может быть загружено без выключения установки и повторного пуска ее.

Вал червяка 17, установленного в подшипниках 18, закрепленных на станине 19, соединяется при помощи карданного валика с валом оцифрованного ролика отсчетного устройства, который, будучи соединен с валом питателя машины трансмиссией с передаточным отношением, равным единице, вращается со скоростью вращения питателя. Следовательно, градуировка шкалы 20 зависит только от передаточного отношения червячной пары. Увеличить передаточное отношение механизма движения скобы можно введением в кинематическую цепь дополнительных передач.

В качестве предохранительного устройства, предотвращающего поломки деталей в случае, если защелка не освободит золотник (например, из-за неправильной установки плоскости 16), на валу червяка установлена муфта предельного момента. Червячное устройство фиксируется на крышке 10 корпуса 7 скобой 11, укрепленной в упорах крышки. Колесо легко демонтируется путем предварительного извлечения скобы 11 из упоров и последующего снятия колеса вместе с выключающей скобой 12 со штока.

Кнопка 15, соединяемая со штоком винтом, служит для включения установки. Нажимая на кнопку, переводим золотник в крайнее нижнее положение, в котором он остается благодаря защелке до очередного выключения. Защелка 3 возвращается в исходное положение благодаря пружине 4.

Пружина сжатия рассчитывается по силе 15 -f- 20 кгс. В описанном устройстве в качестве расчетных данных были приняты: сила 20 кгс, рабочая осадка пружины 35 мм, полная осадка 67 мм, жесткость пружины 0,3 кгс/мм. Размеры пружины следующие: диаметр проволоки 3,2 мм; диаметр пружины мм. Число витков 14, шаг витков 10 мм; полная длина в нерабочем состоянии 135 мм. На чертеже пружина показана в сжатом состоянии.

Шкала устройства 20 может быть круговой и барабанной. При эксплуатации выключающего устройства нужно хорошо смазывать и червячную передачу.

Если требуется загружать большие количества ВВ, то необходимо после остановки машины вновь включить ее пажатием на кнопку 15, предварительно повернув скобу 12 в крайнее правое положение.

Червячное колесо может быть цилиндрическим косозубым. В данной конструкции модуль червячной передачи 0,5 мм, число зубьев 150. Червяк однозаходный.

Машину АПЗМ-2 применяют для транспортирования рассыпного ВВ на значительные расстояния. Например, на руднике «Молибден» с помощью машины АПЗМ-2 транспортировали гранулит АС-8 с основного горизонта на подэтажи. В качестве магистрали использовали полиэтиленовый шланг внутренним диаметром 48 мм и наружным 52 мм. Гранулированное ВВ, как правило, транспортируется по сложной восходящей магистрали с многоколенными изгибами. Машина АПЗМ-2 надежна, безопасна и высокопроизводительна в работе.

Производительность рабочих при использовании машин АПЗМ-2 по заряданию минных выработок в 5—6 раз выше, нежели при ручном зарядании в аналогичных условиях.

Краткая техническая характеристика машины АПЗМ-2

Давление сжатого воздуха, кгс/см ²	3—5
Производительность, кг/мин.	100
Расход воздуха (в среднем), м ³ /мин.	Б
Диаметр заряжаемых скважин	75—150
Угол наклона скважин	Полный вос- стающий веер
Дальность транспортирования, м:	
по горизонтали	300
по вертикали	150
Диаметр зарядного трубопровода, мм	25-^50

При зарядании рассыпными ВВ взрывных скважин машину АПЗМ-2 используют непосредственно или в качестве агрегата для транспортирования ВВ на промежуточные горизонты в комплекте с малогабаритной зарядной машиной.

и/ — текущее время; H_f — ладанное лремл; ПДр — текущий перепад на дозаторе, П Ар — заданный перепад па дляаторе

Сжатый воздух в нагнетательную камеру подается через патрубок 6', расположенный в верхней части камеры, с помощью ш полшительных механизмов «ИМ пит. I» и «ИМ пит. II», а па эжек-юр с помощью исполнительных механизмов «ИМ эж. I» и «ИМ и/ II». Сжатый воздух в атмосферу сбрасывается из нагнетатель- non камеры 1 через патрубок 9 с помощью нормально открытого in по тигельного механизма «ИМ сброс», снабженного фильтром 10.

При постоянстве перепада давления на входе и выходе устройства псевдоожижитель обеспечивает двухфазный поток с постоянной весовой концентрацией твердого. Задавая в соответствии с полученным весовым расходом необходимое время работы питателя, можно дозировать массу заряда. На этом основан принцип дозирования ВВ, принятый для установки ЗДАУ. Указанный принцип задавания и контроля перепада давления на участке формирования потока положен в основу системы автоматического управления параметрами псевдоожижения потока ВВ, формируемого в установке ЗДАУ. Блок автоматического управления установки ЗДАУ выполнен на элементах пневмоавтоматики и состоит из узла логических функции 77, обеспечивающих работу устройства по заданной циклограмме; реле времени 12, обеспечивающего заданную длительность работы дозатора; узла 13 регулирования перепада давления, предназначенного для поддержания заданного перепада на участке формирования потока и элементов оперативного управления и контроля.

Основными условиями формирования зарядов из современных гранулированных ВВ при пневмо-зарядании восходящих скважин диаметром 105 ~ 150 мм, т. е. в наиболее сложных случаях, являются: 1) сохранение постоянства основных параметров воздушно-материального потока (скорости частиц ВВ и их весовой концентрации); 2) соосность воздушно-материального потока, выходящего из зарядного шланга и заряжаемой скважины; 3) обеспечение весовой концентрации ВВ в воздушном потоке не менее 10 кг/кг при зарядании скважин диаметром 105 мм и не менее 12 кг/кг при зарядании скважин диаметром 150 мм; 4) создание скорости воздушно-материального потока на выходе из зарядного шланга не менее 20 м/с.

В соответствии с условиями формирования зарядов и зарядания скважин на подземных горных работах к зарядчикам предъявляются следующие технические требования: 1) зарядчики должны обеспечивать регулирование и поддержание в процессе работы необходимой концентрации ВВ и скорости потока (а следовательно, и производительности), что в свою очередь может обеспечить оптимальные параметры зарядания; 2) зарядчики должны быть снабжены счетчиками количества заряжаемого ВВ в скважину; 3) производительность питателя должна изменяться в пределах 20—100 кг/мин; 4) емкость бункера должна быть кратной массе ВВ в одном мешке; 5) зарядчики должны обеспечивать зарядание скважин диаметром 50—150 мм любого направления; 6) суммарная длина доставки и зарядания не должна быть меньше 200 м.

§ 5. КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

При выборе схемы комплексной механизации взрывных работ необходимо учитывать горнотехнические условия предприятия, целесообразные типы ВВ и т. д. В зависимости от принятой схемы

выбирают, модернизируют или создают новые механизмы и узлы. I <«хоологическая схема комплексной механизации в основном определяется видом транспортирования ВВ (контейнерный, пневматический, вибрационный и т.д.), зависящим от свойств ВВ.

(истоме «Алтай» — одна из схем комплексной механизации нарывных работ на основе применения гранулированных ВВ для подземных рудников, разработанная КазПТИ и Лениногорским комбинатом. В этой системе решены следующие вопросы: поставки гранулированных ВВ в специальных вагонах-контейнерах или рагтаривания мешков в крытых вагонах; использования вибрационных, шпекowych или пневматических механизмов для транспортирования ВВ в специальные машины или но полиэтиленовым шлангам в бункеры хранилищ; применения специальных автомашин с контейнерами для доставки ВВ па рудники; использовании специальных установок или скважин для спуска ВВ к ме- « гам работ; дистанционного и автоматического управления рабо- нии механизмов для транспортирования ВВ, зарядания шнуров и скважин; контроля за расходом ВВ.

Критериями выбора и разработки схем комплексной механизации взрывных работ являются: поточная механизация; применение in прерывного транспорта; мобильность и универсальность комплекс; сокращение технологических процессов с ВВ; дистанционное управление и точное дозирование и учет ВВ во всех процессах шривных работ; унификация и взаимозаменяемость узлов и мехапишов всей технологической цепи комплексной механизации Вфывиых работ.

Применяются контейнерная, пиевмотранспортная и комбинированная схемы комплексной механизации взрывных работ, в ко- I ори х иредусмотрепо выполнение всех процессов взрывных работ | максимальной производительностью 100 т ВВ в смену.

Контейнерная схема комплексной механизации взрывных работ. II поii схеме (рис. 18) используются унифицированные герметич- ный контейнеры емкостью 1 т со съемными пневматическими (типа МИД) или самотечными (типа РД) дозаторами ВВ.

III железнодорожных вагонов контейнеры загружают вакуум- ные. . . енмотранспортом и далее перевозят в машинах, оборудован- ии ч гидрокранами. По стволу и откаточным выработкам их до- « щи nпог к рабочим забоям, где после установки пневмодозагора in > |Щч Iвляется нневмотранспортирование и зарядание скважин II HI пересыпка ВВ в зарядные устройства.

Пиевмотранспортная схема комплексной механизации взрыв- ом* работ (рис. 19) предусматривает механизацию всех процессов I I рапулированными ВВ с использованием унифицированных шпч|Модо1аторов МИД производительностью до 24 т/ч. Шпуры И » Mia.кшпы заряжают устройствами с дистанционным управлением. Дан_____ВВ без перегрузки приняты расстояния до I вm При большем расстоянии устанавливаются промежуточные in pi I р у жители.

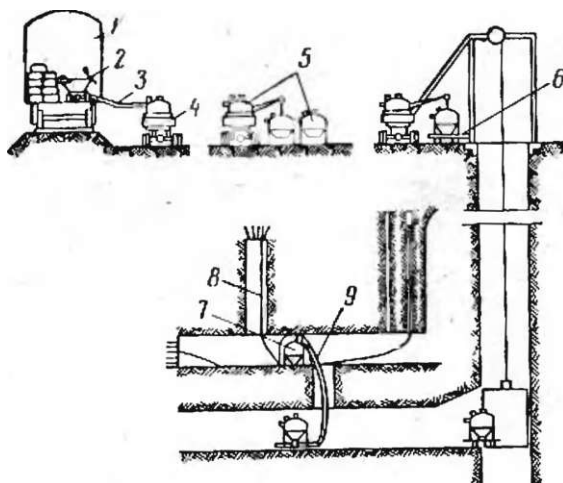


Рис. 18. Контейнерная схема механизации взрывных работ:

1 — вагон МПС; 2 — растариватель РПП-1; 3 — транспортный трубопровод; 4 — бортовая автомашина; 5 — контейнер; 6 — тележка; 7 — блоковый зарядчик Унива-1200; 8 — зарядный трубопровод; 9 — загрузочный трубопровод

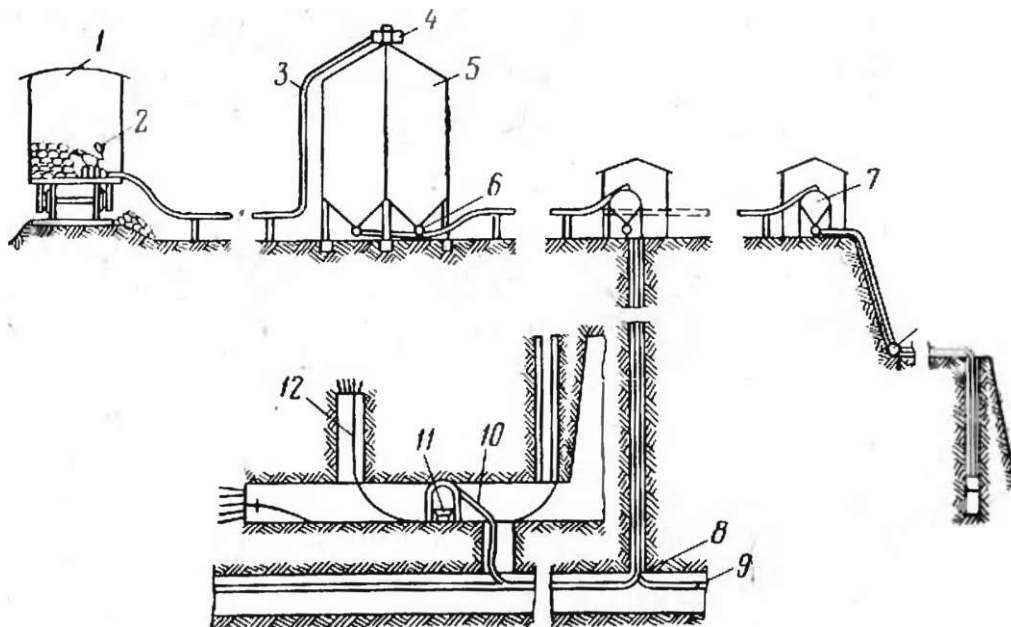
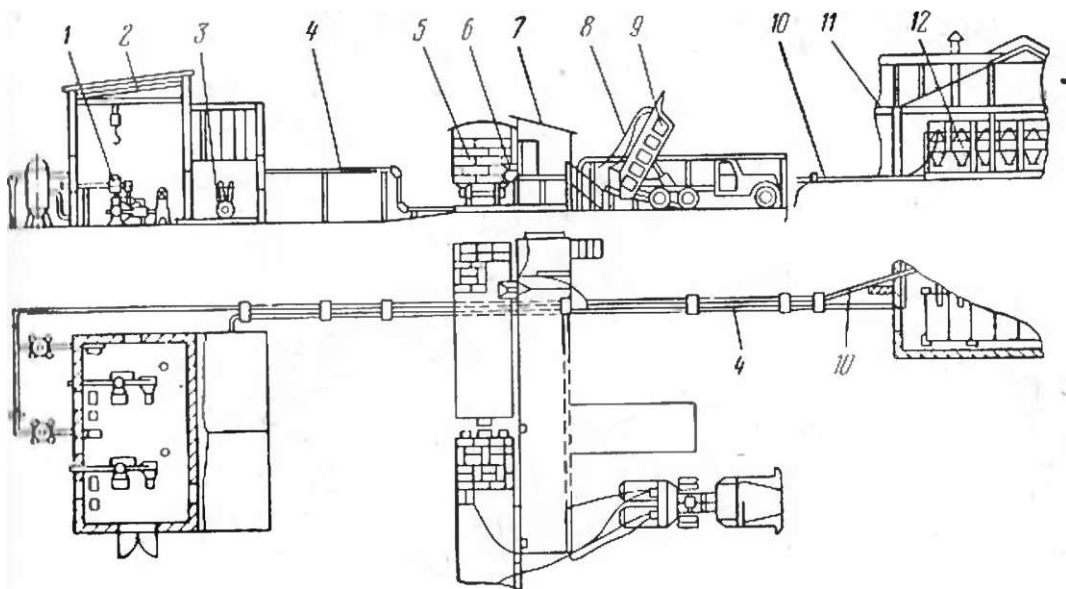


Рис. 19. Пневмотранспортная схема комплексной механизации взрывных работ:

1 — вагон МПС; 2 — растариватель РПП-1; 3 — транспортный трубопровод; 4 — циклон распределитель; 5 — бункер-хранилище ВВ; 6 — шнекопитатель типа МГ1Д; 7 — пневмопогрузчик; 8 — переключатель потоков; 9 — магистраль подземная; 10 — загрузочный трубопровод; 11 — блоковый зарядчик Унива-1200; 12 — зарядный трубопровод

Комбинированная схема комплексной механизации нарывных работ (рис. 20) предусматривает на базисном складе механизацию процессов при помощи пневмотранспорта и съемных контейнеров, тапаниваемых в кузове автосамосвала «Универсал» грузоподъемностью 8 т. Лвтосамосвалы доставляют ВВ в хранилища. В схеме предусмотрен спуск ВВ по скважине россыпью.

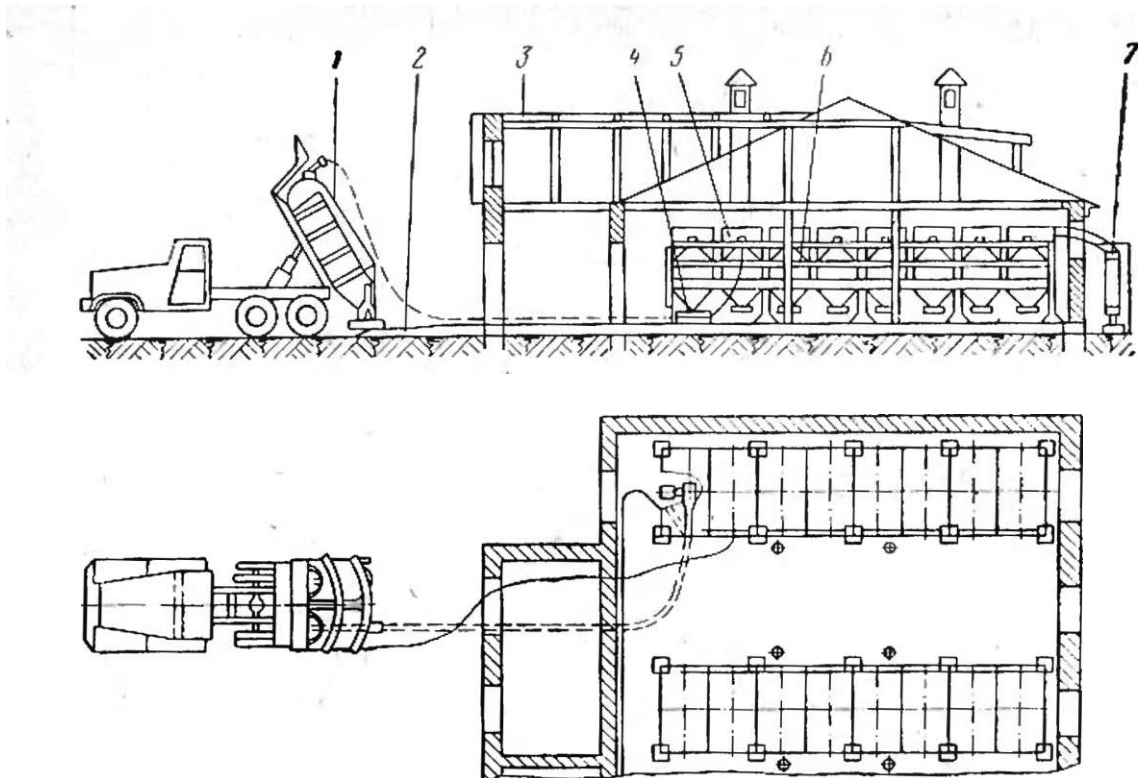
Ит целом комплекс «Алтай» выполняет следующие операции:
 I) растаривание гранулированных ВВ, доставляемых на базисный



Гтм 20. Комбинированная схема комплексной механизации:

1 компрессор ВП-20/8, 2 — здание вакуум-компрессорной; 3 — вакуумнасос ВВ1ф-50;
 4 грубопровод; 5 — мешки с ВВ, 6 — растариватель Р.ГШ-1; 7 — навес; 8 — трубопровод
 в самосвал «Универсал»; 10 — транспортный трубопровод; 11 — здание-хранилище ВВ; 12 — бункеры

I клад ВМ по железной дороге вакуумным или механическим способом; 2) доставку ВВ в хранилища пневмотранспортом или автосамосвалами «Универсал»; 3) загрузку ВВ в бункеры автосамосвалов «Универсал» из хранилищ самоходными пневмодозаторами МПД-2; 4) транспортирование ВВ к рудникам в герметичных Лунверах автосамосвалов «Универсал» (рис. 21) и разгрузка их самотеком или дозаторами МПД-2 или РД-1; 5) спуск ВВ на рабочие горизонты подземных рудников самотеком по скважине (рис. 22), оборудованной воронкой и бункером для приема гранулированных ВВ (для ограничения скорости падения ВВ по скважине и предотвращения конденсирования влаги используется подогретый воздух); 6) погрузку ВВ из перегрузочных бункеров самотеком или с помощью дозатора в бункеры доставочно-дозировочных установок ДДУ-1 с контрольным взвешиванием; 7) доставку ВВ к рабочим блокам в доставочно-дозировочных установках электропневмодозаторов МПД-1. Блоковыми зарядчиками (ЗП темп,



Гяг. 21. Загрузка и выгрузка ВВ в хранилищах:

1 — герметичный бункер; 2 — трубопровод; 3 — здание хранилища; 4 — самоходный пневмодозатор МПД-2; 5 — бункер 5 м³; 6 — рама; 7 — батарея фильтров

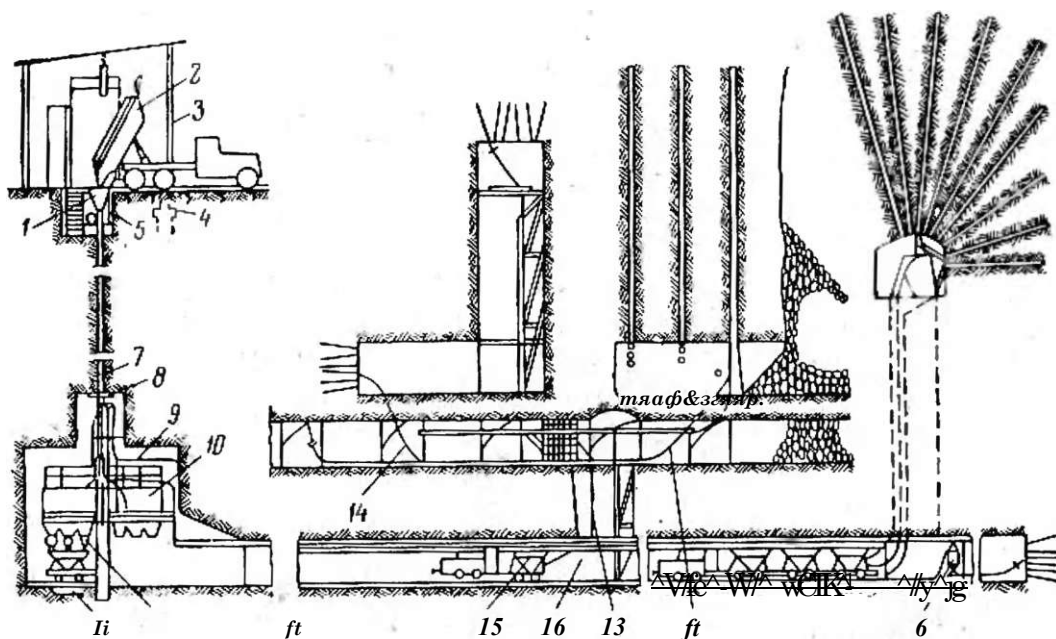


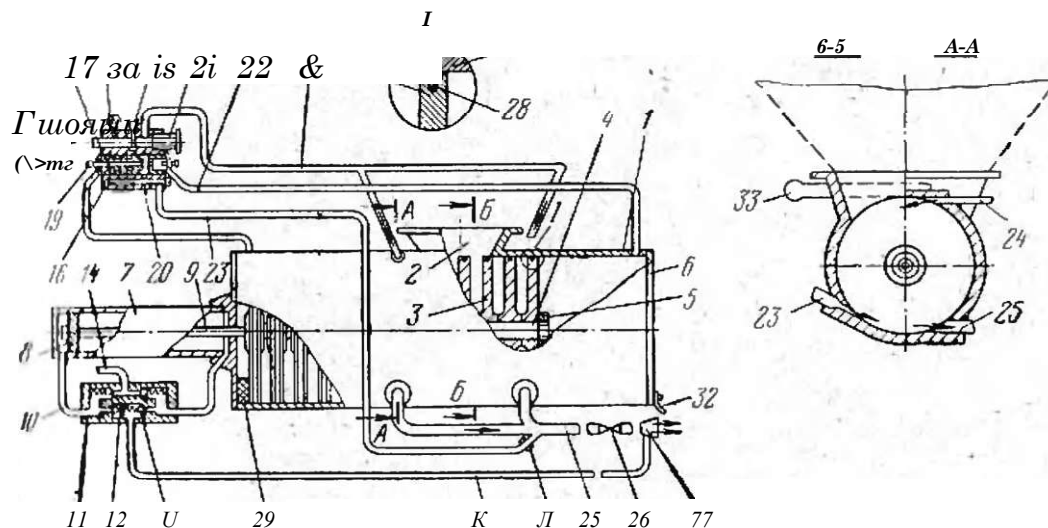
Рис. 22. Комплекс с транспортировкой гранулированных ВВ по скважине:

1 — приемная воронка; 2 — автосамосвал «Универсал»; 3 — здание приемного пункта; 4 — роторный дозатор РД-1; 5 — фильтр; 6 — зарядчик ЗП-темп; 7 — транспортный трубопровод; 8 — водоуловитель; 9 — трубопровод сжатого воздуха; 10 — бункер 5 м³; 11 — тензоссы; 12 — затворы; 13 — доставочный трубопровод; 14 — зарядный трубопровод; 15 — доставочная установка ДДУ-1; 16 — блоковый зарядчик Унива-1200

Унива-1200) управляют на безопасном расстоянии от забоев (50—Ж) м)

Из рассмотренных схем комплексной механизации взрывных работ наиболее эффективными являются пневмотранспортная и комбинированная схемы.

Основные исполнительные узлы комплекса для подземных работ — многопоршневые пневмодозаторы МПД, обеспечивающие Дозирование сухих ВВ и жидкости, пневмотранспортирование на расстояние до 500 м, смешивание сухих ВВ и жидкости во время



Гм . 2У. Пневмодозатор МПД-2

•аризация. Пневмодозаторы МПД изготовляют четырех типоразмеров (МПД-1, МПД-1м, М11Д-2, МПД-2м), различающиеся дозой ПИ, производительностью и размерами приемной воронки.

Пневмодозатор МПД-2 (рис. 23) состоит из корпуса 1 с загрузочной воронкой 2. В корпусе помещен поршень, состоящий из дисков 3, собранных на штоке 4 и закрепленных гайками 5. Поршень с торцов закрыт крышками 6. На одной из крышек пневмодозатора установлен цилиндр 7 гидронасоса в котором помещен поршень 8, связанный штоком 9 со штоком 4. Гидронасос трубопроводами 10 соединен с корпусом 11 клапанной коробки, в которой помещены два всасывающих 12 и два нагнетательных 13 тарельчатых клапана. К клапанной коробке подведен всасывающий 14 и нагнетательный 15 трубопроводы для жидкости.

Управление пневмодозаторами — автоматическое, при помощи унифицированного пульта, состоящего из корпуса 16, дифференциального золотника 17, пускового клапана 18, клапанов ручного пуска 19. Для регулирования частоты переключений — дроссель 20, для продувки — дроссель 21.

Пульт соединен с пневмодозатором двумя переключающими трубопроводами 22, трубопроводом сброса 23 и трубопроводом продувки 24.

Для транспортирования сухой смеси ВВ служит трубопровод 25 с краном дистанционного управления 26, а для смешивания ее с жидкостью, приготовления игданита или водонаполненных ВВ — кольцевой смеситель 27.

Для обеспечения герметизации поршня в цилиндре корпуса 1 диски 3 имеют воротничковые манжеты 28, а для предохранения крышек 6 от ударов поршнем — [кольцевые амортизаторы 29. Давление воздуха контролируется манометром 30, установленным на пульте управления. На трубопроводе сброса установлен фильтр 31, а на корпусе — зажим заземления 32.

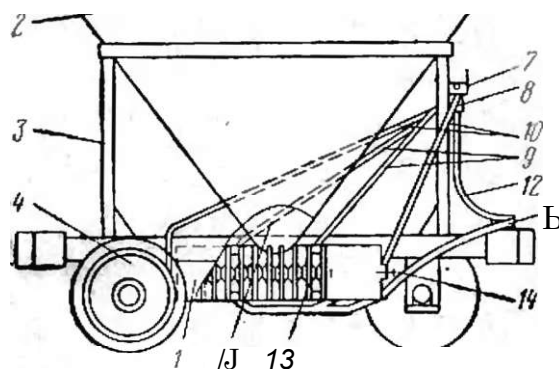


Рис. 24. Доставочно-дозировочная установка:

1 — пневмодозатор МПД-1; 2 — бункер «ыкостью 1, 2 м³; 3 — рама; 4 — шасси вагонетки; 5 — крышки; 6 — затвор; 7 — кран продувки; 8 — переключатель ходов поршня; 9 — трубопроводы продувки; 10 — трубопроводы переключателя ходов; 11 — доставочно-зарядный трубопровод; 12 — трубопровод отработанного воздуха; 13 — диск; 14 — винт регулировки дозы; 15 — сетка предохранительная

Пневмодозатор МПД-1 отличается от МПД-2 отсутствием гидроцилиндра с клапанной коробкой и смесителя. В торцевых крышках установлены болты для регулирования дозы ВВ за ход.

Пневмодозаторы МПД-1 и МПД-2 работают следующим образом. Сжатый воздух поступает на пульт управления через открытый клапан 18, кольцевую проточку и осевое отверстие золотника 13 и затем по трубопроводу 22 под левый торец поршня, перемещая его диски вправо. Через загрузочную воронку 2 ВВ поступает в ячейку между дисками и переносится в разгрузочную по-

лость корпуса, где оно сжатым воздухом, поступающим по трубопроводам 23 и 24, смешивается и выдается в транспортный трубопровод 25. Воздух, сжимаемый поршнем, из правой полости цилиндра 1 по трубопроводу 22 через осевые радиальные отверстия и левую проточку золотника 17 поступает в трубопровод 23, а затем через фильтр 31 — на дополнительный поддув в трубопровод 25 (при большой длине пневмотрапепортирования) или в смесительную камеру цилиндра (при малой длине пневмотрапепортирования). Ход поршня и расход воздуха на смешивание регулируют дросселями 20 и 21. Остаточный воздух из ячеек между дисками 3 сбрасывается в фильтр 33.

Пневмодозаторы МПД-1м и МПД-2м работают аналогично дозаторам МПД-1 и МПД-2, но отличаются от них увеличенным числом загрузочных воронок, большими их размерами и меньшим ходом поршня.

Для доставки гранулированных ВВ по откаточным и подэтажным выработкам от бункеров подземного приемного пункта до оа-

рядчиков, размещенных в рабочих блоках, используется достаткио-дозировуемая установка ДДУ-1 (рис. 24), состоящая из пневмодозатора МПД-1, закрепленного на тееке закрытого сверху бункера, который установлен на раме вагонетки. По откаточным штрекам установку с ВВ или составов из них доставляют электро-возом, а на подэтажи ВВ доставляют пневмодозатором. Установка может быть использована также для непосредственного зарядания скважин с откаточных выработок.

Техническая характеристика достаочно-дозировуемой установки ДДУ-1

Тип пневмодозатора	МПД-1
Производительность, кг/мин.	До 120
Дальность пневмодоставки, м:	
в емкости, м	До 200
при зарядании, м	До 300
Диаметр доставочно-зарядного трубопровода, мм.	25—38
Расход воздуха, м³/мин.	До 8
Емкость бункера, л.	1200
Основные размеры, мм.	2400 X 1150 X 1600
Масса установки, кг.	1150

Передвижная раздаточно-зарядная установка ПРЗУ-50 предназначена для доставки гранулированных ВВ по откаточным выработкам, транспортирования по трубопроводу, зарядания скважин в подземных условиях и раздачи ВВ непосредственно взрывникам. Конусообразный съемный бункер установки смонтирован на шахтной вагонетке. Под разгрузочным окном бункера, закрываемым шибером, установлен пневматический роторный насос ПП 2.

Техническая характеристика раздаточно-зарядной установки ПРЗУ-50

Емкость бункера, л.	1500
Диаметр трубопровода, мм.	25
Дальность пневмотранспорта, м:	
по горизонтали.	250
по вертикали.	80
Потребление воздуха, м³/мин:	
на пневмотранспорт.	2,5 3,0
на пневмодвигатель.	2,0
Мощность пневмодвигателя, л. с.	2,5
Основные размеры, мм.	2100 X 1200 X 1600
Масса установки, кг.	600

Бункер ПРЗУ-50 может выполнять роль обменной тары контейнера емкостью до 1,3 т гранулированного ВВ.

Доставочно-раздаточная установка УДР-8к оснащена съемно-подцепными контейнерами и предназначена для выполнения

погрузочно-разгрузочных и доставочных операций во взрывном комплексе подземных рудников. Она состоит из ходовой части от вагонетки УПГ-4-750 и контейнеров с крышками. Для транспортирования ВВ из контейнеров в зарядно-доставочные установки применяются насосы ПРН.

Техническая характеристика установки УДР-8к

Грузоподъемность, кг.	1600
Число контейнеров.	8
Вместимость контейнера, кг.	200
Основные размеры, мм.	3880 X 1300 X X 1600

Зарядчик Унива-1200 (рис. 25) рекомендуется для применения ю подземных комплексах. Он состоит из пневмодозатора МПД 1,

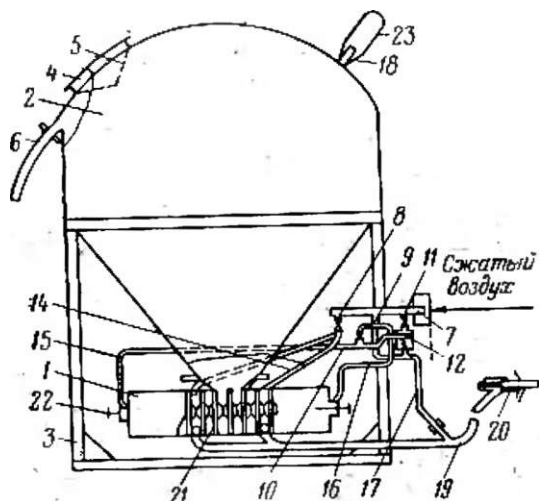


Рис. 25. Универсальный пневмозарядчик Унива-1200

закрепленного на точке алюминиевого бункера 2, который свободно установлен на раме 3. Для ручной загрузки бункера гранулированными ВВ служит люк 4 с сеткой 5, а для пневматической — трубопровод 6. Для управления предусмотрен пульт, состоящий из коллектора *t*, кранов (продувки 8, двухходового 9, переключения управления 10, включения дистанционного управления 11 и золотникового 12), а также кожуха 13. Пульт с пневмодозатором соединен трубопроводами 14, 15 и 16. Отработанный в пневмодозаторе воздух по трубопроводу 17 поступает в зарядный

трубопровод 19, на конце которого установлен пусковой кран 20 дистанционного управления. Для регулирования порции ВВ служат винты 22, для сигнализации о загрузке ВВ в бункер — пневмосирена 18 с пылеулавливающим рукавным фильтром 23. Для зарядания шпуров и скважин при дистанционном управлении кран 10 закрывают, трубопроводы 16, 17, 19 соединяют двухходовым краном 9. При помощи крана 8 включают продувку и открывают кран золотника 11. После подачи зарядного шланга в шнур или скважину открывают пусковой кран 20. Вследствие перепада давлений на золотниковом кране 12 последний, перемещаясь, сжимает пружину. Воздух по трубопроводу 15 поступает в левую полость пневмодозатора, под действием которой диски 21 перемещаются вправо, выдавая порции ВВ по трубопроводу 19 в шнур или скважину. После выдачи порции ВВ пусковой кран 20

накрывается, в трубопроводах 16, 17, 19 правой полости дозатора и под золотником устанавливается магистральное давление, под действием пружины золотник крана 12 перекрывает трубопровод 16. После сброса остаточного воздуха из левой полости диски перемещаются влево, захватывая в свои ячейки ВВ. Следующая порция ВВ выдается аналогично.

При последовательном во времени обслуживании нескольких удаленных один от другого забоев в каждый из них от распределительного коллектора дозатора прокладывают зарядный шланг 19 с пусковым краном 20.

Шпур и скважины при ручном управлении зарядчиком заряжают после прокладки проводной связи между взрывником в забое и оператором. По команде взрывника оператор открывает край продувки 8 и затем при помощи двухходового крана 9 выдает ВВ. По окончании заряжения кран продувки 8 по команде взрывника закрывается.

Для обеспечения высокой производительности зарядчика при помощи регулировочных винтов 22 должна быть установлена максимальная порция ВВ с частотой переключения двухходового крана 9 в пределах 40—50 в минуту. Высокая производительность при дистанционном управлении пусковым краном 2 может быть обеспечена заменой двухходового крана 9 автоматическим переключателем.

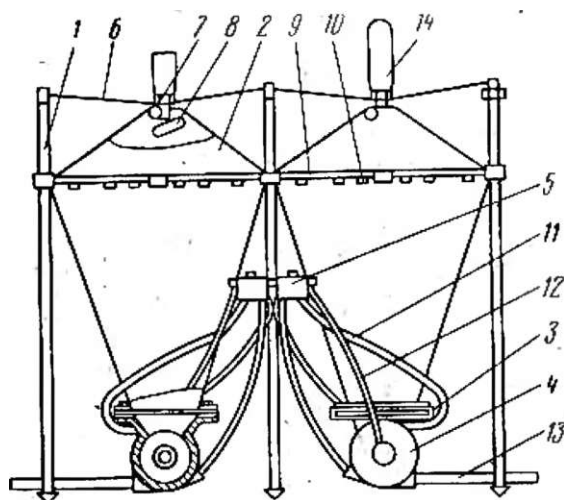


Рис. 26. Разборное зарядное устройство РАЗ-1:

1 — стойка; 2 — емкость; 3 — рама; 4 — пневмодозатор, МПД-1; 5 — пульт управления; 6 — трое; 7 — патрубок; 8 — улитка; 9 — кольцо; 10 — петля; 11 — шланг продувки; 12 — шланг переключения; 13 — шланг зарядный; 14 — фильтр

При использовании зарядчика Унива-1200 с ручным управлением и при условии непрерывной загрузки его гранулированным ВВ с помощью доставочных механизмов производительность порядка 12—15 т/смену может быть обеспечена при суммарной длине пневмотранспорта до 400 м. Обслуживающая бригада на зарядании состоит из четырех человек, включая машиниста доставочного агрегата.

4

Разборное зарядное устройство РАЗ-1 (рис. 26) используют при зарядании восстающих скважин диаметром до 150 мм, где длина зарядного трубопровода должна быть минимальной при максимально возможном диаметре.

Устройство РАЗ-1 состоит из монтируемых в забоях разборных элементов, к которым подвешивают емкости из полимерных материа-

лов, имеющие на течках рамку для установки пневмодозаторов МПД. Число секций разборного пневмоагрегата, монтируемых в забоях при подготовке массовых взрывов, определяется объемами и сроками заряжания.

Техническая характеристика секции зарядного устройства

Производительность, кг/мин.	До 250
Дальность транспортирования, м.	80 - 150
Расход воздуха, м ³ /мин.	До 6,0
Размеры в рабочем положении, мм:	
диаметр.	800
высота.	1600

Глава II

МЕХАНИЗАЦИЯ ЗАРЯЖАНИЯ И ЗАБОЙКИ СКВАЖИН НА КАРЬЕРАХ

И С. МАШИНЫ И УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗАРЯЖАНИЯ СКВАЖИН И ДАНИТОМ

Распространение дешевого и безопасного простейшего ВВ — игданита на открытых работах способствовало созданию машин и установок для заряжания скважин этими ВВ.

Зарядная машина МЗС-1м предназначена для транспортирования гранулированной аммиачной селитры и солярового масла «пределах горного предприятия, изготовления игданита и заряжания скважин.

Техническая характеристика машины МЗС-1м

Давление сжатого воздуха, кгс/см ²	2
Емкость бункера, м ³	5
Емкость контейнера, м ³	0,5
Производительность, кг/мин	57
Диаметр заряжаемых скважин, мм	100 и более
Глубина заряжаемых скважин, м	До 25
Грузоподъемность гидрокрана, кг	500
Вылет стрелы, м	2,7
Изда	Автомобиль
	МАЗ-509
Основные размеры, мм	6640 X 2708 X
	X 3310
Масса машины, т	13,27

Аммиачная селитра загружается в бункер машины с помощью Ирана. Из бункера селитра поступает в шнековый питатель, который подает ее в смесительную воронку и далее в скважину. Соляровое масло насосом направляется в смесительную камеру через форсунки.

Сжатый воздух от компрессора РК-4/1 подается к выходному отверстию шнекового питателя, способствуя лучшему перемешиванию селитры с соляровым маслом и создавая условия для увеличения плотности заряжания скважины.

Машина МЗС-1м серийно изготавливается Карпинским машиностроительным заводом.

Самоходная зарядная машина УПМЗ-2 предназначена для заряджания скважин игданитом.

Техническая характеристика машины УПМЗ-2

Давление сжатого воздуха, кгс/см ³	2
Производительность, кг/мин.	80
Диаметр заряжаемых скважин, мм.	150 и более
База	Автомобиль
	КРАЗ
Масса машины, т.	12

Шнековый питатель машины и компрессор приводятся в действие от коробки отбора мощности. Необходимое количество дизельного топлива вводится в селитру через круговой ороситель. Готовое ВВ подается в скважину по шлангу диаметром около 120 мм и длиной 5—6 м. В работе машину обслуживают шофер-взрывник и взрывник-оператор, причем последний выполняет операции с зарядным шлангом.

Стационарная смесительная установка ССУИ-4 применяется на Каджаранском карьере для приготовления игданита. Для заряджания скважин игданитом используют транспортно-зарядную машину ТЗМ-1.

Смесительная установка ССУИ-1 состоит из бункера емкостью 5 т, смесительной камеры и входит в комплекс склада для хранения аммиачной селитры (рис. 27). В складе 1 установлена молотковая дробилка 2 для измельчения слежавшейся селитры 3. Измельченная селитра конвейером 4 подается в бункер 5 с секторным затвором 6. Для предотвращения зависания селитры в бункере используется вибрирующее устройство 7 и 8. В смесительной камере 9, 10 установлены распылители 11. Жидкая горючая добавка из бака 12 по трубопроводу 13 поступает в дозирующий бачок 14 с уровнемером и насосом пашется в распылители. Пусковое устройство насоса заблокировано с рукояткой секторного затвора. При открывании затвора включается насос и в поток падающей селитры впрыскивается необходимое количество жидкой горючей добавки. Готовый игданит самотеком поступает в бункер транспортно-зарядной машины ТЗМ-1, смонтированной на автосамосвале МАЗ-205 с наращенными бортами кузова, задний борт которого съемный с выпускной точкой, имеющей секторный затвор. Порция игданита до 120 кг попадает из точки в воронку-дозатор. Средняя продолжительность заряджания одной скважины игданитом (300—350 кг) при помощи машины ТЗМ-1 составляет 3 мин.

Комплекс, включающий механизированный склад для хранения аммиачной селитры и пункт приготовления игданита (рис. 28), построен на Валхашском горно-металлургическом комбинате. На приемной площадке 2 комплекса, расположенной у базисного склада ВВ, установлен ленточный конвейер 3. Склад аммиачной селитры включает бункер 5, в днище которого смонтирован

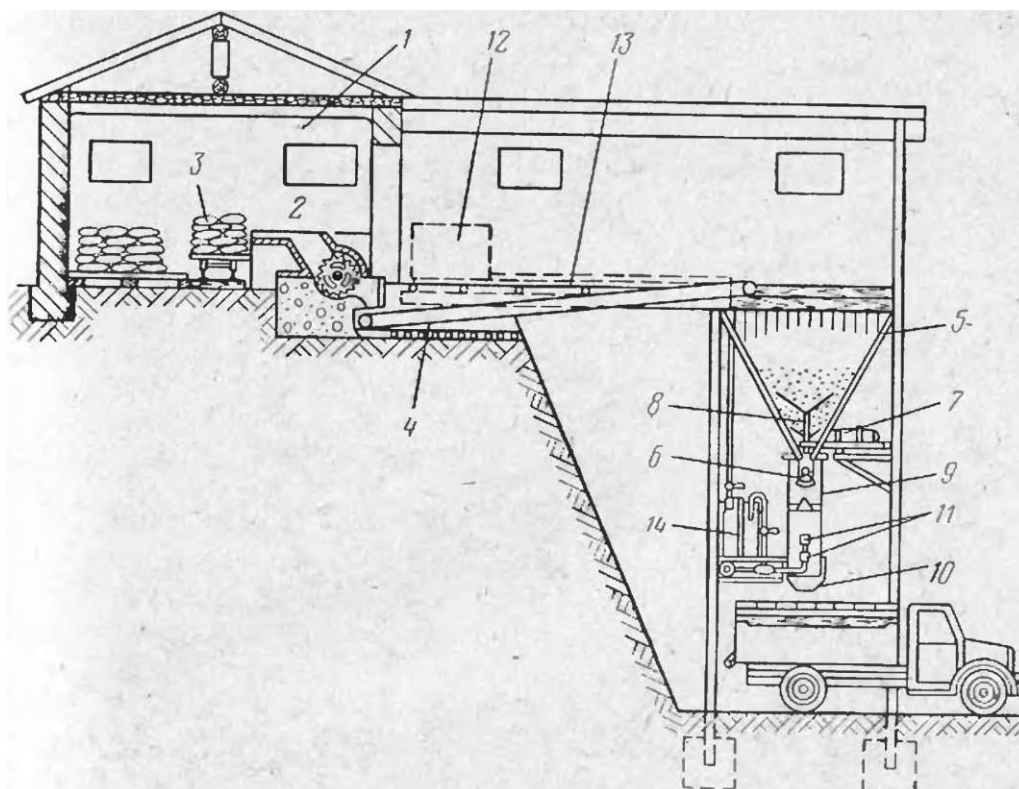


Рис. 27. Стационарная смесительная установка ССУИ-1

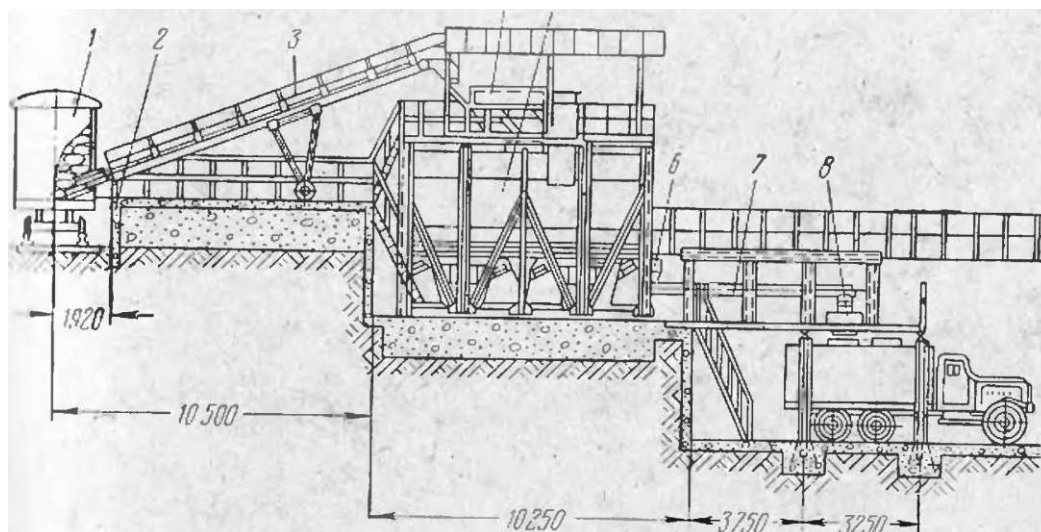


Рис. 28. Механизированный склад аммиачной селитры с пунктами приготовления

вибрационный конвейер. Над бункером расположена мешкорастаривающая установка 4. Под точкой конвейера 6 находятся ленточный конвейер 7 и смесительная установка 8. Из железнодорожного вагона 1 мешки с аммиачной селитрой укладываются на ленточный конвейер и по нему подаются на мешкорастаривающую установку, после чего аммиачная селитра сыпается в бункер. При приготовлении игдапита включается виброднище. Аммиачная селитра через точку поступает на ленточный конвейер и далее — в емкостельную установку, куда подается дизельное топливо. Готовый игдапит загружается в бункер зарядной машины. Дизельное топливо хранится в 150 м от расходного склада и перекачивается насосом в смесительную установку.

Для предотвращения слеживания аммиачной селитры периодически включается виброднище с закрытой разгрузочной точкой. При этом происходит встряхивание и перемещение гранул аммиачной селитры.

Виброднище представляет неуравновешенный виброконвейер, колебания которому передаются через шатун от эксцентрикового вибратора. Частота колебаний вибратора 1000 в минуту, амплитуда — 3—5 мм. Виброднище закреплено на стеклопластиковых рессорах.

По ленточному конвейеру аммиачная селитра поступает в смесительное устройство производительностью 30—35 т/ч, что позволяет загружать зарядную машину емкостью 10 т игданита за 15—20 мин. Растаривающей установкой, а также операциями загрузки бункера-склада и приготовления игданита управляют из операторского пункта.

Механизированный комплекс по приготовлению игдапитов «Кривбасс» предназначен для бестарной перевозки аммиачной селитры на значительные расстояния (от химических заводов до потребителей). Для перевозки аммиачной селитры россыпью используют специальные автоцистерны емкостью 15 т на базе автомобиля МАЗ-503 с боковым опрокидом. Аммиачная селитра загружается в емкости автоцистерны из промежуточного бункера на химическом заводе при температуре 45—50° С. При длительности рейса 4 ч аммиачная селитра не слеживается. Она свободно высыпается через люки автоцистерны (200 мм) в приемный бункер комплекса «Кривбасс» или склад бестарного хранения аммиачной селитры.

В комплексе «Кривбасс» игдапит готовится в бункерно-смесительном отделении, имеющем два бункера емкостью по 8 м³. Компоненты смешиваются в двух шнековых дозаторах-смесителях диаметром 300 мм. Жидкий компонент (дизельное топливо) хранится в цистерне емкостью 70 м³, расположенной на отметке 10 м, что обеспечивает его самотек в промежуточную емкость объемом 5 м³. Из промежуточной емкости вихревым насосом ОН-2 дизельное топливо под давлением 2 кгс/см² подается в напорную магистраль к форсункам, смонтированным в кожух

пшена. Распыленное дизельное топливо смешивается с аммиачной селитрой, и готовый продукт игданит загружается в кузов транспортно-зарядных машин. Непрерывное получение оптимальной смеси аммиачной селитры с дизельным топливом получается благодаря стабильной производительности шпека-дозатора и подачи дизельного топлива. Производительность комплекса составляет 150 т/смену, стоимость приготовления 1 т игданита 70 руб., производительность транспортно-зарядной машины ТЗМ до 50 т/смену.

Практика СевГОКа показала высокую эффективность комплексной механизации взрывных работ на карьере по схеме «Завод — автоцистерна — комплекс «Кривбасс» — зарядная машина — скважина».

5 7. МАШИНЫ ДЛЯ ЗАРЯЖАНИЯ СКВАЖИН ГРАНУЛИРОВАННЫМИ ВЗРЫВЧАТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Зарядная установка **УЗС**, созданная ГИПРОрудмашем, предназначена для зарядания скважин гранулированными ВВ заводского приготовления (зерногранулитами, гранулитами, тротилом, алюматолом). Она установлена на автомобиле КраЗ-222 и состоит из двух бункеров, шнека, компрессора, дозатора и системы приводов. Выхлопная труба автомобиля, оборудованная искрогасительной сеткой, установлена под передним бункером. Наличие двух бункеров общей мощностью 6 т позволяет заряжать скважины попеременно двумя видами ВВ. При зарядании скважин шпек, приводимый в движение от двигателя автомобиля, подает ВВ из бункера через затвор в дозатор. При заполнении дозатора необходимым количеством ВВ клапан дозатора закрывается пневмоцилиндром, открывается кран подачи сжатого воздуха в дозатор и ВВ под действием сжатого воздуха подается в скважину по шлангу длиной 10 м. Минимальное количество подаваемого ВВ 20 кг, максимальное — 80 кг. Среднее время зарядания одной скважины при величине заряда 600 кг около 10 мин. Использование шланга длиной 10 м позволяет заряжать несколько скважин с одной установки заряжающей машины, а также заряжать скважины с сильно разбитым устьем и с обсадными трубами.

Модернизированная установка **УЗС** оборудована бункером и дополнительным барабанным лопастным дозатором непрерывной действия. Поступающее в скважину ВВ учитывается счетчиком по числу оборотов шнека. Производительность машины 100 кг/мин. Зарядные машины МЗ-8 и МЗ-12 на базе шасси автомобилей МАЗ-503В и КраЗ-256 разработаны ИГТМ Алл СССР совместно с Кривбассвзрывпромом. В бункерах этих машин установлены пневмодиафрагмы с силовым направляющим полком. Грузоподъемность машины МЗ-8 — 7 т, МЗ-12 — 11,5 т. Основными узлами их являются шасси автомобиля, бункер, дозатор и пневмосистема.

Пневмодиафрагма с силовым направляющим полком обеспечивает полную выгрузку ВВ из бункера в дозатор, устанавливаемый в нижней части бункера. Дозатор работает по принципу дозирочных весов. Величина дозы колеблется в пределах от 10 до 25 кг. Каждая доза фиксируется счетчиком. Рабочим телом в пневмодиафрагме является сжатый воздух давлением 0,2 - 0,3 кгс/см². Эксплуатационная производительность машин МЗ-8 и МЗЧ2 колеблется от 400 до 500 кг/мин.

§ 8. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ЗАРЯДНЫЕ МАШИНЫ

Транспортно-зарядная машина «Зыряновск», созданная на базе автомобиля КрАЗ-256 (рис. 29), предназначена для зарядания скважин на карьерах гранулированными ВВ заводского изготовления, а также приготовления игданита непосредственно в процессе зарядания. Зарядная машина состоит из бункера 3 с виброднищем 5 и дозатором 6, бака 4 для дизельного топлива. ВВ в бункер загружается через люки 2, а выгрузка производится

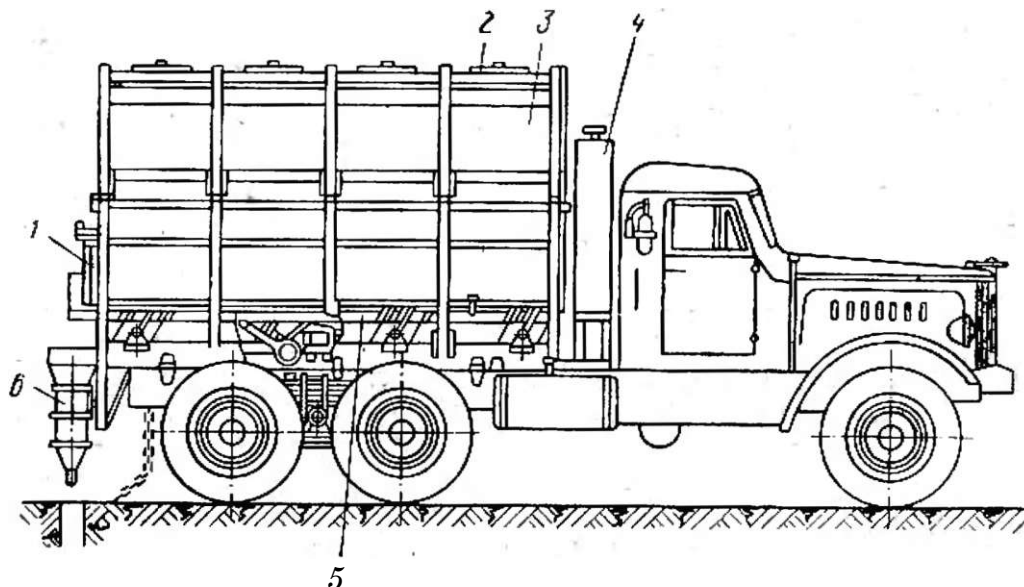


Рис. 29. Транспортно-зарядная машина «Зыряновск»

через течку, закрываемую шиберной заслонкой 1. Виброднище выполнено в виде уравновешенного виброконвейера, установленного с небольшим уклоном (2° - 3°) в сторону движения ВВ. Виброднище приводится в действие шатунно-эксцентриковым вибратором от двигателя автомобиля. Для зарядания скважин могут быть использованы емкостные дозаторы с разгрузкой ВВ самотеком или пневмопитатели, работающие от передвижного компрессора. Емкость бункера в машине «Зыряновск» 10 м³, производительность виброконвейера 500 кг/мин, производительность машины при зарядании 10 т/ч.

При зарядании скважин заводскими гранулированными ВВ открывается шиберная заслонка и включается вибродвижитель, затем приводятся в действие затворы дозатора и требуемое количество ГВ высыпается в скважину.

При зарядании скважин игданитом машина загружается аммиачной селитрой и дизельным топливом. Гидронасос наполняется дизельным топливом, дозатор — аммиачной селитрой. При освобождении дозатора от селитры одновременно в поток последней через форсунку впрыскивается дозированное количество дизельного топлива.

Универсальная зарядная машина МЗ-З (рис. 30) с пневматической подачей ВВ по гибкому шлангу, созданная НИПИГормашем,

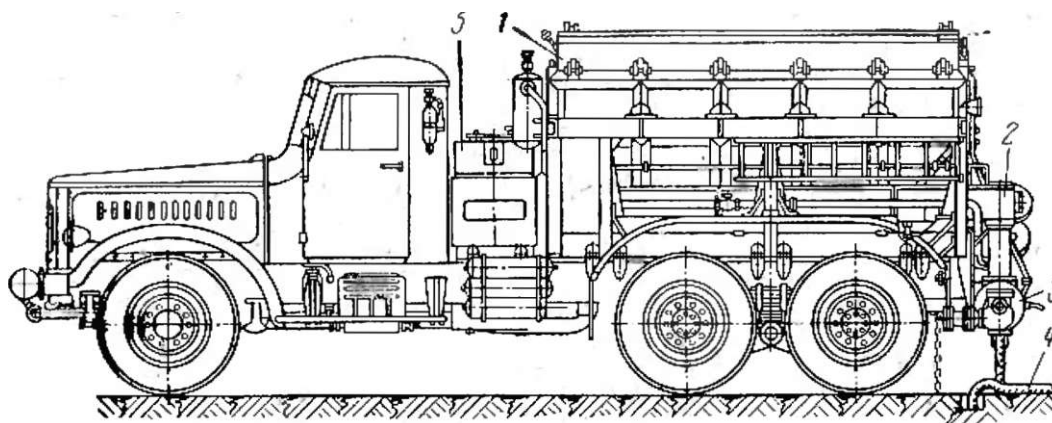


Рис. 30. Зарядная машина МЗ-З

предназначена для зарядания сухих и обводненных скважин гранулированными ВВ. В процессе зарядания в машине могут быть получены игданиты, водосодержащие взвеси, а также зерногранулиты в любой пропорции.

Зарядная машина собрана на базе грузовика КрАЗ-256В и состоит из бункера 1, двух корыт 2 со шнеками, лопастного питателя 3 со шлангом 4, пульта управления 5, компрессора для транспортирования ВВ, гидросистемы для привода шнеков и питателя, а также для получения игданита и водосодержащих взвесей (см. рис. 30). Привод компрессора и гидронасосов производится от коробки отбора мощности двигателя автомобиля.

Бункер емкостью 8 м³ с помощью подвижной продольной перегородки при необходимости может быть разделен на два отсека. Шнеки приводятся в действие от гидродвигателей, с помощью которых можно легко регулировать производительность. У разгрузочного отверстия шнеков вмонтированы форсунки для впрыскивания в селитру жидких горючих добавок. ВВ шнеками подается из бункера в барабанный питатель, из которого сжатым воздухом по гибкому шлангу транспортируется в скважину.

В гидросистему для приготовления игданита входит бак для жидких горючих добавок, маслонасос Г12-12А и форсунки.

Для приготовления водосодержащих ВВ в машине установлен водяной бак с трубопроводом, через который для подогрева воды пропускаются выхлопные газы автомобиля. Расход воды, поступающей в питатель, регулируется специальным вентилем. Производительность зарядной машины МЗ-З составляет 11 т/ч.

§ 9. МАШИНЫ ДЛЯ ЗАРЯЖАНИЯ СКВАЖИН ВОДОНАПОЛНЕННЫМИ ВЗРЫВЧАТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

На карьерах применение средств механизации взрывных работ и повышению эффективности взрывной отбойки способствует использование водонаполненных ВВ.

Смесительно-зарядные установки «Акватор-1» (рис. 31, я) и «Акватор-2», разработанные Гипроникелем, предназначены для механизированной зарядки взрывных скважин акваторами.

Установка «Акватор» смонтирована на раме автомобиля КраЗ-257 и работает следующим образом. Сухая смесь ВВ 1 подается из бункера 2 шнековым питателем 3 через течку в лопастной смеситель 4. Одновременно через распылитель 10 насосом-дозатором 8 подается горячая вода для водонаполнения сухой смеси ВВ. Шнековый питатель и насос-дозатор заблокированы так, что дозированная подача сухой смеси ВВ и горячей воды изменяется до технологически допустимых пределов, а остановка одного механизма вызывает отключение другого. Двухвальный смеситель перемещает сухую смесь и осуществляет ее водонаполнение в течение времени, необходимого для образования желатинированного геля и подает приготовленный состав в бункер-дозатор 5 насоса ВВ. Плунжерно-диафрагменный насос 6 нагнетает по гибкому зарядному шлангу 7 водонаполненное ВВ в скважину. Одновременно с пуском механизмов установки включается циркуляционный насос 11 системы водяного подогрева ВВ. После окончания зарядки насос используется для промывки горячей водой механизмов установки. Электроэнергия для нагрева воды и привода механизмов вырабатывается генератором 13, приводимым в движение от коробки отбора мощности 12 автомобильного двигателя. Электрогенератор и бак горячей воды 9 со встроенными электронагревательными элементами установлены в ниле-влагонепроницаемом отделении. Все электродвигатели и аппаратура управления приняты во взрывобезопасном исполнении, а механизмы смонтированы в изотермическом кузове. Загрузку бункера сухой смесью ВВ и заполнение баков горячей водой выполняют на загрузочном пункте.

Техническая характеристика зарядной установки «Акватор-1»

Производительность по акватору 65/35, т/ч	6
Длина зарядного шланга, м	20
Давление, создаваемое насосом, кгс/см ²	10
Плотность зарядки, г/см ³	1,2 - 1,3
Температура смеси ВВ, °С	5 - 4 - 20

Грузоподъемность машины, т:	
по сухой аммиачной смеси	5
по воде для водополнения и промывки системы	
после зарядания	1,6

Обводненные скважины заряжают зарядным шлангом, опущенным под воду. При укладке заряда шланг извлекается из скважины, а столб воды вытесняется колопкой ВВ. В обводненных скважинах с непроточной водой в зарядах аммиачной селитры в течение 5 сут не переходит в раствор. В скважинах с проточной водой заряды необходимо взрывать сразу же после зарядания скважин.

В пункте приготовления горячего раствора аммиачная селитра дробится, затем ее засыпают в кубели, из которых по мере надобности подают в питатель и затем в бак для приготовления раствора. Готовый раствор поступает в зарядный агрегат самотеком.

В настоящее время на открытых работах применяют ифзаниты, т. е. водосодержащие ВВ, представляющие собой твердую фазу, состоящую из гранулированной аммиачной селитры и тротила (гранулолита), межгранульные пространства в которых заполнены насыщенным раствором аммиачной селитры, желатинированной натриевой солью карбоксиметилцеллюлозы. Комплекс машин и механизмов для зарядания скважин ифзанитом (рис. 31, б) состоит из пункта приготовления водного раствора аммиачной селитры, пункта загрузки сухих компонентов и двух машин для доставки горячего раствора и сухих компонентов. Машина для доставки раствора аммиачной селитры имеет дизель-электрический агрегат 1, бак 4 для раствора, насос для перекачки раствора, калорифер 2 для обогрева бака и установку 3 для промывки магистралей водой. Смесительно-зарядная машина имеет два бункера 6 для тротила и дозатор 7. В смесительно-зарядное устройство тротил поступает от дозатора по вибротолку 8, раствор — из бака 4 и загуститель — из установки 9. После тщательного перемешивания насосом 5 смесь нагнетается по шлангу в скважину.

%

Смесительно-зарядный комплекс, состоящий из трапепортно-рядной машины ТЗМ-1 и смесительной установки для приготовления горячего насыщенного раствора аммиачной селитры и разработанный НИПИГормашем, рассчитан на приготовление смесей из отдельных компонентов на месте взрывных работ непосредственно перед заряданием.

Машина ТЗМ-1, сконструированная на базе автомобиля КрЛЗ-25(>Б, оснащена цистерной для насыщенного раствора аммиачной селитры, бункером для сухих компонентов (ТИТ и загустителя), двумя смесительными камерами, являющимися одновременно и дозаторами, насосом для перекачки готовой смеси. Ифзаниты, имея большую объемную концентрацию энергии, позволяют улучшить качество дробления горной массы, получить более компактный развал и хорошую проработку уступа.

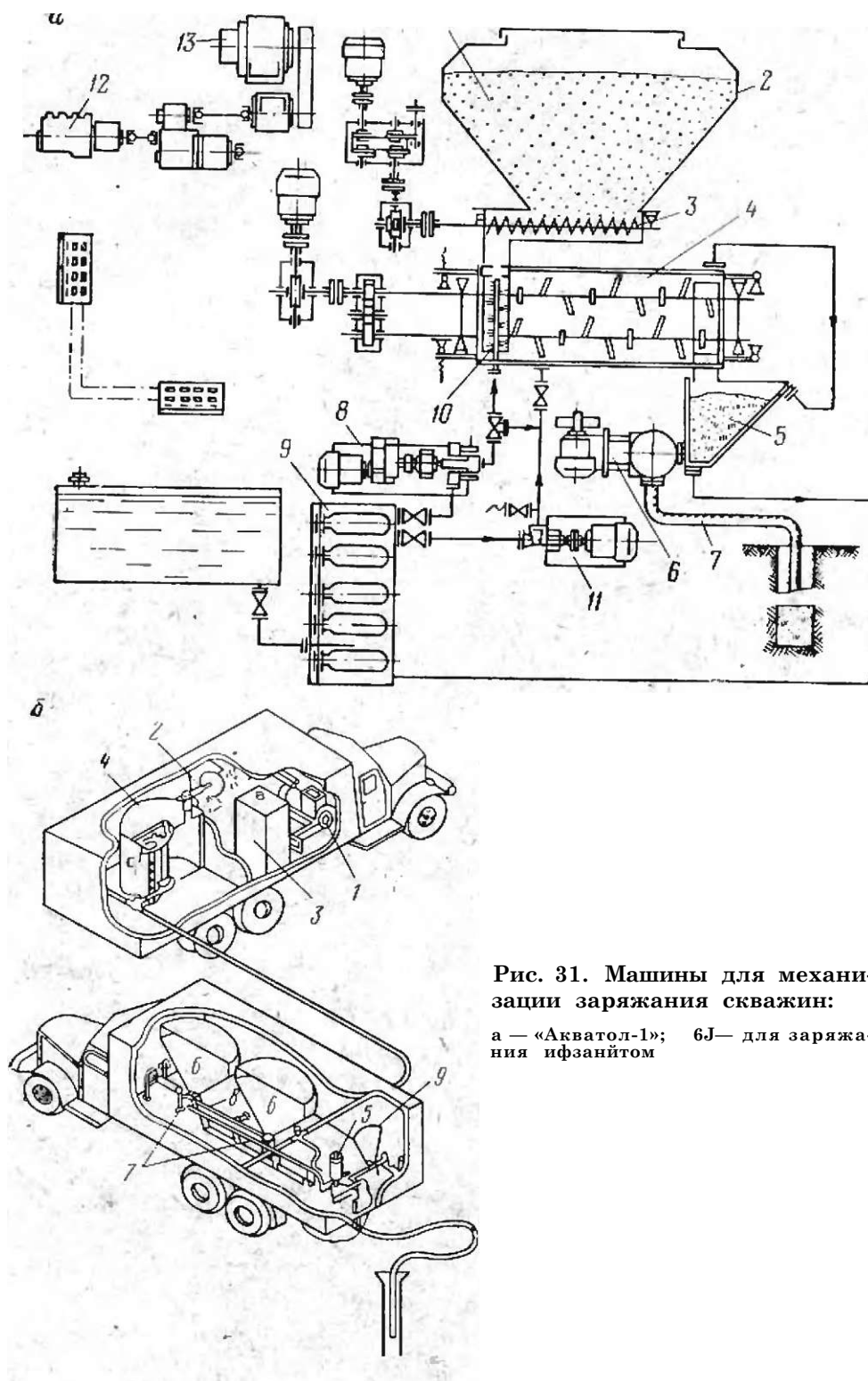


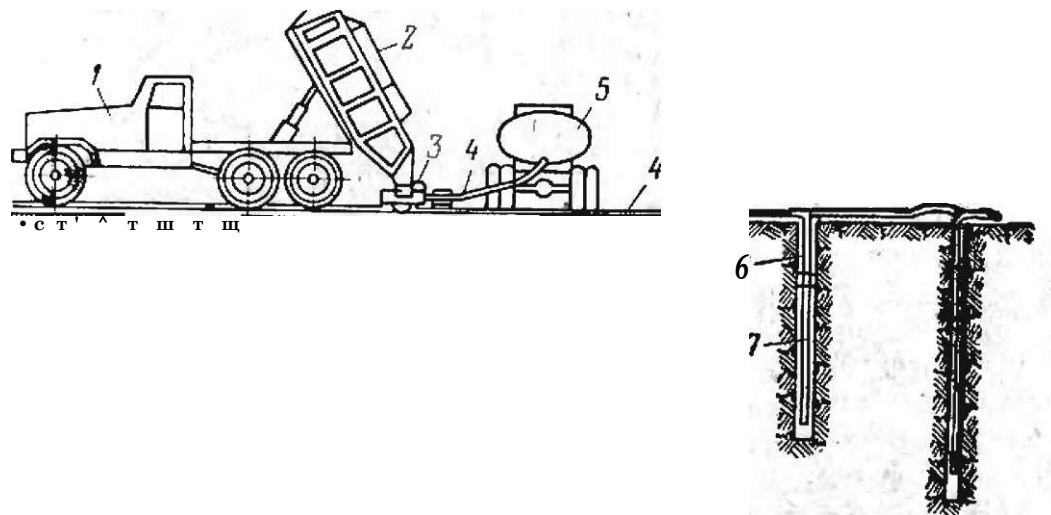
Рис. 31. Машины для механизации заряжания скважин:

а — «Акватол-1»; 6J — для заряжания ифзанйтом

Плотность смеси ВВ можно увеличить путем повышения плотности раствора аммиачной селитры, которая зависит от температуры насыщения и соответствующей ее концентрации в растворе, смеси ВВ, полученные на основе высоксконцентрированного водного раствора аммиачной селитры и гранулозола, изготовленные на месте производства взрывных работ, имеют высокую плотность (около $1,5 \text{ г/см}^3$) и в диапазоне температур $80-60^\circ \text{С}$ хорошую текучесть. Введение в смесь желатинизаторов позволяет в 1,5—2,0 раза увеличить водоустойчивость и достичь высокой степени однородности распределения компонентов и плотности в затвердевшем заряде.

§ 10. КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ДЛЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

КазПТИ разработаны три схемы комплексной механизации взрывных работ на карьерах. 1. Механизация с карьерным перегрузочным пунктом ВВ и использованием серийных зарядных машин (МЗГ, МЗ-З и др.). 2. Механизация с загрузкой серийных зарядных машин (с прицепами) на базисном складе. 3. Механизация с использованием «самосвалов с легкоъемными бункерами и пневмодозаторами МПД-2 (см. рис. 23).



Рас. 32. Зарядный автосамосвал «Универсал-1»

По производительности, трудоемкости и капитальным затратам наиболее эффективной является последняя схема (рис 32), при которой используют зарядно-доставочные автосамосвалы 1 «Универсал» и серийные автоцистерны 5. В кузове автосамосвала устанавливают и закрепляют два съемных бункера 2, 3 емкостью до 5 м^3 , которые загружают на базисном складе. На заряжаемом участке кузов автосамосвала устанавливают наклонно, точки бункеров по очереди соединяют с пневмодозатором. После открывания шибера пневмодозатор при помощи сжатого воздуха

подаст в скважины по зарядному трубопроводу 6 сухое ВВ, по трубопроводу 4 — жидкий компонент (в заданном соотношении к ВВ). Жидкий компонент смешивается с ВВ в специальном смесителе. По мере заполнения скважины зарядный трубопровод 6 извлекается при помощи устройства 7. После выдачи ВВ из бункеров 2 пневмодозатор отсоединяется и автомобиль отправляется в следующий рейс.

Техническая характеристика комплекса

Бак для приготовления раствора аммиачной селитры

Рабочий объем, м ³	6,6
Максимальная масса раствора в баке, т	10
Продолжительность приготовления раствора, ч	4
Температура раствора, °С	До 100

Пункт растаривания ТНТ

Емкость бункера ТНТ, т	1,5
Число бункеров	4

Машина для доставки раствора аммиачной селитры

Масса раствора в баке, т	5
Производительность насоса, л/мин	600

Смесительно-зарядная машина

Емкость бункера для тротила, т	1,5
Производительность дозаторов, кг/мин	0-4- 140
Емкость бункера для загустителя, м ³	0,57
Емкость смесителя, м ³	0,5
Производительность дозатора (загустителя), кг/мин	0 -f- 62
Производительность насоса для смеси, кг/мин	2000 н- 2500
Давление, создаваемое насосом, кгс/см ²	3
Диаметр зарядного шланга, мм	65

При отсутствии на карьере воздушно-силового хозяйства воздухообеспечение машины «Универсал» при заряжании скважин выполняют от передвижных компрессорных установок ДК-600.

• Пневмодозатор МПД-2 позволяет вести заряжание скважин сухими гранулированными ВВ, игданитом, а также водонаполненными и льющимися ВВ с приготовлением их в процессе заряжания скважин с регулируемой подачей жидкости.

При подготовке на карьерах небольших взрывов используют зарядную машину ЗМ-1 (рис. 33), оборудованную на базе зарядной машины МЗС-1м. Зарядная машина ЗМ-1 предназначена для заряжания скважины игданитами, гранулитами, зерногранулитами, граммоналами и водонаполненными ВВ и приготовления их в процессе заряжания. Машина ЗМ-1 смонтирована на раме 1 автомобиля МАЗ-500 и состоит из подъемного гидравлического крана 2, бункера 3 для рассыпных ВВ, бака 4 для жидких компонентов, контейнера 5 и пневмодозатора в. Разгрузочное окно бункера 3 имеет шибер 7. Дозатором и гидронасосом управляют при помощи кранов 9, 10, 11. Сухую смесь транспортируют по зарядному трубопроводу 12, подачу жидкости — по шлангу 13. Сухие

ВР с жидкостью в заданной пропорции смешивают в смесителе 14 и в зарядной трубе 8. Для питания дозатора М11Д-2 сжатым воздухом служит поршневой компрессор КТ-6.

Производительность зарядных машин «Универсал» и ЗМ-1 достигает 500 кг/мин с плотностью заряжания гранулитов до 1,15 г/см³, акватола до 1,4 г/см³. В зимнее время для приготовления акватолов используют горячую воду с температурой 50—70° С. Длина транспортного трубопровода достигала 80 м, что

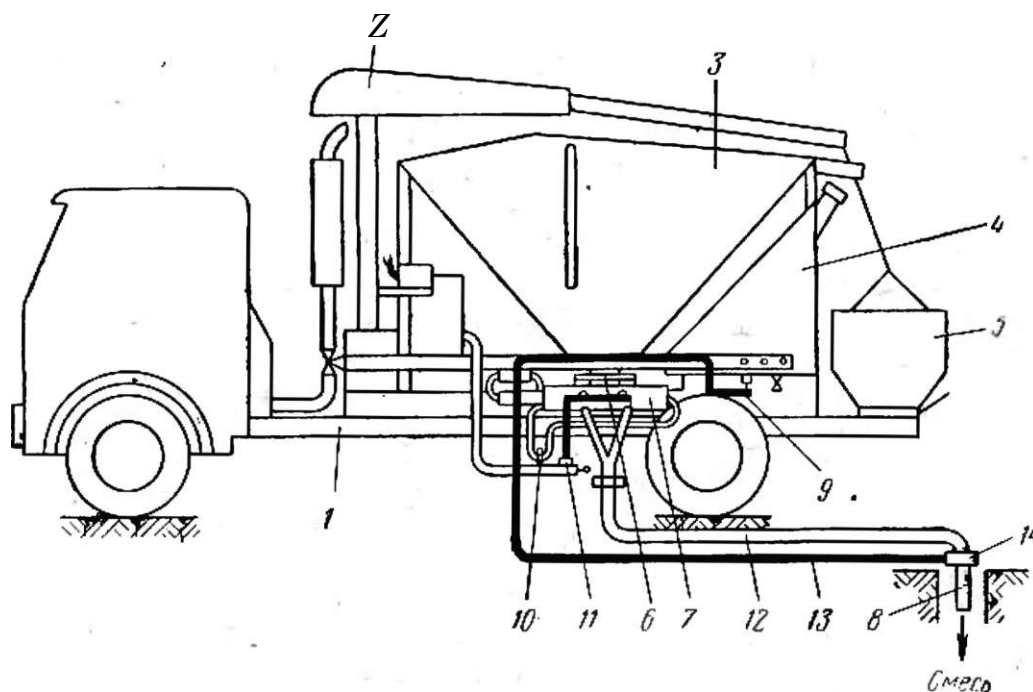


Рис. 33. Зарядная машина ЗМ-1

позволяет заряжать подготавливаемый к взрыву блок с одного моста стоянки машины.

При невысокой стоимости, большой производительности, мобильности и отсутствии ручного труда разработанные схемы и применяемые машины эффективно решают вопрос комплексной механизации взрывных работ на карьерах.

Забоечная машина СУЗН-1В установлена на шасси автомобиля МАЗ-503В и предназначена для транспортирования забоечного материала па уступы карьеров и механической подачи его в скважины. На автомобиле установлены бункер, механизм отбора мощности, продольный шпек, устройство для регулирования загрузки шпека забоечным материалом, разгрузочный лоток. Вращение шпеку придается от двигателя автомобиля через коробку передач и узел отбора мощности. Забоечный материал из бункера машины шнеком подается к разгрузочной точке, расположенной на задней части бункера. Из точки по лотку материал самотеком поступает в скважину. Емкость бункера машины 5 м³.

Применение машины СУЗН-1В на карьерах обеспечивает повышение производительности труда рабочих на забойке скважины в 3 раза, снижает стоимость забойки в 2,4 раза (по сравнению с немеханизированным выполнением этих работ).

Забоечная машина ЗС-1Б состоит из бункера 1 емкостью 5 м³, скребкового конвейера, трансмиссии, погрузочного устройства и системы обогрева стенок бункера выхлопными газами двигателя автомобиля.

Рабочим органом является конвейер, рабочая ветвь которого движется по дну бункера. Конвейер приводится в движение от двигателя автомобиля через коробку отбора мощности. Для загрузки забоечным материалом на машине установлен подъемный гидрокран. На стреле крана подвешен гидравлический грейфер емкостью 0,3 м³.

§11. КОМПЛЕКС МАШИН ДЛЯ ВЫГРУЗКИ, РАСТАРИВАНИЯ, ПОГРУЗКИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В ХРАНИЛИЩЕ

В связи с использованием горными предприятиями больших количеств гранулированных ВВ и удаленностью хранилищ ВВ » требуется механизация погрузочно-разгрузочных, транспортных

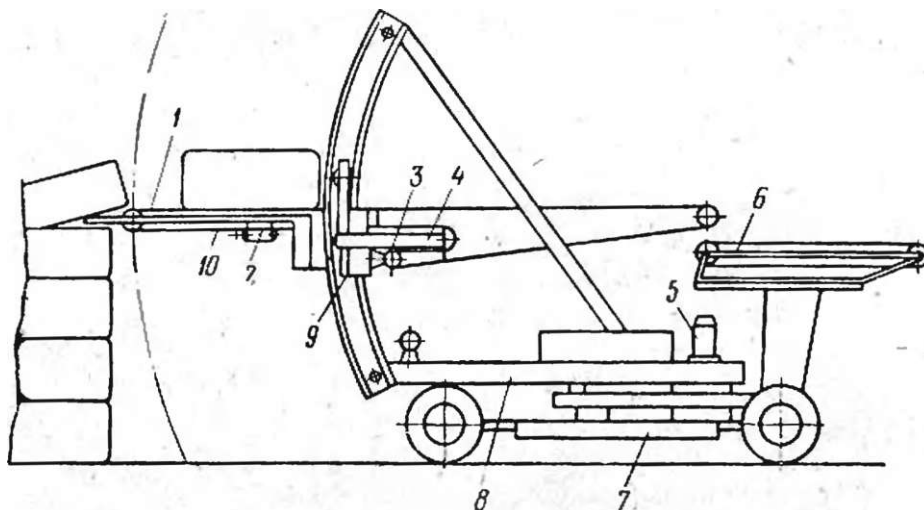


Рис. 34. Установка для выгрузки мешков из железнодорожных вагонов

и доставочных работ, а также наличие емкостей для одновременного хранения больших количеств ВВ.

Установка (рис. 34) для разгрузки вагонов с мешками ВВ разработана КазПТИ. На самоходной тележке с поворотной плитой смонтированы вибровилы, поворотный и горизонтальный конвейеры. Установка работает следующим образом. С помощью привода 5 тележка 7 передвигается в исходное положение. Поворотом каретки 9 и поворотной плиты 8 вибровилы 10 устанавливаются

па требуемую высоту. При включенном приводе 2 вибровилы по (рством гидроцилиндра 4 подводят под мешок и укладывают его на конвейер 1, работающий от привода 3. Для подачи мешков и какое-либо транспортное средство, на пакетоформирующую или пактаривающую установку служит конвейер 6.

На базисном складе мешки с ВВ на поддонах хранятся сформирова́нными в пакеты. Иногда ВВ в вагонах поступают на предприятие уже сформированными в пакеты. Для расформирования пакетов из мешков с ВВ при выгрузке их из вагонов или на складе применяют установку, на виброплощадке которой на винтовых

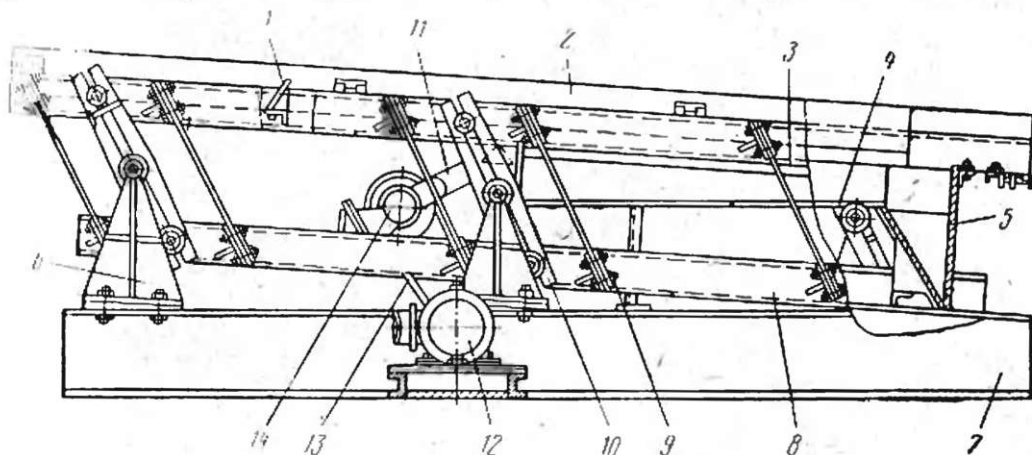


Рис. 35. Установка УРВ-2 для растаривания мешков с ВВ

И тиках закреплены барьерные стенки (правая и левая), обеспечивающие определенную очередность выдачи мешков. На виброплощадку устанавливают поддон с пакетом из мешков с ВВ. Для приема расформированных мешков изменяют лоток и грузоподъемное устройство. Для ориентации мешков, расположенных поперек направления их перемещения, установлен направляющий, амортизированный брус.

Стационарная установка (рис. 35) предназначена для растаривания мешков с гранулированными ВВ.

И ее конструкцию заложен уравновешенный виброконвейер. От электродвигателя 12 через клиноременную передачу 13 крутящий момент передается на вибратор 14, который через шатун 11 сообщает направленные колебания лотку 2. Для исключения передачи вибраций на опорную раму 7 лоток связан через рессоры 9 и коромысло 10 с уравновешивающей рамой 8. Вся уравновешенная система установлена на кронштейнах 6. Мешок с ВВ, поступающий на лоток, движется по нему и разрезается ножами 1. ВВ, высыпаясь из мешка, через щель 3 попадает на вибросито, где рассеивается, а комки слежавшегося ВВ измельчаются дробилкой 5. Порожние мешки удаляются с установки по лотку в специальный контейнер. Обслуживает мешкорастаривающую установку один оператор. Мощность электродвигателя установки

во взрывобезопасном исполнении 2,6 кВт, производительность 25-30 т/ч.

Комплекс, разработанный КазПТИ, предназначен для растаривания и погрузки мешков непосредственно в железнодорожном вагоне по двум схемам — вакуумной и нагнетательной.

Вакуумное растаривание (рис. 36) предусматривает всасывание ВВ через заостренное сопло 1, вводимое через оболочку крафтмешка 2. Для доступа воздуха в оболочке крафтмешка делаются проколы. Из сопла рассыпное ВВ через кран 3

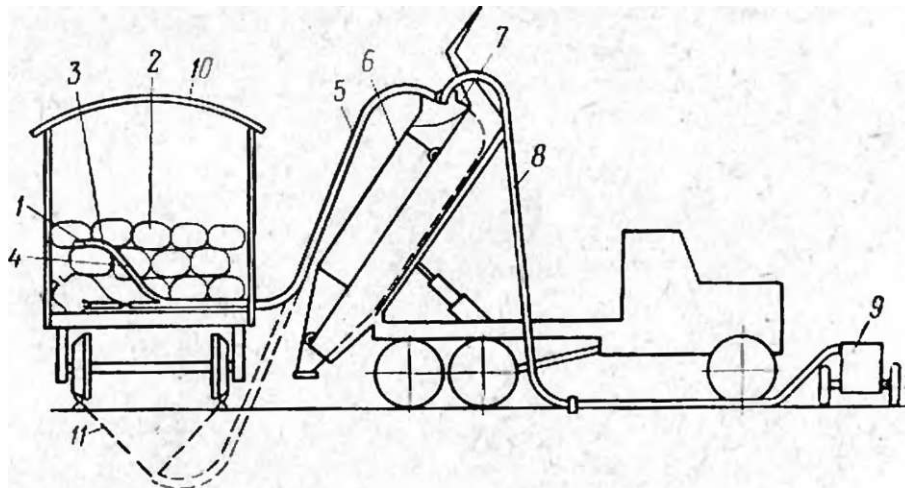


Рис. 36. Комплекс механизмов для вакуумного растаривания и погрузки ВВ

по вакуумным шлангам 4 и 5 поступает в бункер 6, где он отделяется от воздуха на осадительной стенке 7. Отработанный воздух через вакуумный шланг 8 отсасывается из бункера вакуум-насосом 9, оборудованным фильтром тонкой очистки воздуха. Все ВВ из вагона 10 перегружается в бункер 6, установленный в кузове автосамосвала, который транспортирует его в хранилище.

При поступлении ВВ в железнодорожных вагонах насыпью сопло 1 с вакуумными шлангами 4 и 5 опускается в вагон или закрепляется на тчках приемного бункера 11, монтируемого под железнодорожным полотном.

Для обеспечения высокой производительности и снижения потерь при растаривании мешков трубопровод 5 разветвляется на два-пять гибких вакуумных шлангов 4 с кранами 3 и соплами 1. Опытами установлено, что крафт-мешок с 42 кг гранулированного АС-8 освобождается за 30 с при производительности вакуум-насоса 10 м³/мин и транспортном трубопроводе диаметром 50 мм и длиной 8-12 м. В качестве вакуумных шлангов и трубопроводов можно использовать полиэтиленовые трубы. После загрузки двух бункеров 6 самосвала «Универсал» вакуумные шланги 5 и 8 при помощи быстроразъемных устройств подсоединяются к бункерам следующего самосвала. ВВ из бункеров самосвала в бункеры

хранилищ разгружаются по шлангу диаметром 75 мм. При подсоединении двух пневмодозаторов МПД-2 продолжительность разгрузки двух бункеров составляет 10 мин.

Нагнетательная пневмотранспортная схема предусматривает растаривание крафт-мешков с ВВ в пневматическом растаривателе-погрузчике, оборудованном пневмодозатором МПД-2.

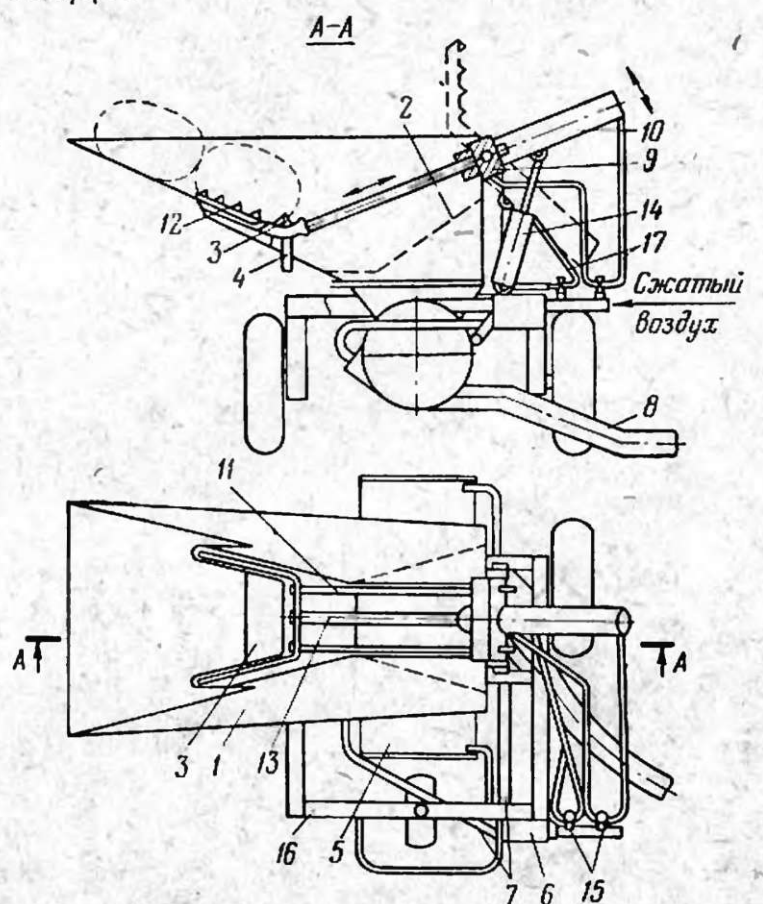


Рис. 37. Пневматический растариватель-погрузчик РПП-1

Растариватель-погрузчик РПП-1 (рис. 37) состоит из бункера / с габаритной сеткой 2, отбойной стенкой 3 и неподвижным полом /. На течке бункера укрепляют пневмодозатор 5 типа МПД-2 (пульт управления 6, соединенным с воздушным 7 и с транспорт- ам м 8 трубопроводами. На вертикальной стенке бункера 1 шар- прно закреплена балка 9, на которой установлен тяговый пнев- моцилиндр 10 и через втулки пропущены штоки 11, закрепленные на пилке 12 с шипами, которая укреплена на штоке 13 тягового 11 пневмоцилиндра 10. Для поворота балки 9 в вертикальной пло- < кости имеется подъемный пневмоцилиндр 14, который, как и тя- МПД-2 подъемный пневмоцилиндр 70, управляется двухходовыми ьранами 15 через гибкий трубопровод 17. Все узлы растаривателя-

погрузчика крепятся на раме **16**, установленной на пневмоколесном ходу.

Мешки с ВВ вручную укладывают на приемный лоток бункера, где их удерживает закругленная отбойная стенка **3**. При помощи пневмоцилиндра **10** вилка **12** подается под крайний мешок. При этом шипы прокалывают оболочку мешка, а края мешка приподнимаются, натягивая оболочку мешка снизу. При обратном ходе

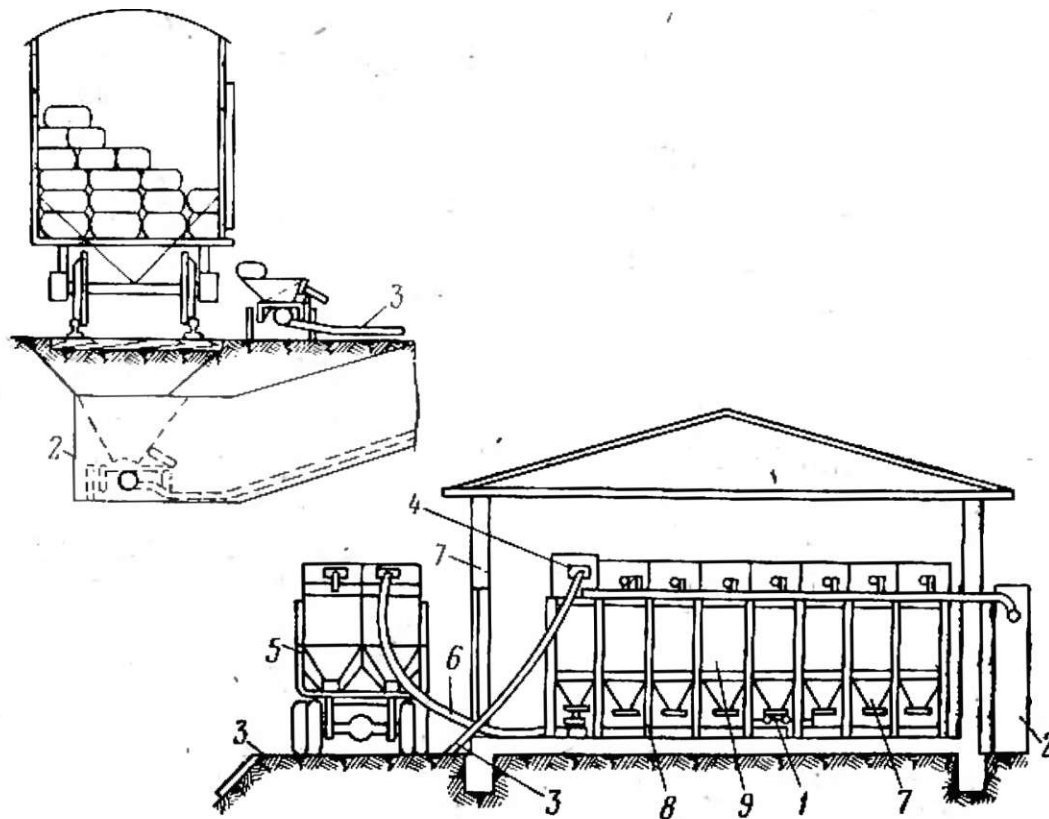


Рис. 38. Механизация работ на базисном складе ВВ

штока пневмоцилиндра **10** мешок протягивается над неподвижным ножом **4**, который делает надрез оболочки, и под весом ВВ оболочка лопается в поперечном направлении. Материал поступает через сетку **2** в пневмодозатор **5**. Для полного высыпания материала вилке **12** пневмоцилиндром **14** сообщаются вертикальные колебания. Порожний мешок сбрасывается с вилки при ее резком подъеме до упора, затем вилка опускается на сетку **2** и цикл повторяется. Дробление слежавшегося материала и его просеивание производят возвратно-поступательными движениями вилки **12** по плоскости сетки **2**. Растариватель устанавливают у двери вагона, при этом россыпное ВВ может быть подано в бункеры хранения по транспортному трубопроводу длиной до 360 м. Для минимальной деградации ВВ (менее 3%) скорость пневмотранспортирования не должна превышать 25 м/с, а для обеспечения произ-

подительности 250—300 кг/мин диаметр трубопровода должен быть не менее 85 мм. Переключение трубопроводов на бункерах хранилища выполняет один рабочий. Растариватель РПП-1 при разгрузке ВВ в хранилища может работать и в сочетании с самопалами, аналогично вакуумной схеме.

В хранилищах (рис. 38) на раме 8 устанавливают бункера 1 <осадительной закругленной стенкой и герметичными шиберами 7\ патрубками для подсоединения трубопровода 3, фильтрами пылеулавливания 2 и кранами 4. Под течками бункеров по монорельсу перемещается пневмодозатор 10 типа МПД-2, оборудованный тележкой с пневмоприводом. Гранулированные ВВ хранят в бункерах 9 при закрытых шиберам 7 и патрубках для загрузки и пылеулавливания. При этом срок хранения, по данным испытаний, не должен превышать 45 дней. ВВ из бункеров 9 разгружают в автосамосвал «Универсал», оборудованный двумя бункерами по Г> м³, дозатором с самоходной тележкой, которую при помощи пневмоцилиндра подводят под течку из бункеров 9, открывают его шибер 7 и по трубопроводу 6 подают ВВ в бункера 4 автосамосвала* Производительность загрузки бункеров самосвала при длине Г трубопровода 26 м и диаметре^ 76 мм составляет 420 кг/мин при расходе воздуха 13 м³/мин. С учетом времени подключения трубопровода 6 и передвижек пневмодозатора продолжительность загрузки 8 т ВВ в автосамосвал составляет 20 мин.

После загрузки бункеров кузов автосамосвала опускается и автомобиль доставляет ВВ на подземный рудник или на карьер.

Для механизации всех процессов на базисном складе по принятой схеме необходимый расход воздуха составит 23 м³/мин при условии одновременной разгрузки ВВ из^вагона и загрузки одного самосвала. ВВ, доставляемое на подземный рудник автосамосвалом, должно быть спущено на рабочие горизонты. Спуск ею в бункерах по стволу шахты и выдача порожних бункеров — длительная и трудоемкая операция. Поэтому разработана система спуска ВВ россыпью по специальной скважине. При этом связь приемщиков ВВ на поверхности и на рабочих горизонтах выполняется по телефону.

11производительность рабочих на спуске ВВ достигает 300 кг/мин. Диаметр транспортного трубопровода при высоте спуска материала 200 м и скорости падения 15 м/с с противотоком воздуха {1,5,Г> м³/мин) составляет 80 мм. Сменная производительность по спуску ВВ может достигать 100 т ВВ.

Глава III

БЕЗОПАСНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ЗАРЯЖАНИЯ

§ 12. СТЕНДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ

Потенциально опасными нагрузками при работе зарядчиков являются ударные нагрузки и трение (главным образом в узлах с вращающимися деталями). Удар следует характеризовать его энергией, трение — удельным давлением на ВВ.

При разработке стендов для экспериментальных исследований нагрузок, возникающих в узлах средств механизации заряжения при их работе в различных режимах, необходимо исходить из следующих положений: 1. Стенды должны воспроизводить механические нагрузки на ВВ, возникающие при работе заряжающих устройств. 2. Величина нагрузки должна меняться в возможно более широких пределах. Максимальные нагрузки должны быть выше, чем у стандартных копров, и не ниже, чем при работе зарядчиков в «ужесточенных» режимах. 3. Конструкция стендов должна давать возможность экспериментировать с достаточно большими навесками ВВ при соблюдении безопасности проведения исследований. 4. Исполнительные органы стендов (т. о. устройства, в которых непосредственно осуществляются воздействия на ВВ) должны быть сменными и допускать изменение характера механических воздействий в возможно более широких пределах. 5. Стенды должны быть по возможности автоматизированными и высокопроизводительными.

Стенд для испытания чувствительности ВВ к удару (рис. 39, а) размещается в бронекабине 1. По направляющим с помощью винта 8 перемещается захватывающий механизм 9 с грузом 70. При набегании роликов захватывающего механизма на сбрасывающие кулачки 4 груз освобождается и падает, ударяя боек 12, подвешенный на пружинах механизма возврата 11 бойка. Для того, чтобы механизм возврата не мешал свободному надонию груза, его стойки и направляющие размещены в разных плоскостях.

Вместе с механизмом захвата 9 перемещается подвижный рычаг 3. Сразу же, как только груз освобождается, подвижный рычаг воздействует на верхний концевой выключатель 2, который реверсирует электродвигатель 6, вследствие чего механизм за-

Вата начинает двигаться вниз. После того, как он снова войдет и зацепление со сброшенным грузом, подвижный рычаг нажимает на нижний концевой выключатель. Электродвигатель реверсируется и механизм захвата вместе с грузом возобновляет движение вверх. Включение и выключение стенда выполняется дистанционно

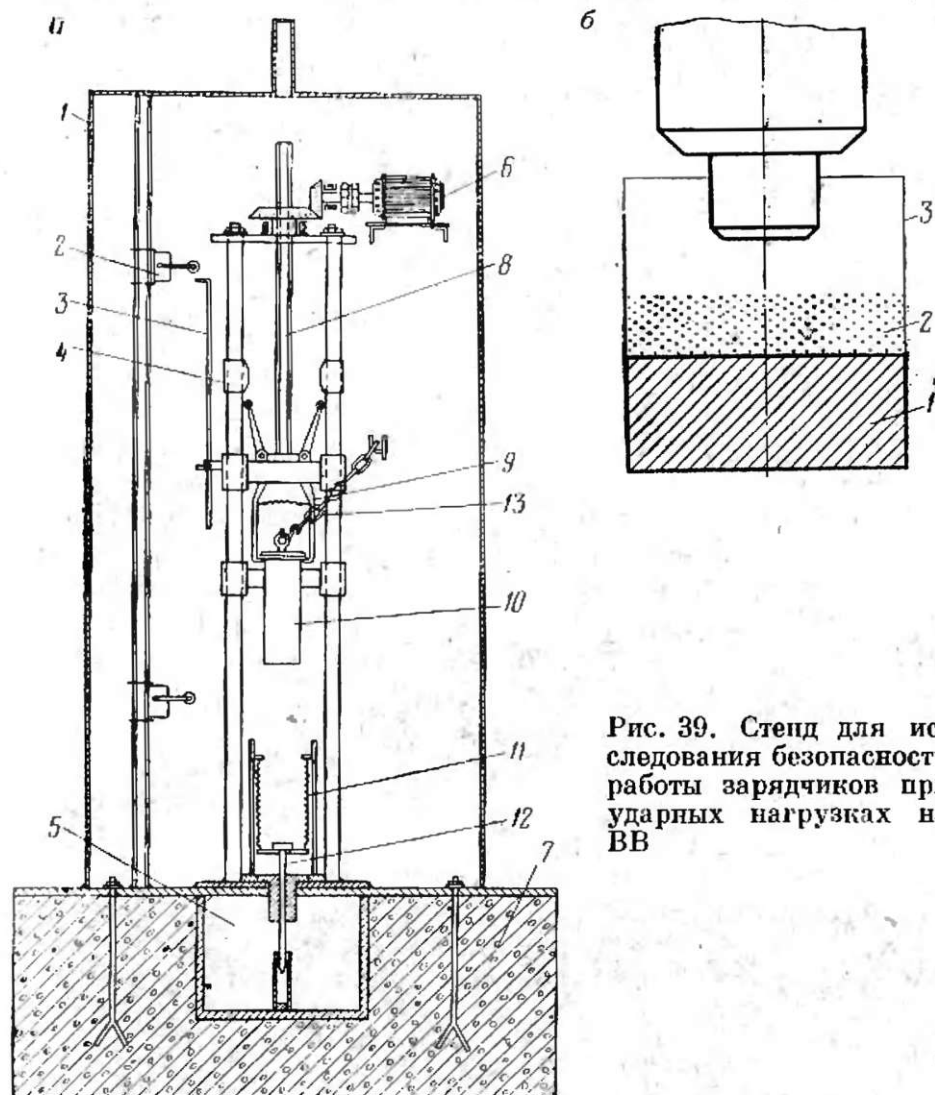


Рис. 39. Стенд для исследования безопасности работы зарядчиков при ударных нагрузках на ВВ

с помощью выносного кнопочного поста. Наличие электрического привода стенда, а также возможность работы в автоматизированном режиме увеличивает эффективность проведения экспериментов, и повышает безопасность работы.

Энергия удара бойка определяется по формуле

$$T = Ph - E, \text{ Дж}$$

1 G^* — вес груза, кгс; h — высота падения груза, м; E — энергия, потребляемая в механизме возврата бойка, равная 0,7—0,9 кгс-м.

Сбрасывая кулачки 4 вдоль направляющих, а также изменяя h и G^* груза, можно регулировать энергию удара в пределах от 3

до 70 кгс·м. Максимальная энергия удара принята, исходя из обеспечения не менее двукратного превышения максимальной энергии удара при работе зарядчика.

Под бронекабиной в железобетонном фундаменте 7 имеется бронениша 5 с массивной наковальней.

Для предотвращения падения груза во время укладки испытуемых ВВ в броненишу на стенде имеется предохранительное устройство 13.

Исследуемые образцы ВВ 2 для имитации удара по ВВ перед установкой на наковальню помещали в бумажную гильзу 3, падающую на сменный поддон 1 (рис. 39, б), свободно лежащий на поверхности, и в металлический стакан в условиях некоторого ограничения движения вещества из-под соударяющихся поверхностей или осевой удар по ВВ, находящемуся в шп>ре. При имитации ударов, когда одной из поверхностей является горная порода, в броненишу помещали породный блок.

Величина навески испытуемого ВВ может достигать 100 г и выбирается таким образом, чтобы условия проведения испытаний по возможности приближались к реальным условиям.

Для имитации реальных ударных нагрузок на ВВ, возможных при работе зарядного оборудования, применяются бойки, насадки и поддоны, изготавливаемые из соответствующих материалов и оптимальной формы.

Стенды для испытания чувствительности ВВ к трению. При механизированном зарядании нагрузки трения на ВВ, попавшее между двумя поверхностями, движущимися одна относительно другой, реализуются в шнековых устройствах, питателях и т. н. Интенсивность воздействия на ВВ в таких условиях определяется скоростью вращения трущихся поверхностей, коэффициентом трения, а также величиной нормального давления, с которым эти поверхности прижимаются одна к другой.

Количественные значения этих параметров при работе зарядчиков в большинстве случаев могут быть определены аналитически. Весьма важно установить, насколько эти значения далеки от опасных, т. е. таких, при которых ВВ может воспламениться или взорваться.

Для определения чувствительности ВВ к нагрузкам трения для указанных целей были разработаны и сооружены стенды, с помощью которых представилось возможным имитировать работу узлов трения зарядных устройств в различных условиях. В отдельных узлах зарядных устройств трущимися в присутствии ВВ являются сопряженные конические поверхности и упомянутый стенд позволяет воспроизводить подобные нагрузки.

Стенд состоит из бронекабины 12 (рис. 40), в которой помещается привод (электродвигатель 7 и коробка скоростей 8). Бронекабина приварена к стальной плите и установлена на бетонном фундаменте 13, в котором имеется бронениша 10. В этой нише на специальной каретке установлено устройство 11, воспроизводящее

работу узлов трения в присутствии ВВ. Ншпа закрывается массивной дверью. Вращающий момент на штангу 8 от привода передается валом В, который по направляющим 2 может перемещаться и осевом направлении относительно конической шестерай 5,

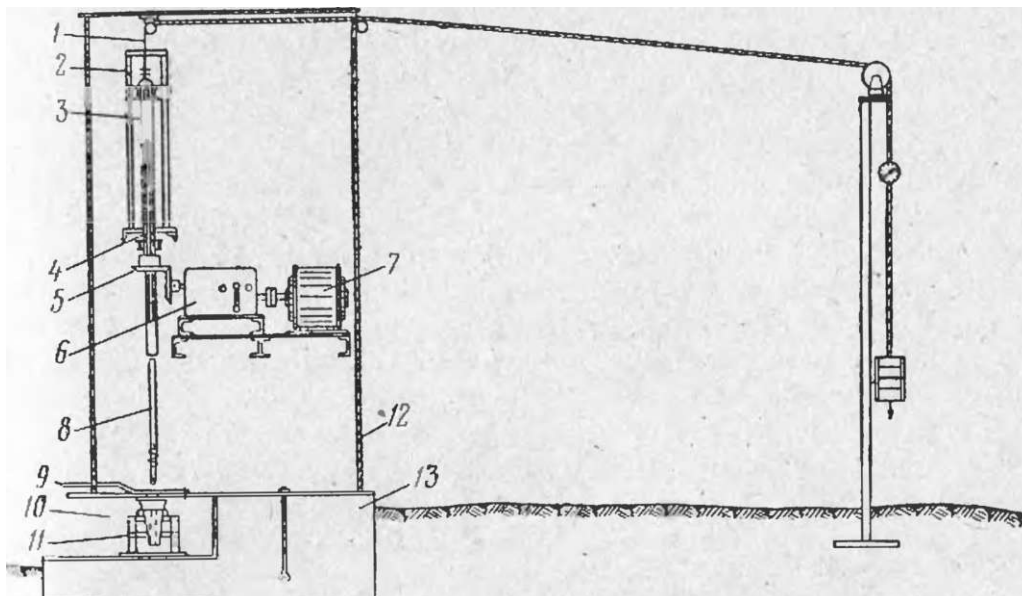


Рис. 40. Стенд для исследования безопасности работы зарядчиков при пагруз-
b.ix трения па ВВ в узлах с сопряжопными коническими поверхностями

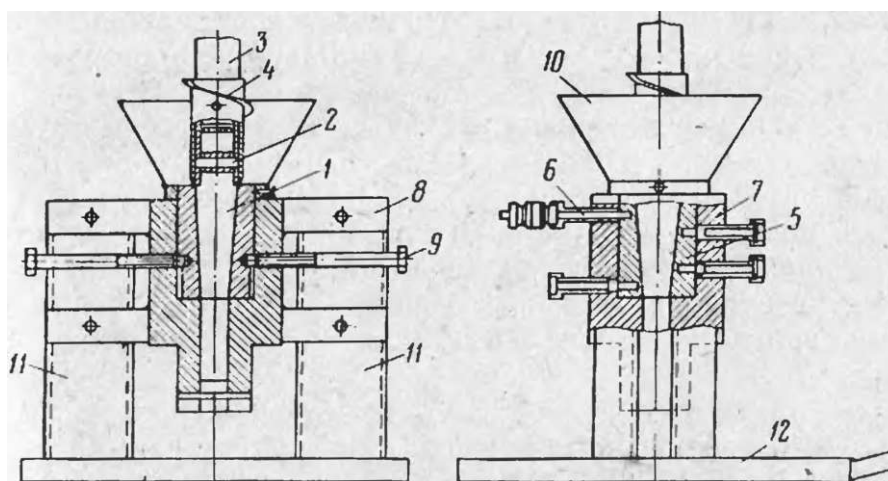


Рис. 41. Устройство, воспроизводящее работу узлов трения

соединенной с валом шпонкой 4. Вал перемещается с помощью (или каната 1, переброшенного через блоки, и набора контр-грузов. Предохранительная заслонка 9 позволяет перекрывать отверстие в основании боеикабины во время установки каретки и укладки ВВ перед испытаниями. Стенд оборудован дистанционным управлением электродвигателем.

Устройство, воспроизводящее работу узлов трения (рис. 41), состоит из подвижного конуса 1, прикрепляемого с помощью

пальца 2 к приводному валу 3 со шнеком 4 и неподвижной конической втулки 5 с вмонтированными в нее термopаpами 6 - типа ТХК-529, регистрирующими температуру разогрева трущихся поверхностей. Коническая втулка помещена в обойму 7 с крепежными плапками 8 и зафиксирована двумя стопорными болтами 9. К верхней части втулки примыкает бункер 10. Обойма укреплена болтами в опорных стойках 11 каретки 12.

Подвижный конус и неподвижная коническая втулка изготовлены из материалов, сочетающихся в узле трения зарядчика, работу которого намечается имитировать. Величина удельного давления регулируется изменением величины осевого усилия на приводной вал и для материалов, наиболее широко применяемых при конструировании таких узлов, легко доводится до предельно допустимой, т. е. до величины, при которой происходит «схватывание» на контакте трущихся деталей. Сопряженные конические детали позволяют вести исследования при относительно небольших осевых усилиях и скоростях скольжения.

Удельное давление может быть определено из выражения

$$N = \frac{Q - P}{2F \cdot \sin \alpha}, \quad \text{кгс/см}^2,$$

где $Q - P$ — осевое усилие, равное разнице между весами приводного вала (с подвижным конусом и шнеком) и контргруза, кгс; F — площадь соприкосновения трущихся поверхностей (равна 100 см² по конструкции), см²; α — угол раствора конуса (равен 10° по конструкции).

Из приведенного выражения следует, что при осевых усилиях, равных, например, 5, 10, 15 и 20 кгс, и принятых размерах трущихся поверхностей величина удельного давления составляет соответственно 0,29; 0,57; 0,80 и 1,15 кгс/см². Эти удельные давления являются средними. Вследствие дефектов обработки трущихся конических поверхностей в отдельных местах фактические удельные давления намного выше. Однако рассчитать их практически невозможно.

Максимальная скорость скольжения трущихся поверхностей принята 1 м/с, исходя из анализа работы узлов трения с коническими поверхностями, где она не превышает 0,5 м/с.

В известных конструкциях зарядчиков трущиеся в присутствии ВВ детали, как правило, имеют цилиндрические или плоские поверхности. При работе реальных зарядчиков вещество в зазоре между трущимися поверхностями постоянно обновляется, чего нельзя надежно достигнуть в стенде описанной выше конструкции. Для исследования работы узлов трения с высоким удельным давлением на контакте трущихся в присутствии ВВ деталей была разработана и изготовлена установка (рис. 42), которая позволяет моделировать работу отдельных узлов трения зарядчиков при удельном давлении на контакте трущихся поверхностей более

100 кгс/см². Конструкция данной установки позволяет менять сочетание материалов трущихся пар и обеспечивать постоянное обновление ВВ в зазоре между трущимися деталями. Помимо этого, конфигурация трущихся частей позволяет более определенно, чем в предыдущем случае, судить о величине удельного давления на ВВ.

Установка состоит из рычажной стойки 4, шарнирно закрепленной на прочном основании сменной пластины 6 и сменного вала 8. Диаметр вала 95 мм, длина его рабочей части 100 мм. Валок опирается на подшипники и получает вращательный момент от электродвигателя постоянного тока через клиноременную передачу (подшипники, клиноременная передача и электродвигатель на схеме не показаны).

Мощность электродвигателя 4,3 кВт. Путем изменения напряжения на якоре электродвигателя относительную скорость

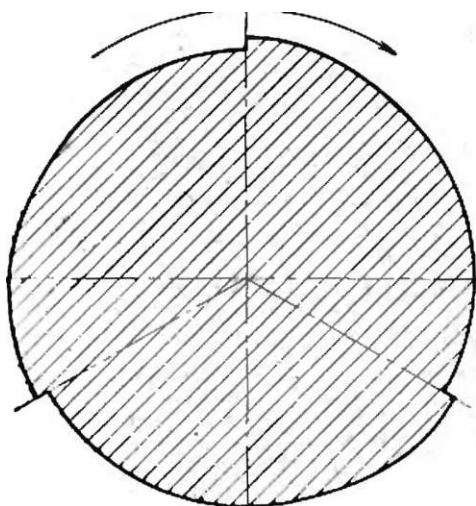


Рис. 43. Конфигурация трущейся поверхности сменного вала

На рычажной стойке "укреплены верхний 5 и нижний 9 бункеры для ВВ. Сменная пластина имеет канал для термонары 7 типа ТХК-529. Расстояние от

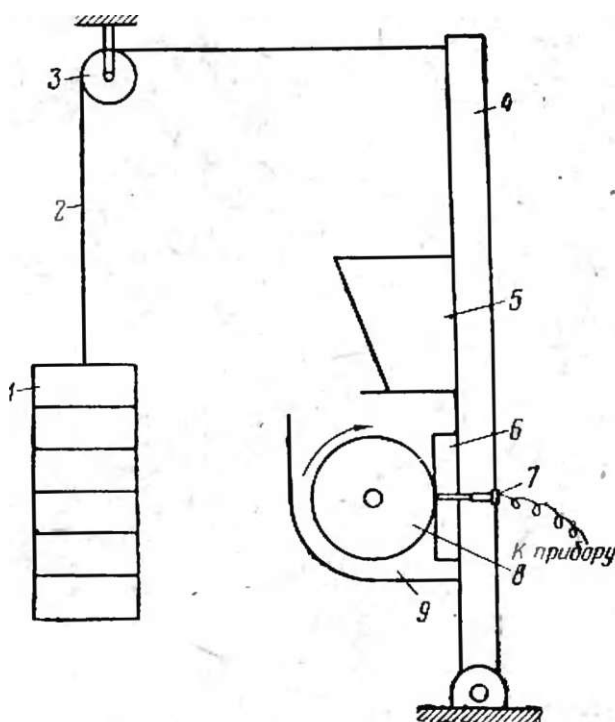


Рис. 42. Схема установки для исследования работы узлов трения заряжающих устройств

движения трущихся поверхностей можно плавно увеличивать в пределах от 0,1 до 10,0 м/с.

С помощью набора грузов I и троса 2, переброшенного через ролик 3, рычажная стойка 4 вместе с закрепленной на ней сменной пластиной 6 постоянно прижимаются к вращающемуся валку, образуя рычаг с отношением плеч 1 : 5. Сменный валок в сечении имеет такую конфигурацию трущейся поверхности (рис. 43), которая обеспечивает периодическое поступление новых порций ВВ в зазор между ними и сменной пластиной.

торца термопары до контакта трущихся поверхностей не более 0,5 мм. Поэтому можно считать, что при наступлении стационарного температурного режима зафиксированная термопарой температура равна температуре на поверхности контакта трущейся пары.

§ 13. ОПАСНОСТЬ УДАРНЫХ НАГРУЗОК НА ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Исследования проводились на ВВ, наиболее широко применяемых при механизированном зарядании, а также на модельных составах.

Вначале были определены условия, при которых ударные нагрузки на ВВ, возможные при механизированном зарядании, представляют наибольшую опасность взрыва. Максимальная величина указанных нагрузок была принята 20 кгс-м.

Возможность взрыва при ударе зависит от конфигурации, размеров, материала и чистоты обработки соударяющихся поверхностей, размеров и величины навески испытуемого ВВ, а также от условий истечения ВВ при ударе. Как указывалось выше, при механизированном зарядании возможны нагрузки в условиях свободного или стесненного истечения ВВ из-под соударяющихся поверхностей. Возникла необходимость определить влияние каждого из этих факторов путем проведения соответствующих исследований.

При испытании смесевых ВВ исходили из положения, что размеры навески ВВ должны быть не меньше критических размеров для детонации и горения, а в опытах величина навески испытуемого ВВ принята не меньше 30 г.

Статистическая надежность полученных результатов на основании известных положений теории вероятностей характеризовалась доверительным интервалом

$$(p - f e); (p + e), \text{ где } z = 1(P) / p (1 - p) / n,$$

где p — частота, установленная экспериментально; e — возможные отклонения частоты от вероятности; P — надежность оценки, принимаемая равной 0,9. При $P = 0,9$ величина $t(P) = 1,65$; n — число опытов.

Поскольку результаты эксперимента предвидеть заранее не представлялось возможным, то вначале, как это обычно принимается при определении чувствительности ВВ к механическим воздействиям, провели 20—30 опытов. Затем, в зависимости от полученных результатов, число опытов корректировали таким образом, чтобы с надежностью не менее 90% ширина доверительного интервала не превышала ± 10 - $\pm 12\%$.

Конфигурация и размеры соударяющихся поверхностей при ударных нагрузках при механизированном зарядании могут быть

самыми различными. Однако все условия удара можно свести к двум крайним случаям — удару острием и плоской поверхностью.

Бойты с ударом острием проводились по схеме, приведенной на рис. 44. Диаметр металлического стакана 33 мм, высота около 300 мм. Вначале были использованы неармированные бойки из стали марки Ст. 45. Диаметр бойка 25 мм, угол заострения 55° . Затем были применены бойки, армированные пластинкой твердого сплава ВК-15 (рис. 45).

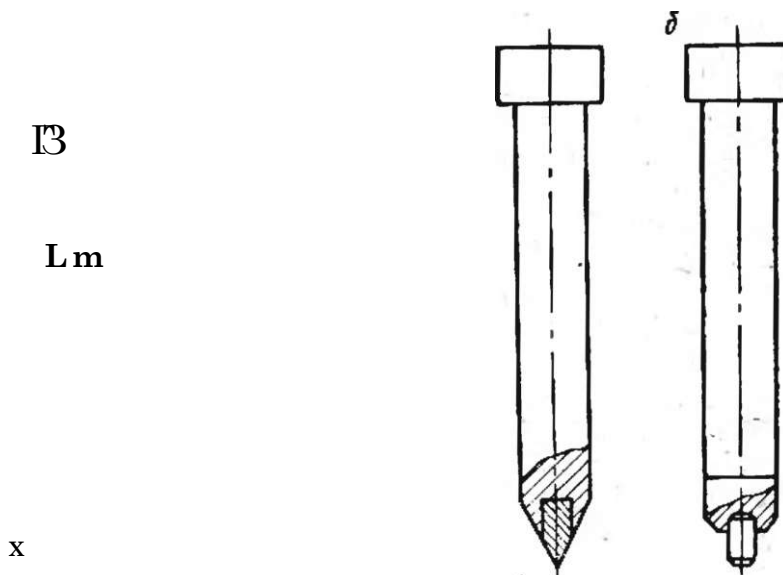


Рис. 44. Схема проведения опытов с модельным составом № 54:

1 — металлическая гильза; 2 — стальной подлип; 3 — навеска ВВ; 4 — боек; 5 — направляющая втулка

Рис. 45. Конструкция бойка:

а — армированного ~ пластинкой ВК-15, б — с плоской ударной поверхностью

В опытах были использованы следующие ВВ: 1. Модельный состав, приготовленный на гранулированной аммиачной селитре, имеющий максимально возможное для предохранительных ВВ IV класса содержание гексогена., 2. Модельный состав, приготовленный на мелкой селитре, содержащий вместо гексогена желатионированные нитроэфиры. 3. Порошкообразный аммонит № 6.

По каждой навесе ВВ массой 30—40 г наносили по 10 ударов, после чего навеску, а также дно стакана заменяли. Условия и результаты опытов приведены в табл. 3.

Таким образом, при ударе острием модельные составы, содержащие гексоген и нитроэфиры, дают взрывы. Однако нитроэфирный состав взрывается значительно чаще, чем гексогеновый. Да и сами взрывы состава с нитроэфиром, судя по характеру деформаций цилиндров, гораздо ближе к детонации, чем взрывы состава * гексогеном. Если последний только разворачивает цилиндр, то состав с нитроэфиром дробит его на мелкие осколки.

На данном стенде при ударе острием (см. табл. 3 и рис. 40) у тротильных ВВ систематически возбуждать взрывы или другие

. Таблица 16

ВВ	Материал бойка	Угол заострения бойка, градус	Энергия удара, кгс м	Число опытов	Число взрывов	Частота взрывов, %
Гексогеновый состав	Ст. 45	55	22	200	4	2,0
То же	Ст. 45	55	19	200	3	1,5 *
»	Ст. 45	55	16	420	0	0
»	ВК-15	55	22	115	1	0,9
Нитроэфирный состав	То же	55	22	14	5	35;
Гексогеновый состав	»	110	16	20	0	0
Нитроэфирный состав	»	110	16	10	2	20
Аммонит № 6	»	55	22	400	0	0
То же	»	55	40	400	0	0
»	»	55	65	100	0	0
»	»	110	40	200	0	0

явления, свидетельствующие об опасности взрыва, не удалось. При ударе острием, несмотря на очень большие удельные давления, отсутствуют благоприятные условия для развития горения ВВ, возникающего в очаге, и перехода этого горения во взрыв. Более благоприятных условий для возникновения взрыва следует ожидать при ударе плоской поверхностью.

В связи с этим в дальнейших опытах для изучения взрыва при ударе плоской поверхностью навеску ВВ помещали в бумажный цилиндр, надетый на стальной цилиндрический поддон-подложку (см. рис. 39, 6), диаметром 45 мм с гладкой поверхностью. Поддон меняли после каждого удара. По навеске испытуемого ВВ наносили удар бойком, изготовленным из стали марки У-8. Взрыв характеризуется громким звуком, выделением большого количества дыма, отсутствием видимых остатков непрореагировавшего ВВ, а при наличии прочной оболочки — деформацией этой оболочки.

Основными признаками вспышки являлись четкие следы копоти и ожоги на остатках бумажного стакана, выделение дыма, но гораздо менее интенсивное, чем при взрыве. При вспышке оставалось непрореагировавшее ВВ.

Наличие вспышек при ударе плоской поверхностью у тех ВВ, которые при ударе острием не давали их, свидетельствует о том, что удар плоской поверхностью более опасен. Поэтому его следует положить в основу при исследовании опасности ударных нагрузок при работе зарядчиков.

Целесообразно принять цилиндрическую конфигурацию ударяющей плоскости бойка, которая обеспечивает наиболее жесткие условия проведения опытов. В связи с изложенным возникла пе-

обходимость определить размеры соударяющихся поверхностей, при которых наиболее велика опасность взрыва.

Первым был опробован боек диаметром 10 мм. Энергия удара по бойку составляла 65 кгс-см. Опыты проводили с ВВ, содержащими нитроэфир или гексоген (победит ВП-3, гексопит N-3, гексамоп). С каждым ВВ проведено по 25 опытов и ни в одном опыте не наблюдалось взрыва или вспышки.

Причиной этого, как и при ударе острием, является ненапряженное вытекание ВВ из-под бойка при ударе. Для проверки этого положения проведены опыты с бойком, диаметр которого равен 15 мм. При энергии удара 65 кгс-м получены вспышки гексопита-3, победит ВП-3 вспышек не дал. При диаметре бойка 20 мм (энергия удара 65 кгс-м) возбуждались взрывы или вспышки (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

ВВ	Число опытов	Число неуспехов	Число взрывов	Частота «взрывов» или вспышек, %
Догонит 6Л	14	8	4	86
Детонит ЮЛ	14	3	1	29
Победит ВП-3	29	3	0	10
Тротил (в гранулах) . .	29	16	0	55
Ллюмотол	29	18	0	62
Лимонит Л? 6	29	7	0	24
Дипамон	29	3	0	10
Лимонит ПЖВ-20 . . .	29	6	0	21
Гексопит-3	15	3	0	20
Гексамоп	29	4	0	13
Модельный состав с гексогеном	29	9	2	38

Анализируя данные этой таблицы, можно констатировать, что все испытанные ВВ в результате ударов плоской поверхностью но свободно лежащему заряду давали вспышки и взрывы. Учитывая, что удар плоской поверхностью характерен для производственных условий, его можно использовать для определения степени опасности указанных ВВ.

Дальнейшие опыты были проведены с бойками диаметром 25 мм. В результате при таком же числе опытов испытанные ВВ давали вспышки, однако число взрывов уменьшилось (имел место лишь один взрыв состава с гексогеном). При увеличении диаметра ударяющей поверхности бойка до 30 мм вспышки прекратились.

Возрастание частоты взрывов при увеличении диаметра бойка < 10 до 20 мм свидетельствует о значении процесса течения вещества под бойком для возбуждения взрыва. При увеличении диаметра бойка в два раза энергия удара, приходившаяся на единицу

объема испытуемого ВВ под бойком, уменьшается в 4 раза, зато увеличивается сопротивление течению вещества под бойком[^]. Последнее приводит к увеличению удельной скорости выделения энергии при течи вещества, значение которого более существенно, чем уменьшение удельной энергии удара, и к увеличению вероятности возбуждения.

Вероятность взрыва повышается с увеличением диаметра бойка до определенного предела, выше которого отмеченный фактор уже не компенсирует уменьшение удельной энергии удара, как, например, в опытах с бойками диаметром 25 и 30 мм, а также с роликами подшипников качения.[^]

Таким образом, наиболее опасным оказался удар плоским бойком диаметром 20 мм. Для опытов с детанитом использованы бойки такого диаметра, в качестве которых, кроме особых случаев, использованы ролики подшипников качения из высокопрочной легированной стали, с чистой обработкой поверхности. При диаметре 20 мм имел место один взрыв детонита 10А из 15 опытов, при диаметрах 25 и 30 мм и таком же числе опытов взрывы не наблюдались. В качестве поддонов использованы цилиндрические ролики диаметром 45 мм подшипников качения.

Таким образом оптимальными параметрами исполнительных органов стенда для исследования условий безопасной работы зарядчиков при ударных нагрузках на ВВ и чувствительности промышленных ВВ к Удару можно считать следующие: ударная поверхность насадки бойка — плоская, поскольку удар по ВВ плоскостью является более жестким, чем удар острием; конфигурация ударяющего тела — цилиндрическая как наиболее удобная; ударяющее тело — цилиндрический ролик подшипника качения диаметром 20 мм; поддон — цилиндрический ролик подшипника качения диаметром 45 мм. Для ужесточения условий проведения опытов на поверхность поддона можно укладывать шлифовальные шкурки.

Влияние величины слоя ВВ между соударяющимися поверхностями. В зависимости от конструкции, условий и режима работы зарядного устройства слой ВВ в зазоре между соударяющимися поверхностями может быть различным. Испытания следует вести при наиболее опасном слое.

В связи с отсутствием известных[^] данных по величине опасного слоя применительно к грубодисперсным промышленным ВВ были поставлены опыты по схеме, приведенной на рис. 40, с использованием шлифовальной шкурки. Опыты проводили с зерногранулитом 79/21. Высота навески принята 5, 10 и 15 мм, поскольку такой слой ВВ между соударяющимися деталями наиболее вероятен при работе узлов, в которых имеются ударные нагрузки. Кроме того, при меньшей высоте слоя размеры навески могут оказаться недостаточными для распространения взрыва. Слишком большая высота навески уменьшает интенсивность воздействия на ВВ при¹ ударе. Условия и результаты опытов приведены в табл. 5.

. Таблица 16

ВВ *	Энергия удара, кгс, м	Число опытов	Высота слоя ВВ, мм	Частота вспыхив, %	Доверительный интервал, %
W					
Зерногранулит 79/21	10	50	• 5	00	49--71
			10	64	56--72
			15	50	38--62
	15	50	5	82	73--91
			10	88	82--96
			15	72	62--82
	20	10	5	90	74--100
			100 •	100	
			15	100	
	40	10	5	100	
			10	100	— —
			15	100	
Зерно гранулит 50/50	10	50	5	62	51--73
			10	85	77--93
			15	75	65--85
	20	10	5	100	
			10	90	74--100
			15	100	
	40	10	5	100	
			10	100	
			15	100	
	10	50	5	80	71--89
			10	77	67--87
			15	67	~ 74--60
Зерногранулит 30/70	20	10	5	100	
			10	100	
			15	100	
	40	10	5	100	
			10	100	
			15	100	
	10	50	5	80	71--89
			10	77	67--87
			15	67	~ 74--60
	20	10	5	100	
			10	100	
			15	100	
Гранулит АС	10	50	5	0	
			10	0	
			15	0	
	20	50	5	26	16--36
			10	30	19--41
			15	30	19--41
	40	20	5	100 •	—
			10	100	
			15	100	
	10	50	5	0	
			10	0	
			15	0	
Гранулит АС-4	20	50	5	52	44--60
			10	50	38--62
			15	40	29--51
	40	20	5	100	
			10	100	
			15	100	
Гранулит АС-8.	10	50	5	0	
			10	0	
			15	0	
	20	50	5	52	44--60
			10	50	38--62
			15	40	29--51

Продолжение табл. 5

ВВ	Энергия удара, кгс-м	Число опытов	Высота слоя ВВ, мм	Частота всплывающих, %	Доверительный интервал, %
Грапулит С-2	20	50	5	60	49—71
			10	60	49—71
			15	60	49—71
	40	20	5	100	—
			10	100	—
			15	100	—
	10	50	5	0	—
			10	0	—
			15	0	—
	20	50	5	22	12—32
			10	20	11—29
			15	25	15—35
Гранулит М	40	20	5	60	42—78
			10	90	79—100
			15	90	79—100
	10	50	5	0	—
			10	0	—
			15	0	—
	20	50	5	20	11—29
			10	20	11—29
			15	23	13—33
	40	20	5	60	42—78
			10	30	42—78
			15	65	54—76

В данных условиях испытаний величина слоя зерногранулита 79/21, по которому наносился удар, существенного влияния не оказала.

Для проверки влияния величины слоя ВВ с большим содержанием тротила были проведены опыты с зерногранулитом 50/50 и 30/70 (см. табл. 5).

При механизированном заряжении применяются и составы без тротила на основе аммиачной селитры с добавлением масла и алюминиевой пудры или без нее. Для выяснения влияния величины слоя при ударе для таких ВВ проведены опыты с грапулитами АС, АС-4, АС-8, С-2 и М (см. табл. 5).

В процессе транспортирования и механизированного заряжения грубодисперсных составов неизбежно его частичное измельчение. Следовательно, при использовании грубодисперсных составов не исключена возможность ударных нагрузок на эти составы в измельченном состоянии. Поэтому были поставлены опыты с аммонитом № 6 и с зерногранулитом 79/21, которые имеют одинаковую рецептуру, но различную дисперсность (см. табл. 5). В отличие от условий проведения предыдущих опытов, в этой серии стальной поддон не покрывался шлифовальной шкуркой.

Такая постановка опытов позволила оценить влияние не только величины слоя и дисперсности ВВ при ударной нагрузке, но и опасность таких воздействий при соударении поверхностей деталей, изготовленных из стали.

Как видно из табл. 5, изменения величины слоя ВВ не привели к значительному изменению числа вспышек для ВВ с большим содержанием тротила, чем в зерногранулитс 79/21, а также для грубодисперсных и порошкообразных ВВ.

Большая частота вспышек зерногранулита 79/21, чем аммонита № 6 ЖВ, еще не свидетельствует о том, что он более опасен. Хотя в зерногранулите 79/21 при ударе вспышка возникает легче, вероятность распространения взрыва по существу очень мала вследствие высокого критического диаметра детонации этого состава. Более частые вспышки грубодисперсных ВВ, по-видимому, объясняются тем, что при ударе по таким ВВ адиабатически захлопываются многочисленные воздушные пузырьки между зернами и при этом образуются рычаги разогрева.

При введении дополнительного сопротивления движению частиц ВВ из-под соударяющихся поверхностей (подложка из шлифовальной шкурки) частота вспышек возрастает, особенно при малых энергиях соударения поверхностей.

Таким образом, при ударах с энергией 10—40 кгс-м вероятность возбуждения взрыва ВВ почти не зависит от величины слоя его между соударяющимися поверхностями (в интервале 5—15 мм).

В связи с изложенным выше, исходя из удобства проведения опытов, была принята высота навески, равная 10 мм. Такая навеска в любом направлении больше размера любого зерна крупнодисперсных ВВ, применяемых для механизированного заряжания.

Влияние условий истечения ВВ из-под соударяющихся поверхностей. Какое истечение опаснее при ударном воздействии на ВВ в условиях свободного или ограниченного истечения вещества в среду, окружающую соударяющиеся поверхности, зависит от физико-механических свойств ВВ и может быть определено только экспериментальным путем. Для этого были проведены опыты, в которых воспроизводились указанные варианты условий истечения зерногранулита 79/21. В первом случае удар наносили по навеске ВВ, помещенной в бумажную гильзу, которая сопротивления движению ВВ не оказывала. Во втором случае бумажную гильзу с поддоном окружали второй гильзой из стали. В обоих вариантах стальные поддоны покрывали такой же шлифовальной шкуркой, как и в предыдущих опытах. Условия и результаты опытов приведены в табл. 6.

Таким образом, изменение условий истечения ВВ в пределах, которые могут иметь место в механизмах зарядчиков при энергии удара 15—40 кгс-м, к какому-либо заметному изменению числа вспышек не привело. Такие же результаты были получены и с порошкообразным аммонитом № 6 ЖВ. Случаев взрыва исследуемых

. Таблица 16

Условия истечения ВВ s	Энергия удара, кгс-м	Число опытов	Число вспышек	Частота вспышек, - %	Доверитель- ный интервал, %
Свободное истече- ние ВВ	15	50	33	66	59—73
	40 j	10	8	80	60—100
Ограниченные условия исте- чения ВВ	15	50	28	56	45—67
	40	10	9	90	74—100
		1	j		ч

ВВ, как и раньше, не было даже при ударах с энергией, равной 40 кгс-м.

Однако в условиях ограниченного истечения ВВ детонационная способность его увеличивается. Следовательно, в таких условиях вспышка может легче перейти во взрыв. Поэтому условия ограниченного истечения следует считать более опасными по сравнению с условиями свободного истечения.

Влияние материала соударяющихся поверхностей. В отдельных узлах зарядных устройств существующих конструкций наряду со сталью различных марок, в частности, широко применяют сплавы на основе алюминия и меди. Некоторые детали или участки их поверхности могут иметь различную чистоту обработки или определенную степень износа в процессе эксплуатации зарядчика. Для оценки принимаемых конструкционных материалов представляет определенный интерес изучить влияние на вероятность возбуждения взрыва ВВ при ударах. Для этого проведены специальные опыты, в которых материал одной из соударяющихся поверхностей (подстилающей) изменялся.

Опыты проводились с зерногранулитом 79/21 на поддонах с относительно «чистой» поверхностью (класс $V_s > V_7$) и на поддонах, имевших царапины и вмятины глубиной до 1 мм. Энергия удара принята равной 10—20 кгс-м.

Результаты опытов с поддонами, имевшими относительно чистую обработку, и с поддонами, имитировавшими определенную степень износа соударяющихся поверхностей, приведены в табл. 7.

При проведении данных опытов ни одного случая взрыва навески ВВ не было.

Из сопоставления данных табл. 7 видно, что: а) для таких конструкционных материалов, как сталь, дюралюминий и латунь, повышение чистоты обработки соударяющихся поверхностей снижает вероятность возбуждения вспышки; б) при соударении стальных деталей с шероховатой поверхностью (глубина вмятин и царапин до 1 мм) вероятность возбуждения вспышки выше, чем при соударении деталей из дюралюминия и латуни с таким же состоянием поверхностей.

v

. Таблица 16

Материал	W Энергия Удара, кгс-м	V Число опытов	Частость вспышек, %	Доверитель- ный интервал, %
Поддоны с чистой обработкой				
Сталь	10	180	0	—
	20	180	21	10—26
Дюралюминий	10	180	0	—
	20	180	20	15—25
Латунь	10	180	0	—
	20	180	11	7—15
Поддоны с определенной степенью износа				
Сталь	10	100	0	—
	20	100	48	40—56
Латунь	10	x 100	0	—
	20	100	13	0—18

Поскольку при работе зарядчиков в подземных условиях не исключены удары по ВВ горной массы, для оценки степени опасности таких воздействий были проведены соответствующие опыты: навеску зернограпулита 79/21 помещали в короткий (40 мм) шпур диаметром 45 мм, пробуренный в массивном блоке диорита. Перед засыпкой ВВ в шпур помещали бумажную гильзу, плотно прилегающую к его стенкам.

Условия и результаты данных опытов следующие:

Энергия удара, кгс-м	.. .	10	20
Число опытов		50	50
Число вспышек		5	17
Частость вспышек, %	. . .	10	34
Доверительный интервал, %		3—17	23—45

Из этих данных видно, что при ударе по ВВ в этих условиях частость вспышек существенно не увеличивалась по сравнению с результатами опытов, приведенными в табл. 7. Случаев взрыва навески ВВ не было.

Сравнительные испытания ВВ. Для механизированного заряжения в основном применяются следующие ВВ: составы на основе аммиачной селитры и тротила в качестве сенсibilизатора; составы на основе аммиачной селитры с добавлением горючего масла и алюминиевой пудры или без нее.

Оти ВВ имеют различную чувствительность к механическим воздействиям. Для оценки степени безопасности работы заряжающих устройств при применении того или иного ВВ необходимо иметь сравнительные данные, характеризующие возможность возожждения взрывов или вспышек ВВ при механических воздействиях в этих зарядчиках. Для этого были проведены сравнительные

испытания некоторых ВВ из числа наиболее широко применяемых при механизированном зарядании.

Удар по навеске высотой 10 мм наносили бойком, армированным цилиндрическим роликом подшипника качения, диаметром 20 мм. Стальной поддон покрыт шлифовальной шкуркой. В результате анализа опытов можно сделать следующие выводы: а) при испытаниях в данных условиях случаев взрыва навески ВВ не было; б) частотность вспышек у бестротильных составов, как и следовало ожидать, ниже, чем у составов с тротилом; в) введение алюминиевой пудры в бестротильные составы несколько повышает число вспышек, однако оно остается ниже, чем у тротилосодержащих ВВ; г) поскольку и детонационная способность бестротильных составов ниже, чем зерногранулитов, их можно считать менее опасными в применении.

Как известно, взрыв в результате механических воздействий — явление вероятностное. Отсутствие его в ограниченном числе опытов еще не означает, что он вообще невозможен. Поэтому установление условий, при которых опасность взрыва отсутствовал бы, представляет собой задачу, которую следует решать, исходя из положений теории вероятностей.

Определение безопасной величины ударных нагрузок при работе зарядных устройств. Данные опыты были поставлены таким образом, что в них реализовались наиболее опасные условия удара, возможные при работе зарядчиков: удар по навеске ВВ наносили стальным цилиндрическим бойком с плоской поверхностью соударения диаметром 20 мм (свободное истечение ВВ); несколько ограничивались условия истечения испытуемого ВВ путем помещения навески ВВ в высокую (более 200 мм) стальную гильзу с внутренним диаметром 45 мм. Поддонами служили цилиндрические ролики подшипников качения такого же диаметра; использовалось тротилосодержащее ВВ с максимально допустимым для подземных условий содержанием тротила — зерногранулит 79/21 с толщиной слоя 10 мм.

В ходе каждого испытания ВВ сильно измельчалось. Критический диаметр измельченного состава не превышал 10 мм. Следовательно, принятая величина навески даже без учета влияния оболочки обеспечивала критические условия возбуждения взрыва.

Учитывая, что в реальных условиях не исключено попадание абразивных материалов между соударяющимися поверхностями, были проведены также опыты, в которых перед помещением ВВ в гильзу на стальной поддон подсыпали электрокорундовое зерно. Таким образом при проведении опытов не удалось получить взрыва ВВ.

На основании полученных данных можно оценить энергию удара, при которой и происходит взрыв ВВ в условиях, подобных принятым в экспериментах и характерных для работы зарядчиков. Для этого прежде всего необходимо рассчитать доверительный интервал частоты взрыва. При расчете следует исходить из того,

что распределение частоты взрывов в зависимости от энергии удара по своей физической сущности подчиняется нормальному закону.

В расчете допустим, что взрыв произошел в опыте, следующем за последним проведенным опытом. При таком допущении рассчитанный доверительный интервал получается во всяком случае не уже, чем действительный. Другими словами, принятый метод расчета дает в отношении доверительного интервала определенный запас.

При числе опытов $n = 5000$ $J = 1$ доверительный интервал находится в границах

$$e = 2,58 \sqrt{\frac{1}{5000}} \approx 5,1 \cdot 10^{-4}.$$

Тогда частота взрывов при ударе не будет выходить из пределов $(0,4-7,1) \cdot 10^{-4}$. Следовательно, при энергии удара, принятой в экспериментах, вероятность взрыва будет не выше $7,1 \cdot 10^{-4}$. Искомую энергию, при которой вероятность взрыва практически равна нулю, можно определить следующим образом.

Для получения надежных результатов для зерногранулиита 79/21 на стенде была определена зависимость частоты вспышек от энергии удара. При этом считается, что если при какой-то энергии не будет вспышек, то взрывов тем более не будет. Полученные результаты приведены на рис. 46, из которого следует, что в данном случае величина $\frac{W_{\text{всп}}}{W_0} = 18 \cdot 10^{-2}$. Совершенно очевидно, что величина $(\frac{W_{\text{всп}}}{W_0} - 1) / \frac{W_{\text{всп}}}{W_0}$ будет еще меньше. Следовательно, если энергию удара, при которой происходит 10% вспышек, уменьшить на 20%, вспышки должны прекратиться, особенно если первоначальная частота взрывов ниже 10%. Учитывая, что вероятность взрывов в проведенных испытаниях при энергии удара 40 кгс-м не превышает $7,1 \cdot 10^{-2}\%$, можно с полным основанием утверждать, что удары с энергией 20 кгс-м не вызовут взрыва. Следовательно, ударные нагрузки па ВВ, возможные при работе зарядчиков и не превышающие 20 кгс-м, являются безопасными.

Для выяснения, связано ли отсутствие опасности взрыва при ударе по ВВ в зарядчике с отсутствием условий возбуждения взрыва или условий распространения его, распространение взрыва изучали в основном с зерногранулитом 79/21, поскольку из ВВ, применяемых при механизированном зарядании в подземных условиях, наибольшее содержание тротила имеет это ВВ. Его и следует считать наиболее опасным с точки зрения возможности распространения взрыва по массе ВВ.

Схема проведения опытов следующая. Шашку из ВВ, спрессованного до плотности $1,3-1,4 \text{ г/см}^3$, диаметром 20 мм укладывали на поддоп (ролик подшипника качения диаметром 53 мм), заключенный в стальную гильзу, выступающую над ним на 80 мм.

На шашку устанавливали боек, насадка которого была армирована роликом подшипника качения диаметром 20 мм.

После установки бойка в зазор между гильзой и насадкой бойка засыпалось ВВ. Слой ВВ в зазоре принимали не меньшим, чем критический диаметр детонации испытуемого ВВ. По бойку наносили удар грузом, энергия которого составляла 40 кгс-м.

В первой серии опытов для определения вероятности возбуждения массы аммонита № 6 (мелкодисперсный аналог зерпогранулита 79/21) было проведено по 25 опытов с шашками аммонита № 6 высотой 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5; 3,0; 6,0; 10 мм. Во всех опытах случаев взрывов не было.

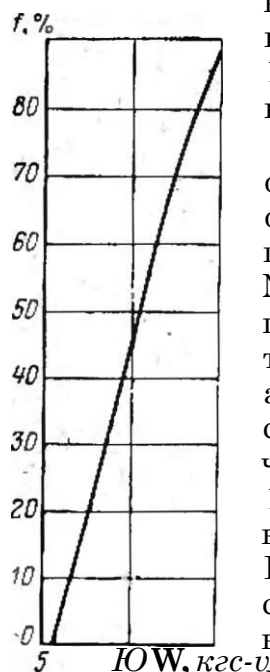


Рис. Зависимость частоты вспышек от энергии удара

Для увеличения энергии импульса вспышки, образующейся под бойком, в следующей серии опытов с теми же шашками из тротила было проведено по 25 опытов и опять взрывов аммонита № 6 не наблюдалось. Однако на поверхности поддонов были видны характерные вспышки тротиловой шашки. Затем вне зоны сжатия взамен аммонита № 6 размещали более детонационноспособный порошкообразный тротил (средний размер частиц 50 мкм). Высота слоя этого ВВ была равна 10 мм при критическом диаметре детонации, равном 5 мм, высота шашек тротила — 0,6 и 1,2 мм. В 50 опытах (по 25 опытов с шашкой каждой высоты) взрывов не было, но почти в каждом опыте наблюдались хлопки различной громкости и выделение дыма. При увеличении высоты тротильных шашек до 3 и 10 мм в 20 опытах (по 10 опытов для каждой высоты) результаты были те же.

Для оценки запаса безопасности в последующих сериях опытов в качестве ВВ, создающего импульс вспышки, был применен ТЭН. Вначале была исследована возможность возбуждения массы зерногранулита 79/21, слой которого вне зоны сжатия превышал 50 мм. В указанных условиях проведено по 25 опытов с шашками ТЭНа высотой 1,2 и 2,4 мм. Ни в одном опыте не было случаев взрыва ВВ, окружающего шашку, но имели место хлопки и выделение дыма. На соударяющихся поверхностях бойка и поддона во всех опытах отчетливо видны следы взорвавшейся шашки ТЭНа. На поверхности поддона в большинстве случаев были следы распространения вспышки по радиальным направлениям вне зоны сжатия.

Указанные наблюдения позволяют сделать вывод, что полученный в условиях проведения опытов взрывной импульс ТЭНа недостаточен для возбуждения взрыва массы зерногранулита 79/21, расположенного вокруг зоны соударения деталей.

Восприимчивость к взрывному импульсу повышается с повышением дисперсности ВВ, в том числе и смесевых. Поэтому сле-

дующую серию опытов проводили с аммонитом № 6 и шашками ТЭНа высотой 1,2 мм. Из 10 опытов в одном отмечена детонация, а в остальных — хлопки и выделение дыма.

Таким образом, опасность возбуждения массы ВВ в результате вспышки, образующейся в зоне соударяющихся тел, практически отсутствует даже при попадании в зазор между ними наиболее чувствительного компонента смесевых ВВ из числа **применяемых** при механизированном зарядании в подземных условиях и при энергии ударов, в несколько раз превышающей возможную величину ее в реальных условиях работы зарядного механизма.

Последние серии опытов показали также, что принятая схема их проведения может послужить основой методики сравнительных испытаний чувствительности ВВ к импульсу вспышки, образующейся в зоне соударяющихся тел. Такие испытания могут учитывать материал и степень обработки соударяющихся поверхностей деталей зарядчика, конфигурацию их, условия истечения ВВ из-под соударяющихся поверхностей и другие факторы. Для дополнительной проверки такого метода испытаний были проведены опыты, в которых начальный взрывной импульс создавался в результате нанесения удара по бойку, установленному на шашке ТЭНа высотой 1,2 мм; в качестве испытуемого ВВ принят тротил. Как и ранее, энергия удара составляла 40 кгс · м.

В пяти проведенных опытах зафиксированы три детонации* в остальных двух — хлопки и выделение дыма. Кроме того, проведенные опыты убедительно свидетельствуют о том, что аммонит № 6 в условиях ударных нагрузок является менее опасным, чем тротил.

Опыты также показали, что при ударных воздействиях на порошкообразный аммонит № 6 образуются очаги возбуждения, недостаточно интенсивные для того, чтобы взрыв распространился за пределы зоны удара. Взрывы отсутствовали и в том случае, когда вместо аммонита № 6 использовали более детонационноспособный мелкодисперсный тротил. И только в том случае, когда удар наносили по наиболее чувствительному вторичному ВВ — ТЭНу, имели место взрывы. Как и следовало ожидать, наиболее часто они происходили в тех случаях, когда вокруг бойка находился тонко измельченный тротил, и реже, когда боек был окружен менее восприимчивым к детонации аммонитом № 6.

В том случае, когда боек окружали зерногранулитом 79/21, условия распространения взрыва становились настолько неблагоприятными, что возникшие при ударе очаги возбуждения даже такого чувствительного и мощного ВВ, как ТЭН, не могли развиться во взрыв.

Таким образом, при использовании аммонита № 6 и зерногранулита 79/21 отсутствие опасности взрыва в результате ударных воздействий при механизированном зарядании определяется как недостаточной интенсивностью возникающих очагов возбуждения, так и затрудненными, (особенно для зерногранулита)

условиями распространения возникшего очага за пределы зоны удара.

Исследование опасности взрыва ДШ при ударных нагрузках.

При механизированном зарядании возможны ударные нагрузки в ряде случаев и на детонирующий шнур (ДШ). В связи с этим и учитывая, что вопросы чувствительности ДШ к механическим воздействиям изучены недостаточно, на стенде (см. рис. 39) были проведены специальные исследования.

Учитывая, что при зарядании удары по ДШ могут быть нанесены как плоской поверхностью, так и острием, были испытаны бойки острый с $\alpha_s = 110^\circ$ и плоские. Отрезки ДШ длиной 10 см укладывали на стальную или породную подложки. Учитывая возможность удара по ДШ с нарушенной оплеткой, были также проведены опыты со снятой оплеткой. Энергия удара в описанных ниже опытах значительно превышает возможную величину ее в реальных условиях работы зарядчика.

В 40 опытах, имитировавших удар острием по ДШ, расположенному на плоской поверхности, случаев вспышек или взрывов не было. Энергия удара в этих опытах составляла 20—30 кгс-м. Такой же результат получен и при нанесении ударов острием по отрезку ДШ со снятым первым слоем оплетки. И в этих случаях боек разбивал отрезки шнура без признаков взрыва или вспышки.

В 20 опытах, при которых удар (с энергией 25 и 30 кгс-м) наносили бойком с плоской поверхностью диаметром 10 мм, боек без признаков вспышек или взрывов разделял ДШ на две пряди.

В связи с этим в последующих опытах, результаты которых приведены в табл. 8, использовали бойки большего диаметра. Взрыв характеризовался громким хлопком, выделением большого количества дыма, отсутствием видимых остатков лепрореагировавшего ТЭНа и отсутствием целых остатков ДШ. При частичном взрыве наблюдали хлопок или выделение дыма (несколько меньшее, чем при полном взрыве), но среди остатков ДШ оказались и отдельные куски.

Если отрезок ДШ оставался целым (кроме смятого участка, по которому был нанесен удар), это рассматривалось как отсутствие взрыва даже при громких хлопках, сопровождавшихся выделением дыма.

Данные опыты показывают, что в определенных условиях возможны частичные или полные взрывы ДШ. Причем, когда оплетка ДШ по нарушена, на вероятность взрыва, помимо величины энергии удара, влияет и размер плоскости бойка, которым он наносится. При нарушении целостности оплетки ДШ чувствительность его к удару резко возрастает и почти не зависит от диаметра ударяющей плоскости бойка.

Следующие две серии опытов проведены в условиях, имитирующих (в определенной степени) реальные (см. табл. 8): отрезки ДШ располагали на стальной подложке с подсыпкой кварцевого песка или на подложке из песчаника крупнозернистого на кремни-

Таблица 8

Состояние оплетки ДШ	Энергия удара, кгс-м	Число опытов	Число полных взрывов	Число частичных взрывов	Частота опытов с полными или частичными взрывами, %
Со стальной подложкой					
	Боек	диаметром	15 мм		
Оплетка целая	25	10	0	0	0
	30	10	0	0	0
	45	10	0	0	0
Снят один слой оплетки	30	10	10	1	10
	45	10	10	2	20
Снято два слоя оплетки	30	10	9	0	90
	45	10	8	2	100
	Боек	диаметром	25 мм		
Оплетка целая	25	10	0	0	0
	30	10	0	0	0
	45	10	0	3	30
	65	10	0	2	20
Снят один слой оплетки	30	10	0	1	10
	45	10	0	4	40
Снято два слоя оплетки	30	10	7	2	90
	45	10	10	0	100
С подсыпкой песка					
	Боек	диаметром	15 мм		
Оплетка целая	45	10	0	0	0
Снят один слой оплетки	45	10	0	0	0
Снято два слоя оплетки	30	10	10	0	100
	45	10	9	1	100

стол! цементе или диорита. При нанесении удара бойком с ударяющей плоскостью диаметром 15 мм подложка раскалывалась, а ДШ в месте удара бойка сминался. Опыты подтвердили также повышенную чувствительность к удару ДШ с нарушенной оплеткой.

В опытах на стальной подложке в виде кольца диаметром 20 мм по отрезку ДШ наносили удар плоскостью диаметром 25 мм с энергией 65 кгс-м. При этом концы отрезков отворачивали и выводили за пределы поверхностей, соприкасающихся при ударе.

В 20 опытах, проведенных с кольцами из ДШ с целой оплеткой, а также в 20 опытах со снятым первым слоем оплетки не было ни полного, ни частичного взрыва. Отмечена лишь одна вспышка, сопровождающаяся громким хлопком и выделением дыма. При двух снятых оплетках имели место взрывы. Уменьшение вероятности взрывов в этих опытах можно объяснить тем, что бойку приходится сминать больший участок шнура, чем при ударах по прямому отрезку.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о весьма высокой чувствительности к удару детонирующего шнура типа ДШ-А с нарушенной оплеткой. Наибольшую опасность представляют случаи полного взрыва ДШ, зафиксированные при двух снятых оплетках. Это должно учитываться при его применении и при конструировании зарядных устройств. Что же касается чувствительности к удару неповрежденного ДШ, то, сопоставив полученные результаты опытов с данными о чувствительности промышленных ВВ, можно сделать вывод, что возможность возбуждения взрыва в нем не выше, чем у промышленных ВВ, применяемых для механизированного заряжания. Следовательно, ДШ может быть использован для инициирования зарядов, уложенных с помощью зарядчиков при условии, что будет исключено повреждение оплетки.

§ 14. ОПАСНОСТЬ НАГРУЗОК ТРЕНИЯ НА ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

При работе некоторых узлов зарядчиков величина удельного давления на контакте трущихся поверхностей в секторных питателях может достигать 600 кгс/см², в шпоковых устройствах 500 кгс/см². Причем между трущимися поверхностями или в непосредственной близости от них может находиться ВВ. В связи с этим при работе зарядчиков имеется определенная опасность возникновения аварийной ситуации, которая может быть реализована при следующих условиях:

1. Вследствие трения одной детали о другую они могут нагреться до высокой температуры и поджечь окружающее ВВ. Если это горение возникнет в замкнутой камере, оно может сопровождаться повышением давления и перейти в детонацию (тепловой механизм возникновения взрыва).

2. В ВВ, находящемся между трущимися поверхностями, вследствие механического воздействия нагрузок трения могут возникнуть очаги разложения («горячие точки»). При благоприятных условиях, в частности между сжатыми поверхностями, эти очаги могут развиваться во взрыв. Следовательно, можно считать, что⁴ в данной ситуации взрыв произошел вследствие механических нагрузок трения на ВВ. На стендах были проведены специальные исследования, в которых прежде всего был изучен разогрев трущихся деталей в присутствии ВВ и влияние различных факторов на этот разогрев. Критерием, характеризующим опасность поджигания ВВ трущимися деталями, служила температура последних.

Изучение разогрева деталей, трущихся в присутствии ВВ. Исследований были начаты с помощью установки с коническими сопряженными поверхностями, воспроизводившей условия, возможные при работе узлов трения зарядчиков (питатели зарядчи-

ков, некоторые подшипниковые узлы и т. п.). Опыты имели целью, в основном, получить исходные данные, необходимые для проведения дальнейших исследований, а также сравнить между собой разогреваемость конструкционных материалов. Исследована работа узлов при сочетании материалов трущихся пар (подвижного конуса и неподвижной конической втулки), которые наиболее часто принимают при конструировании узлов трения зарядчиков.

Скорость скольжения трущихся поверхностей одна относительно другой принята 1 м/с, что в два раза превышает величину скорости в узлах трения с коническими поверхностями известных

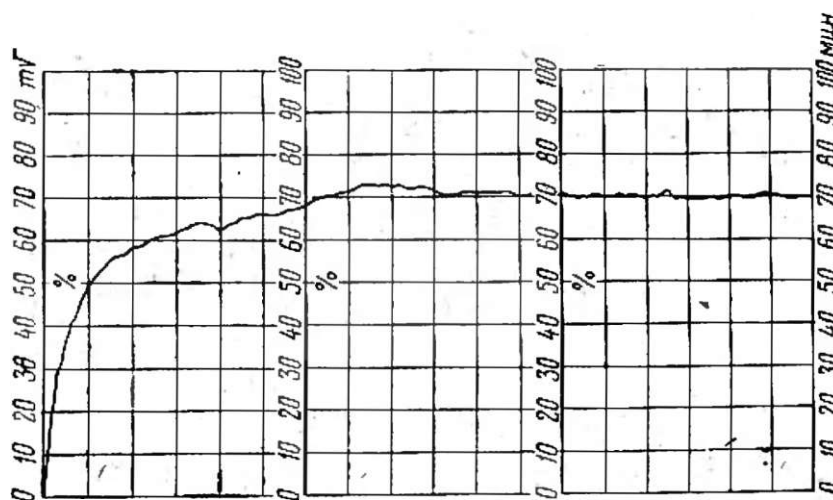


Рис. 47. Типичная диаграмма разогрева трущихся пар

в настоящее время конструкций зарядчиков. Опыты проводили при осевом усилии на подвижный конус 5-20 кгс (нагрузки при работе указанных узлов в нормальном или в более жестком режиме).

Учитывая, что рецептура наиболее чувствительных ВВ из числа применяемых при механизированном зарядании в подземных условиях подобна рецептуре аммонита № 6 и что в зазоры между трущимися деталями может попадать лишь мелкая фракция этих ВВ, в качестве исследуемого ВВ был принят аммонит № 6. Навески этого ВВ, равные 200 г, помещали в бункер при опущенном в крайнее нижнее положение подвижном конусе. Затем конус слегка приподнимали и поворачивали, а образовавшийся между коническими поверхностями зазор заполнялся взрывчатым веществом, которое при вращении подвижного конуса просыпалось, освобождая место новым порциям ВВ, подаваемым шпеком.

В определенные моменты постоянное просыпание ВВ через зазор между трущимися поверхностями прекращалось, попавшее в зазор ВВ спрессовывалось и истиралось или плавилось, а затем сгорало.

Для каждого сочетания материалов трущихся пар провели не менее трех параллельных опытов при одном и том же осевом

усилии. Каждый опыт продолжался до наступления баланса между количеством тепла, полученным в результате трения одной детали о другую, и количеством тепла, отдаваемым за это же время в окружающую среду, т. е. определяли установившуюся температуру.

Этот момент определяли по диаграммам (рис. 47).

На основании диаграмм были построены усредненные графики зависимости разогрева трущихся пар из различных материалов от времени для различных осевых усилий (рис. 48). Эти графики представляют собой типичные кривые разогрева.

В зависимости от сочетания материалов трущихся пар и осевого усилия продолжительность опытов колебалась в пределах 10—70 мин.

При осевом усилии в пределах 5—20 кгс время установления температуры при одних и тех величинах разогрева различных пар колеблется незначительно. При осевом усилии, равном 5 кгс, температура разогрева трущихся пар колеблется еще меньше. Исключение составляет сочетание текстолита с дюралюминием, при котором время и температура разогрева оказались в 2—2,5 раза выше.

На основании описанных опытов можно констатировать: 1. В довольно жестких условиях воздействия трения на ВВ типа аммонит № 6, находящееся между трущимися коническими по-

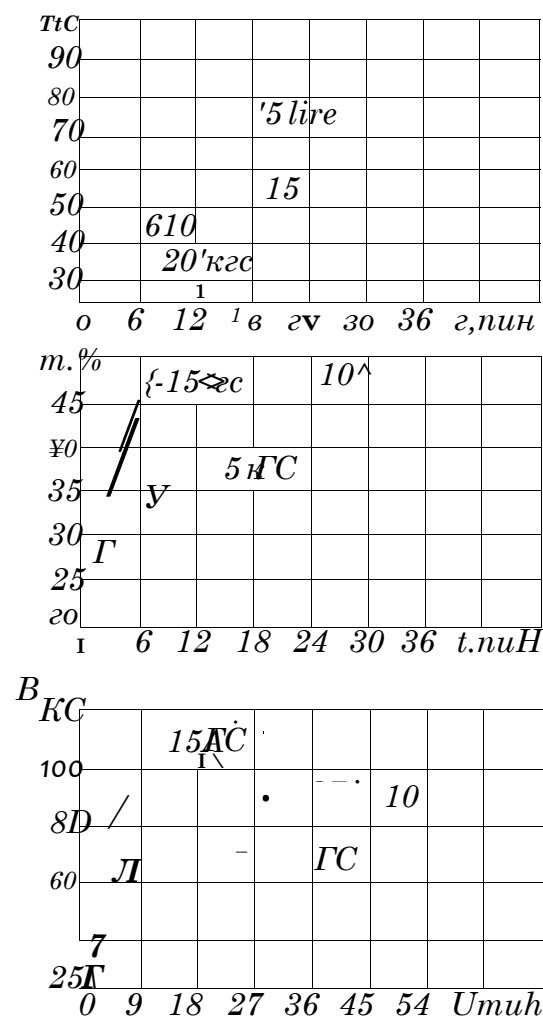


Рис. 48. Зависимость разогрева трущихся пар с коническими сопряженными поверхностями от осевых усилий: а — Ст.3 — Ог.3; б — Л62 — ХП17; в — ПТК — Д10Т

верхностями, взрывов этого ВВ не наблюдалось. 2. В данных опытах трущиеся детали разогревались при определенных условиях до 100 °С, т. е. выше температуры плавления тротила. 3. В тех случаях, когда трущиеся пары были изготовлены из металла, их разогрев мало зависел от вида металла. Однако, если один из элементов пары изготовлен из более мягкого материала (в данном случае из текстолита), разогрев при тех же нагрузках увеличивается.

Нагрузки трения на ВВ характеризуются удельным давлением, однако давления между сопряженными коническими поверхностями, нагруженными осевым усилием, распределяются крайне неравномерно и оценить их максимальную величину практически невозможно. Учитывая, что в зарядчиках трущиеся детали имеют плоские или цилиндрические сопряженные поверхности, а попавшее между ними ВВ постоянно обновляется, дальнейшие опыты проводились с помощью установки (см. рис. 42), в которой происходит приработка поверхностей пластины и вала. В этих опытах созданы условия трения между плоской и цилиндрической поверхностью и между двумя цилиндрическими поверхностями. Вследствие специфической конфигурации вала (см. рис. 43) при каждом его обороте отдельные порции ВВ увлекаются выступом и, подвергаясь воздействию нагрузок трения, проходят между трущимися поверхностями. Время воздействия нагрузок трения на каждую порцию ВВ при работе установки на три порядка больше времени, необходимого для возникновения взрыва.

Опыты проводили при следующем сочетании материалов трущихся поверхностей вала и пластины: Ст.3—Ст.3, Ст.3 — сталь марки ХН17; Ст.3 — дюралюминий; Ст.3 — латунь Л62; текстолит ПТК — дюралюминий Д16Т.

При этом в опытах удельные давления превышают возможные при аварийных режимах работы некоторых зарядчиков. В первых сериях опытов относительная скорость движения трущихся поверхностей принята равной 0,26 м/с, т. е. несколько большей, чем в дозирующих, запирающих и в других механизмах большинства конструкций зарядчиков.

Удельное давление на контакте трущихся пар изменялось за счет изменения массы грузов, подвешенных к тросу. Удельное давление в контакте определяли по формуле

$$P_{уд} = 0,798 \sqrt{\frac{P}{D \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)}}, \quad \text{кгс/см}^2,$$

где P — давление на единицу длины цилиндра, кгс/см; D — диаметр цилиндра, см; $\mu_{1,2}$ — коэффициенты Пуассона первой и второй деталей; E_1, E_2 — модули продольной упругости первой и второй деталей, кгс/см².

Для нормальных давлений, равных 60,80 и 120 кгс, она соответственно равна: 660(765, 935), 1400 и 1700 кгс/см² для трущейся пары «Ст.3—Ст.3» или «Ст.3 — сталь марки ХН17»; 470, 550 и 680 кгс/см² для пары «Ст.3 — дюралюминий Д16Т»; 610, 720 и 880 кгс/см² для пары «Ст.3 — латунь Л62»; 180, 210 и 260 кгс/см² для пары «текстолит ПТК — дюралюминий Д16Т».

В опытах с зерногранулитом 79/21 и гранулитом АС навеску ВВ 400—500 г размещали в нижнем бункере таким образом, чтобы заполнилось все пространство между стенками его и подвижным

валком. В верхний бункер помещали около 200 г ВВ, откуда оно через течку постепенно перемещалось в зазор между вращающимся валком и сменной пластиной.

Такая схема размещения ВВ обеспечивала наиболее благоприятные условия для распространения горения или взрыва, которые могли возникнуть при проведении опытов. Кроме того, при окружении валка взрывчатым веществом, имеющим низкую теплопроводность, обеспечивались условия теплопередачи худшие, чем при работе реальных зарядчиков. Поэтому полученные в опытах температуры разогрева были не ниже температуры разогрева трущихся пар в дозирующих и им подобных устройствах с большими поверхностями теплоотдачи, к тому же часто обдуваемых сжатым воздухом.

Таким образом, опыты проводились в условиях более жестких, чем в узлах зарядчиков с деталями, трущимися в присутствии ВВ. В зависимости от величины удельного давления и разогрева поверхностей трущихся пар, попавшее в зазор ВВ спрессовывалось и истиралось или плавилось и обугливалось. В некоторых опытах образовывались сплавленные корки.

Для каждого сочетания трущихся пар и для каждого ВВ проведено не менее трех параллельных серий опытов при одном и том же удельном давлении. В каждой серии опытов максимальный разброс значений установившейся температуры не превышал 2% (табл. 9).

Т а б л и ц а 9

Трущаяся пара	Удельное давление, кгс/см ²	Время установления температуры, мин		Установившаяся температура, °С	
		для зерногранулита	для гра-и улита АС	для зерногранулита	для гра-нулита АС
Ст.3—Ст.3	660w	150	150	45	44
Ст.3—Ст.3	935	165	150	67	30
Ст.3 — латунь	(510)	135	135	33	51
То же	720	135	135	50	65
»	880	150	135	68	80
Ст.3 — дюралюминий	470	90	150	35	49
То же	550	105	150	37	51
»	680	165	150	72	65
Текстолит — дюралюминий	180	75	120	60	26
То же	210	150	135	79	36
»	2(50)	105	135	87	120

Данные о разогреве узлов трения во всех случаях получены, при температуре окружающей среды 18—20° С. Для пары, изготовленной из стали марки Ст.3, и при использовании зерногранулита 79/21 зависимость установившейся температуры разогрева от давления приведена на рис. 49.

Разогрев в узлах трения в зависимости от давления имеет два явно выраженных участка. На первом участке зависимость температуры разогрева от давления близка к линейной (см. табл. 9). По экспериментальным точкам здесь прослеживается тенденция к снижению темпа роста в интервале температур 70—90°, что объясняется плавлением тротила. На втором участке, начиная от давления 1400 кгс/см², наблюдается резкий рост температуры. При более высокой скорости, равной 0,5 м/с (см. рис. 49), темп роста температуры при увеличении давления выше. Для металлических трущихся пар при одинаковых или близких значениях

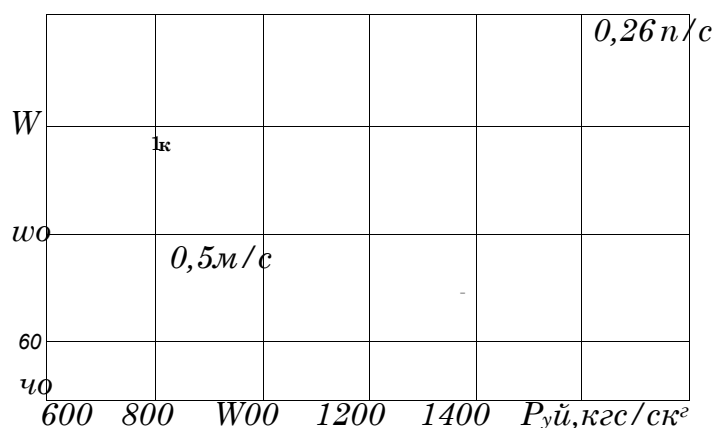


Рис. 49. Зависимость установившейся температуры разогрева ВВ от удельного давления при различных скоростях скольжения трущейся пары из Ст. 3

к

удельных давлений величина разогрева для разных пар в условиях проведения опытов колеблется незначительно. При использовании неметаллических материалов (текстолит и т. п.) указанные допустимые параметры должны быть ниже, поскольку при высоких давлениях такие материалы в процессе работы получают большие остаточные деформации, вследствие чего коэффициент трения значительно возрастает.

Полученные результаты дают основание определить нагрузочные параметры узлов, работающих с нагрузками трения в присутствии ВВ, при которых будет получена температура разогрева. В связи с этим необходимо рассмотреть вопрос о допустимой температуре разогрева узлов и деталей зарядчиков, так как повышение температур ВВ отрицательно влияет на безопасность работы зарядчиков:

1. С повышением температуры ВВ уменьшается его критический диаметр и соответственно растет опасность взрыва, но это уменьшение незначительно и существенного значения не имеет.

2. При повышении температуры выше точки плавления меняется агрегатное состояние ВВ. При этом, естественно, резко меняется режим работы зарядчика, поскольку ухудшается

транспортабельность ВВ, которое заливает, образуя наплывы и пробки. Последние, застывая, твердеют, и нормальная работа зарядчика становится невозможной. Большинство ВВ, применяемых для механизированного заряжения, содержат тротил, температура плавления которого около 80° С. Другие ВВ тротила не имеют, но содержат минеральные масла, которые при такой температуре в присутствии окислителя могут разлагаться или интенсивно испаряться с выделением продуктов, загрязняющих шахтный воздух.

3. При дальнейшем повышении температура может достичь величины, при которой ВВ загорится. Горение ВВ может в определенных условиях перейти во взрыв.

Учитывая то обстоятельство, что температура вспышки применяемых ВВ значительно выше температуры плавления тротила, последнюю следует принять за основу при определении допустимой температуры разогрева деталей зарядчиков, работающих

Т а б л и ц а 10

Трущаяся пара	Удельное давление (кгс/см ²) на контакте трущихся поверхностей (при температуре разогрева, ° С)			
	60		80	
	для зерно-гранулита	для грану-лита ЛС	для зерно-гранулита	для грату-лита АС
Ст. 3—Ст.3	860	780	1185	935
Ст. 3 — сталь ХН17	930	1	1230	—
Ст. 3 — Л62	810	680	990	880
Ст. 3 — Д16Т	635	635	710	820
ПТК - Д67Т	180	220	210	235

Т а б л и ц а 11

Трущаяся пара	Удельное давление, кгс/см ²	Время установле-ния температуры, мин		Установившаяся температура, °С	
		Без ВВ	С ВВ	Без ВВ	С ВВ
Ст.3 — Ст.3	660	120	135	144	45
Ст. 3 — сталь ХН17	765	165	150	221	55
Ст. 3 — Л62	720	135	145	220	50
Ст. 3 — Д16Т	550	165	150	131	40
ПТК — Д16Т	210	120*	120	430 *	78

* Трущаяся поверхность текстолита начала обугливаться и опыт был прекращен.

на твердых ВВ. Такая температура с учетом некоторого запаса, установленного по данным практики, равная 60°C , допустима по условиям обеспечения нормальных режимов работы зарядчиков и приемлема при отсутствии механических воздействий на ВВ. Если же наряду с повышенной температурой ВВ подвергается >¹¹ ДРУГим воздействиям, вопрос о допустимых нагрузках следует решать в каждом случае отдельно.

Данные об удельных давлениях, при которых достигается разогрев до 60 и 80°C , приведены в табл. 10.

Для выяснения влияния ВВ в зазоре между трущимися поверхностями на их разогрев были проведены сравнительные опыты без ВВ (табл. 11). При отсутствии ВВ разогрев трущихся поверхностей увеличивается. Установленный факт, который объясняется поглощением тепла взрывчатым веществом, позволяет при опробовании зарядчика на холостом ходу выявить узлы, опасные в отношении больших нагрузок трения. Если на холостом ходу разогрева не будет, то его тем более не будет при зарядании ВВ. Однако уменьшение разогрева при наличии ВВ в зазоре не дает оснований допускать попадание ВВ в те узлы с трущимися деталями, где это можно избежать. Наилучшим вариантом, безусловно, является полное исключение попадания ВВ в зазор между трущимися поверхностями.

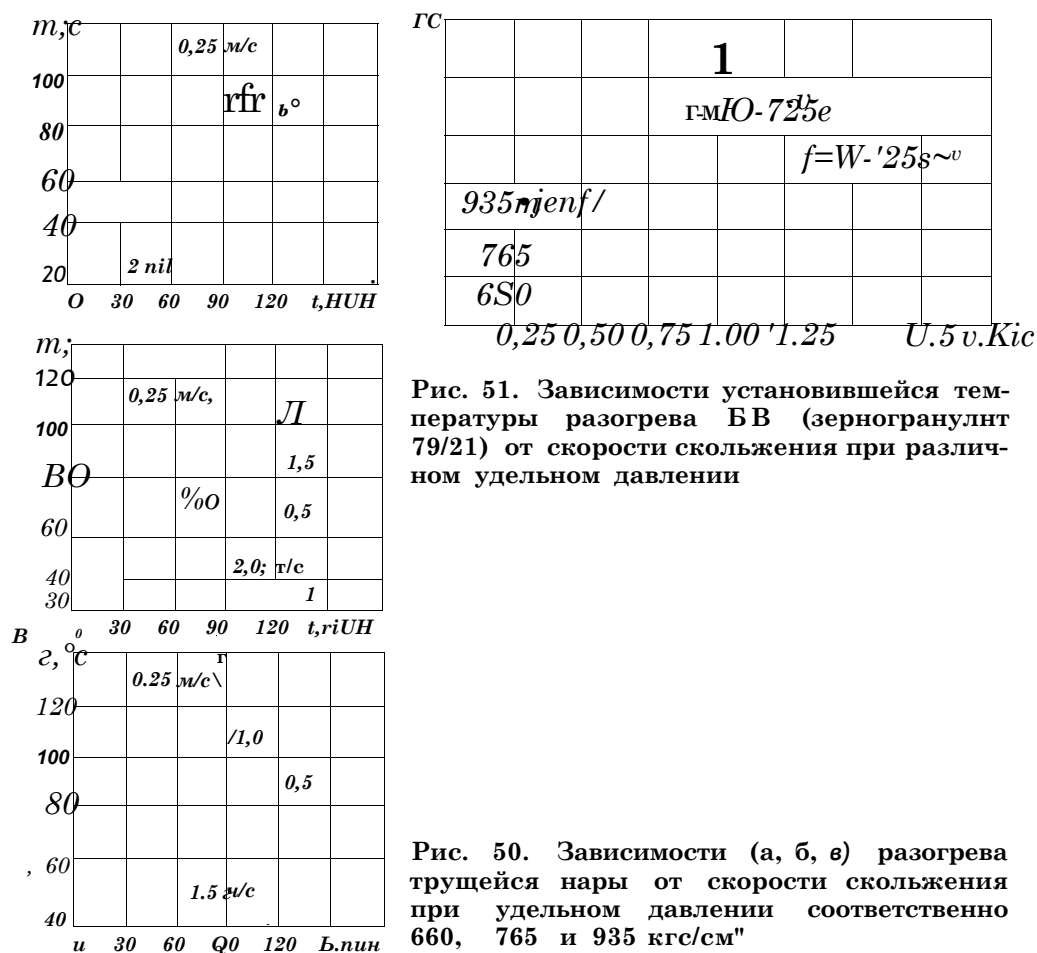
Другим фактором, влияющим на разогрев, является относительная скорость перемещения трущихся поверхностей.

У большинства конструкций зарядчиков относительная скорость скольжения деталей в присутствии ВВ не превышает $0,25\text{ м/с}$. Однако наблюдается тенденция разработки зарядчиков с большей производительностью при сохранении прежних размеров. Повышение производительности достигается увеличением скорости движения исполнительных органов, которые, как правило, являются источниками нагрузок трения на ВВ. Для изучения влияния скорости скольжения в узлах трения на их разогрев в присутствии ВВ были проведены опыты с зерногранулитом 79/21 при линейной скорости перемещения вала относительно пластины $0,5$; $1,0$; $1,5$ и $2,0\text{ м/с}$. Для каждой указанной скорости при одном и том же удельном давлении провели по три параллельных серии опытов. Обе трущиеся поверхности были из стали марки Ст.3. Полученные данные о разогреве трущейся пары в присутствии ВВ приведены на рис. 50 и 51.

Таким образом можно сделать следующие выводы:

1. Количество тепла, выделяющееся при трении, недостаточно для того, чтобы поджечь ВВ. В этом случае зависимость установившейся температуры от скорости вследствие увеличения теплоотдачи с увеличением температуры имеет вид выполаживающейся кривой. Кроме того, при разогреве выше температуры плавления ВВ значительное количество тепла расходуется на плавление, что также снижает темп разогрева. Зависимости такого типа представлены графиками 1 и 2 на рис. 51.

2. Количество тепла, выделяющегося при трении, достаточно для того, чтобы поджечь БВ. В этом случае зависимость установившейся температуры от скорости имеет вид прогрессивно поднимающейся кривой 3 (см. рис. 51). Резкое отличие кривой 3 от 1 и 2 объясняется тем, что при большом давлении выделение тепла настолько велико, что влияние охлаждающих факторов не суще-



ственно. С увеличением скорости разогрев растёт и при скорости 1 м/с БВ загорается. Очевидно, работа узлов трения при таких удельных давлениях недопустима.

Зависимости установившейся температуры от скорости в присутствии БВ представляют практический интерес и их целесообразно учитывать при проектировании узлов трения зарядчиков.

Разогрев на контакте между трущимися поверхностями, который определяется выделяющейся здесь энергией и характеризует интенсивность воздействия между этими поверхностями, является важной характеристикой, от которой зависит опасность взрыва попавшего сюда БВ. Следовательно, при необходимости увеличить скорость движения деталей зарядчика, между которыми возможно трение, для сохранения прежнего уровня безопасности нужно

соответственно уменьшить максимально возможное удельное давление на поверхности этих деталей.

Установлена безопасная величина удельного давления в узлах трения средств механизированного заряжания. В устройстве, использованном для исследования безопасности эксплуатации узлов трения, при каждом обороте вала были выполнены испытания ВВ на трение в различных условиях (табл. 12).

В качестве ВВ был использован зерногранулит 79/21. Учитывая, что в узлах трения, работающих в аварийных режимах, зерногранулит может истираться, что облегчает распространение взрыва при давлении 935 кгс/см² и скорости вращения 380 об/мин, для обеспечения наиболее жестких условий испытания вместо зерногранулита был использован также аммонит № 6. Опыты проводили при скорости скольжения вала от 0,26 до 2,0 м/с при различной температуре разогрева и различных материалах трущихся пар. Всего в таких условиях было проведено около 1,6 · 10⁶ опытов.

Для решения вопроса о безопасной величине удельного давления последующие опыты были поставлены в более жестких условиях. Поскольку чувствительность ВВ, особенно при трении, резко возрастает при добавлении в него абразивных материалов (например, буровой муки крепкой породы, мелких обломков такой породы и т. п.), то в порошкообразный аммонит № 6 вводили 5% наиболее твердого из доступных абразивов — электрокорундовое зерно.

При давлении 765 кгс/см² и скорости вала 2 м/с (380 об/мин) в присутствии абразива температура росла на 10—15% быстрее и менее плавно, чем без абразива. Наблюдался более интенсивный износ вала. Взрывов и других подобных явлений не было. При давлении 935 кгс/см² через 3 мин после включения установки при температуре менее 40° С испытуемое ВВ сдетонировало. Об этом свидетельствует характер разрушения металлических деталей установки, находившихся в непосредственном контакте с ВВ или вблизи его. Узел с трущейся парой раздроблен на довольно мелкие осколки. До того, как произошел взрыв, в таких условиях было проведено около 3400 опытов. Следовательно, частота взрывов составляет 1/3400. Доверительный интервал полученной частоты

при $P = 0,99$ и $t(P) = 2,58$, а также

и $n = 3400$

$$8 - 2,58 \sqrt{\frac{1 - \frac{3399}{3400}}{\frac{3400}{3400}}} \quad 8 - 10 - *.$$

Следовательно, вероятность взрыва⁴ не превышает $11 \cdot 10^{-4}$.

В. С. Козловым установлены зависимости частоты взрывов при трении от удельного давления N на ВВ в аналогичных

Т а б л и ц а 12

Трущаяся пара	Удельное давление, кгс/см ²	Частота вращения вала, об / мин	Интервал температуры разогрева трущихся пар, °C	Число опытов в каждой серии «хЮ»
Ст.З — дюралюминий Д16Т	470	50	20—40	22
	550	50	20—40	22
	680	50	20—40	67
	680	50	40—60	300
Ст.З — сталь ХН17	660	50	20—40	245
	765	50	20—40	67
	765	50	40—60	210
	935	50	20—40	45
	935	50	40—60	195
Ст.З — латунь Л62	610	50	20—40	240
	720	50	20—40	90
	720	50	40—60	180
	880	50	20—40	45
	880	50	40—60	220
Ст.З — Ст.З	660	50	20—40	110
	660	50	40—60	150
	660	95	20—40	115
	660	95	40—60	400
	660	190	20—40	140
	660	190	40—60	140
	660	190	Больше 60	715
	660	285	20—40	215
	660	285	40—60	215
	660	285	Больше 60	1100
	765	50	20—40	45
	765	50	40—60	210
	765	95	20—40	70
	765	95	40—60	415
	765	190	20—40	85
	765	190	40—60	140
	765	190	Больше 60	800
	765	285	20—40	85
	765	285	40—60	170
	765	285	Больше 60	1260
	765	380	20—40	115
	765	380	40—60	170
	765	880	Больше 60	1800
	765	50	20—40	45
	765	50	40—60	90
	765	50	Больше 60	135
	765	95	20—40	43
	765	95	40—60	85
	765	95	Больше 60	370
	765	190	20—40	85
	935	190	40—60	140
	935	190	Больше 60	190

Продолжение табл. 12

Трущаяся пара	Удельное давление, кгс/см ¹	Частота вращения валка, об/мин	Интервал температуры разогрева трущихся пар °С	Число опытов в каждой серии Х10 ⁴
	935	285	20—40	125
	935	285	40—60	170
	935	285	Больше 60	340
	935	380	20—40	120
	935	380	40—60	240
	935	380	Больше 60	460
	1400	50	20—40	15
		50	40—60	15
		50	Больше 60	240
	1700	50	20—40	8
		50	40—60	8
		50	Больше 60	240

условиях. При этом показано, что в области малых частот кривые, выражающие эти зависимости, так же как и в случае удара, четко и довольно круто (неасимптотически) опускаются к нулю. У наиболее пологих кривых $N^* - N_0\% = 100$ кгс/см². Очевидно, что $L_{гпо}^{2\%} - б$ у д е т еще меньше.

При изменении частоты взрывов от 10% до 0 относительное изменение удельного давления на ВВ составляет

$$\frac{N_i\% - N_0\%}{N_0\%} = \frac{5000 - 4000}{4000} \cdot 100\% \approx 25\%.$$

Следовательно, если удельное давление, при котором имеет место 10% взрывов, уменьшить на 25%, взрывы должны прекратиться, тем более, если на столько же уменьшить давление в том случае, когда первоначальная частота взрывов не превышает $8 \cdot 10^{-4}$. В связи с вышеизложенным и учитывая очень жесткие условия проведения опытов, можно с полным основанием считать, что удельное давление в узлах трения зарядчиков (600—650 кгс/см³) является безопасным. Подтверждением этому являются результаты упомянутых опытов с абразивом при давлении 765 кгс/см², когда в $68 \cdot 10^3$ опытах не было получено взрыва. Установленное безопасное удельное давление получено при скорости движения трущихся поверхностей 2 м/с.

На основании вышеизложенного можно считать, что при необходимости увеличить скорость для сохранения уровня безопасности, интенсивность воздействия на ВВ, находящегося между трущимися поверхностями, должна остаться прежней. Исходя

из полученных данных о влиянии удельного давления и скорости на разогрев и приняв некоторый запас, следует в такой же степени уменьшить максимально возможное удельное давление.

В проведенных исследованиях взрыв был получен при наличии в ВВ твердой абразивной добавки. Попадание подобной добавки в ВВ наиболее вероятно при повторном его использовании после выноса из заряжаемой скважины. Отсюда вытекает необходимость предотвращения выноса заряжаемого ВВ. Для предупреждения попадания посторонних предметов в зарядчик он должен быть оснащен решетками.

Глава IV

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ И ЗАРЯЖАНИИ РОССЫПНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

§ 15. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОБРАЗОВАНИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ

Заряды статического электричества, образующиеся при различных технологических процессах, нередко отрицательно воздействуют на них, очень сложны и в большинстве случаев недостаточно изучены. Причина медленного прогресса в познании механизма статической электризации кроется в том, что существуют различные по природе процессы электризации, которые могут протекать одновременно.

Термин **э л е к т р и з а ц и я** охватывает весь комплекс процессов" и явлений, ведущих к образованию и разделению положительных и отрицательных зарядов. Образование и разделение зарядов могут происходить в результате механической деформации при столкновении или контакте поверхностей двух твердых тел, поверхностей твердого тела и жидкости и др.

К статической электризации можно отнести следующие физические явления.

1. Электролитические явления, сопровождающие процессы, лежащие в основе действия гальванического элемента, а также процессы, ведущие к образованию так называемых двойных слоев Гельмгольца на поверхности металлов или других веществ при контакте с жидкостями, имеющими обычно высокую диэлектрическую проницаемость. Эта группа явлений обусловлена переходом ионов.

2. Контактная электризация или электризация Вольта возникает при контакте двух металлов или металла с полупроводником и обусловлена переходом электронов через границу раздела, что в свою очередь вызвано различием в положении электронных энергетических уровней.

3. Электризация при разбрызгивании жидкостей, происходящая в результате разрыва поверхностей пленки диэлектрических жидкостей и растворов механическими силами, что объясняется существованием внутренних двойных электрических слоев на поверхности раздела жидкостей. В основе этого лежит, как и в первом случае, ионный механизм. -

ч

4. Электризация трения (во многих случаях ее правильнее назвать контактной электризацией) происходит в результате контакта или столкновения сухих поверхностей двух твердых тел и их последующего разделения (обычно поверхностей двух разнородных тел, например изолятора и металла, или двух твердых тел с различной концентрацией одних и тех же ионов).

5. Однородное или симметричное разделение зарядов, наблюдаемое при отделении относительно малых твердых частиц или капелек жидкости одна от другой. При этом образуются частицы, несущие равные по величине, по противоположные по знаку заряды, тогда как система в целом остается нейтральной.

6. Электризация, обусловленная электростатическими явлениями в газах, соприкасающихся с твердыми телами, связана с образованием ионов и электронов. Причем противоположные заряды разделяются механическими силами в результате движения масс газов или твердых тел при наличии электростатических полей или их отсутствии.

Приведенная классификация основных физических процессов электризации свидетельствует о многообразии форм статической электризации. Но в практике приходится встречаться с различными технологическими процессами, которым сопутствует образование электростатических зарядов в результате нескольких различных по природе типов электризации, протекающих одновременно. Это можно отнести и к электростатическим явлениям при пневмотранспортировании рассыпных ВВ. Исследование электризации в данном случае, обусловленной взаимодействием различных по своим свойствам и природе тел (проводников, диэлектриков, полупроводников), в процессе пневмозаряжения является еще более сложным. Применение при зарядании новых ВВ, новых материалов требует для получения объективных выводов об исследуемом процессе проведения большого объема экспериментальных работ и обработки большого количества статистических данных.

§ 16. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ПНЕВМОЗАРЯЖЕНИИ

При сопоставлении экспериментального материала по этому вопросу обнаруживается противоречивость результатов опытов в оценке опасности статического электричества для механизированного зарядания и влияния отдельных факторов на процесс электризации. При пневмозабойке пересушенным песком (Франция) и давлении сжатого воздуха 2—5 кгс/см² максимальный потенциал, измеренный шаровым разрядником, был равен 7000 В, а максимальный ток, измеренный микроамперметром, который был соединен с забойником и землей через сопротивление 800 Ом, составлял 4 мА. Изменение давления сжатого воздуха на величину этих параметров не влияло. В аналогичных опытах (Голландия)

зарегистрировано напряжение 17 000 В при токе 0,67 мА. Энергия искры в этом случае равнялась 12 мДж. При пневмозабойке шпуров сухим материалом и давлении сжатого воздуха в пневмосети 0,25 кгс/см² максимально наведенный потенциал составил 400 В (Англия). Изменение давления воздуха от 2,8 до 6,25 кгс/см² почти не изменяло этот параметр. В то же время в МакНИИ и СКГМИ было установлено, что с повышением давления сжатого воздуха электризуемость повышается, особенно заметно с давления 1,5—2 кгс/см². Это объясняется увеличением скорости движения частиц аэрозолей. Стендовые испытания на руднике Станрок (Канада) показали, что при зарядании смесью АС-ДТ в изолированной трубке из пластмассы потенциал достигал 1600 В, а в забое — только в одном случае потенциал был равен 1000 В. По данным Горного бюро США, электростатический потенциал в аналогичных случаях достигал 800—1000 В.

Эксперименты, проведенные рядом исследователей, показали, что энергия электростатических зарядов, накопленная в шланге, может быть достаточной для инициирования высокочувствительных ВВ.

При электрическом способе взрывания существует опасность преждевременного срабатывания ЭД, так как может произойти электростатический разряд между его гильзой и мостиком накаливания. Как показали исследования, электризация находится в прямой зависимости от электрических свойств материалов шланга. С этой точки зрения транспортная магистраль является важнейшим звеном в изучении механизма электростатических явлений.

В МакНИИ на экспериментальной установке, имитирующей работу пневмозаряжающих устройств, были исследованы прорезиненные шланги, серийно выпускаемые промышленностью, а также опытные образцы полупроводящих полиэтиленовых шлангов. В качестве транспортируемого материала применяли сухой и влажный песок, графит, гранулированную аммиачную селитру и игданит. Электростатические заряды накапливались в прорезиненных шлангах, паколечниках, в забоечном сухом песке, находящемся в шпурах или скважинах с различной проводимостью пород; в забоечном мокром песке и россыпном ВВ, вдуваемом в рукава из полимерных материалов; в россыпном ВВ, вдуваемом в шпур и скважины с электрическим сопротивлением пород выше 10⁶ Ом-см; в облаке частиц россыпного ВВ или забоечного материала, возникшем в результате выноса их из шпуров и скважин. Было установлено, что безопасной величиной электростатического потенциала для метано-воздушной смеси является 400 В при электрической емкости неэлектризованных элементов 500 пФ. В опытах величина статического потенциала при транспортировании ВВ по прорезиненным шлангам достигала 16 кВ. Этой величины вполне достаточно, чтобы вызвать воспламенение метано-воздушной среды.

При разряде на ДШ электрической емкости 500 пФ, заряженной до 10 кВ, детонации не наблюдалось.

В ИГД им. Скобелева при исследовании условий образования и накопления электростатических зарядов при пневмозарядании шнуров игданитом определили возможную величину электростатического потенциала в зарядной системе и чувствительности применяемых в горной промышленности ЭД к электростатическим разрядам. Было также установлено, что минимальная энергия заряженного тела, при контакте с которым возможен взрыв ЭД с вероятностью 0,01%, составляет: при разряде $C \approx 2000$ пФ — 3 мДж; при разряде $600 < C < 2000$ пФ — 4,8 мДж и $C < 600$ пФ — 6 мДж.

Исходя из этого, принято считать опасным накопление электростатических зарядов на операторе до потенциала 7500 В. Для условий пневмозарядания, характеризующихся небольшой емкостью мгновенного разряда, минимальная энергия срабатывания ЭД с вероятностью 0,01 % при газовом разряде составила 8,7 мДж.

Не представляя опасности в отношении срабатывания ЭД, электризация транспортирующей магистрали может стать причиной воспламенения взрывчатых паро-газовоздушных смесей. Применение полупроводящих шлангов с объемным электрическим сопротивлением $\rho = 10^6$ Ом·см вместо диэлектрических уменьшает электризацию шланга, но практически не снижает электризуемости транспортируемого материала. При исследовании электризации игданита и аммиачной селитры установлено, что эти ВВ легко электризуются в широком интервале их влажности при транспортировании электростатическим зарядчиком. Игданит легче электризуется при транспортировании по резинотканевым или полупроводящим шлангам, а аммиачная селитра — по полиэтиленовым диэлектрическим шлангам. Применение полупроводящих шлангов не исключает накопления электростатических зарядов в заряжаемой полости с высоким сопротивлением их утечки.

Краткий обзор исследований электростатических явлений свидетельствует об актуальности и малой изученности данного вопроса. В основном исследовали опасность статического электричества, энергия которого может вызвать преждевременное срабатывание ЭД или капсюля-детонатора. Образование электростатических зарядов рассматривалось применительно к пневмозаряданию игданитов или подобных им взрывчатых смесей, хотя при ведении взрывных работ в настоящее время используют широкий ассортимент гранулированных простейших ВВ. Электростатические явления, сопутствующие пневмозаряданию рассыпных ВВ, во многом зависят от электрических свойств применяемого ВВ. Поэтому выводы, полученные в результате исследований, проведенных с одним ВВ, нельзя целиком использовать при работах с другими ВВ. То же можно сказать и о средствах борьбы со статическим электричеством. Они не являются универсальными

ii совершенными и требуют дальнейшей конкретизации. В исследованиях совершенно не рассмотрена опасность электростатических разрядов для аэрозолей ВВ. Но изучена электризация, происходящая непосредственно в пневмомагистрали. В пневмомагистрали происходят явления, ведущие к образованию электростатических зарядов, энергия которых может привести к срабатыванию ЭД, взорвать ионизированные частицы ВВ в самой пневмомагистрали.

Перспектива развития пневмотранспорта в горнорудной промышленности позволяет отказаться от промежуточных средств механизации доставки ВВ (откатка ВВ в вагонах, иодъем с помощью клетей и лебедок и т. д.). Применение высокопроизводительных стационарных установок позволяет транспортировать россыпные ВВ по пневмомагистрали на большие расстояния в сочетании с пневмозарядчиками переносного типа, дает возможность полностью механизировать доставку и укладку ВВ па подземных рудниках. В связи с этим безопасность в отношении статического электричества при пневмотранспортировании россыпных ВВ сохраняет свою актуальность.

Из изложенного следует*

1. Пневмозаряданию россыпных ВВ сопутствует опасное явление — электризация.

2. Исследования свидетельствуют о сложности и актуальности электростатических явлений при пневмозарядании россыпных ВВ.

3. Проведенные исследования в основном устанавливали величину электрической энергии, необходимой для срабатывания ЭД, капсюля-детонатора и ДШ, и совершенно не рассмотрена опасность электростатических разрядов для пылевоздушных смесей ВВ.

4. Многочисленность склонных к электризации материалов и разнообразие факторов, влияющих па нее, обуславливают невозможность переноса результатов, полученных при исследовании в одних условиях на другие.

о Применение новых материалов при пневмотранспортировании различных гранулированных ВВ и высокопроизводительных зарядных устройств требуют для изучения опасности электростатических явлений проведения большого объема экспериментальных работ.

Анализ теоретических и экспериментальных материалов, а также пневмозарядания па горнорудных предприятиях позволяет обосновать дальнейшие исследования: 1) опасности образования и накопления электростатических зарядов; 2) безопасных в отношении статического электричества условий применения пневматического способа зарядания россыпных ВВ в шахтах, не опасных по газу и пыли.

Для выполнения поставленных целей необходимо:

1. Определить влияние на электризацию факторов, сопровождающих пневмозаряжание и транспортирование россыпных ВВ: характера взаимодействия контактирующих поверхностей (удар, трение, качение); относительной влажности окружающей среды и транспортируемого ВВ; гранулометрического состава транспортируемого ВВ; скорости транспортирования ВВ по шлангу.

2. Определить влияние на исследуемый процесс электрических параметров ВВ и элементов зарядной системы: удельного электрического сопротивления ВВ; удельного электрического сопротивления транспортируемой магистрали (шланга).

3. Исследовать возможность накопления и рассеивания электростатических зарядов непосредственно в заряжаемых взрывных полостях, для чего в свою очередь необходимо знать: электропроводность горных пород в производственных условиях; влияние электропроводности горных пород на накопление электростатических зарядов во взрывных полостях.

4. Определить условия возникновения и опасность электростатических разрядов с элементов зарядной системы и непосредственно в пневмомагистрали.

.). Определить электростатические параметры при пневмозаряжении непосредственно в производственных условиях.

§ 17. ВЛИЯНИЕ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ ХАРАКТЕРА КОНТАКТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

При пневмозаряжении россыпных ВВ контактирование между частицами ВВ и внутренней поверхностью пневмомагистрали сопровождается ударом, трением и качением. Преобладание того или иного вида контактирования зависит как от режима работы зарядного устройства, так и от числа перегибов и радиуса закругления пневмомагистрали и ее проходного сечения. При этом возможны следующие взаимодействия контактирующих поверхностей: соударения частиц ВВ; удары частиц о поверхность шланга на прямых участках пневмомагистрали и на его закруглениях и перегибах, а также переходных сечениях шланга; трение частиц между собой, а также о поверхность шланга; перекачивание частиц между собой и по поверхности пневмомагистрали. Для изучения влияния на степень электризации каждого вида контактирования в отдельности была разработана лабораторная установка (рис. 52), обеспечивающая контактирование всех видов одновременно, но с преобладанием удара, либо трения, либо качения.

Установка состоит из верхнего (подвижного) и нижнего (неподвижного) оснований, соединенных между собой посредством четырех пружин, закрепленных вертикально. На верхнем основании установлены две стойки (опоры), между которыми располагается вращающаяся полиэтиленовая труба длиной 600 мм, диаметром 200 мм при толщине стенки 3 мм. Труба герметично закрывается с двух сторон торцевыми крышками, выполненными

из органического стекла. Крышки жестко закреплены на текстолитовых полуосях диаметром 30 мм, установленных в сферических подшипниках.

Труба вращается от электродвигателя СЛ-Г09С. Скорость вращения регулируется изменением напряжения с помощью автотрансформатора РНО-250-0,5 и измеряется тахогенератором ТД-102, соединенным с микроамперметром М-24, шкала которого градуирована в об/мин. В центре тяжести подвижного основания установки расположен вибратор, представляющий собой электродви-

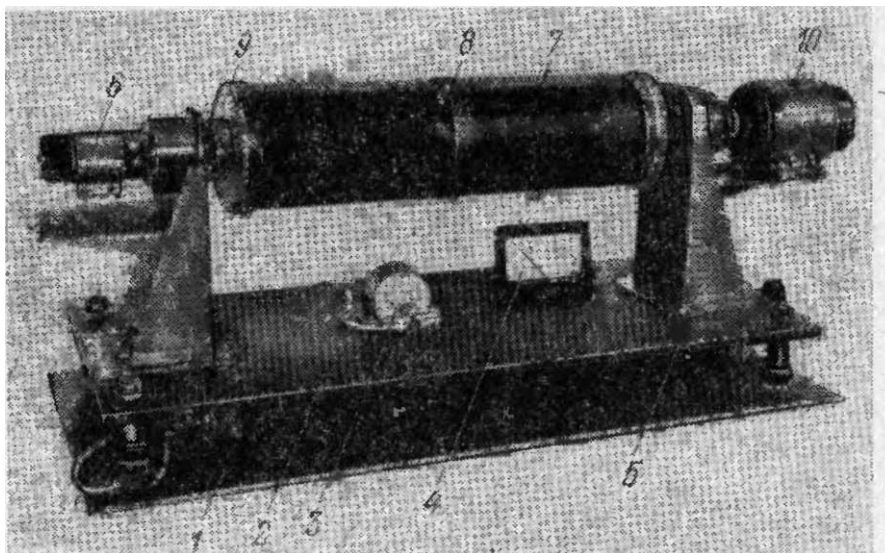


Рис. 52. Установка для изучения влияния на интенсивность электризации характера контактирования между исследуемыми поверхностями:

1 — неподвижное основание; 2 — подвижное основание; 3 — вибратор; 4 — мш.ровольметр М-24; Л — стойка; 6 — тахогенератор ТД-102; 7 — полиэтиленовая труба; 8 — кольцо-потенциалог/езигик; 9 — торцевая крышка; М — электродвигатель СЛ-5СУС

гатель, на оси которого закреплен секторный дебаланс. При вращении дебаланса верхнее основание начинает вибрировать на пружинах направляющих болтов, соединяющих подвижную часть установки с неподвижным основанием.

На этой установке исследовали гранулированную аммиачную селитру, относительная влажность которой при проведении опытов составляла 0,2%, что соответствует нижнему пределу влажности аммиачно-селитренных ВВ в производственных условиях; относительная влажность окружающего воздуха — 40%.

Потенциал фиксировали с наружной поверхности трубы и непосредственно с испытуемого материала при различных режимах работы установки. Для регистрации изменения потенциала внутри трубы, между торцевыми крышками параллельно оси вращения трубы на расстоянии 5 мм от образующей внутренней поверхности был укреплен многожильный посеребренный проводник. Один конец проводника имел электрическую связь с кольцом, распо-

жепным на одном из текстолитовых полуосей. Наведенное статическое электричество снималось с кольца коллекторной щеткой, к которой была подсоединена одна из клемм статического киловольтметра С-50 — другая клемма была заземлена. При регистрации потенциала с наружной поверхности трубы использовались медные кольца, плотно насаженные на трубу (три кольца шириной 1 см и толщиной 0,25 мм). Потенциал снимали с помощью серебряных «щеток», имеющих непрерывный контакт с кольцами.

Для ликвидации влияния внешних электрических полей трубу экранировали металлической сеткой. Включением вибратора и изменением скорости вращения трубы, загруженной постоянной порцией ВВ, устанавливали три характерных режима работы установки. Каждому режиму соответствуют определенные схемы движения частиц.

Для электризации трением при медленном вращении трубы ее скорость вращения устанавливали таким образом, чтобы масса ВВ оставалась на месте. Это возможно только при условии, что суммарная сила трения между гранулами ВВ больше, чем сила трения нижнего слоя ВВ, соприкасающегося с поверхностью трубы. Этим исключали электризацию от качения и, кроме того, это позволяло определить электризацию от трения скольжения всей массы ВВ по трубе. Такой режим должен соответствовать только определенной скорости вращения трубы. Практически «неподвижность» слоя ВВ наблюдалась в диапазоне 0-[^]30 об/мин. Не исключено, что вследствие неуравновешенности частей установки могла быть и электризация от вибрации, но ее влиянием на электризацию от трения в этом случае можно пренебречь.

При повышении скорости вращения сила трения массы ВВ о трубу начинала расти под действием центробежной силы, увеличивающей нормальное давление ВВ на поверхность трубы, вследствие чего весь объем ВВ увлекался в сторону вращения. При этом относительная скорость скольжения гранул по трубе постепенно уменьшается до нуля. Этот момент соответствует углу естественного откоса, и частицы ВВ начинают скатываться с верхнего положения в нижнее. Таким образом, в этом режиме нет других причин для электризации, кроме трения качения гранул по верхнему слою ВВ. При скорости вращения трубы 80-[^]100 об/мин фиксировали потенциал электризации. Заряд статического электричества, накопленный при переходе с режима трения на режим качения, снимали заземлением, так что все замеры электростатического потенциала фиксировались от нуля.

Электризацию от ударов исследовали при неподвижной трубе и работающем вибраторе. Частота вибраций зависела от скорости вращения двигателя вибратора. Амплитуду вертикальных колебаний регулировали сжатием пружин направляющих болтов. Наибольший эффект электризации наблюдался при максимальной амплитуде колебаний, равной 5 мм. Амплитуду горизонтальных

колебаний гасили направляющими болтами, но не полностью. Амплитуда горизонтальных колебаний составляла около 10% от амплитуды вертикальных колебаний. Засыпанное в трубу ВВ, по* визуальным данным, перемещалось только вертикально. Гранулы перемещались в вертикальной плоскости компактной массой. Частоту и амплитуду вертикальных и горизонтальных колебаний подвижного основания регистрировали вибрографом «ВР-1».

При обработке результатов опытов, полученных на различных режимах работы установки, учитывали только результаты изменения величины электростатического потенциала, зафиксированные с наружных колец трубы. Потенциал статического электричества, замеренный с проводника, расположенного внутри трубы, хотя и был более высоким (до 10 кВ), почти не изменялся от характера контактирования менаду ВВ и трубой. Это объясняется тем, что в этом случае фиксировали потенциал электризации, наведенный в результате взаимодействия проводника с ВВ. При регистрации потенциала с наружных колец трубы замеренные величины надо рассматривать не как абсолютные, а как относительные: замеренный потенциал был результатом поляризации диэлектрика (полиэтиленовой трубы). Но величина этого потенциала была пропорциональна электризации взаимодействия между поверхностями ВВ и трубы.

В результате обработки экспериментальных данных были получены корреляционные уравнения, выражающие зависимость потенциала во времени (рис. 53) при определенном характере контактирования между поверхностями частиц исследуемого ВВ. Так, при ударном контактировании частиц (кривая 1) скорость нарастания потенциала (интенсивность электризации) определяется уравнением

$$U = 0,1125 + 0,071t, \text{ кВ},$$

где t — продолжительность опыта при определенном режиме работы установки, с.

При трении (кривая 2) $U = 0,05679 + 0,02947t$:

при качении (кривая 3) $U = 0,073225 + 0,01269t$.

Приведенные на рис. 53 кривые показывают, что наиболее интенсивная электризация протекает при ударном контактировании; наименьшая скорость нарастания потенциала — при качении.

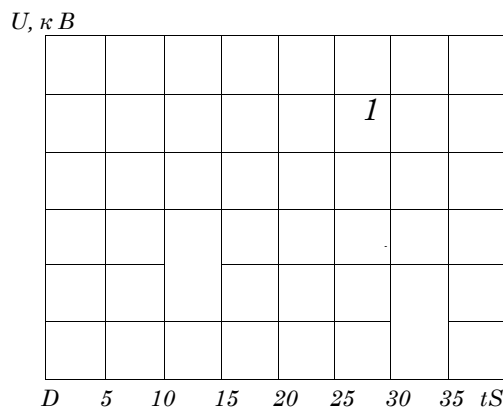


Рис. 53. Корреляционные зависимости электростатического потенциала во времени при ударе, трении, качении

Однако приведенные уравнения справедливы только в определенном интервале значений t и выражают лишь качественную зависимость степени электризации от указанных факторов.

§ 18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПНЕВМОМАГИСТРАЛЕЙ И ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Удельные электрические сопротивления ВВ и материалов, из которых могут изготавливаться зарядные шланги, необходимо

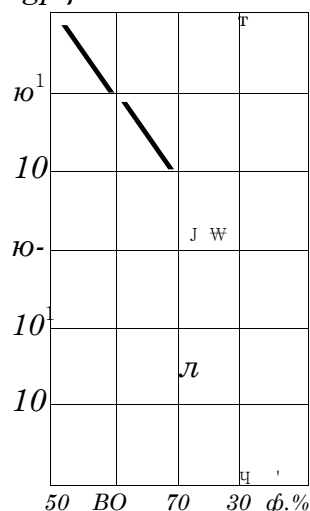


Рис. 54. Зависимости удельных электрических сопротивлений материала от относительной влажности атмосферы

знать для оценки возможности генерирования и рассеивания электростатических зарядов при пневмозарядании россыпных ВВ.

Основные методики измерения электрических характеристик стандартизованы. Для определения удельных сопротивлений (объемного и поверхностного) необходимо разделить в образце объемный и поверхностный токи и измерять их в отдельности, после чего, подсчитать по напряжению и току соответствующие сопротивления. По стандартной методике для этой цели используют трехэлектродную гальванометрическую схему

Очевидно, что удельные сопротивления ВВ и материалов шлангов зависят от относительной влажности как ВВ, так и окружающей среды. При определении удельного сопротивления материалов шлангов при различной относительной влажности испытываемые образцы выдерживались в эксикаторе при определенных условиях в течение 48 ч на каждые 10% повышения влажности воздуха. Необходимую относительную влажность воздуха в эксикаторе обеспечивали с помощью соответствующих химикатов. Продолжительность нахождения образца в эксикаторе устанавливали исходя из того, что образцы материала, помещенные в определенные условия окружающей среды, достигают некоторого равновесного состояния влажности через определенное время. При этом сухие образцы постепенно поглощают влагу из воздуха, асимптотически приближаясь к равновесной влажности. Это позволило с достаточной точностью установить характер повышения их электропроводности в зависимости от относительной влажности окружающей среды.

По данным опытов построены зависимости (рис. 54) и определены корреляционные уравнения изменения удельного электрического сопротивления от относительной влажности воздуха. Для полиэтилена (линия 3 на рис. 54) удельное электрическое

сопротивление p_s (поверхностное) изменяется при изменении влажности i_j от 50 до 90% по уравнению

$$p_s = i^{12.56 \cdot 0.074} \cdot 1504 - 13i$$

для резины (линия 2) $p_s = 1504 - 13i$; для полихлорвинила (линия 1) $p_s = 1504 - 13i$.

Наименьшее влияние влажность оказывает на изменение удельного сопротивления полихлорвинила, наибольшее — резины (см. рис. 54). Поэтому в условиях высокой относительной влажности при пневмозаряжении целесообразно применять в качестве транспортирующих магистралей резиновые шланги. При влажности свыше 70% такие шланги имеют полупроводящие свойства, обеспечивающие рассеивание электрических зарядов.

Однако рассеивание электростатических зарядов в потоке транспортируемого материала не обеспечивают даже шланги с низким электрическим сопротивлением. В этом случае рассеивание электростатических зарядов зависит от удельного электрического сопротивления транспортируемого ВВ, на величину которого влияет его относительная влажность. Величины удельного (объемного) электрического сопротивления некоторых ВВ, определенные с помощью трехэлектродной гальванометрической схемы в зависимости от их относительной влажности, следующие:

ВВ	Относительная влажность ВВ, %	Удельное электрическое сопротивление, Ом-см
Селитра гранулированная	0,15	1,4-109
То же	0,5	0,3-10?
»	0,8	1,4-107
»	1,0	1,1-107
»	1,5	8,75-105
Селитра топишзмельчечная	0,01	9,6-ЮЮ
То же	0,7	2-107
»	1,0	8,5-10*
Гранулит АС-8	0,3	2,6-109
»	1,00	1,6-107
Зерногранулнт 79/21Б	0,1	У,9-103
»	1,0	1,85-407
Зерногранулнт 79/21В	0,3	2,9-107
»	1,0	1,5.10*
Динамон ЛМ-10	0,1	1,3- Ю ¹¹
»	0,2	1,8-107
»	0,5	2,3-10в
Аммопал	0,2	1-108
»	0,5	1,6-107
Аммонит 6ЖВ	0,1	2,1-104
»	0,2	2,8-10»
»	0,35	1,1.10»
Игданит *	0,35—0,72	3-107—2,2-107
»	0,72—1,34	2,2*107—4-Юо
»	1,34—2,00	4.106-2-105
»		

* По данным ИГД им. А. А. Скочинского.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПНЕВМОЗАРЯЖАНИИ НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРИЗАЦИИ

§ 19. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Экспериментальный стенд (рис. 55 для изучения электростатических явлений, сопровождающих пневмозаряжание россыпных ВВ, состоит из заряжающего устройства, пневмомагистрали длиной 60 м и диаметром 32—50 мм, взрывной камеры конструкции МакНИИ, системы регистрирующих устройств и измерительной аппаратуры. В качестве заряжающих устройств применяли пневмозарядчики эжекторного и нагнетательного типов («Курама-5» и «Вахш-4»). Вся пневмодосистема (зарядчик, магистраль, приемный бункер) была тщательно изолирована и позволяла осуществлять движение потока ВВ по разомкнутому (свободный выброс В отдельный бункер) и замкнутому циклам.

Предварительными опытами было установлено, что с точки зрения накопления максимального потенциала статического электричества замкнутый цикл движения потока может быть приравнен к разомкнутому циклу. Время сохранения устойчивой величины максимального потенциала на элементах пневмомагистрали при замкнутом цикле составляет 1—3 мин. Дальнейшая работа установки без добавления новых порций ВВ приводит к снижению потенциала.

При разомкнутом цикле движения потока вследствие непрерывного поступления новых порций ВВ время сохранения устойчивой величины максимального потенциала не уменьшается. Однако при работе установки в этом режиме расходуется очень большое количество ВВ, поэтому трудно выдерживать стабильность отдельных технологических параметров (плотности и скорости потока в пневмомагистрали, гранулометрического состава транспортируемого материала) ввиду очень большой скорости протекания процесса. Поэтому влияние технологических факторов на процесс электризации исследовали, как правило, при работе установки по замкнутому циклу. Разомкнутый цикл применяли лишь для подтверждения достоверности полученных результатов. Для обеспечения стабильных условий проведения исследований и создания микроклимата экспериментальную установку поместили в помещение, изолированное от внешней среды.

Для измерения относительной влажности воздуха в течение почти всех опытов использовали аспирационный психрометр. Остальные приборы преимущественно служили для самоконтроля. Температуру воздуха определяли по показателям сухого термометра аспирационного психрометра и термометра баротермогигрометра БМ-1. Давление окружающего воздуха контролировалось барографом МД-27Н.

Электрическое сопротивление транспортирующих магистралей при проведении опытов изменяли в широких пределах в зависимости от материала и марки шланга. Магистраль укрепляли на высоте 1,5 м от проводящей плотности с помощью полиэтиленовых растяжек, а зарядное устройство и приемный бункер устанавливали на парафиновых подставках, что исключало возможность стекания электростатических зарядов с различных элементов установки.

Предварительно по яркости свечения неоновой лампы определяли место (участок) в пневмомагистрали, где происходила наиболее интенсивная электризация. В этом месте замеряли потенциал статического электричества с зонда потенциало-съемника. В качестве зондов применяли изготовленные из алюминиевых сплавов муфты с проходным диаметром, равным внутреннему диаметру транспортирующего шланга. При изучении изменения потенциала электризации по длине пневмомагистрали зондом-потенциалосъемником служили серебряные иглы диаметром 1,5 мм, вводимые непосредственно внутрь шланга. Сигналы с потенциало-съемников поступали на один из гальванометров шлейфового осциллографа Н-102, соединенного последовательно с заземленным статическим киловольтметром. Суммарную емкость зонда и вольтметра замеряли мостом УИ-2. Сопротивление утечки между зондом и землей — мегомметром МОМ-3 с верхним пределом измерений 10^{11} Ом.

И 10 Д 7 о



Рис. 55. Экспериментальная установка для исследования электрических явлений в пневмозаряжающих системах:

1 — отметчик времени; 2, 3 — гальванометры (шлейфы); 4 — пневмоваряжающий аппарат; 5 — фотосопротивление ФСК-2; 6 — осветительное устройство; 7 — потенциало-съемник; 8 — шланг; 9 — взрывная камера; 10 — электростатический киловольтметр

Применение при исследовании электризации шлейфового осциллографа позволило фиксировать характер изменения электризации во времени в зависимости от нескольких факторов одновременно,

Изменение плотности потока ВВ в шланге (количество твердой фазы 1 кг на 1 м³ воздуха) контролировали с помощью фотоэлектрического датчика (рис. 56). Работа датчика основана на изменении электрического сопротивления ФСК-2 при изменении его освещенности направленным световым потоком (световым лучом).

Датчик состоит из металлического корпуса 2, на цилиндрической поверхности которого имеются два отверстия, диаметрально

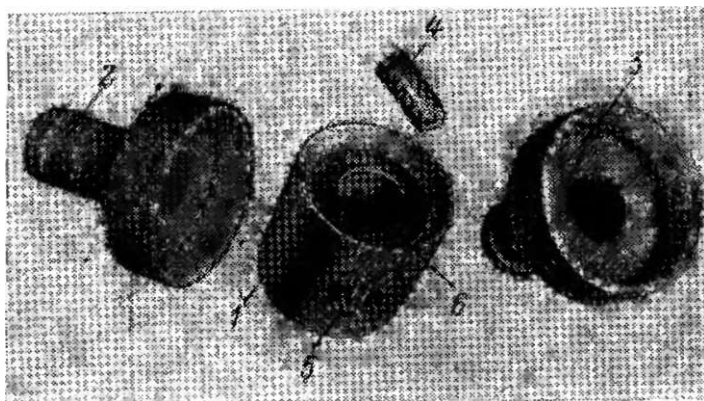


Рис. 56. Фотоэлектрический датчик плотности потока

расположенных друг против друга в одной плоскости. Внутри корпуса жестко посажена втулка 6 из отполированного оргстекла с толщиной стенки 5 мм. В одном из отверстий укреплено осветительное устройство 4, питающееся от батареи БАС-80, противоположное отверстие служило для крепления сопротивления 5 ФСК-2. На корпус навинчиваются соединительные муфты 2, 3. При прохождении через фотоэлектрический датчик (фотоплотномер) транспортируемого материала определенной концентрации изменялась величина тока, проходящего через сопротивление ФСК-2, вследствие изменения его освещенности. Изменение тока фиксировалось соответствующим гальванометром (шлейфом) осциллографа Н-102. Наличие нескольких датчиков по длине пневмомагистрали позволило зафиксировать изменение плотности потока на различных участках магистрали. Опыты показали, что при работе установки и установившемся режиме плотность потока остается постоянной по всей длине шланга и зависит, главным образом, от типа зарядного устройства.

На осциллограмме процесса электризации во времени (рис. 57) при транспортировании аммиачной селитры по диэлектрическому полиэтиленовому шлангу максимальная амплитуда отклонения

от уровня нулевого потенциала соответствует 10,5 кВ. По оси ординат осциллограмма характеризует активную составляющую Тока, проходящего по цепи зонд-гальванометр (шлейф) — вольтметр — земля. Отсутствие у тока реактивной составляющей объясняется тем, что конденсатор статического киловольтметра работал в режиме пробоя, так как его активное сопротивление было меньше емкостного. Это подтверждается аналогией в характере осциллограммы, когда в указанной цепи вместо статического киловольтметра было включено активное сопротивление, эквивалентное внутреннему сопротивлению вольтметра. Этот ток мог быть только током стекания электростатических зарядов, накапливаемых на зоне вследствие прохождения через него наэлектризованных частиц ВВ. Поскольку цепь имела активное сопротивление, постоянное для конкретных условий опыта, ток совпадал по фазе с напряжением, а осциллограмма тока являлась осциллограммой напряжения в определенном масштабе

$$U = I_a / \beta_a,$$

где β_0 — const.

Для изучения возможного искрообразования с проводящих элементов невмозаряжающих систем на заземленное оборудование использовали взрывную камеру конструкции МакНИИ. Камера объемом 9500 см³ имеет цилиндрическую форму, в которой диаметр равен ее высоте. Для наблюдения за характером разряда между электродами, находящимися под электростатическим напряжением, а также надежной изоляции этих электродов камера изготовлена из органического стекла с толщиной стенки цилиндрической поверхности 30 мм. По высоте камеры на одинаковом расстоянии от торцевых крышек и одна от другой были установлены три пары электродов различной конфигурации. При этом заземляющие электроды закреплены таким образом, что возможно их осевое перемещение и изменение воздушного зазора в каждой паре электродов от 0 до 50 мм. Относительная влажность воздуха внутри взрывной камеры в каждом опыте соответствовала относительной влажности воздуха окружающей среды.

Для измерения емкости изолированных металлических элементов в установке при исследовании электростатических явлений применили переносный прибор ИИЕВ-1 (измеритель индуктивностей и емкостей высокочастотный), работающий по принципу резонансного метода измерений с индикацией момента резонанса по нулевым биениям.

На экспериментальной установке регистрировали потенциал электризации в зависимости от следующих факторов: скорости транспортирования ВВ по шлангу; типа и гранулометрического

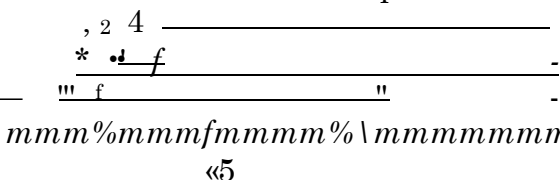


Рис. 57. Осциллограммы процесса электризации во времени:

1 — уровень нулевого потенциала; 2 — потенциал электризации; 3 — отметчик времени; 4 — плотность потока

состава ВВ; относительной влажности окружающего воздуха и ВВ; длины и радиуса закругления пневмомагистрали и т. д.

При определении влияния основных технологических факторов, сопровождающих процессы пневмотранспортирования и пневмозарядания, изменялся лишь один из них, другие оставались неизменными. В процессе исследований использовали аммиачную селитру, гранулит АС-8 и игданит.

§ 20. ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ
ОТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА
И УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
ПНЕВМОМАГИСТРАЛЕЙ

Для определения влияния на процесс электризации электрического сопротивления пневмомагистралей использовали шланги различных марок с внутренним диаметром 32—36 мм. Опыты проводились при работе установки по замкнутому циклу. Транспортируемым материалом служила аммиачная селитра влажностью 0,3—0,45%. Относительная влажность воздуха находилась в пределах 45—50% при температуре 15° С. Скорость транспортирования в момент проведения опытов составляла 18—20 м/с.

Т а б л и ц а 13

Показатели	Полиэтилен		Резина	Поли- хлор- винил	Полупрово- дящий полиэтилен
	низкого давления	высокого давления			
Удельное сопротивление (поверхностное), Ом .	2,МОЮ	1,4-10*0	1,6-10»	2,9 -10"	2,7-10«
Максимальный потен- циал, В	8000	7250	2100	И 500	100

Сравнивая удельные электрические сопротивления различных материалов шлангов применительно к определенным условиям опыта с интенсивностью электризации, можно видеть, что материалы с более низким электрическим сопротивлением имеют пониженную способность к электризации. Так, если для полихлорвинила с удельным поверхностным сопротивлением $2,9 \cdot 10^{11}$ Ом максимальный потенциал составил 11,5 кВ, то для резинового шланга с сопротивлением $1,6 \cdot 10^8$ Ом потенциал статического электричества снизился до 2,1 кВ, а для полупроводящих шлангов потенциал не превышал 0,1 кВ.

Пониженную способность к электризации у материалов с повышенной проводимостью отмечали и другие исследователи, например, в работах МакНИИ:

Удельное сопротивление (поверхностное)

Ом	$1,4 \cdot 10^{11}$	$2,4 \cdot 10^{12}$	$5,9 \cdot 10^9$	$1,2 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$	1-108
Максимальный потенциал, кВ при $\phi = 40\%$ и $v = 35$ м/с	29	25	17	7	2	1,7

Такая закономерность обусловлена рассеиванием электростатических зарядов у материалов с более низким удельным электрическим сопротивлением. Такие результаты получены при окружающей температуре $18-20^\circ \text{C}$.

Поэтому для определения характера изменения потенциала электризации при различных значениях относительной влажности воздуха внутри помещения ее изменяли искусственно и выдерживали в течение необходимого для опыта времени. Другие факторы, влияющие на степень электризуемости пневмомагистралей, не менялись.

По результатам определения относительной влажности воздуха на электризацию при транспортировании аммиачной селитры по резиновым и полиэтиленовым шлангам были получены корреляционные зависимости изменения потенциала от влажности (рис. 58).

Так, для полиэтиленового шланга (на рис. 58 кривая 1) корреляционное уравнение имеет вид:

$$U = -11,784 + 0,886\phi - 0,09\phi^2$$

Для резинового шланга (кривая 2) электростатический потенциал изменяется по уравнению

$$U = -7,247 + 586,407/1|\phi|$$

Характер этих зависимостей указывает на резкое снижение потенциала электризации при увеличении относительной влажности окружающей среды. Снижение электростатического потенциала при равномерном повышении влажности зависит от материала шлангов. Например, для резиновых шлангов характерно более резкое снижение потенциала в интервалах повышения влажности от 45 до 60%, а для полиэтиленовых — диапазон значений влажности, при котором наиболее интенсивно снижается потенциал, составляет 65—80%. Такой характер снижения потенциала объясняется пониженной способностью полиэтилена адсорбировать на своей поверхности влагу по сравнению с резиной. Очевидно, при относительной влажности воздуха 50—60% проводящая

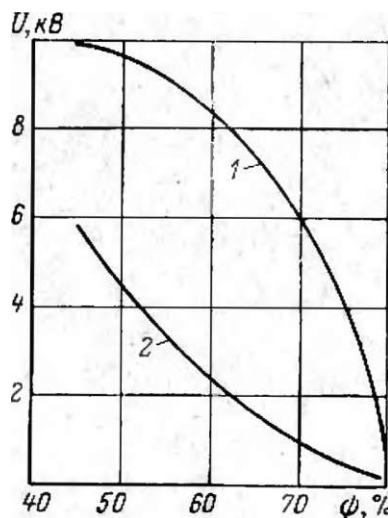


Рис. 58. Зависимость электростатического потенциала от относительной влажности воздуха

пленка влаги на полиэтилене имеет прерывистый характер. При большей влажности поверхность покрывается полностью проводящей пленкой.

Таким образом, увеличение относительной влажности воздуха ведет к снижению электризации и является одной из мер, способствующих рассеиванию и стеканию зарядов статического электричества, уменьшая вероятность их накопления до опасных величин. Несмотря на это, влияние высокой влажности воздуха, весьма характерной для шахтных условий, можно лишь условно отнести к факторам, обеспечивающим безопасность со стороны статического электричества, так как, во-первых, высокая относительная влажность во всех выработках не обязательна; во-вторых, провести классификацию материалов или изделий из них по группам в зависимости от относительной влажности воздуха почти невозможно. Кроме того, многие материалы не смачиваются и величина электростатических зарядов даже при высокой влажности воздуха может не уменьшаться. Следовательно, высокая относительная влажность воздуха не исключает возникновения электризации на элементах пневмозаряжающих систем, а только уменьшает ее.

§ 21. ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТ СКОРОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

При исследовании влияния на электризацию скорости транспортирования ВВ ее изменяли в пределах от 5 до 25 м/с, что осуществлялось зарядной установкой в заранее определенном режиме. Скорость движения частиц ВВ по шлангу определяли с помощью радиоактивных изотопов.

Из оргстекла были изготовлены имитаторы гранул ВВ диаметром 1,5 мм, в которые помещали радиоактивный кобальт и вольфрам для придания гранулам необходимой массы. Меченые гранулы окрашивали в яркий цвет. Удельный вес этих частиц соответствовал удельному весу транспортируемого ВВ. Устройство для загрузки меченых частиц выполнено из пробкового крапа, один конец которого через тройник соединялся с транспортирующей магистралью, второй — закрывался заглушкой. Это устройство устанавливали на расстоянии 0,5 м от конца нагнетательного патрубка заряжающего аппарата и на расстоянии 15 м от места установки первого счетчика, что превышало длину разгонного участка для исследуемых частиц. Расстояние между первым и вторым счетчиками составляло 8,5 м. Приборами регистрировали скорость транспортирования ВВ (рис. 59) на установившемся режиме работы пневмозаряжающей системы. В процессе работы установки на определенном режиме открывался пробковый кран и меченые частицы попадали в транспортирующую магистраль, где подхватывались воздушным потоком. Прохождение меченых частиц пород счетчиком регистрировалось на пленке осциллографа (рис. 60) в виде всплеска (пики). По расстоянию между пиками

на осциллограмме определяли время T движения меченой частицы на отрезке пути между соседними датчиками (база 8,5 м). По пройденному пути и времени устанавливали скорость движения частицы (скорость транспортирования ВВ).

Для изучения влияния скорости транспортирования на величину потенциала электризации в опытах с аммиачной селитрой, гранулитом АС-8 и игдани-
том были применены полиэтиленовый и резиновый ди-
электрические шланги диа-
метром 36 мм. Относительная
влажность воздуха состав-
ляла 45-50%, ВВ 0,3% -
0,5%, температура окружа-
ющей среды -15°C . Плот-
ность потока ВВ в шланге
находилась в пределах $S =$
 $+10\text{ кг на }1\text{ м}^3\text{ воздуха}$ в
зависимости от вида транс-
портируемого ВВ и материала
пневмомагистрали. По резуль-
татам исследования влия-
ния скорости транспортиро-
вания ВВ на процесс электризации были построены графики за-
висимости величины потенциала электризации от скорости транс-
портирования гранулита АС-8 (кривая 1 на рис. 61), аммиачной

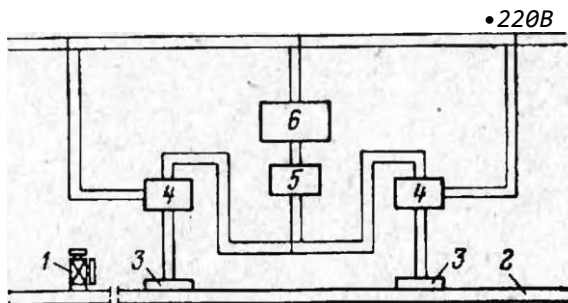


Рис. 59. Схема включения приборов для определения скорости транспортирования ВВ по шлангу:

1 — устройство для загрузки меченых частиц;
2 — пневмотранспортирующая магистраль (шланг); 3 — блок ТЧ (бетасчетчики СТС-Г);
4 — блок ТЗ (основной блок радиометра ТИСС); 5 — блок управления осциллографом БО-2; 6 — осциллограф

1			
т	»	—	
7		m	

Рис. 60. Осциллограммы времени прохождения по-
тока ВВ расстояния между датчиками

селитры (кривая 2) и игдани-
та (кривая 3) и определены корреля-
ционные уравнения связи между этими параметрами. При транс-
портировании ВВ по шлангу электростатический потенциал из-
меняется по уравнениям:

по полиэтиленовому шлангу (пунктирные линии на рис. 61):
для аммиачной селитры

$$U = -0,86 + 0,775y - 0,0146y^2,$$

для гранулита АС-8

$$U = -0,74 + 0,648i - 0,012i^2,$$

для игдани-
та

$$U = -0,40 + 0,208y - 0,003y^2$$

Общая поверхность контактирования при одной и той же весовой концентрации транспортируемого материала потока, очевидно, зависит от его гранулометрического состава. Чем меньше радиус частиц транспортируемого ВВ, тем больше общая поверхность контактирования. Однако, суммарная поверхность частиц с определенным гранулометрическим составом не является фактической поверхностью контактирования.

Площадь фактической контактной поверхности составляет 0,01 часть площади геометрической поверхности частиц S_r . Тогда площадь единичной контактной поверхности может быть определена по формуле

$$S = S_t / N_{\text{с.а}} = 0,01 S_r / N_w$$

где $L_{\text{с.а}}$ — общее число единичных контактных поверхностей частицы.

За единичную контактную поверхность частицы считают такой участок ее поверхности, для которого вероятность перехода одного электрона в ту или другую сторону контактной поверхности близка к единице.

Для определения влияния гранулометрического состава транспортируемого ВВ на степень электризации были проведены исследования с гранулированной аммиачной селитрой, гранулитом АС-8 и игдапитом, разделенными на фракции с диаметром частиц, изменяющимся в интервалах: 0—0,25; 0,25—0,5; 0,5—0,75; 0,75—1,0; 1,0—1,25; 1,25—1,5; 1,5—1,75 и 2—2,5 мм. Опыты проводили при средней относительной влажности воздуха 50%, концентрации (плотности) потока 5 кг/м³ и скорости транспортирования 20 м/с.

При проведении опытов потенциал электризации измеряли при работе установки на свободный выброс (ВВ транспортировали по разомкнутому циклу в полиэтиленовый бункер). Этим предупреждалось измельчение транспортируемого материала при перемещении его по шлангу. Длина транспортирования составляла 30 м. Пробы, взятые из бункера и подвергнутые ситовому анализу, показали, что измельчения гранул ВВ в процессе транспортирования практически не происходило.

Но по результатам опытов построены зависимости изменения потенциала электризации от гранулометрического состава загружаемого ВВ (рис. 62) и определены корреляционные уравнения между этими параметрами. Экспериментальные кривые, полученные при транспортировании ВВ по полиэтиленовому диэлектрическому шлангу, описываются уравнениями:

для аммиачной селитры (кривая 1) $U = 0,789 - j \cdot 1,94/d$,

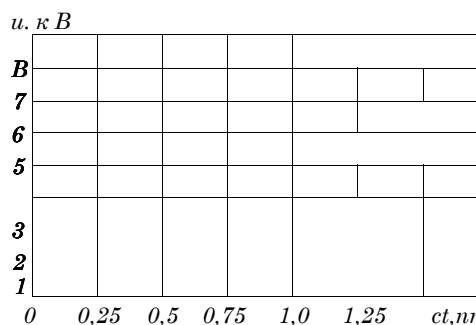


Рис. (32. Зависимости электростатического потенциала от гранулометрического состава транспортируемого ВВ

для гранулита АС-8 (кривая 2) $U = 3,8055 - 5,702 \lg d$,

для игданита (кривая 3) $U = 0,752 + 0,85/d$,

где U — средняя величина потенциала электризации, кВ; d — диаметр гранул транспортируемого ВВ, мм.

Более мелкие частицы при движении по пневмомагистрали наводят более высокое напряжение статического электричества, чем крупные (см. рис. 62). Наиболее интенсивно электростатический потенциал снимается при изменении диаметра гранул транспортируемого ВВ в диапазоне 0,125–0,5 мм. Такой характер изменения потенциала можно объяснить уменьшением общей поверхности контактирования при увеличении диаметра частиц, транспортируемых по шлангу.

§ 23. ЗАВИСИМОСТЬ ПОТЕНЦИАЛА ЭЛЕКТРИЗАЦИИ ОТ РАДИУСА ЗАКРУГЛЕНИЯ И ДЛИНЫ ПНЕВМОМАГИСТРАЛИ

Для определения зависимости электростатического потенциала от радиуса и закругления пневмомагистрали его изменяли от 0,25 до 3 м при работе экспериментальной установки по разом-

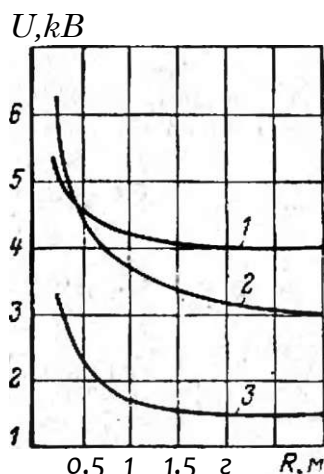


Рис. 63. Зависимости потенциала электризации от радиуса закругления полиэтиленовой магистрали при транспортировании по ней россыпных ВВ

нутому циклу с полиэтиленовым диэлектрическим шлангом при транспортировании аммиачной селитры, гранулита АС-8 и игданита.

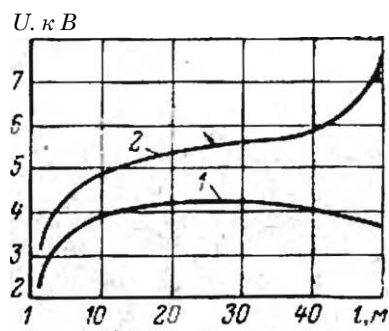


Рис. 64. Зависимости потенциала электризации от длины пневмомагистрали

Относительная влажность воздуха при проведении опытов составляла 55–60%, температура 10° С. Относительная влажность транспортируемого ВВ колебалась от 0,3 до 0,5%. Скорость транспортирования была равна 2 м/с. По результатам опытов построены зависимости (рис. 63) и определены корреляционные уравнения связи между потенциалом электризации и радиусом закругления R шланга. Уравнения имеют следующий вид:

для аммиачной селитры (кривая 1) $U = 2,758 + 0,9/R$

для гранулита АС-8 (кривая 2) $U = 3,894 + 0,38/R$

для игданита (кривая 3) $U = 1,23 + 0,51/R$.

Наиболее интенсивно потенциал снижается при радиусе закругления шланга от 0,25 до 0,5 м (рис. 63) независимо от вида транспортируемого ВВ. Поэтому шланг при пневмозарядании следует прокладывать так, чтобы радиусы закруглений рабочей магистрали были не менее 0,5 м. Если по каким-либо причинам это условие выполнить невозможно, то участки закруглений необходимо изготавливать из электропроводящих материалов и заземлять.

Общая длина полиэтиленового шланга составляла 55 м. Первая точка замера находилась на расстоянии 1 м от конца нагнетательного пневмозарядного устройства. Расстояние между последующими точками было равно 10 м. Скорость транспортирования аммиачной селитры при концентрации смеси 5 кг/м³ составляла 18 м/с. По результатам опытов построены графики изменения потенциала электризации по длине зарядного шланга (рис. 64), из которых видно, что наиболее сильно электростатический потенциал изменялся в начале и конце шланга. На большей части шланга потенциал почти не менялся.

Корреляционные уравнения между величиной электростатического потенциала и длиной транспортирования имеют следующий вид:

по замкнутому циклу (кривая 1 на рис. 64) $U = 2,21 \sqrt{I} - 0,157 I - 0,0271 I^2$

по разомкнутому циклу (кривая 2) $U = 4,01 + 0,13 I - 0,008 I^2 + 0,000146 I^3$

§ 24. БЕСКОНТАКТНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ

Электризацию потока ВВ, движущегося в пневмопроводе, можно представить как движение электростатических зарядов. В любом сечении пневмомагистрали суммарная величина этих зарядов различна. Электрическое поле таких зарядов может создавать эффект переменного магнитного поля в неподвижных обмотках электрических приборов, находящихся вблизи пневмопровода. В этом случае пневмозарядание может быть причиной отказа в работе релейных защитных средств или непредвиденного срабатывания их вследствие создаваемых магнитных помех. Для

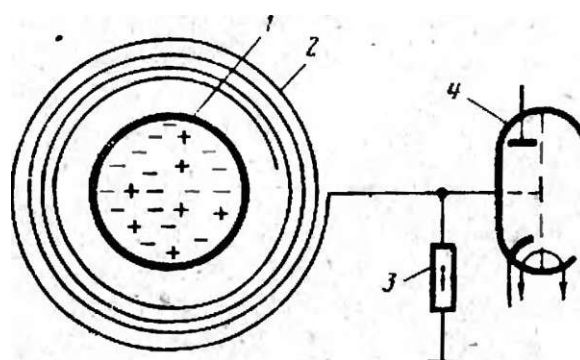


Рис. 65. Бесконтактное фиксирование электризации аэрозольного потока ВВ в пневмопроводе:

1 — пневмопровод, 2 — измерительная катушка, 3 — сопротивление, 4 — входная лампа осциллографа CI-10J

изучения характера электризации аэрозолей ВВ был разработан бесконтактный способ (рис. 65) регистрации электростатических явлений. На пневмомагистрали была установлена высокочувствительная измерительная катушка, один конец был включен па вход осциллографа С1-101. Движущийся аэрозольный поток наэлектризованных частиц ВВ вызывал в катушке появление э. д. с. магнитной индукции. Явление э. д. с. индукции наблюдалось с момента работы пневмозарядной системы и продолжалось в течение всего периода транспортирования. Э. д. с. исчезла через 1 с после включения заряжающего устройства. Некоторая

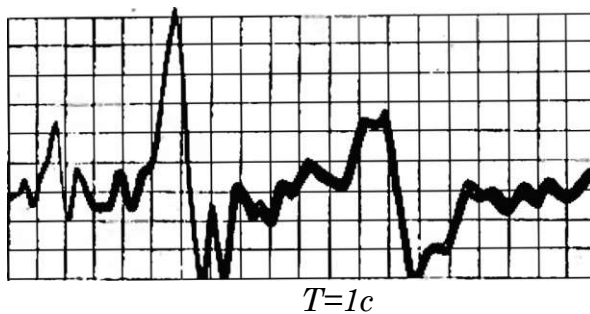


Рис. 66. Осциллограмма характера электризации потока в пневмопроводе

задержка во времени может быть объяснена тем, что движение аэрозольного потока в силу инерционности не прекращается мгновенно с выключением подачи сжатого воздуха. Изменение э. д. с. в измерительной катушке в течение $T = 1\text{с}$ видно в осциллограмме (рис. 66), полученной при транспортировании аммиачной селитры по диэлектрическому полиэтиленовому шлангу.

Бесконтактный метод исследования электризации позволяет изучать этот процесс в динамике. При этом электризация потока в пневмомагистрали исследуется в его естественном виде. Характер исследуемого процесса не искажается присутствием в потоке наэлектризованных частиц каких-либо датчиков или зондов.

§ 25. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ РАЗРЯДЫ В ПНЕВМОЗАРЯДНЫХ СИСТЕМАХ

В пневмозарядных системах в сыпучих ВВ могут быть следующие искровые разряды: 1) при которых возможен электростатический пробой диэлектрической стенки шланга; 2) при резком нарушении механической целостности пневмомагистрали; 3) с проводящих элементов (металлические соединительные муфты) пневмомагистрали на заземленные элементы оборудования; 4) с внутренней поверхности шланга на заземленные предметы и 5) проходящие внутри шланга.

Были исследованы последние три вида электростатических разрядов наиболее опасные, так как в этом случае искра имеет непосредственный контакт с транспортируемым ВВ. В электростатических разрядах внутри шланга следует выделить разряды по внутренней поверхности пневмомагистрали и разряды в потоке

Электроемкость, .						
Ф.10-12	50	100	150	300	400	500
Напряжение *, В . .	15 000	9300	8100	5000	4300	3000
Энергия разряда, Дж	0,0056	0,0043	0,0049	0,0037	0,0046	0,0022

* Максимальные значения потенциалов, при которых наблюдались электрические разряды с проводящих элементов различной электроемкости.

Электроемкость элементов шахтного оборудования не превышает 500 пф. Эта емкость принята рядом стран как максимально возможная в шахтных условиях. В пневмозарядных системах маловероятно, чтобы изолированные металлические поверхности, с которых возможен разряд на заземленные предметы, имели большую электроемкость. Поэтому для оценки опасности этого вида искровых разрядов при подсчете энергии за емкостный параметр была принята величина пФ.

Чтобы судить о безопасности наводимых электростатических зарядов, необходимо знать чувствительность аммиачно-селитренных ВВ к мощности искрового разряда, при которой они воспламеняются.

Но данным, полученным СКГМИ, минимальная энергия воспламенения аэрозолей ВВ и их компонентов при дисперсности 0,16-0,25 мм находится в следующих пределах:

	Энергия, Дж'10-®
Зерногранулит 79/21Б	1,05
Граммопал А-8	1,32
Гранулит АС-8	2,94
Гранулит ЛС-8В	2,91
Гранулит ЛС-4	3,27
Гранулит АС-4В	3,04

Игданит указанной дисперсности оплавляется на электродах. Минимальная энергия воспламенения солярового масла (компонента игданита) составляет 0,44 Дж -10³, алюминиевой нудры {дисперсностью 0,01 мм) — 0,002 Дж -10³.

При проведении опытов с аммиачной селитрой влажностью 0,1%, транспортируемой по диэлектрическому полиэтиленовому шлангу с $p_s = 10^{12}$ Ом при относительной влажности воздуха 40%, отчетливо наблюдалось интенсивное «свечение» шланга вследствие искровых разрядов внутри пневмомагистрали (рис. 68). В качестве средства борьбы с искрообразованием в пневмомагистрали вводили токопроводящую жилу. При введении в шланг токопроводящей жилы «свечение» прекращалось. Прокладка жилы приводит к выравниванию потенциала по длине шланга, а присоединение жилы к заземленному заряжающему аппарату обеспечивает стекание электростатических зарядов на землю, исключая искрообразование внутри пневмомагистрали.

Глава VI

ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ПРИ ПНЕВМОЗАРЯЖАНИИ РОССЫПНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

§ 26. ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

В процессе транспортирования россыпных ВВ по шлангам электростатические заряды переходят на поверхность выработки главным образом в месте соприкосновения потока с поверхностью взрывной скважины. При этом гильза капсуля и скрученные концы проводов ЭД могут оказаться под напряжением.

На опасность срабатывания детонатора в значительной степени влияет электропроводность горных масс. При определении удельного сопротивления горных пород (с последующим подсчетом их удельной проводимости) можно использовать методы, применяемые для измерений сопротивлений заземляющих устройств, а также методы, применяемые для вертикального зондирования при электрическом способе разведки и поисков полезных ископаемых.

Для определения электропроводности горных пород в шахтных условиях наиболее приемлем метод контрольного электрода, заключающийся в том, что измеряется сопротивление растеканию опытного заземлителя (контрольного электрода) с последующим расчетом его удельной проводимости.

Но метод контрольного электрода позволяет определить электропроводность горной породы только в определенной точке и не дает возможности судить об электропроводности определенного объема горного массива. Поэтому метод контрольного электрода лучше применять совместно с методом четырех электродов, позволяющим получить характеристику электропроводности горных пород на любой глубине.

Сущность метода четырех электродов заключается в том, что сопротивление растеканию тока между крайними электродами установки определяется сопротивлением объема грунта (породы), заключенного в полусферу с диаметром, равным расстоянию между крайними электродами.

В табл. 14 приведены наименьшие значения удельной электропроводности, горных пород, получештые на руднике «Молибдеп».

Таблица 16

Порода	Удельная проводимость, См/см	
	Метод контрольного электрода	Метод четырех электродов
Мрамор	0,54-10-7	0,57-10-7
То же	0,49-10-7	0,46-Ю-7
Скарн рудный	0,12-10-6	0,52-10-6
То же	0,66-10-6	0,71-10-е
РОГОВИКИ рудные	0,98-10-»	0,83-Ю-3
То же	0,19 «Ю-3	0,22-Ю-3
Гранитоиды рудные	0,56-10-4	0,54-10-4
То же	0,41-10-4	0,47-10-4
Песчаники	0,22-10-4	0,28-10-4

Величины удельных проводимостей, измеренные методами контрольного электрода и четырех электродов, практически совпадают.

Рассматривая процесс нневмозаряжения с приближением к наиболее трудному случаю, представим струю ВВ, которая движется аксиально со стенками на расстоянии 1 м (при этом ЭД расположен по схеме, применяемой при обратном способе инициирования,

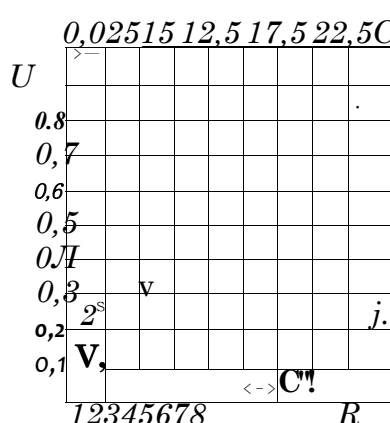


Рис. 69. Изменение напряжения на детонаторе в зависимости от расстояния и проводимости пород

т. е. находится внутри взрывной полости). При непосредственном обдуве ЭД смесью ВВ — воздух в условиях идеально диэлектрических пород его корпус будет находиться под потенциалом, равным потенциалу струи. С увеличением электропроводности горных пород потенциал на корпусе ЭД будет отличаться от потенциала в условиях диэлектрических пород вследствие растекания электростатических зарядов в проводящей среде. С другой стороны, увеличение расстояния между местом контакта струи с породой определенной проводимости и гильзой ЭД тоже приведет к снижению потенциала на ней.

Для определения характера изменения потенциала на гильзе ЭД в зависимости от указанных факторов (удельной проводимости пород и расстояния между корпусом детонатора и плоскостью контактирования струи ВВ с породой) проведены исследования.

Кривые относительных напряжений на поверхности взрывной полости (рис. 69) представляют собой функции $U_0 = f(R_0)$ при различных значениях удельной проводимости пород γ . Кривая 1 построена для пород с $\gamma = 1 \cdot 10^{-8}$ См/м; кривые 2 и 3 для пород, соответствующих $\gamma = 0,2 \cdot 10^{-8}$ См/м и $\gamma = 0,5 \cdot 10^{-5}$ См/м. Таким образом, если при наименьшей проводимости 10^{-8} См/м и потенциале струи 10 кВ напряжение (потенциал) на корпусе

ОД, находящегося в зоне контакта струи с породой, составляет $C_d = 10$ кВ, то это напряжение при $y = 0,2 \cdot 10^{-6}$ См/м составит 5 кВ. В породах же с $y = 0,5 \cdot 10^{-6}$ См/м потенциал на гильзе составит всего 2 кВ, который снизится до 1 кВ с увеличением расстояния от центра контактирующей поверхности до 5 см.

Расстояние между мостиком ЭД и гильзой не может быть менее 2 мм. Электрическая прочность воздуха составляет 2—3 кВ/мм, а окружающего первичного инициатора больше, чем воздуха.

Прием худший вариант, когда потенциал мостика будет равен потенциалу земли. В этом случае для проскакивания искры между гильзой и мостиком корпус ЭД должен находиться под напряжением 4—6 кВ, т. е. должно соблюдаться условие $11_d = U_m = 4 \wedge 6$ кВ.

§ 27. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ ПРИ ПНЕВМОЗАРЯЖАНИИ РОСЫПНЫМИ ВЗРЫВЧАТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Для установления фактических параметров электризации при пневмозаряжении россыпных ВВ были проведены исследования на полигоне рудника «Молибден» и непосредственно в подземных условиях.

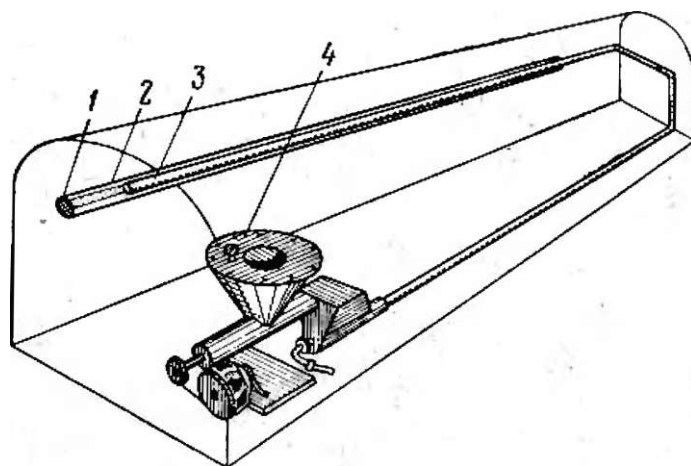


Рис. 70. Схема опытного стенда:

1 — потенциальсъемник; 2 — макет скважины; 3 — шланг;
4 — шишковидный дозатор

Первоначально исследования проводили на специальном стенде (рис. 70), состоящем из воздухопроводных труб, подключенных к общешахтному воздухопроводу с рабочим давлением 6 кгс/см², пневмозарядного устройства, системы шлангов и макета скважины длиной 24 м, собранной из стеклянных труб диаметром 10 мм. Макет скважины был укреплен на стенке выработки деревянными кронштейнами с изолирующими резиновыми прокладками. Сжатый воздух через сеть воздухопроводных труб попадал в заряжающее устройство и по полиэтиленовому шлангу подавал

смесь ВВ — воздух в скважину. В пневмомагистраль заряжали взрывчатый материал подавали с помощью шнекового зарядчика, приводимого в движение пневмодвигателем ДР-10. Давление в шланге измеряли π -образным ртутным манометром, относительную влажность окружающего воздуха определяли психрометром Августа.

В качестве испытуемого ВМ была взята аммиачная селитра. В зимний период исследования проводили в подземных условиях на глубине 2004 м. Относительная влажность воздуха при этом находилась в пределах 80—85%, температура составляла 0° С-|-3° С.

Потенциалы электризации замеряли как по пути движения двухфазного потока (аммиачная селитра — воздух) на полиэти-

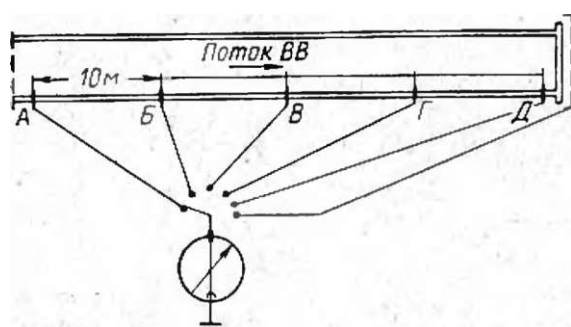


Рис. 71. Измерение потенциалов в различных точках пневмотранспортирующей магистрали

леновом шланге, так и на выходе потока из устья макета скважины электростатическими вольтметрами С-50 на 600 и 1000 В. При регистрации потенциалов с различных участков шланга последние тщательно изолировали, одну из клемм вольтметра подсоединяли к соединительным металлическим муфтам, другую к заземленному металлическому стержню. При измерении потенциала на выходе

двухфазного потока из устья скважины (при этом «дно» скважины снимали) на конце скважины устанавливали сетчатый экран, выполненный из медной проволоки диаметром 2 мм с ячейками 2 x 2 см. Прибор включали между сетчатым экраном и землей (рис. 71).

В результате проведенных экспериментов было установлено, что при пневмотранспортировании аммиачной селитры влажностью 9,9% и относительной влажности воздуха 87% потенциал на металлических муфтах отсутствовал, а на металлической сетке был равен 50 В.

При испытании в летнее время в качестве испытуемого ВМ была принята предварительно просушенная аммиачная селитра, гранулометрический состав которой, определенный ситовым анализом, следующий:

Размер ячеек, мм	0,4	0,1—1,0	1,0—4,0	4,0
Количество селитры, %	6,4	20,3	72,9	0,4

Опыты проводили в два этапа. Первый этап включал эксперименты по сиюминутному электростатическим потенциалам с установки на поверхности рудника, второй — в подземных условиях.

Установка состоит из пневматического зарядчика «Вахш-4», подключенного к общешахтному воздухопроводу с рабочим давле-

нием 8 кгс/см^2 , и транспортирующего диэлектрического полиэтиленового шланга длиной 50 м с внутренним диаметром 30 мм. По всей длине шланга через каждые 10 м были введены съемники потенциалов, выполненные из медной проволоки диаметром 2 мм, длиной 80 мм. На расстоянии 40 мм от конца пневмомагистрали ставили медный сетчатый экран с размером ячеек $10 \times 10 \text{ мм}$.

Потенциалы измеряли в точках *А*, *Б*, *В*, *Г* и *Д* (см. рис. 71) с помощью электрических вольтметров С-50. Относительная влажность воздуха составляла 80%. Температура воздуха при проведении опытов была от 20 до 24°C .

При снятии потенциалов одну из клемм вольтметра подсоединяли к соответствующему съемнику, другую заземляли. При измерении потенциала на конце пневмомагистрали приборы включали между медным сетчатым экраном и землей.

Опыты показали, что при транспортировании аммиачной селитры влажностью $0,57\text{—}0,63\%$ при относительной влажности воздуха $70\text{—}80\%$ потенциал в точках *А*, *Б*, *В*, *Г* и *Д* колебался соответственно в пределах $25\text{—}300 \text{ В}$; $60\text{—}400 \text{ В}$; $25\text{—}200 \text{ В}$; $250\text{—}400 \text{ В}$ и $25\text{—}150 \text{ В}$.

Потенциал по точкам резко повышался, когда через шланг проходили порции аммиачной селитры, представляющие собой пылевидную смесь. При изгибе шланга в точках замера резко увеличивался потенциал по сравнению с потенциалами в этих же точках при прямолинейном шланге. Это объясняется действием в колене шланга центробежных сил, способствующих увеличению трения между частицами потока ВМ и внутренней поверхностью шланга.

Потенциал на сетке шланга изменялся в зависимости от положения шланга вследствие изменения его электроемкости. Так, при выбросе заряжаемой смеси в деревянную емкость размером $100 \times 45 \times 30 \text{ см}$, установленную на изолирующих подставках, потенциал на сетке пневмомагистрали отсутствовал (в емкость вводили конец шланга длиной 30 см).

При свободном выбросе зарядной смеси потенциал изменялся и в зависимости от расстояния и проводимости плоскости, на которую направляется струя смеси.

На расстоянии конца пневмомагистрали от плоскости, воспринимающей зарядный поток, равном $0,05 \text{ м}$, потенциал на сетке равен нулю. При сухих гранитах на расстояниях $0,1$, $0,2$, $0,5$, 1 и 2 м и более соответственно 50 , 100 , 300 , 600 и до 1000 В ; при сухой почве с растительным слоем на расстояниях $0,2$, $0,5$, 1 и 2 м соответственно 50 , 100 , 100 и 600 В ; на металлическом листе, увлажненном раствором поваренной соли, на расстояниях $1,5$ и $2\text{—}3 \text{ м}$ соответственно 0 и 80 В .

При проведении опытов с пневмозарядчиком «Курама-б» установка состояла из зарядчика, подключенного к общешахтному воздухопроводу с рабочим давлением в сети 5 кгс/см^2 , транспортирующего шланга длиной 34 м и зарядной трубки длиной $1,8 \text{ м}$.

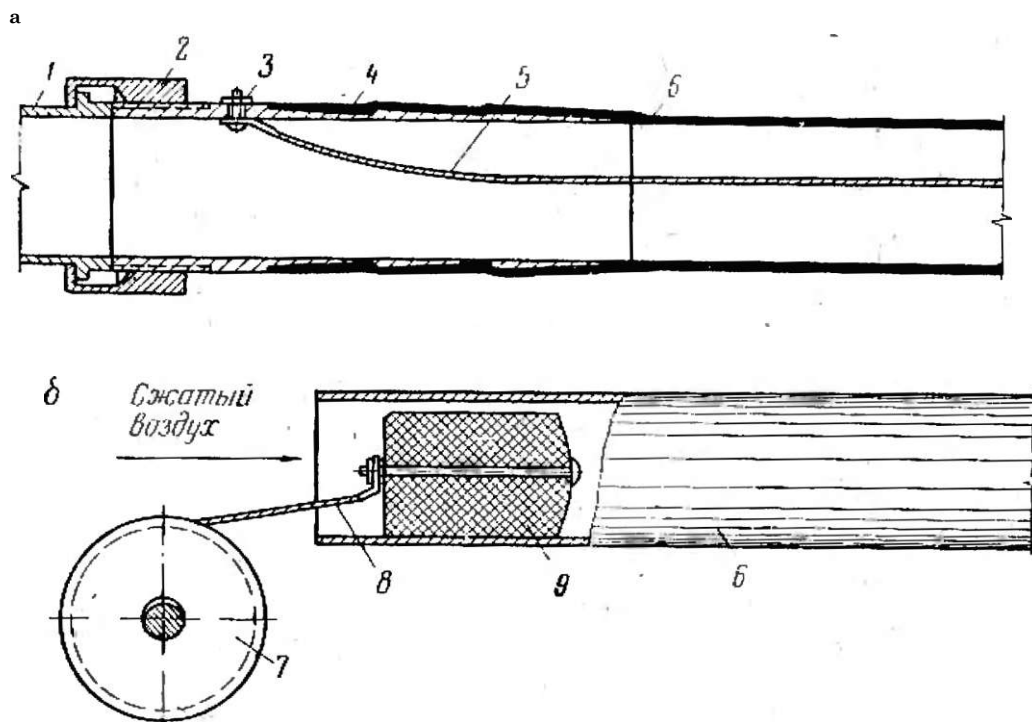


Рис. 72. Схема прокладки и крепления токопроводящей жилы в пневмотранс-
4 портирующей магистрали:

а — крепление жилы к заземлителю; б — прокладка внутри магистрали; 1 — патрубок пневмозарядчика; 2 — накидная гайка; 3 — крепление жилы к штуцеру; 4 — штуцер; 5 — токопроводящая жила; 6 — транспортирующий шланг; 7 — катушка с жилой; 8 — крепление жилы к пробке из пенопласта; 9 — пробка

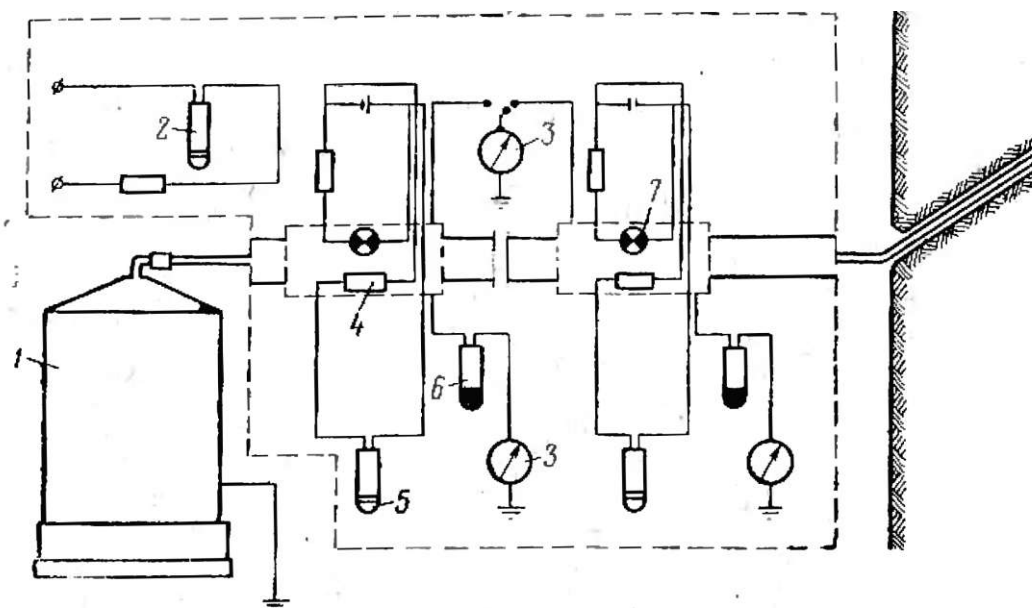


Рис. 73. Исследование электризации в практических условиях пневмозаря-
жанья:

1 — пневмозарядчик; 2 — отметчик времени; 3 — статические вольтметры; 4 — фотосопротивление ФСК-2; 5 и 6 — гальванометры (шлейфы); 7 — источник света (рефлектор)

Между концом зарядной трубки и землей был подключен вольтметр С-50. В результате проведенных экспериментов максимально наведенный потенциал не превышал 50 В.

Во втором этапе при проведении опытов в подземных условиях отсутствие статического электричества объясняется высокой относительной влажностью воздуха в шахте (порядка 90%). Температура воздуха при этом не превышала $+5,0^{\circ}\text{C}$. Влажность аммиачной селитры на основании анализа проб, взятых при испытании на статическое электричество, колебалась в пределах 0,84—0,03%.

Кроме того, была исследована электризация при работе высокопроизводительных заряжающих устройств нагнетательного типа Л113М конструкции СКГМИ и устройств конструкции Гипропика (производительность труда взрывника 80—100 кг/мин).

В качестве пневмомагистралей были взяты диэлектрические полиэтиленовые шланги с внутренним диаметром 40 мм. Опыты проводились при зарядании минных камер и скважин гранулитом ЛС-8. Длина пневмомагистралей при зарядании минных камер составляла 65 м. На участке длиной 40 м внутри шланга была проложена токопроводящая жила, один конец которой был прикреплен к соединительной муфте, а другой — к заряжающему устройству (рис. 72).

При зарядании скважин длина пневмомагистралей была увеличена до 150 м, из них участок длиной 30 м проходил вертикально по восстающему. Длина токопроводящей жилы в этом случае составляла 85 м. Исследуемый процесс электризации фиксировали в зависимости от нескольких факторов одновременно (рис. 73). Относительная влажность окружающего воздуха и ВВ во время испытаний находилась соответственно в пределах 65—70% и 0,6-1%.

При зарядании минных камер и скважин на участках пневмомагистралей, где была проложена токопроводящая жила, потенциал отсутствовал; максимальный потенциал составлял 600 В при зарядании минных камер и 1000 В при зарядании скважин.

Глава VII

БОРЬБА СО СТАТИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ

§ 28. ОТВОД ЗАРЯДОВ С ПОМОЩЬЮ ЗАЗЕМЛЕНИЯ, РАСSEИВАНИЕ И СТЕКАНИЕ ЗАРЯДОВ

Заземление отдельных-деталей и узлов пневмозарядных устройств является одним из средств защиты от статического электричества при механизированном способе зарядания. Оно преследует цель отводить электростатические заряды с проводящих и полупроводящих элементов по мере их накопления.

Чаще всего заземление выполняется с помощью гибкого проводника (многожильного провода, троса и т. д.), один конец которого соединяется с металлическими элементами, на поверхности которых возможно сосредоточение электростатических зарядов, другой — с заземлителем. Ввиду незначительности величин токов, сопровождающих электростатические процессы (порядка микроампер), заземляющие провода выбирают по соображениям их механической прочности и должны соответствовать параметрам местного заземления шахтных электроустановок.

В качестве заземления пневмозарядных устройств можно использовать индивидуальные заземлители, представляющие собой заделанные в породу стержни или трубы. Однако в диэлектрических породах использование индивидуальных заземляющих устройств невозможно. А в проводящей среде из-за наличия возможных блуждающих токов в рудничных условиях такие заземлители могут сами переносить энергию, представляющую опасность для неуправляемого срабатывания ионизированного транспортируемого потока. Применяемое для пневмозарядания оборудование можно считать электростатически заземленным, если сопротивление утечки тока в любой точке при самых неблагоприятных условиях не превышает 10^6 Ом-см.

К мероприятиям, которые обеспечивают рассеивание и стекание зарядов с диэлектрических материалов, относятся: увеличение электрической проводимости окружающей среды, снижение поверхностного или объемного сопротивления электризующихся поверхностей. Для снижения поверхностного сопротивления повышают влажность воздуха, наносят металлическое покрытие, обрабатывают поверхности антистатическими веществами.

Проведенные автором исследования электростатических явлений, сопутствующих пневмозаряданию ВВ, показали, что с увеличением относительной влажности окружающего воздуха ин-

тенсивность электризации падает. Особенно это было заметно при пневмотранспортировании кристаллической аммиачной селитры по резиновому шлангу.

Количество водяных паров в незагрязненном воздухе практически не меняет его проводимости. Увеличение утечки зарядов связано с адсорбцией на поверхности диэлектриков тонкой пленки воды, содержащей определенное количество ионов из загрязнений и растворенных веществ, способствующих повышению проводимости материалов и образованию путей утечки зарядов статического электричества.

Как правило, синтетические материалы имеют меньшую адсорбционную способность. Поэтому продолжительность образования проводящей пленки на поверхностях изоляционных материалов может достигать трех — четырех суток. Оно обусловлено скоростью изменения относительной влажности воздуха, адсорбционной способностью материала пневмомагистрали и т. п.

Таким образом, увеличение относительной влажности воздуха является одним из средств борьбы со статическим электричеством, ускоряющим рассоивание и стекание зарядов с наэлектризованных поверхностей, уменьшающим вероятность накопления электростатических зарядов до опасных величин. При пневмотранспортировании россыпных ВВ в минные камеры и скважины увлажнение воздуха целесообразно примопять (орошение водой, водяные завесы и т. д.) в сухих забоях.

Для подземных работ трубопровод из гибких пластмассовых труб диаметром 25—30 мм позволяет осуществлять пневмотранспорт ВВ и зарядание взрывных полостей в условиях сложной конфигурации горных выработок. Отечественная промышленность выпускает полиэтиленовые трубы с необходимыми механическими свойствами. Кроме того, разработана рецептура и технология производства электропроводящей полимерной композиции и труб из нее применительно к условиям пневмотранспортирования, которые испытывали на руднике «Молибден», используя их в качестве транспортирующих магистралей при пневмозарядании минных камер и скважин гранулитом АС-8. Эксплуатация в производственных условиях выявила существенные недостатки таких шлангов: они тяжелее и менее эластичны по сравнению с диэлектрическими полиэтиленовыми шлангами. При отрицательной температуре они становятся хрупкими и выкрашиваются, в процессе работы часто наблюдались закупорки проходного сечения пневмомагистрали из-за неудовлетворительной обработки внутренней поверхности.

Кроме того, при высокой относительной влажности и резком перепаде температуры окружающей среды эти шланги не обеспечивали стабильность своих первоначальных электрических параметров. Все это ограничивает их использование при механизированном зарядании взрывных полостей. После устранения недостатков полупроводящие шланги найдут применение в промышленности.

§ 29. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

В тех случаях, когда отвод электростатических разрядов по каким-либо причинам невозможен, целесообразно предотвратить или уменьшить вероятность их возникновения.

При транспортировании ВВ наиболее опасны искровые заряды, возникающие в пневмомагистрали. Для предупреждения возникновения таких разрядов наиболее приемлемым и эффективным является прокладка внутри магистрали токопроводящей жилы, обеспечивающей выравнивание потенциала по длине пневмомагистрали. Проверка такого способа в лабораторных и производственных условиях дала положительные результаты.

Токопроводящая жила представляет* собой многожильный луженый провод диаметром 1,5—2 мм, соединенный с наконечником шланга и пневмозарядным устройством. Диаметр жилы выбирают исходя из условий ее механической прочности. Поверхность жилы антикоррозийная, она не должна реагировать с транспортируемым материалом. Жила, соединенная с заземленным корпусом зарядного устройства, способствует отводу электростатических зарядов на землю. Прокладка такой жилы транспортирующей магистрали проста и может выполняться непосредственно на месте по заряданию.

Элементы деталей и узлов пневмозарядных устройств должны быть выполнены из однородного материала, что обеспечивает снижение электростатического эффекта при их взаимодействии в процессе работы механизмов (трение, контакт, качение).

При работе отдельных узлов, выполненных из медных (бронзовых) сплавов, последние реагируют с аммиачной селитрой, и на металлических поверхностях образуется взрывоопасная пленка. Поэтому из этих сплавов изготавливать зарядные устройства или отдельные узлы недопустимо.

Большое влияние на электризуемость элементов пневмозаряжающих систем оказывает тип (конструкция) зарядного устройства. Так, при одинаковых условиях электризуемость при работе эжекторных зарядчиков в 8—10 раз выше, чем при работе нагнетательных зарядчиков. Объясняется это прежде всего различием в скорости перемещения транспортируемого материала и соотношением твердых компонентов и воздуха в потоке.

Режим работы зарядного устройства должен обеспечить равномерную непрерывную подачу ВВ. Вводы магистралей сжатого воздуха, дозирующие и смесительные камеры, работающие при избыточном давлении, а также узлы и механизмы, безопасность работы которых зависит от соблюдения установленных режимов, следует оснащать надежными контрольно-измерительными приборами, автоматическими регуляторами, предохранительными клапанами, муфтами продельных моментов и т. п., позволяющими контролировать и выдерживать установленные режимы.

Глава VIII

МЕХАНИЗИРОВАННОЕ ЗАРЯЖАНИЕ ПАТРОНИРОВАННЫМИ ПЛАСТИЧНЫМИ ВЗРЫВЧАТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПНЕВМОЗАРЯДПЫХ КОЛОНН АПЗК

§ 30. ТЕХНИЧЕСКИЕ, ДИНАМИЧЕСКИЕ И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛОНН АПЗК

В настоящее время применяют автоматизированные пневмозарядные колонны АПЗК-32, АПЗК-60, АПЗК-70, различающиеся только размерами. Предназначены они для заряжания скважин патронированными ВВ. Принцип действия заключается в следующем. Патроны ВВ под давлением сжатого воздуха (4—6 кгс/см²) перемещаются по зарядной трубе (колопне) со скоростью 100 м/с и более. Имея большой запас кинетической энергии после выхода из зарядной колопны в момент удара о забой скважины или о ранее уложенный заряд ВВ, патроны деформируются и уплотняются.

Основными частями АПЗК пневмозарядных колонн (рис. 74) являются: зарядная колонна труб с наконечником, фильтр и шланг для подвода сжатого воздуха, затвор и пусковывключающее устройство, устанавливаемое в начале зарядной колонны.

Техническая характеристика колонн АПЗК приведена в табл.15.

Зарядная колонна выполняет функцию ствола, собранного из отдельных секций тонкостенных дюралюминиевых труб длиной по 2 м, внутри которого перемещаются патроны ВВ. Секции труб соединены между собой при помощи муфт. Внутренний диаметр ствола выбирается так, чтобы радиальный зазор между патроном и внутренней стенкой трубы был не менее 4—6 мм. Длина ствола в зависимости от условий заряжания может достигать 50 м.

Затвор 2 служит для подачи патронов ВВ в ствол зарядчика. Подача сжатого воздуха и автоматическое дозирование его выполняются посредством пусковывключающего механизма.

Для обеспечения наибольшей плотности заряжания взрывных полостей необходимо выдерживать оптимальное расстояние между зарядной колопной и забоем скважины или ранее уложенными патронами ВВ, которое может быть подсчитано по следующим эмпирическим формулам:

$$\begin{aligned} L &= (0,8-M,0)rcJ_n, \text{ м при } d_j d_c \wedge 0,7; \\ L &= (0,4-fO,())reJ_n, \text{ м при } d_j d_a = 0,3—0,7, \end{aligned} \quad (1)$$

где n — число одновременно выбрасываемых патронов; l_n — длина патрона, м;

d_n — диаметр патрона, мм; d_c — диаметр заряжаемой скважины, мм.

Подача сжатого воздуха в колонну труб прекращается автоматически с помощью пружины 5 и золотника 7 пусковывключающего

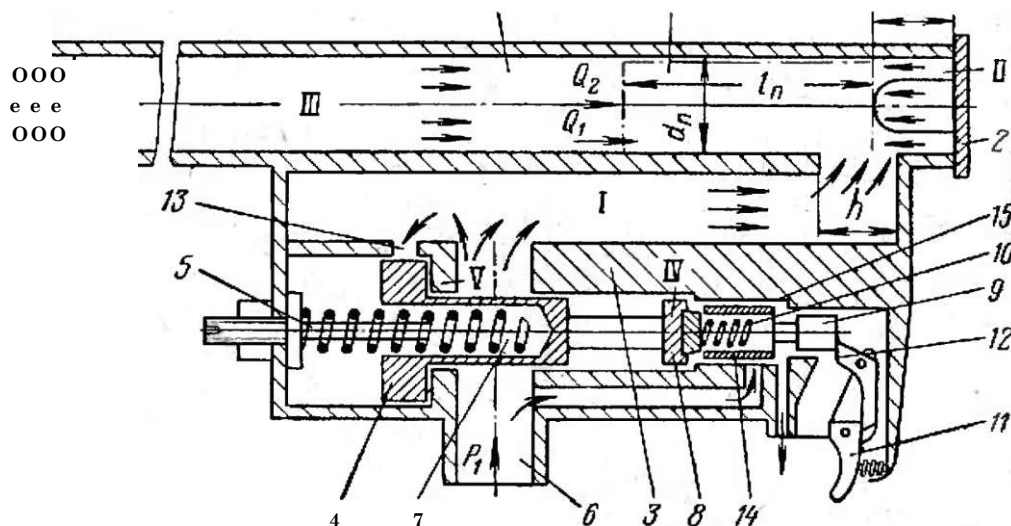


Рис. 74. Пневмозарядная колонна АПЗК

механизма после того, как патроны пройдут мимо отверстий копечной секции колонны 18 из-за падения давления в колонне труб (полость III).

Пусковывключающий механизм действует следующим образом. После нажатия на курок 11 пусковой золотник 9 сдвинется

Таблица 15

Показатели	АПЗК-32	АПЗК-60	АПЗК-70
Диаметр патронов, мм	32	60	70
Диаметр зарядной колонны, мм:			
внутренний	36	66	76
наружный	40	70	80
наружный по муфтам	50	80	90
Глубина скважин, м:			
при ручном маневрировании . .	15—50	12—30	12—30
при маневрировании колонной с помощью манипулятора . . .	До 50	До 50	До 50
Расход сжатого воздуха на 1000 кг ВВ, м ³	10—11	12—14	14—16
Оптимальное количество ВВ, подаваемого за цикл, кг	2—2,5		10
Плотность заряжения, г/см ³	1,0—1,35	1,0—1,4	1,0—1,4;
Масса секции колонны, кг	0,6—1,2	1,2—2,0	2,2—3,0
Масса колонны при длине 30 м (без манипулятора), кг	20	55	65

собачкой 12 в крайнее положение. При этом сжатый воздух из сети через открывшиеся каналы 14 и 15 попадает в полость IV цилиндра 3. При давлении воздуха в сети p_1 и площади S_1 поршня 8 сила $N_1 = p_1 \cdot S_1$ возникающая на нем, передвинет золотник 7, перекрывающий отверстие в штуцере, в его крайнее положение, сжав при этом пружину 5. В результате этого сжатый воздух из сети через штуцер проникнет в патронник 1 и другие полости. Поскольку давление сжатого воздуха в сети и атмосферное в патроннике 1 заметно различаются, то распространение сжатого воздуха в каналы и полости пусковключающего механизма будет происходить со звуковой скоростью, т. е. практически мгновенно. Поэтому тотчас же возникнет вторая сила $F_2 = p_1 \cdot S_2$ на поршне 4, так как воздух заполнит и полость V цилиндра 3 через канал 13. Кратковременное действие силы N_1 прекращается после того, как собачка курка соскочит с торца золотника 9 и последний передвинется в начальное положение под действием пружины 10, закрыв при этом канал 15 и прекратив подачу воздуха в полость IV.

Золотник 7 будет удерживаться в крайнем положении при сжатой пружине 5 силой F_2 до того момента, когда давление в колонне труб и полостях пусковключающего механизма не упадет настолько, чтобы могла сработать пружина 5 и передвинуть золотник 7 в начальное положение. При этом перекрывается отверстие штуцера, подводящее снятый воздух. Характеристика пружины 5 подобрана такой, чтобы она срабатывала при возможно минимальном перепаде давления в полостях пусковключающего механизма АПЗК.

При открытом отверстии 6 сжатый воздух из сети попадает в полость I и затем в полость II перед патронами 19, находящимися к патроннике 1.

В результате разницы давления p_1 и p_0 в полостях II и III сжатый воздух в полости II начинает расширяться, перемещая при этом патрон ВВ по колонне труб. И чем длиннее колонна, тем этот процесс будет происходить дольше, т. е. тем большая будет конечная скорость движения патрона на выходе из колонны.

В начальный момент времени отверстие, соединяющее полости I и II, будет перекрыто патроном, но после начального сдвига патрона размер его остается постоянным. Фактический расход воздуха зависит от полной величины отверстия.

Для выявления динамических характеристик колонн АПЗК необходимо знать, как зависит скорость движения патронов ВВ от давления сжатого воздуха, подводимого к зарядчику, от расстояния, проходимого патронами по зарядной колонне, и времени их движения, так как скорость (при известной массе патронов) движения патронов в момент их удара о забой скважины или о ранее уложенные патроны в скважину определяет величину кинетической энергии, которая полностью обращается в работу пластической деформации патронов.

Для определения экономической эффективности применения колонн АПЗК при зарядании взрывных полостей необходимо знать расход воздуха, потребляемый ими. Обеспечение минимального расхода воздуха возможно при условии, если известны зависимости, связывающие расход воздуха с другими параметрами и размерами колонн ЛПЗК.

При расчете патронник 1 и колонну труб можно рассматривать как резервуар ограниченной переменной емкости, в котором передвигается патрон ВВ с постоянной массой и течет воздух переменной массы. При выводе всех зависимостей в основу положен политронический процесс изменения состояния воздуха с постоянным показателем политропы $n = 1,30 \dots 1,35$.

При отождествлении фактического процесса с политропическим используется прием условной замены действительного газа на эквивалентный, для которого показатель адиабаты равен показателю политропы. Зная, что для воздуха величина критического отношения давлений определяется показателем адиабаты 1,41, критическое отношение давлений можно выразить как

$$= \cdot \quad (2)$$

Критическое отношение давлений показывает, с какой по величине скоростью воздух истекает через отверстия, а от скорости зависит расход его. Если скорость истечения воздуха через отверстие меньше местной скорости распространения звука в воздухе, то звуковые волны распространяются в потоке как по течению, так и против него. При этом давление в выходном сечении всегда равно противодавлению окружающей среды. Если скорость истечения воздуха больше скорости звука, то давление в выходном сечении не зависит от давления окружающей среды, а зависит от давления воздуха в подводящей сети и изменяется вместе с ним.

При политропическом процессе расход воздуха из отверстия останется постоянным, если истечение воздуха через него будет со сверхзвуковой скоростью (при критическом режиме):

$$0 < P/P_i < (p/P_i)_{кр}. \quad (3)$$

где p_1 — установившаяся величина давления сжатого воздуха перед отверстием, кгс/см²; p — изменяющаяся величина давления сжатого воздуха в полости II, кгс/см².

Секундный расход воздуха при этом можно определить по формуле

$$G = \frac{p_1}{\sqrt{g}} \cdot S \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma + 1}{2(\gamma - 1)}} \quad \text{кг/с}, \quad (4)$$

где S — площадь отверстия, м²; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения; V_i — плотность воздуха при давлении p_x

$$V_i = T_0 (P_i T_i)^{\frac{1}{\gamma}} \quad \text{кг/м}^3, \quad (5)$$

где $\gamma_0 = 1,224 \text{ кг/м}^3$ — плотность воздуха при нормальном давлении $p_0 = 101325 \text{ кгс/м}^2$; μ — коэффициент расхода воздуха через отверстие в патроннике, зависящий от формы отверстия, сопротивления движению воздуха и учитывающий утечки воздуха

$$\mu = \mu_{\text{ф}}, \quad (6)$$

α — коэффициент сужения струи, т. е. отношение площади сечения струи в поджатом сечении потока к площади геометрического сечения трубы в том же сечении,

$$\alpha = \frac{F_1}{F_0} \sqrt{\frac{p_0}{p_1}} \quad (7)$$

μ_1 и μ_m — соответственно коэффициент смягчения входа и коэффициент местного сопротивления, определяемые опытным путем.

Для отверстия в патроннике прямоугольной формы площадью $S = hb$, м^2 при толстой стенке можно принять $\mu_1 = 0,5$, а $\mu_m = 0,5 \text{--} 0,6$ как для колена с прямым углом (h — ширина отверстия, m ; b — длина отверстия, m).

Φ — коэффициент скорости, т. е. отношение фактической скорости движения воздуха к теоретической в самом узком сечении

$$\Phi = \frac{v}{v_{\text{теор}}} \quad (8)$$

Если скорость истечения воздуха через отверстие меньше скорости звука (при докритическом режиме), т. е. если

(9)

то секундный расход воздуха определится по формуле

$$G = \mu \alpha \Phi S \sqrt{2 p_0 \gamma_0} \quad (10)$$

Для обеспечения свободного прохождения патрона по колонне труб необходимо, чтобы диаметр его был на 4—6 мм меньше внутреннего диаметра трубы, поэтому при работе колонн АПЗК зазор создает между патроном и трубой воздушную подушку, которая уменьшает сопротивление движению патрона в трубе, однако, через кольцевой зазор происходят утечки воздуха, и расход воздуха увеличивается.

Секундный расход воздуха, т. е. утечку через кольцевой зазор, можно определить по формуле (4) или (10), если вместо μ подставить μ_1 , поскольку сжатый воздух давлением p_x переходит в полость с давлением p_0 , равным атмосферному, а вместо S подставить площадь поперечного сечения кольцевого зазора F_y (и¹):

$$G = \mu_1 \alpha \Phi F_y \sqrt{2 p_x \gamma_0} \quad (11)$$

или

$$\begin{aligned} \text{Общий расход воздуха, потребляемый колонной ЛПЗК,} \\ = G_{\text{в}} A t_{\text{отв}}, \text{ кг,} \end{aligned} \quad (13)$$

где $G_{\text{в}}$ — масса воздуха, поступившего из сети и обеспечивающего движение патрона, кг

$$G_{\text{в}}^* \sim G_{\text{мт}} - G', \text{ кг,} \quad (14)$$

G'' — масса воздуха в объеме $F' (a + x_L)$ увеличивающейся полости II, при наличии утечки через зазор площадью F_L (происходящей с большей скоростью, чем скорость пополнения утечки, так как истечение воздуха через зазор происходит в критическом режиме, а пополнение истекшего объема воздуха из сети — в докритическом режиме)

$$G'' = G' - Z \int G_{\text{в}} = F' (a + x_L) \gamma_x - 2 \int G_{\text{в}} \quad (15)$$

$$F' (a + x_L) V! \ll F' (a + x_L) v_0 (p_L/p_0) \gg;$$

утечка воздуха за время $A t_{\text{т}}$

$$A G_{\text{в}} = F_L \gamma_x A t_{\text{т}} = (a + x_L) D p, \quad (16)$$

вес воздуха при атмосферном давлении, находящегося в объеме $F^{\wedge}$ полости II до пуска сжатого воздуха

$$G' = a F' \gamma_0. \quad (17)$$

$G_{\text{в}} A t_{\text{отв}}$ — добавочное количество воздуха, поступающего за время $A^*_{\text{отв}}$ из сети. Величина $G_{\text{в}}$ подсчитывается по формуле (4) или (10). Время

$$A^*_{\text{отв}} = A^*_{\text{отв}} + A^*_{\text{отв}}$$

где $A^*_{\text{отв}}$ — время движения патрона на длине $Z_{\text{ж}}$ при скорости движения патронов $C = 50 \text{--} 100 \text{ м/с}$, длине выключающей трубы $l_{\text{ж}} = 0,5 \text{--} 1,0 \text{ м}$ время $A^*_{\text{тв}} = 0,02 \sim 0,01 \text{ с}$ $A_{\text{сп}}$ — время срабатывания пружины золотника 5.

После подстановки значений (15) и (17) в формулу (14) и преобразований получим

$$G_{\text{в}} = (a + x_L) \gamma_0 (p / [(p_0 / p) - a / (1 - \gamma_i p_i)]). \quad (18)$$

Время срабатывания пружины определяется по формуле

$$D^*_{\text{отв}} = \frac{2}{\gamma} \arcsin$$

Эта формула пригодна для любого наклона, а как частный случай — при угле наклона пружины к горизонту $\alpha = 0$ и при малом весе золотника, при котором можно пренебречь силами трения,

$$D_{\text{ТВ}} = 0,00111G \cdot \gamma \cdot P_{50\text{л}} \cdot N_{\text{П}}, \quad \text{с}, \quad (20)$$

где

$$\varphi_{\text{П}}^{\text{П}} = \frac{180}{\pi} \arcsin \gamma \cdot \mu \cdot S. \quad (21)$$

Удельный расход воздуха для заряжания 1 м шпура можно определить по формуле

$$= \gamma_{i-k} = \gamma_0 [(P_{\text{П}}/P_0)^{-\nu} - P_{\text{П}}] \quad (22)$$

где z — количество операций для заполнения 1 м шпура, $G_{\text{П}}$ определяется по формуле (18); $\nu =$ — отношение площади кольцевого зазора к площади поперечного сечения колонны труб.

Для расчета основного чувствительного элемента пусковыключающего механизма — пружины золотника, автоматически включающего подачу воздуха из сети, определим давление, которое возникает в колонне труб после прохода патронами выключающей трубы

$$\left[\frac{P_{\text{П}}}{P_0} \right] = v P_{\text{П}} \frac{(G_{\text{ТВ}} - G_{\text{Р}}) D_{\text{ТВ}}^2}{\gamma L (a + \gamma L)} \quad \text{кгс/м}^2, \quad (23)$$

где $G_{\text{ТВ}}$ — расход воздуха через отверстия в выключающей трубе площадью $F_{\text{от}}$, который вычисляется по формуле (III или (12) после подстановки величины $F_{\text{отВ}}$.

В связи с тем, что с увеличением скорости патронов увеличивается плотность заряда в шпуре, для определения плотности заряжания при проектировании колонн АПЗК необходимо определить скорость патронов ВВ, которую сможет обеспечить данная конструкция при соответствующих условиях заряжания.

Для выяснения зависимости скорости движения патронов по трубам от различных параметров установки необходимо решить задачу движения патронов в режиме неустановившегося течения воздуха в переменном объеме II (см. рис. 74) при переменной массе сжатого воздуха.

При выводе зависимостей, связывающих путь патронов x и скорость C , давление воздуха p на торец патрона площадью F_n и расхода воздуха G со временем движения t приняты условия, что абсолютное давление воздуха в сети и в полости I $p_2 = \text{const}$, атмосферное давление $p_0 = \text{const}$, давление в рабочем объеме II $p_0 \Phi = \text{const}$. За начало отсчета времени принят момент начала движения патронов ВВ в патроннике, за начало отсчета пути x — его положение на расстоянии a от затвора патронника.

Иа рис. 74 показан патрон ВВ с приложенными к нему силами, определяющими его неравномерное прямолинейное движение по колонне труб.

Уравнение движения патрона по колонне труб с углом наклона α к горизонтали а можно представить в виде:

$$m \ddot{x} = P_n \sin \alpha - T - Q_{\text{тр}}, \quad (24)$$

где m — масса патронов; P_n — вес патронов; T — сила сопротивления движению патронов,

$$Q_{\text{тр}} = f \frac{dx}{dt} \quad \text{кгс}, \quad (25)$$

где f — коэффициент линейного трения патрона о стенки труб, зависящая от коэффициента линейного трения и скорости движения патрона.

Величину этой силы можно представить еще по закону Кулона — Амперона

$$Q_{\text{тр}} = P_n \cos \alpha / \mu, \quad \text{кгс}, \quad (26)$$

где μ — коэффициент трения скольжения патрона о поверхность трубы.

Для упрощения дальнейшего решения уравнения (24) примем $Q_1 = \text{const}$, поскольку зависимость между изменяющейся скоростью движения патрона и изменяющимся давлением воздуха, вследствие его расширения в переменном объеме II, неизвестна. Для вычислений силы сопротивления движению патрона по колонне труб примем возможно максимальное значение силы лобового сопротивления движению патрона

$$K_x W, \quad \text{кгс}, \quad (27)$$

где K_x — коэффициент лобового сопротивления, который для цилиндра можно принять 0,5—0,7 при скоростях движения, больших 20 м/с; $\rho = \gamma_0/g$ — плотность воздуха. При нормальных условиях $\rho_0 = 0,125 \text{ кгс}^2/\text{м}^4$.

Левую часть уравнения (24) можно записать следующим образом:

а после ряда преобразований уравнение (24) примет вид

$$ACdC = (pfpq - B) dx, \quad (29)$$

где

$$m \ddot{x} = \frac{T + P_n \sin \alpha}{F_n P_0} - \frac{Q_{\text{тр}}}{F_n P_0} \quad \text{и}$$

Из-за отсутствия известной зависимости между C , ρ и x правую часть уравнения (29) можно проинтегрировать приближенно^

Для этого необходимо полный путь прохождения патронов x_k разбить на ряд произвольных, одинаковых по величине участков L_{jk} с порядковыми номерами i ($i = 0, 1, 2, 3, \dots, (k-1), k$), а переменную величину p заменить ее средним значением на участке между i и $i-1$ и дифференциал пути dx — приращением. Левую часть уравнения (29) интегрируем в пределах от C_1 до C_k

$$4(c_2 - c_1) = [C^2 - C_1^2] \quad (31)$$

Обозначив

$$(m/c)^2 \quad (32)$$

и решив (23) уравнение, получим формулу для определения скорости движения патронов ВВ на любом участке колонны труб

$$C = D \cdot \dots \quad \text{м/с.} \quad (33)$$

Для начального участка пути $Dx_A = x_2 - x_0$ и при условии, что $P_{1x} = p_0$, выражение (25) примет вид

$$C_x = C_0 + \frac{A}{p} (p/p_0 + 1) \cdot D_{\text{л}}, \quad \text{м/с,} \quad (34)$$

где $C_0 = 0$ — начальная скорость. Величины A и D подсчитываются по формулам (30) и (32).

На первом участке силы сопротивления равны нулю. Для других последующих участков при расчете Q_2 принимаются значения скоростей движения патронов на предыдущих участках.

Для вычисления скоростей движения патронов на различных участках трассы транспортирования необходимо предварительно задаваться отношением изменяющегося давления в полости Π к атмосферному, т. е. (p/p_0) . При расчете скоростью движения патронов на последующих участках по формуле (33) необходимо принять $i = 2, 3, \dots, k-1, k$, а затем сравнить это отношение в процессе расчета со степенью полного фактического изменения объема полости Π и повторять указанную операцию до совпадения сравниваемых величин:

$$P_1. \quad (35)$$

Степень геометрического изменения объема полости Π

$$a' = T T T T \quad (36)$$

Степень газодинамического изменения объема полости Π

$$I=O \quad I=O$$

где

$$E = m \kappa \sqrt{(t r t)^{***}} \quad \text{м/с} \quad (38)$$

при сверхзвуковом истечении воздуха и

$$\text{м/с} \quad (39)$$

при дозвуковом течении.

При малом весе патронов и при сравнительно большом давлении сжатого воздуха в сети в уравнении (34) отношение A_i/P_0 можно принять равным p_i/p_0 с достаточной степенью точности (без предварительного подбора отношения p_i/p_0), сравнив его с величиной $\cdot f^*$. В связи с этим можно упростить и формулу (33) для расчета скоростей движения патронов ВВ на последующих участках.

Если выразить массу патронов через их вес, т. е. t — $\rightarrow p$, и обозначить

$$2 D x L p_0 r = B, \quad a \quad \frac{r_{\text{ср}} + p_{\text{ср}}}{p_0} = G_{t \text{ ср}}, \quad (40)$$

то после преобразований формула (33) примет более простой и удобный вид

$$= Y C U \quad b \cdot \xi \cdot (p_{\text{ср}} - G_{i < p}), \quad \text{м/с}, \quad (41)$$

где Pu — избыточное давление, кгс/см², а p — абсолютное; $B = \text{const}$ при принятых размерах патронов и длинах участков трубы.

Вместо $G_{i \text{ ср}}$ можно подставить значение скорости движения патронов C_s на первом участке. Ошибка от такого приближения при малых патронах и коротких трубах незначительна и ею можно пренебречь.

Для расчета пружины 5 определим рабочую силу сжатия iV_p ,

$$\bullet M_p = N_2 - D \cdot L \Gamma_2 = S_2 (P_i - A P_i), \quad \text{кгс}, \quad (42)$$

где N_2 — сила, действующая на золотник и удерживающая его в крайнем положении при сжатой пружине, S_2 — площадь поршня золотника, на которую воздействует удерживающая его в рабочем положении сила давления сжатого воздуха, см²; $A p_2 = 0,5 - 0,6$ кгс/см² — уменьшение давления, которым предварительно задаются.

Пружина, рассчитанная по силе может преждевременно сработать в случае уменьшения давления воздуха p_x в сети во время транспортирования патронов по колонне труб, а это недопустимо.

Максимальная (расчетная) осадка пружины

$$X = \frac{(P_i - p) \cdot \Gamma_2}{f \cdot \Gamma_2} \cdot \Gamma_{\text{раб}}, \quad (43)$$

где $Y_{\text{раб}}$ — рабочая осадка пружины, выбирается конструктивно.

Скорость движения золотника

$$v = Mn \sin \alpha D^{\wedge} \text{отв} \text{ м/с,}$$

$$\frac{(J V_p - P_{\text{зол}} \sin \alpha - / P_{\text{зол}} \cos \alpha) X}{N_p} \quad \wedge \wedge$$

$P_{\text{зол}}$ — масса золотника, кг; K_n — коэффициент приведения; для цилиндрических винтовых пружин $K_n = 1/3$; $P_{\text{пр}}$ — масса пружины, кг; $g_s = 0-f-360^\circ$ угол наклона продольной оси пружины к горизонтали (принимаемая область применения зарядника); $/$ — коэффициент трения скольжения золотника о корпус. При смазанном золотнике $/ = 0,6-^0,8$.

Силу N_p можно выразить через жесткость пружины

$$N_p = C d l. \quad (46)$$

Диаметр проволоки пружины

$$d \quad [T]_{\text{кр}} \quad \text{«и»,} \quad (47)$$

где K — коэффициент перенапряжения

$$K = \% \pm * -_9 \quad (48)$$

$$C = D f d \text{ —} \quad (49)$$

индекс пружины, величиной которого "задаются, он является отношением наружного диаметра пружины к диаметру ее проволоки; $[T]_{\text{кр}}$ — допускаемые напряжения кручения, выбираемые по справочникам для принятой марки стали.

Число рабочих витков пружины

$$i \sim 8 N_p D S' \frac{G}{\dots} / \quad \text{г} \quad \text{г} \quad > \quad \backslash$$

Полная длина ненагруженной пружины с опорными витками

$$L_0 = (i + 1,5) \cdot d + (1,2 \sim M) A., \text{ мм.} \quad (51)$$

Жесткость пружины можно определить из

$$C_0 = N_p / X, \text{ кгс/мм.} \quad (52)$$

Шаг витков пружины в ненагруженном состоянии

$$t = L_0 \sim U \cdot d, \text{ мм.} \quad (53)$$

Угол подъема винтовой линии

$$= \arctg \quad , \quad \text{градусы.} \quad (54)$$

Важно отметить, что характеристика пружины должна быть пологой, а пружила — мягкой.

Для проверки теоретических исследований, проведенных в § 30 настоящей главы, были проведены стендовые испытания (рис. 75),

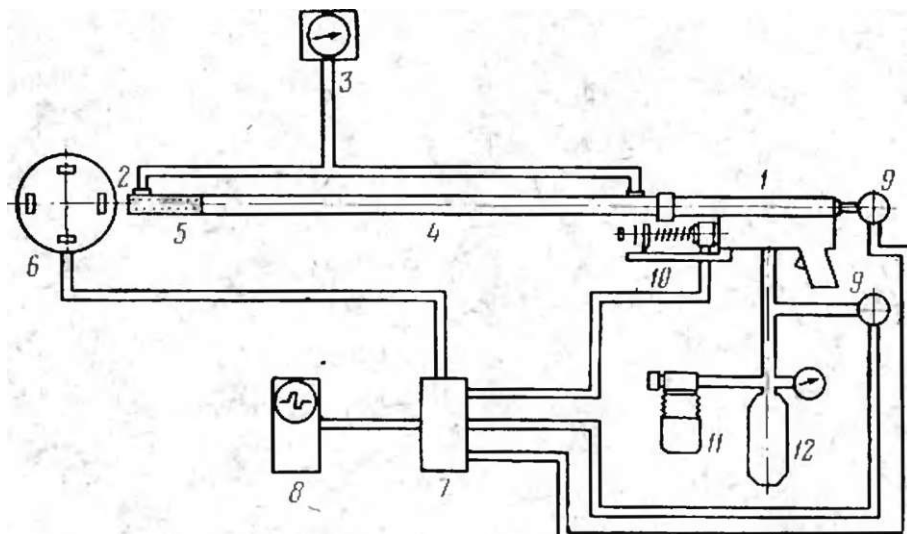


Рис. 75. Схема экспериментальной установки для исследования работы АПЗК:

1 — пускодозирующее устройство; 2 — микропереключатели МП-1; 3 — прибор для отсчета времени; 4 — магистраль, собираемая из труб различного диаметра и различной протяженности; 5 — концевая (разгрузочная) секция магистрали; 6 — тензодатчик; 7 — усилитель; 8 — осциллограф С1-101; 9 — датчики давления; 10 — индукционный датчик перемещения главного золотника; 11 — компрессор; 12 — ресивер

в ходе которых использовались патроны, наполненные имитатором пластичного ВВ акванала № 1. Скорость движения патронов в момент удара определяли прибором, фиксирующим время прохождения патрона на трассе.

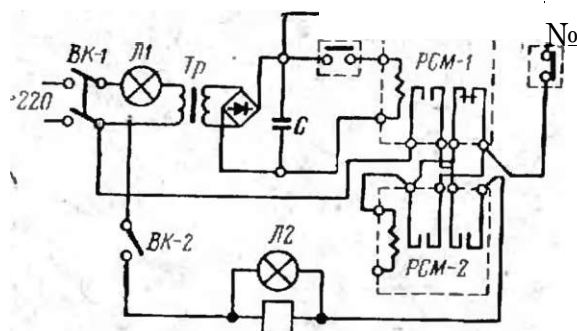


Рис. 76. Схема прибора для определения времени прохождения патронов по пневмотрапепортирующей магистрали

При прохождении патрона в зоне действия микропереключателя К1 включается электромагнитное реле РСМ-1, которое пускает в ход электросекундомер, а при прохождении через микропереключатель К2 секундомер отключается. Таким образом, зная время, за которое патрон проходит путь между переключателями К1 и К2, можно узнать среднюю скорость движения патрона по колонне АПЗК.

Прибор (рис. 76) состоит из электрического секундомера и двух конечных микропереключателей К1 и К2 типа МП-1, воздействующих соответственно на электромагнитные реле РСМ-1 и РСМ-2. Микропереключатели установлены на определенном расстоянии один от другого. При прохождении патрона в зоне действия микропереключателя К1 включается элек-

При комплексных стендовых исследованиях пневматического транспортирования патронированных пластичных водонаполненных ВВ по трубам и работы автоматического пусковывключающего механизма сжатого воздуха был использован индукционный датчик, разработанный в СКГМИ.

Индукционный датчик (рис. 77) состоит из катушки 2 и постоянного магнита 7. Катушка соединена с золотником 6 и перемещается вместе с ним относительно неподвижного магнита 7. Во время перемещения золотника в катушке возникает э. д. е., величина которой прямо пропорциональна линейной скорости движения.

Возникшая э. д. с. через усилитель подается на электронный осциллограф С1-101.

В основе методики исследования лежит расшифровка осциллограмм (рис. 78), получаемых в процессе эксперимента. Осциллограмма I получена при исследовании пружины пусковывключающего механизма с отключенной магистралью, т. е. при работе

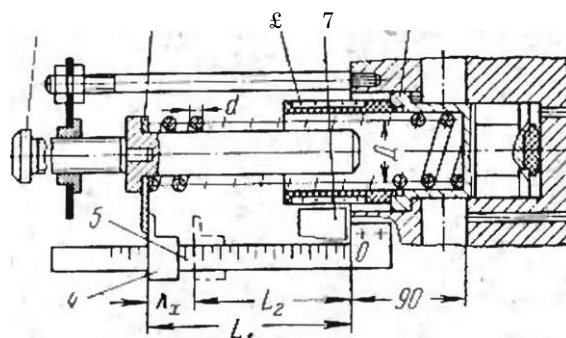


Рис. 77. Схема индукционного датчика, устанавливаемого на пусковывключающем механизме рабочего тела

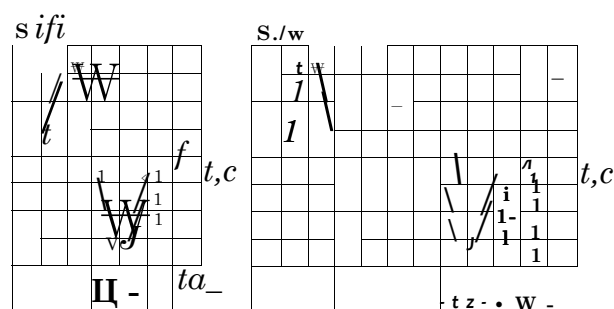


Рис. 78. Типы осциллограмм работы пружины ИВМ

пусковывключающего механизма без полезной нагрузки. Осциллограмма 1 показывает, что пружина пусковывключающего механизма в этом случае срабатывает практически мгновенно (время открытия и закрытия воздухоподводящего канала золотником порядка 0,3 с). Продолжительность полного цикла движения пружины определяется величиной $t = t_x + t_2$, где t_x — масштабное изображение времени, требуемого для сжатия пружины на величину рабочей осадки; t_2 — время разжатия пружины. Время $t_2 = D^{\text{отв}}$ определение которого приведено выше.

Перемещение пружины зависит от давления воздуха на золотник 6 (см. рис. 77) и от начальной осадки пружины, регулируемой установочным винтом 1, величина которой

$$Y_n = Y - Y_{\text{раб}} \quad (175)$$

и контролируется движком 4, указателем 3 и отсчетной линейкой J.

В зависимости от условий работы, т. е. от глубины заряжаемой скважины (длины транспортирования), веса и габаритов патронов, давления сжатого воздуха и других факторов в нусковывключающем механизме необходимо использовать пружины различной жесткости.

Осциллограмма II получена при исследовании нусковывключающего механизма, соединенного с зарядной колонной, т. е. при работе колонны АПЗК с полезной нагрузкой. В отличие от осциллограммы I, здесь появился прямолинейный участок t_0 определяющий время движения патронов по трубам.

По полученным осциллограммам можно определить полное время всего цикла (от момента пуска воздуха в пусковывключающий механизм до закрытия воздухоподводящего канала) по зависимости -

$$t = M_t(t_1 + t_0 + t_2), \text{ с}, \quad (56)$$

где M_t — масштаб времени, с/мм; t_0 ; t_2 — соответствующие отрезки по оси x на осциллограмме.

Оптимальные условия работы пусковывключающего механизма при транспортировании патронов по трубам определяются коэффициентом

максимальной величиной всплесков S_{07K} (при открытии воздухоподводящего канала), S_{3aK} (при закрытии канала) и минимальной величиной t_q для определенного типоразмера АПЗК и длины зарядной колонны.

Опытные данные, полученные на стенде, совпадают с расчетными теоретическими или отличаются от них на незначительную величину (2—4%).

Уплотнение патронированных пластичных ВВ. Поведение пластичного ВВ в процессе заряжания под воздействием Ударных импульсов большой силы, механизм уплотнения патронированного ВВ в заряжаемой полости (шпуре и скважине) и определение физико-механических свойств ВВ связаны с их физическими и механическими свойствами.

В результате испытаний акванала на лабораторной установке 11ЛЛ-9 системы И. М. Литвинова (для изучения сжимаемости акванала при статических нагрузках) и на приборе 11-10-С (для испытаний на сдвиг) было выяснено, что относительная деформация акванала l_d при отсутствии возможности бокового расширения и оттока воды весьма незначительна и составляет $0,04 \cdot 10^{-1}$ при напряжении $\sigma_2 = 5 \text{ кгс/см}^2$ и при модуле упругости смеси, соответствующем сжатию, $E = 75 \text{ кгс/см}^2$. По величине l_t можно судить, что пластичный материал при этих условиях сжимается весьма слабо. При условии беспрепятственного оттока воды $l_t = 0,25$ при $\sigma_r = 5 \text{ кгс/см}^2$, а максимальное $l_r = 0,387$ получается при $\sigma_x = 238 \text{ кгс/см}^2$.

III

Коэффициент бокового давления акванала при влажности 8—10% материала $\lambda = 0,67-0,69$; угол внутреннего трения акванала $\varphi = 14^\circ$, а коэффициент внутреннего трения $\mu \approx 0,25$; коэффициент сопротивления сдвигу $\omega = 0,3$; коэффициент трения смеси по бумаге $\lambda_x = 0,77-0,79$.

Зависимость касательных напряжений акванала от нормальных выражается формулой

$$\tau = (0,25 - 0,25\omega)\sigma, \text{ к с/см}^2. \quad (58)$$

При изучении заполнения шпура (скважины) патронами ВВ было рассмотрено также осевое нагружение патрона, наиболее схожее по характеру с заряджанием шпуров и скважин патронированными ВВ кратковременно действующей силой, приложенной к торцу патрона. Были выведены зависимости деформируемости патронов от приложенной силы, которая возбуждает местные напряжения в нагруженном торце патрона.

Заполняемость шпура (скважины) деформируемыми патронами при заряджании зависит от характера распределения осевых давлений по длине патрона. Для определения минимальной силы, под действием которой патрон по всей длине деформируется и заполняет зазор между патроном и стенками шпура (скважины), ВВ помещали в трубу (макет шпура), зазор между патроном и стенками трубы составлял 8—12 мм (рис. 79).

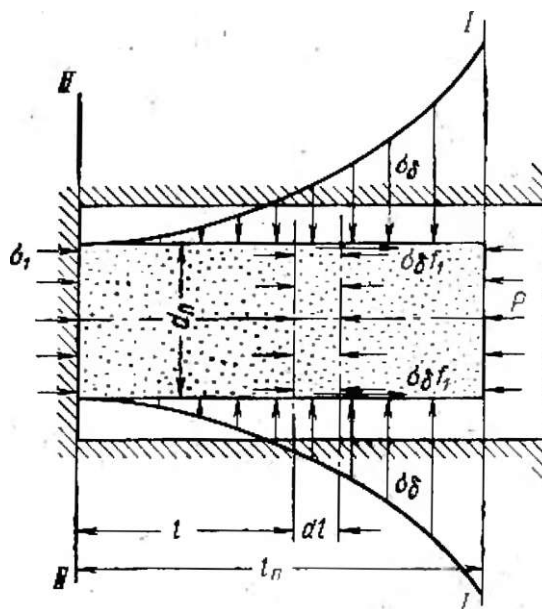


Рис. 79. Распределение напряжений по длине патрона ВВ при кратковременном действии осевой силы в области торца

Стенки трубы, предотвращая излом патрона при продольном изгибе, удерживают патрон в слегка изогнутом состоянии, тем самым создавая условия для дальнейшего деформирования патрона и заполнения полости трубы. Заполняемость зазора в трубе материалом определяет плотность заряджания и зависит от деформируемости патронов при ударе и степени разрыва оболочки патрона по образующей под действием возникающих боковых (давлений) σ_δ . Разрыв оболочки патрона на большей длине способствует выдавливанию из него большого количества акванала и, следовательно, получению большей плотности заряда.

Вследствие кратковременного действия осевой силы в области торца патрона часть приложенной силы воспринимается повы-

шенными напряжениями сжатия, а другая часть — силами внутреннего трения по плоскостям внутренних срезов в смеси. При этом напряжение σ_B ВВ на стенку патрона будет меняться от максимального значения в плоскости нагружаемого торца (сечение I—I) до нуля на другом конце патрона (сечение II—II).

Для выяснения характера изменения осевого напряжения σ_z по длине патрона выделен слой бесконечно малой толщины на расстоянии l от сечения II—II и составлено условие равновесия, на основании которого получена формула

$$\sigma^* = \sigma_l e^{l/a}, \text{ кгс/см}^2, \quad (59)$$

где σ_l — торцевое напряжение (см. рис. 79); $e = 2,71$ — основание натуральных логарифмов;

$$a = \frac{d_n}{2}, \text{ см}, \quad (60)$$

d_n — диаметр патрона, см.

По этой формуле можно определить главные напряжения σ_1 на любом расстоянии в пределах длины патрона l_n при известном

Зная величину σ_1 , можно определить боковые давления на ободочку патрона:

$$\sigma_2 = \sigma_1 e^{-l/a}, \text{ кгс/см}^2. \quad (61)$$

Формула (59) позволяет выяснить, какую силу P нужно приложить на торце патрона, заряжаемого в горизонтальный шпур или скважину, если $l = l_n$ при котором создается предельное, разрывающее оболочку боковое напряжение на заданной длине патрона. Прочность оболочки патрона берется по справочнику.

Для патронов, которыми заряжают вертикальные шпуры или скважины, аналогичная зависимость выражается формулой

$$\sigma_1 = \frac{(\gamma H - 1000 B a) e^{l/a}}{l}, \text{ кгс/см}^2, \quad (62)$$

а для патронов, которыми заряжают наклонные шпуры, — формулой

$$\sigma_1 = \frac{(\gamma \sin \alpha + 1000 B a) e^{l/a}}{l \sin \alpha}, \text{ кгс/см}^2, \quad (63)$$

где γ — плотность ВВ, г/см³;

$$B = \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (64)$$

Энергия удара патронов о забой скважины или о ранее уложенные патроны, определяемая ударной силой P_{yd} и скоростью C

в момент удара, расходуется на деформацию патронов, разрыв оболочки и заполнение шпура выдавленным материалом.

Критерием оценки заполняемое™ шпура или скважины и, следовательно, плотности заряда может служить зависимость, полученная в результате объединения формул (59), (62), (63) и результатов испытаний. Этот критерий можно определить следующим образом. Энергоемкость деформирующихся патронов выясняется путем сравнения с энергоемкостью аналогичных по массе и форме цилиндров из практически недеформирующихся материалов.

Ударную силу патрона и цилиндра определяли с помощью тензодатчика (рис. 80), которым является стальной патрубок с толщиной стенок 3—4 мм и внутренним диаметром 40 мм. Патрубок посредством специального фланца опирается на массивное основание из бетона. В начало патрубка с внешней стороны диаметрально один против другого расположены два тензодатчика сопротивления. Поскольку сопротивление их

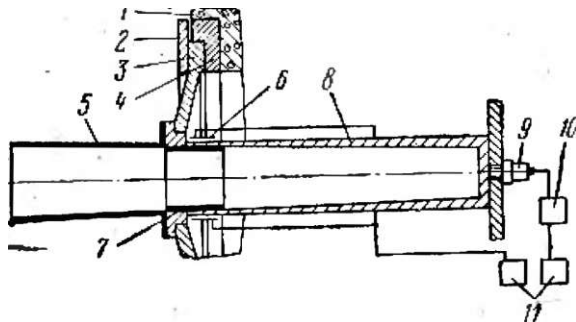


Рис. 80. Конструкция тензодатчика:

1 — плита бетонная; В — кольцо прижимное; 8 — шайба опорная; 4 — кольцо основное; 5 — конус направляющий; 6 — теллорезистор; 7 — втулка защитная; 8 — корпус датчика; 9 — датчик ударных ускорений; 10 — катодный повторитель КИ-2; 11 — электронные осциллографы С1-101

изменяется пропорционально удлинению стенок патрубка при ударе патрона о его дно, на экране осциллографа возникает сигнал, величина которого пропорциональна силе удара. Численные значения ударного импульса сравнивали с показателями датчика ударных ускорений Д-3/1000.

По разнице показаний осциллографа для патрона с имитатором определяли затраченную энергию удара на деформацию патрона с пластичным материалом

$$\Delta \text{затр} = (\Delta \text{уд. цнл} \quad \text{Руд. гтатр}) C - \Delta \text{уд. затр}^? \quad \text{КГС* м/С.} \quad (65)$$

Деформируемость патрона ВВ характеризуется его удельной энергоемкостью, отнесенной к массе патрона

$$0' = E_{3,,p}/P_{п} = P_{у\text{пл затр}} C/P_{п}, \quad \text{м/с,} \quad (66)$$

или коэффициентом энергоемкости

$$e = d'/c = p_{уд> \text{вйтр}}/p_{п}. \quad (67)$$

Критическая величина б' соответствует разрушению патронов и предельной плотности заряда.

Как известно, в продольных сечениях цилиндров при действии давлений изнутри возникают напряжения растяжения. В оболочке патрона цилиндрической формы при толщине ее б и диаметре

d_n напряжения в продольном сечении на расстоянии l (см. рис. 79) составят

$$\sigma = \frac{G l}{a} \quad \text{кгс/мм}^2. \quad (68)$$

По формуле (59) для $l = Z_n$ определяется напряжение сжатия на торце патрона $\sigma^* = \sigma l$, при котором создается боковое давление, разрывающее оболочку по всей длине патрона.

Из условия прочности следует, что разрыв оболочки патрона на длине l произойдет, если

$$\sigma_p \leq \sigma_{\text{пр}} \quad \text{или} \quad \sigma \leq \sigma_{\text{пр}}, \quad (69)$$

где $\sigma_{\text{пр}}$ — предел прочности оболочки патрона.

При этом заполняемость шнура будет наилучшей, если на ударяемом конце патрона ($l = l_n$) из формулы (68)

$$G l = a \sigma > W \quad (70)$$

a на ударяемом ($l = l_n$) в соответствии с формулой (59)

$$\sigma = \frac{J k}{a} \leq \frac{j b L}{e a}, \quad \text{кгс/мм}^2. \quad (71)$$

При меньших напряжениях заполняемость ухудшится и, следовательно, уменьшится плотность заряжения.

Выразив σ через силу удара $P_{\text{уд}}$ и площадь сечения патрона F_n , получим после соответствующих преобразований условие разрыва оболочки патрона на всей длине

$$P_{\text{уд}} \leq K \leq e^{*1*1'}. \quad (72)$$

Обозначив правую часть уравнения (72), являющуюся критерием прочности патрона, символом K , имеем

$$P_{\text{уд}} \leq K. \quad (73)$$

Здесь при известных для патронов величинах σ_n , b и L

$$K_1 = \frac{1,57 a n b}{e} = \text{const}, \quad \text{кг/мм};$$

$$K_2 = K_3 = \text{const}. \quad (74)$$

Прочность резко возрастает с увеличением длины патрона при данном диаметре. При меньшем отношении l/d_n и меньших d_n оболочка разрывается при меньшей силе удара. Если шнуры (скважины) заряжают одновременно несколькими патронами, то плотность заряда уменьшается.

Из формулы (66) видно, что с увеличением массы патронов должна увеличиться энергия их удара при условии сохранения заданной плотности заряжения. Это связано с необходимостью

увеличения скорости движения патронов, в то время как с увеличением массы патронов при данных параметрах колонн АПЗК скорость движения патронов уменьшается. Поэтому критерием разрушаемости патронов является отношение C/P_n .

Из формул (65), (66) и (71) следует, что при разрушении патронов сохраняется равенство

$$P_n Q = K. \quad (75)$$

Поэтому, при известных δ и K можно определить критический (разрушаемый) вес патронов

$$L, \text{ кг} \quad (76)$$

Выразив G через δ' (67), можно получить минимальное отношение C/P_{U1} при котором разрушается патрон пластичного ВВ. Любая большая величина C/P_n будет гарантировать полное разрушение патрона, следовательно, и большую плотность заряда.

На графике зависимости C/P_n от P_n (рис. 81) при давлении сжатого воздуха в магистрали, равном 4 кгс/см^2 (абсолютное давле-

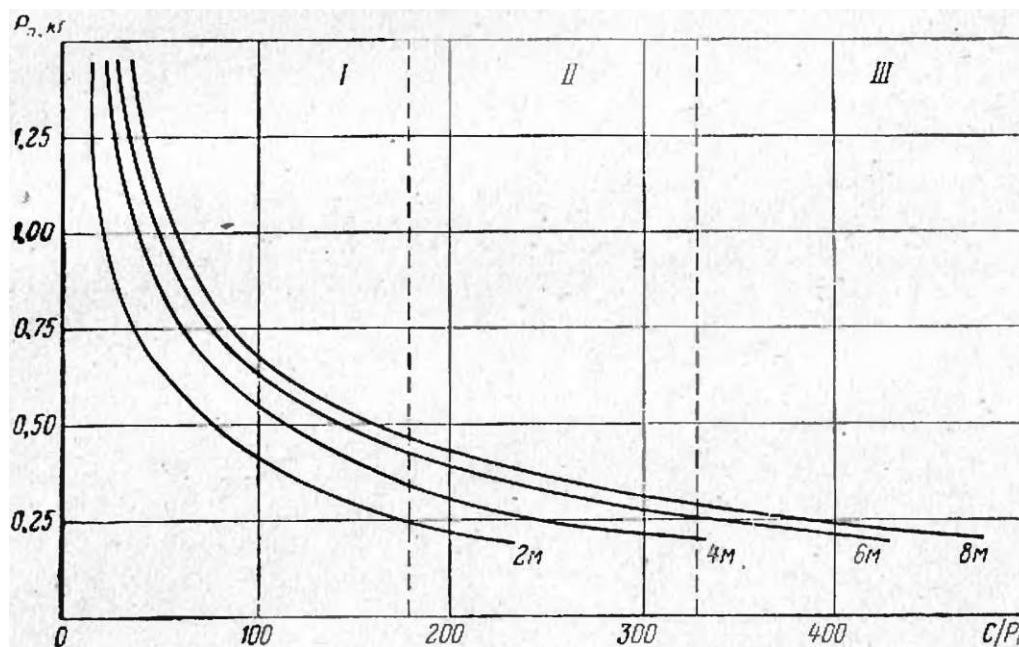


Рис. 81. Зависимость C/P_n от P_n для определения параметров АПЗК и патронов ВВ

ние $5,166 \text{ кгс/см}^2$), длине колонны труб АПЗК 2; 4; 6 и 8 м и диаметре патронов 28 мм вертикальными штриховыми линиями выделены зоны I — деформации патронов (плотность заряда наименьшая), II — частичного разрушения их и III — полного разрушения (плотность заряда наибольшая).

Подобные графики и приведенная методика расчета помогают выбрать соответствующие заданным условиям заряжания параметры колонны АПЗК и патронов с пластичными ВВ — давление

воздуха, длину колонны труб, длину, диаметр и массу патронов, материал и прочность их оболочки.

Анализ произведенных выше исследований позволяет сделать рекомендации, что наибольшая плотность заряжения будет при использовании патронов малой длины и массы, при наибольшей длине труб колонны АПЗК и при больших давлениях сжатого воздуха. Увеличение производительности зарядчика обеспечивается интенсификацией процесса подачи в него патронов.

§ 32. СОВРЕМЕННЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПЛАСТИЧНЫЕ ВЗРЫВАЧНЫЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Отечественные высокоплотные ВВ делятся на две обособленные группы: 1) токучие, гранулированные и пластичные водонаполненные ВВ и 2) пластичные псевдоуплотненные ВВ.

Применение ВВ обеих групп в подземных условиях является перспективным и экономически целесообразным. Применение их вместо простейших гранулированных ВВ, таких как АС-ДТ, по данным зарубежных источников, позволило увеличить выход горной массы на 30—40%, уменьшив стоимость буровзрывных работ на 20—30%.

На предприятиях применяют в основном следующие рецептурные разновидности водонаполненных ВВ (по основным компонентам): окислитель — сенсibilизатор — вода, окислитель — сенсibilизатор — металл — вода и окислитель — металл — вода.

Пластичные псевдоуплотненные ВВ имеют ряд достоинств. Эти ВВ (по основным компонентам) имеют следующий рецептурный состав: окислитель — сенсibilизатор — растворитель.

В результате изучения условий и способов отбойки при разработке рудных месторождений, а также анализа результатов многочисленных исследований составлены требования к подбору компонентов и разработке рецептуры пластичных ВВ для подземных горных работ. 1. Высокая безопасность применения и стабильность эксплуатационных свойств в течение гарантийного срока использования. 2. Высокая плотность, а для водообильных забоев и водостойчивость. 3. Высокие показатели морозостойкости при применении для отбойки вечномерзлых пород. 4. Сравнительно несложная технология изготовления и невысокая стоимость. 5. Малый критический диаметр: для шпуров 20-[^]-30 мм, а для скважин — 40-[^]-60 мм. 6. Кислородный баланс должен быть максимально приближен к нулевому с тем, чтобы количество ядовитых газов, выделяемых при взрыве, не превышало определенные нормы. 7. Высокие показатели по удельной энергии взрыва, так как наибольшее распространение пластичных ВВ ожидается в шнуровых зарядах при проведении подготовительных и нарезных горных выработок в крепких породах. 8. Малая чувствительность к механическим воздействиям, обеспечивающая возможность механизированного заряжения шпуров и скважин. 9. Малая лип-

кость при механизированном беспатронном зарядании, так как большая липкость ВВ ставит под сомнение возможность зарядания их механизированным беспатронным способом. 10. Для механизированного беспатронного зарядания должно быть также выдержано условие, чтобы ВВ имело хорошую подвижность, обеспечивающую возможность транспортирования при наименьших затратах энергии.

С учетом этих требований рассмотрим современный ассортимент пластичных ВВ.

К настоящему времени в СССР созданы пластичные ВВ, предназначенные для подземных горных работ: водонаполненные — акваниты № 1, № 2 Л, № 3, № 16 и ЗЛ, АРЗ и аквапал № 1 и др., а также неводонаполненные, представленные опытным образцом, работы над совершенствованием которого продолжаются. Некоторые ВВ не нашли промышленного применения из-за отсутствия средств механизации зарядания или по каким-то другим причинам. Однако создание пластичных ВВ для подземных горных работ следует считать прогрессивным направлением. Ниже кратко рассмотрены свойства пластичных ВВ.

Акванит № 2 — водонаполненное, пластичное, липкое аммиачно-селитренное ВВ, пластифицированное желатинированным насыщенным водным раствором нитрата кальция. В качестве сенсibilизаторов использованы тротил и гексоген. Акванит № 2 легко рдзминается руками, режется пожом. Пластичность акванита № 2 с понижением температуры окружающего воздуха снижается, а при температуре минус 14—15° С он затвердевает. Это ВВ из всех аквапитов наиболее чувствительно к механическим воздействиям. В закрытом заряде он полностью детонирует от капсюля-детонатора № 8. Рекомендуются для взрывания шпуровых зарядов. Это ВВ по взрывному эффекту практически не отличается от 62%-ного динамита, но имеет значительно меньшую чувствительность к механическим воздействиям и поэтому намного безопаснее в обращении. Но результатам предварительных производственных испытаний акванит № 2 по взрывным свойствам значительно превосходит аммониты № 6 ЖВ и детопит 10 А. Так, при использовании его на проходческих работах по породам крепостью / = 14-16 по шкале проф. М. М. Иродьяконова удельный расход ВВ и объем бурения уменьшились на 20—23%, а к. и. ш. увеличился на 30% по сравнению с аммонитом № 6 ЖВ. Акванит № 2 выпускается в виде патронов различного диаметра.

Пластичность акванита № 2 позволяет делать заряды разнообразной формы, в том числе и заряды с кумулятивной выемкой. Свойство липучести акванита № 2 позволяет приклеивать заряды к наклонным поверхностям негабаритных кусков.

Акванит № 3 — пластичное водонаполненное липкое высокоплотное и малочувствительное аммиачно-селитренное ВВ. В качестве пластификаторов служит водный раствор нитратов со специальным загустителем. Это ВВ из-за малой чувствительности

требует для инициирования применять промежуточный детонатор из патрона скального аммонита, детонита или шашки детонатора. Выпускается акванит № 3 в патронах различного диаметра, пригодных для механизированного заряжения. Акванит № 3 не водостойчив и рекомендуется для сухих и слабо увлажненных условий. По взрывной и экономической эффективности акванит № 3 близок к аммониту № 6 ЖВ, но уступает детониту 10 А.

Консистенция акванита № 3 зависит от температуры. При повышении температуры патроны акванита изменяют свою первоначальную форму на эллипсоидную или овальную, что затрудняет заряжение шпуров или скважин, а при понижении температуры утрачивают свойство пластичности — затвердевают и при температуре минус 10° С-15° С становятся совершенно твердыми. Это отрицательно сказывается на заряжении акванитом № 3 взрывных полостей из-за невозможности получить высокую плотность заряжения.

Акванит № 16 — пластичное водонаполненное липкое аммиачно-селитренное ВВ темно-желтого цвета, в состав которого входят аммиачная и кальциевая селитра и тротил. В качестве загустителя в нем использован водный раствор нитратов с карбоксилметилцеллюлозой. Акванит № 16 мало чувствителен к механическим воздействиям, но имеет высокую детонационную способность — детонирует от капсюля-детонатора № 8 и от ДШ.

По взрывным свойствам и экономической эффективности акванит № 16 превосходит аммонит № 6 ЖВ, но уступает детониту 10 А (на труднодробимых и крепких породах). Наиболее целесообразной областью применения акванита № 16 являются сухие или влажные забои с породами средней и ниже средней крепости. При изменении температуры окружающей среды от +5 до +40° С пластичность акванита № 16 сохраняется.

Липкость акванита № 16 меньше акванита № 2 и накладные заряды, изготовленные из акванита № 16, удерживаются на плоскости с углом не более 30°.

Акванит ЗЛ — текучее водонаполненное аммиачно-селитренное ВВ, предназначенное для заряжения с помощью нагнетательных насосов или пневматических зарядных устройств нисходящих, наклонных и горизонтальных шпуров и скважин. Акванит ЗЛ по чувствительности к внешним воздействиям находится на уровне акванита № 3, и для его инициирования требуется мощный промежуточный детонатор (из патрона скального аммонита или детонита).

Акванит АРЗ (акванит раздельного заряжения). Акванит АРЗ — водонаполненное гранулированное аммиачно-селитренное ВВ, предназначенное для механизированного заряжения скважин на подземных и открытых горных работах, поставляется в виде сухой смеси компонентов, водонасыщение которой производится при движении ее по зарядному шлангу или при выходе из него. В состав сухой смеси акванита АРЗ входят тротил, аммиачная и кальциевая селитра, а также поверхностно-активное вещество.

При добавлении 4% воды сухая смесь акванита АРЗ превращается в пластичную массу.

В результате испытания выявлено, что акванит АРЗ с содержанием воды от 4 до 20% детонирует при диаметре заряда 50 мм и выше; для инициирования заряда акванита в скважинах диаметром 105 мм и длиной до 22 м достаточно одного патрона-боевика из аммонита № 6 ЖВ массой 3 кг, размещенного в устье скважины; для обеспечения надежного удержания ВВ в восходящих скважинах под углом более 50° оптимальное содержание воды в акваните АРЗ не должно превышать 4—6%.

Аквапал № 1 — пластичное водонаполненное аммиачно-селитренное ВВ, отливающееся от акванитов наличием порошка алюминия. Присутствие алюминия в аквапале № 1 не только повышает теплоту его взрыва, но и несколько снижает его липкость. Аквапал № 1 — плотная масса темно-серого цвета, пластичная при положительной температуре. При температуре, близкой и равной 0° С, пластичность его снижается, а при температуре ниже 0° С — аквапал № 1 становится твердым и ломким. Применение патронированного аквапада № 1 в подземных условиях не вызывает трудностей.

Аквапал № 1 мало чувствителен к механическим воздействиям, чувствителен к капсулю-детонатору № 8, по взрывным свойствам несколько уступает детониту 10 А, но по экономической эффективности превосходит его, что объясняется более низкой стоимостью аквапала № 1. Ожидаемая экономия при замене 1 кг детонита 10 А на 1 кг аквапала № 1 составляет в среднем 8,5 коп. Еще большую экономию можно ожидать при механизированном зарядании патронированного аквапала № 1. При зарядании шпуров патронированным аквапалом № 1 с помощью автоматизированной пневмозаряжающей колонны (АПЗК) плотность зарядания составляет 1,28—1,34 г/см³.

Преимущество текучих гранулированных и пластичных водонаполненных и неводонаполненных ВВ перед другими ВВ объясняется рядом факторов. Плотность, подвижность, пластичность в водонаполненных ВВ (акванитах и аквапале) достигаются заполнением водой пустот между частицами.

Аммиачная селитра растворяется в воде, и пространство между частицами заполняется высокоплотным насыщенным раствором селитры. Благодаря этому при содержании 5—15% воды плотность водонаполненного ВВ достигает 1,3 — 1,5 г/см³, а при наличии в составе ВВ водорастворимых нитратов щелочных и щелочноземельных металлов 1,6 г/см³.

В зависимости от содержания воды в составе (от 5 до 15%) создаются различные по реологическим свойствам водонаполненные ВВ — от жидкотекучих масс (акванит ЗЛ) до густых резиноподобных материалов (акванит № 16).

Структура, водостойчивость и реологические свойства водонаполненных ВВ могут быть различными и зависят в основном

от природы и количества загустители водорастворимых нитратов и других веществ, а также от технологии приготовления и ряда других факторов.

Для загущения водонаполненных ВВ, предназначенных для подземных горных работ, применяется натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы с добавкой, в некоторые из них концентратов сульфитно-спиртовой барды (акванит № 16 и акванал № 1). Этот загуститель не отличается высокими показателями, поэтому эти водонаполненные ВВ недостаточно водоустойчивы, из-за чего их рекомендуют для сухих и влажных забоев.

Для обеспечения высокой детонационной способности в пластичные ВВ для подземных горных работ необходимо вводить 25—35% сенсibilизатора, а для уравнивания кислородного баланса — нитраты щелочных и щелочноземельных металлов, которые, кроме того, повышают плотность ВВ и улучшают пластичность.

Высокая мощность пластичных водонаполненных и неводонаполненных ВВ обусловлена высокой концентрацией энергии и большой скоростью ее выделения. Высокая плотность ВВ позволяет повысить концентрацию энергии в объеме заряжаемой полости. Мощность повышается с вводом в состав первичных ВВ металлов (например алюминия) и перхлоратов. Наличие в составе водонаполненных ВВ алюминия является благоприятным с энергетической точки зрения, так как повышаются термодинамические показатели продуктов взрыва, кроме того, по отношению к алюминию вода является окислителем.

Высокая скорость детонации пластичных водонаполненных и неводонаполненных ВВ (4,2—6,3 км/с) создается в результате уменьшения размеров частиц селитры и алюминия.

Благодаря большой объемной концентрации энергии пластичных ВВ в зарядной полости и высокой скорости ее выделения при детонации резко возрастают параметры детонационной волны.

Физическая стабильность алюмосодержащих водонаполненных ВВ обеспечивается применением загустителя, тогда как химическая стабильность состава в при взаимодействии с водой особенно в присутствии щелочей — гидроизоляцией и пассивацией частиц алюминия.

Надежная гидроизоляция ВВ, содержащих одновременно тротил и алюминий, достигается совместной грануляцией этих материалов, так как тротил труднорастворим в воде. Пассивация достигается образованием стабильной окисной пленки на поверхности частиц алюминия после введения в состав ВВ небольших количеств водорастворимых активных окислителей (соли хромовой кислоты и др.).

Морозостойкость пластичных водонаполненных ВВ зависит от их состава. Большинство их замерзает при температуре окружающей среды —13-15° С. Морозостойкость может быть увеличена до —20-23° С путем ввода натриевой селитры, а при

применении других криореагентов (аптрфризов) до -30 — -40°C .

Для улучшения взрывных свойств и повышения экономической эффективности описанных выше ВВ необходимо применять механизированный способ заряжания взрывных полостей.

Работы НИПИГормаша по изысканию средств и способов механизированного заряжания водонаполненными ВВ позволили сделать вывод: для транспортирования водонаполненных ВВ типа акванит № 3 по трубопроводам требуются высокие давления (12 – 13 кгс/см^2), создать которые в зарядном устройстве практически невозможно. Акванит налипает на стенки трубопровода и другие части машины и необходимы значительные затраты на чистку оборудования. Из-за липкости составов и отсутствия зарядных устройств для беспатронного заряжания в пастоящее время для механизированного заряжания возможно применение акванитов № 2, № 3, 3 А и 16, а также акванала № 1 в патронированном виде. При этом наиболее целесообразны зарядчики динамического действия, обеспечивающие высокие плотности и скорости заряжания.

Для беспатронного заряжания водонаполненными ВВ необходимо увеличение их текучести. Текучее ВВ (акванит 3 Л) получено ЦНИИподземмашем путем добавления в акванит № 3 дополнительной количества воды для придания ему необходимых реологических свойств.

Были созданы зарядчики, которые использовались для заряжания шпуров текучим акванитом при проходке стволов шахт. Однако текучие составы не применимы для заряжания горизонтальных и восходящих шпуров или скважин.

Пластичное неводонаполненное ВВ (опытный образец) является пока единственным пластичным ВВ, которое имеет стабильную пластичность в широком интервале температур окружающей среды, что позволяет применять его в районах с холодным климатом. В отличие от пластичных водонаполненных ВВ неводонаполненное пластичное ВВ лишено липкости, что является основным его достоинством при механизированном беспатронном заряжании.

При механизированном беспатронном заряжении имитатором этого ВВ с помощью камерных пневматических зарядчиков КПЗП (Кавказ) плотность заряжания составляет $1,24$ – $1,39\text{ г/см}^3$. Пластичный неводонаполненный взрывчатый состав сохраняет пластичность до температуры окружающей среды -30°C .

Н е л и п у ч е с т ь этих ВВ достигается исключением из состава воды и применением в качестве загустителя, например, пластификатора ДЛТ взамен карбоксиметилцеллюлозы. В состав его входит натриевая и аммиачная селитра, пластифицированные специальным загустителем. В качестве сенсibilизатора использовал флегматизированный гексоген в таком же количестве, что и акванит № 2.

Производственные испытания, выполненные в 1972 г., показали, что по взрывным свойствам это ВВ несколько превосходит детопит 10 А и незначительно уступает скальному аммониту № 1, а по экономической эффективности превосходит и скальный аммонит № 1. Таким образом, целесообразность изготовления нелипких неводонаполненных ВВ в заводских условиях очевидна.

§ 33. ПОЛИГОННЫЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОПЫТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ЗАРЯЖАНИЯ ШПУРОВ

v

Полигонные и промышленные испытания пневматического заряжания шнуров патронированным аквапалом № 1 с помощью автоматизированной пневмозарядной колонны АПЗК-32 были проведены СКГМИ совместно с Тырныаузской опытно-методической горнопроходческой партией ЦНИГРИ.

Патронами аквапала № 1 опытной партии (выпущенной в заводских условиях) диаметром 31 -f- 1 мм плотностью 1,3 г/см⁸ и средней приведенной плотностью (с учетом объема парафинированной бумажной оболочки) 1,25 г/см³ на специальном стенде заряжали макеты шпуров. При этом были испытаны два варианта заряжания: без прокладки ОШ и с прокладкой ОШ по всей длине макета. В первом случае образовались воздушные пробки, уменьшающие плотность заряжания. Во втором случае патроны укладывались вполне удовлетворительно и при указанных выше характеристиках АПЗК-32 и макета шпуров при давлении воздуха 5,3 кгс/см² плотность заряжания была 1,2—1,3 г/см⁸.

На основании полигонных испытаний были проведены опыты в шпурах диаметром 40 мм и длиной 1,6 м при проходке штольни. Было установлено, что для шпуров оптимальными являются патроны диаметром 20 мм, длиной 260 мм и массой 100 г. При длине шпуров 1,6 м принимали зарядную трубку длиной 0,9 м с внутренним диаметром 24 мм. При этих условиях плотность заряжания составляла 1,28-f-1,34 г/см².

На основании вышеизложенного можно заключить: 1) заряжание шпуров и скважин пластичными липкими ВВ в настоящее время целесообразно проводить в патронированном виде с помощью автоматизированных пневмозарядных колонн АПЗК. 2) при пневматическом заряжении шпуров и скважин патронированным аквапалом № 1 с помощью колонн АПЗК на оптимальных режимах плотность заряжания достигает 1,34 г/см³. 3) при заряжении шпуров диаметром 40 мм при использовании колонн АПЗК наиболее целесообразен диаметр патрона 20 мм.

Г л а в а IX

МЕХАНИЗИРОВАННОЕ БЕСПАТРОННОЕ ЗАРЯЖАНИЕ
ПЛАСТИЧНЫМИ ВЗРЫВЧАТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

§ 34. КАМЕРНЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ЗАРЯДЧИКИ КПЗП

При попытке механизации беспатронного заряжания неводонаполненным пластичным ВВ * с помощью хорошо зарекомендовавших себя при зарядании шпуров и скважин гранулированными ВВ зарядчиков «Курама-7м» и ЗП-2 были выявлены несоответствия обоих зарядчиков пластичным ВВ: вследствие зависания и самообразования материала в бункерах зарядчиков прекращалась его подача в зону действия эжектора в «Кураме-7м» и в порционную камеру ЗП-2.

* Экспериментальные исследования на пригодность к механизированному беспатронному заряжанию имитатором неводонаполненного пластичного ВВ позволили сделать следующие выводы:

1. Выпускаемые в настоящее время пневмозарядчики ЗЭП-Г и ЗП-2 и предназначенные для заряжания россыпными ВВ не пригодны для заряжания пластичными неводонаполненными ВВ.

2. Положительные физико-механические свойства этого ВВ и обнадеживающие результаты первых опытов позволяют надеяться на успешное решение вопроса механизации беспатронного заряжания этим ВВ при условии разработки зарядчиков специальных конструкций.

3. Если зарядчик используется для заряжания шпуров, то необходимо, чтобы емкость камеры зарядчика была достаточна для заряжания всего комплекта шпуров.

4. Если зарядчик используется для заряжания скважин, то достаточно, чтобы емкости зарядчика хватало на заряжание одной скважины. Для обеспечения непрерывности заряжания скважин можно использовать двухкамерные зарядчики (описание которых следует ниже).

Камерный пневматический зарядчик КПЗП-1 (Кавказ-1) нагнетательного принципа действия для беспатронного заряжания пластичными неводонаполненными *ВВ (опытно-промышленный образец) состоит из камеры 1 (рис. 82) с пускорегулирующей арматурой 2 для сжатого воздуха. Камера зарядчика представляют

* Опыты проводила Тырнаузская опытно-методическая горнопроходческая партия ЦНИГРИ.

собой сварную цилиндро-коническую конструкцию, диаметр которой 400 мм. Центральный угол конической части равен 60°. Коническая часть заканчивается выходным патрубком 5, к которому накидной гайкой подсоединяются выходные колена 4 с пробковыми кранами, имеющими круглые проходные отверстия различного диаметра. К пробковым кранам подсоединяют соответствующего диаметра зарядные шланги 5 в зависимости от диаметра

заряжаемой полости. Управление пробковым краном — дистанционное 6, выполненное с помощью пневмоцилиндра с обратным клапаном и пусковой дистанционной кнопки. При нажатии на кнопку пневмоцилиндр срабатывает, поворачивает пробку крана и соединяет внутреннюю полость камеры с зарядным шлангом, при опускании кнопки происходит обратное и кран закрывается.

Камера зарядчика смонтирована на двухколесной тележке 7, позволяющей передвигать зарядчик по выработкам как с рельсами, так и без них. Колесная пара состоит из пневматических колес, к которым жестко прикреплены железные обода с колеей 750 мм.

Внутри камеры зарядчика КиЗП-1 вставлен аэратор

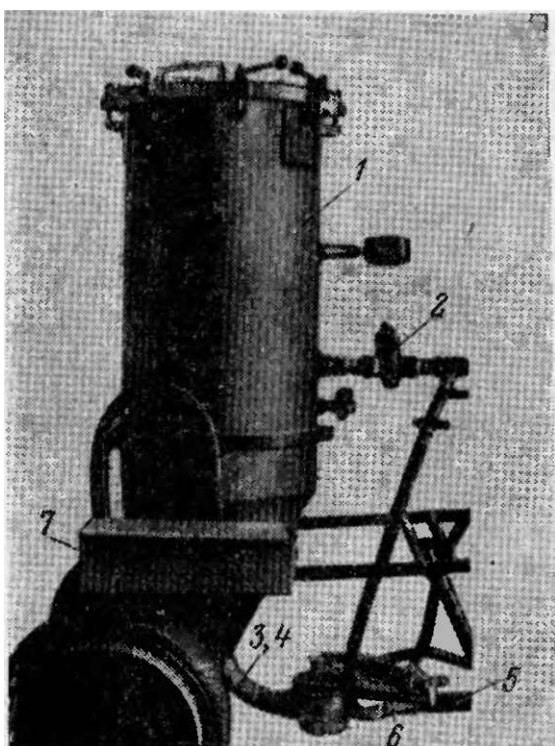


Рис. 82. Камерный пневматический зарядчик КПЗП для пластичных БЗ

(рис. 83), повторяющий геометрическую форму камеры. Таким образом, между корпусом камеры и корпусом рубашки образовано воздушное пространство, в которое и подается сжатый воздух.

В процессе экспериментов с зарядчиком КПЗП-1 было найдено наиболее целесообразное число отверстий на поверхности конической части рубашки.

Нускорегулирующая система для сжатого воздуха состоит из двух пробковых кранов, один из которых перекрывает доступ сжатого воздуха в камеру зарядчика, а другой — служит для пуска сжатого воздуха в зарядный шланг, обеспечивая продувку его при возможной закупорке, и для продувки заряжаемой полости от буровой мелочи и др.

Давление сжатого воздуха регулировали передвижным компрессором ЗК-9 м. Для контроля давления сжатого воздуха

камера зарядчика снабжена манометром, а для выпуска остаточного сжатого воздуха имеется выпускной пробковый кран.

В связи с тем, что зарядчик рассчитан на максимальное давление сжатого воздуха, которое может быть в шахтной сети,

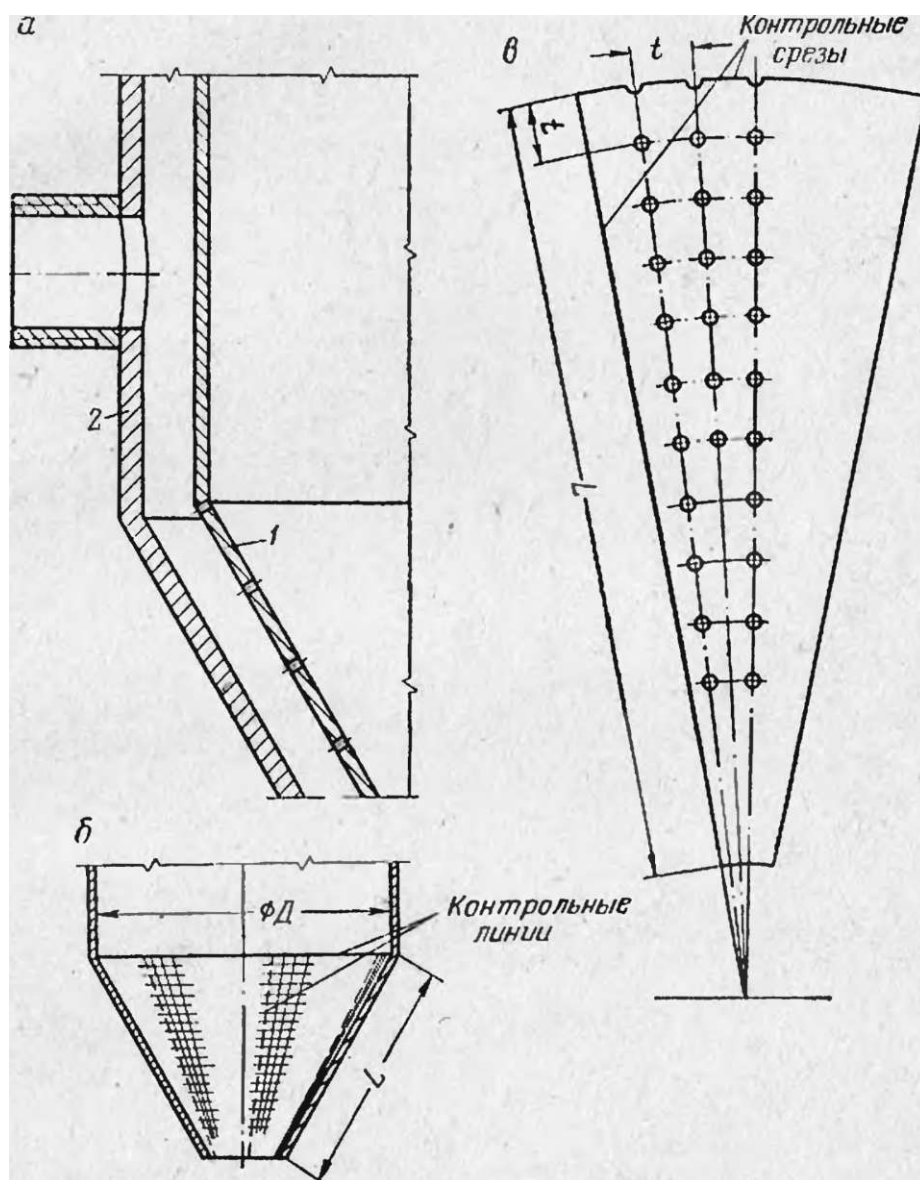


Рис. 83. Аэратор-рубашка зарядчика КПЗГ1-1:

а — расположение аэратора и камере зарядчика; б — расположение отверстий на поверхности рубашки; в — трафарет для разметки отверстий на поверхности аэратора: 1 — штуцер; 2 — корпус зарядчика; L — длина образующей конуса; t — шаг отверстий

предохранительный клапан отсутствует. Камера зарядчика сверху перекрывается герметически крышкой.

Сжатый воздух из сети через пускорегулирующую систему поступает в подрубашечное пространство. Затем через отверстия

в конической части рубашки 1 поступает внутрь зарядчика 2 и, воздействуя на ВВ, аэрирует его. При открывании пробкового крана под давлением сжатого воздуха внутри зарядчика аэрированное ВВ выдавливается в зарядный шланг и далее — в заряжаемую полость. Применяемый аэратор позволяет наиболее полно выгружать ВВ из камеры, обеспечивая при этом бесперебойное и равномерное истечение воздушно-материального потока по зарядным шлангам.

В результате доработки конструкции рубашки-аэратора зарядчика КПЗП-1 был предложен, изготовлен и опробован аэратор камерного пневматического зарядчика КПЗП-2 (рис. 84), который представляет собой обтекаемой формы полую головку, закрепленную на воздухоподводящей трубке по оси камеры ниже уровня сопряжения цилиндрической и конической частей.

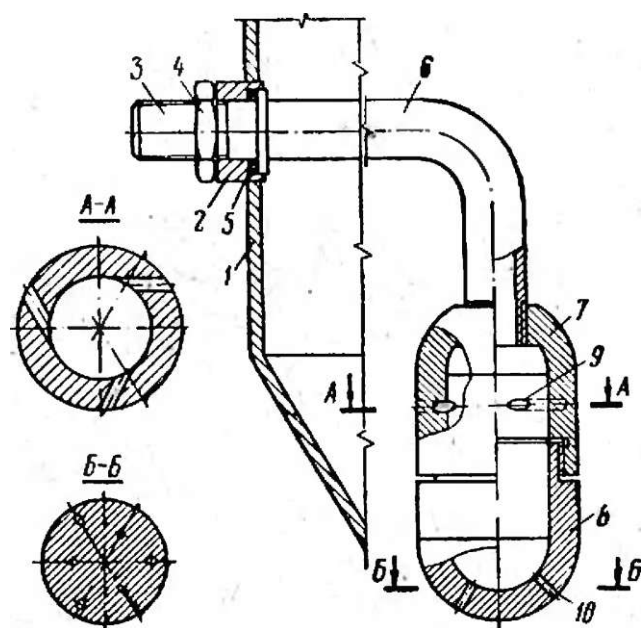


Рис. 84. Неподвижный аэратор камерного пневматического зарядчика КПЗП-2:

1 — корпус * камеры зарядчика; 2 — втулка; 3 — штуцер; 4 — гайка; 5 — прокладка; 6 — колено воздухоподводящее; 7 — верхняя половина корпуса аэратора; 8 — нижняя половина корпуса аэратора; 9, 10 — отверстия соответственно верхнего и нижнего рядов

В головке аэратора высверлено несколько рядов отверстий. Первый ряд отверстий, показанный в сечении А—А, состоит из трех отверстий, направленных под углом 60° к радиусу в плоскости, перпендикулярной к оси головки.

Во втором ряду шесть отверстий, три из которых направлены под углом 30° и три — под углом 45° к плоскости, параллельной оси головки. Эти отверстия чередуются друг с другом.

Сжатый воздух подается из сети через пускорегулирующую систему в воздухоподводящую трубку, откуда попадает в полость головки аэратора и равномерно

распределяется по аэрирующим отверстиям, с давлением и расходом пропорционально их диаметрам.

Поскольку в камере зарядчика материал зависит на сопряжении цилиндрической и конической частей, а также на поверхности конической части, то основной поток воздуха должен быть направлен в район сопряжения. Поэтому отверстия первого ряда имеют больший диаметр. Отверстия второго ряда служат для обрушения материала, зависшего на внутренней поверхности конуса,

и для подпора материала, который попадает в район разгрузочного отверстия.

Этот аэратор обеспечил такую же выгрузку материала из камеры зарядчика, как и при использовании рубашки аэратора в зарядчике КПЗП-1.

В результате дальнейших исследований был создан вращающийся аэратор (рис. 85) зарядчика КПЗП-3.

Расположение отверстий и механизм аэрирования материала в камере зарядчика аналогичны аэратору зарядчика КПЗП-2, но первый ряд отверстий служит и для вращения головки. Вращение головки аэратора позволяет полнее обрушать материал со стенок конической части зарядчика, так как струны сжатого воздуха действуют по окружности. Техническая характеристика зарядчиков приведена в табл. 16.

В процессе стендовых испытаний изучали транспортируемость имитатора ВВ по зарядным шлангам (зарядчик, зарядный шланг—макет шпура), поведение имитатора в макетах шпуров, направленных под различными углами к горизонту, и соответствие описываемых зарядчиков своему назначению. Имитатор неводонаполненного пластичного ВВ хорошо транспортируется по зарядным шлангам. Зависаний продукта в камере и образования пробок, а также налипания имитатора в зарядных шлангах и трубках практически не наблюдалось. При использовании зарядного шланга диаметром 36 мм и длиной 8 м со вставленной в него зарядной трубкой с внутренним диаметром 30 мм и длиной 1150 мм были получены результаты, подтверждающие хорошую транспортируемость имитатора. Поэтому в последующих опытах использовали резиновый шланг диаметром 25 мм и длиной 20 м, зарядную трубку с внутренним диаметром 27 мм и длиной 1960 мм.

Для определения зависимости плотности заряжения имитатора пластичного ВВ в макеты шпуров от давления сжатого воздуха и угла наклона их к горизонту был выбран зарядчик КПЗП-1.

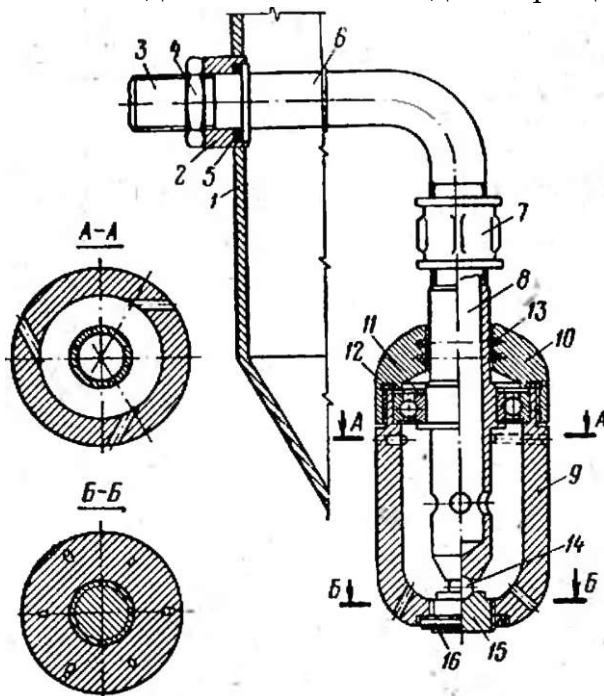


Рис. 85. Вращающийся аэратор камерного пневматического зарядчика КПЗП-3:

1 — корпус камеры зарядчика; 2 — втулка; 3 — штуцер; 4 — гайка; 5 — прокладка; 6 — колено воздухопроводящее; 7 — муфта; 8 — ось; 9 — корпус аэратора; 10 — крышка; 11 — шарикоподшипник закрытый; 12 — прокладка; 13 — набивка сальниковая; 14 — шарик; 15 — опора; 16 — контргайка

. Таблица 16

Показатели	КНЗП-1	КПЗП-2	КПЗП-3
Емкость камеры, кг *	90-100	140-150	140-150
Производительность, ** кг/мин при зарядном шланге диаметром:			
36 мм	80-90	90-110	90-110
25 мм	30-40	40-60	40-60
Диаметр выходного колена, мм . .	25, 36 и 50	25, 36 и 50	25, 36 и 50
Основные размеры, мм	1200 X 1450 X 850	1200 X 1450 X 850	1200 X 1450 X 850
Масса зарядчика, кг	140	125	125

* Рассчитана на зарядный полный комплект шпуров забоя подготовительных пыработок любого сечения.

** Определена при давлении сжатого воздуха 4—4,5 кгс/см².

Было обнаружено, что при равномерном истечении имитатора из зарядной трубки давление в камере зарядчика держалось около 2 кгс/см² независимо от подводимого давления сжатого воздуха.

Было также выявлено, что плотности заряжения вертикальных и горизонтальных шпуров одинаковы. При этом имитатор хорошо удерживается в вертикальных шнурах даже после выдержки в нем в течение 3 ч. По длине шнура он заряжается равномерно с одинаковой плотностью, к стенкам макета не прилипает и легко извлекается из него.

Были также проведены эксперименты по определению плотности заряжения в зависимости от манипуляций зарядной трубкой в процессе-заряжения. Наиболее хорошие результаты были получены при заряжении зарядной трубкой, вставленной в макет шнура на полную длину и постепенно извлекаемой по мере заполнения ее имитатором (первый способ). Поскольку никаких сигнализирующих устройств применено не было, то движение зарядной трубки из макета начиналось, когда начинался вынос имитатора из макета.

При зарядании зарядной трубкой, вставленной в макет шнура на величину недозаряда и остающейся неподвижной до полного заполнения макета (второй способ), плотность заряжения была на 5—7% ниже, однако при этом расход ВВ на безвозвратные потери уменьшался.

На основании экспериментальных данных были построены зависимости плотности заряжения от давления сжатого воздуха, подводимого к камере зарядчика (рис. 80). Кривые 1 и 2 построены для данных плотностей, полученных первым способом. Разброс может быть объяснен рядом причин: неточностью визуального фиксирования величины давления сжатого воздуха, а также невозможностью сравнения изменения его во времени без специальных регистрирующих приборов, разностью физико-механических свойств транспортируемого материала.

Для получения общей зависимости плотности заряжания первым способом была построена кривая 3, усредняющая значения кривых 1 и 2. Кривая 4 построена по значениям плотности заряжания, полученным вторым способом.

Из рисунка видно, что наиболее целесообразно давление сжатого воздуха при зарядании имитатора пластичного ВВ 4,5—5 кгс/см², при котором плотность заряжания первым способом изменяется от 1,3 до 1,35 г/см³, вторым способом — от 1,25 до 1,30 г/см³.

Сравнительные испытания зарядчиков «Курама-7м», 311-2, «Вахш-5», «Вахш-5м» и КПЗИ-1 показали, что зарядчик КПЗП-1 обеспечивает наибольшую плотность и производительность, а также наименьший обратный вынос ВВ.

Таким образом, с помощью колонн КПЗП можно заряжать шнуры и скважины любого направления как пластичными, так и гранулированными ВВ. При этом рабочее давление сжатого воздуха должно быть 3—6 кгс/см². Зарядчик обслуживает один взрывник при зарядании шпуров, два взрывника — при зарядании скважин.

§ 35. ВОЗНИКНОВЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ПЛАСТИЧНОГО ВЗРЫВАТОГО ВЕЩЕСТВА

Для определения возникновения статического электричества при транспортировании имитатора неводоплавления пластичного ВВ по зарядным трактам в качестве датчика была использована низкоомная высокочувствительная индуктивная катушка, внутри которой была помещена пробка из диэлектрического материала с отверстием в центре по диаметру шланга. Таким образом катушка могла перемещаться по шлангу.

Сигнал от датчика по экранированному кабелю 1И13ЛЭ-05 длиной 27 м поступал на клемму усилителя вертикального отклонения осциллографа Э-07. Экран кабеля одним концом соединен с клеммой «земля» усилителя вертикального отклонения, второй через корпус зарядчика — на заземление.

Использованный здесь бесконтактный способ позволяет определить величину электростатического потенциала по амплитуде всплесков на экране осциллографа.

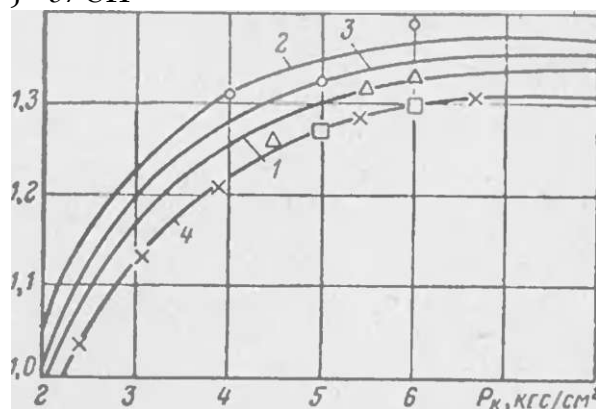


Рис. 86. Зависимости плотности заряжания от величины давления сжатого воздуха на компрессоре

Вначале эксперименты проводились при температуре окружающего воздуха -5°C и относительной влажности воздуха в пределах 70—80%, затем после просушки зарядного шланга и зарядчика в течение 3 ч при температуре окружающего воздуха $4-16^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности около 55%. В обоих случаях статическое электричество по всей длине зарядного шланга обнаружено не было.

Эти опыты дают основания предположить, что при трапепортировании пластичных ВВ статическое электричество не возникает.

§ 36. ВЛИЯНИЕ ТРЕПЯ НА СКОРОСТЬ ИСТЕЧЕНИЯ НЕВОДОНАПОЛНЕННОГО ПЛАСТИЧНОГО ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА

В результате проведения опытов было выявлено, что в неводонаполненном пластичном ВВ хорошо выражено свойство текучести. Его плотность $1,35-1,4 \text{ г/см}^3$, липкость невысокая: к гладким поверхностям резины, текстолита, стального листа прилипает тонким слоем (0,2-0,3 мм), к поверхностям высокомолекулярных материалов органического происхождения (винипласты, полиэтилены, плексиглас) не прилипает, к поверхностям алюминия, дюралюминия, к оцинкованному железу, стеклу не прилипает при кратковременном контакте, хотя при длительном контакте тенденция к некоторому прилипанию проявляется.

Коэффициент трения скольжения при движении ВВ по различным материалам определяли на имитаторах, поставленных предприятием — изготовителем ВВ.

Все выводы о физико-механических свойствах неводонаполненного пластичного ВВ также сделаны на основании изучения физико-механических свойств его имитатора.

Коэффициенты трения скольжения неаэрированных ВВ по гладким поверхностям различных материалов следующие:

Резина	0,66 ч- 0,68
Текстолит	0,54 -г- 0,6
Стальной лист (Ст.3, Ст.5) "	0,57 -:- 0,59
Аминопласт	0,33 -:- 0,34
Винипласт	0,35 0,37
Полиэтилен (пленка)	0,35 0,37
Органическое стекло (плексиглас)	0,27 -т- 0,29
Стекло	0,33 ч- 0,35
Алюминий (листовой)	0,36 ч- 0,37
Дюралюминий (листовой)	0,4 ч- 0,42
Оцинкованное железо	0,38 ч- 0,4

Примечание. Коэффициенты трения скольжения в покое несколько больше.

Аэрирование неводонаполненного пластичного ВВ способствует снижению на 30—40% коэффициента сопротивления движению его по камере зарядчика и шлангу и уменьшает возможность

образования закупорок шланга. Особо важно аэрировать пластичное ВВ при резиновых шлангах малого диаметра (20-[^]25 мм).

Известные коэффициенты трения имитатора γ различные материалы и результаты других экспериментов позволяют исследовать движение пластичного неводонаполненного ВВ по зарядным трактам и определить скорость транспортирования воздушно-материального потока по зарядным шлангам, производительность зарядчика, плотность заряжения шпуров, (скважин) и др.

Производительность зарядчиков определяется по формуле

$$L = \Pi'' u, \text{ кг/мин, (77)}$$

где F — сечение шланга, м²; v — скорость движения пластичного ВВ на выходе из шланга, м/с; γ — плотность пластичного ВВ, кг/м³.

Скорость истечения пластичного ВВ из зарядного шланга в сечении IV—IV (рис. 87) можно определить для двух случаев транспортирования ВВ в горизонтальной плоскости: 1) с дальнейшим подъемом на высоту H и 2) с дальнейшим опусканием на высоту Y .

Началу заполнения взрывной полости пластичными ВВ предшествует заполнение шланга длиной L . На это расходуется определенное время, причем скорость наполнения шланга материалом неравномерна. По мере заполнения шланга скорость ВВ уменьшается и в момент окончательного заполнения приобретает искомую величину v . Скорость движения ВВ увеличивается по мере опорожнения шланга, достигая максимального значения в последний момент. Скорость истечения ВВ из шланга определяется в предположении, что камера зарядчика КПЗП и шланг заполнены пластичными ВВ и что силы, приложенные к движущемуся ВВ, находятся в равновесном состоянии.

Общая длина шланга от сечения III—III до сечения IV—IV складывается из длин горизонтального участка l_1 , наклонного l_2 (с движением вверх или вниз на высоту H) и конечного Z_3 ; площадь сечения шланга F (м²) при внутреннем диаметре d (м).

Столб пластичного ВВ имеет сечение F и высоту $h + h_x$ (—1,2 м) от свободной поверхности I—I, на которую действует избыточное давление сжатого воздуха p (кгс/м²), до сечения III—III. Удельное давление в сечении III—III от веса выделившегося столба ВВ

$$q = \gamma(h + h_1), \text{ кгс/м}^2. \quad (78)$$

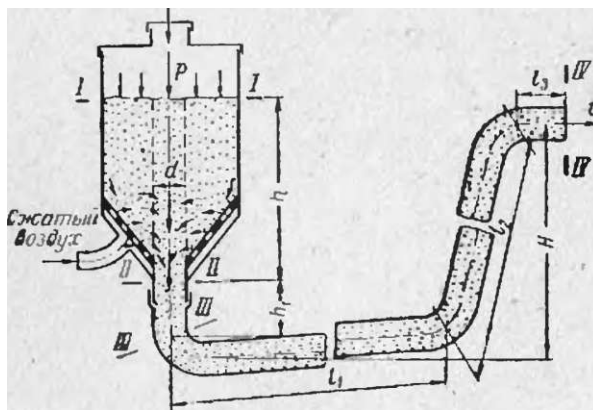


Рис. 87. Расчетные схемы зарядчиков КПЗП для определения скорости истечения пластичного ВВ из шланга

На цилиндрический объем ВВ (от сечения I—I до сечения IV—IV) также действуют давление сжатого воздуха на площадь F и вес столба ВВ высотой $h + h_x$.

Сопротивление движению ВВ по шлангу оказывают силы трения скольжения ВВ о внутреннюю поверхность шланга и вес ВВ высотой H . Если ВВ транспортируется сверху вниз, то вес ВВ высотой H будет помогать движению и явится одной из составляющих движущих сил.

Приравняв приращение кинетической энергии элементарного слоя (около сечения IV—IV) длиной AS , сечением F и весом AG , имевшего в начале движения пулевую скорость и в конце движения скорость g работе действующих сил gL на том же участке пути, получим расчетное уравнение:

$$mmG/2 = eA, \quad (79)$$

где

$$m = G/q = FASy/q; \quad (80)$$

$$eA = (p - f - q) F AS - SfyF AS \pm IlyF AS.$$

Знак «минус» у третьего члена берется при движении материала вверх, знак «плюс» — при движении вниз. Второй член представляет силу трения скольжения, рассчитанную по закону Кулона — Амонтона. Величина $f = (0,05-0,7)$ — коэффициент трения азрированного ВВ (коэффициент / см. с. 1G2).

Приняв приведенную длину шланга

$$S_p = S_f \pm Y, \quad (81)$$

после подстановок в формулу (79), преобразований и учета дополнительного сопротивления при истечении пластичного ВВ из конической части камеры через арматуру в шланг (в сечении II—II), характеризуемого коэффициентом истечения $Y = 0,8-0,9$, находим формулу скорости истечения пластичного ВВ из шланга в зависимости от избыточного давления сжатого воздуха в камере и приведенной длины шланга

$$V \sim \sqrt{p + Y S_{np}} \quad \text{м/с.} \quad (82)$$

Из этой формулы следует, что скорость ВВ по шлангу не зависит от площади сечения шланга. Поэтому для увеличения производительности зарядчиков [см. формулу (77)] следует пользоваться шлангами максимального диаметра.

Предельная приведенная длина шланга при данном избыточном давлении воздуха может быть определена из равенства

$$P + Y = p, \quad (83)$$

т. е. когда скорость истечения станет равной нулю.

Фактическую длину шланга при данной схеме трассы и приведенной длине можно определить по формуле (81). Подставив

в формулу (82) численные значения постоянных величин, т. е. $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, $\gamma = 1350 \text{ кг/м}^3$; $X = 0,85$ и $q = 2000 \text{ кгс/м}^2$, получим упрощенную формулу скорости

$$y = 0,1 U_p + 2000_{1350} S_{np}, \text{ м/с.} \quad (84)$$

По мере опорожнения камеры от ВВ в процессе заряжания q будет стремиться к нулю и скорость истечения ВВ несколько уменьшится.

Величины скорости движения ВВ, рассчитанные по формулам (82) или (84), практически совпадают со скоростями, определенными при испытании зарядчиков КПЗП.

Формулы (77), (81), (82^x), (83), (84) дают возможность выбрать наиболее целесообразное, минимальное избыточное давление сжатого воздуха в камере зарядчиков КПЗП в зависимости от заданной трассы зарядного шланга, материала шланга и плотности заряда в шпуре. Выбор минимально возможного для данного случая заряжания давления сжатого воздуха диктуется необходимостью обеспечения максимальной безопасности работы зарядчика.

Определенные на основании результатов испытаний и расчетов по формуле (84) скорости истечения ВВ шлангов приведены в табл. 17.

Данные табл. 17 получены для следующих условий: имитатор ВВ аэрирован, коэффициент трения для резинового шланга 0,5; для пластмассового 0,25. При зарядании шланг расположен в горизонтальной плоскости (высота подъема или опускания $H = 0$). Диаметр шланга 25 мм. Плотность исходного пластичного ВВ $\gamma = 1,35 \text{ г/см}^3$.

Т а б л и ц а 17

Давление воздуха в камере КПЗП-1, кгс/м ²	Плотность заряда, г/см ³	Отношение v/V_1	Скорость истечения ВВ в зависимости от длины (м) и материала шланга							
			Резиновый				Пластмассовый			
			20	40	60	80	20	40	60	80
20000			9,2				12,4	9,2	4,5	—
25000	—	—	11,6	—	—	—	15,0	11,6	8,3	0
30000	1,13	11,1	12,6	7,1	—	—	15,9	13,6	11,0	7,1
35000	1,16	13,2	15,3	10,1	—	—	17,4	15,4	13,0	10,0
40000	1,22	13,8	16,9	12,2	3,9	—	18,7	16,9	14,8	12,2
45000	1,24	14,7	18,3	14,2	8,0	—	20,0	18,2	16,4	14,2
50000	1,29	15,2	19,6	15,8	10,8	—	21,2	19,6	17,9	15,8
55000	1,32	15,8	20,8	17,3	12,9	5,5	22,4	20,8	19,2	17,3
60000	1,35	16,3	22,0	18,7	14,7	8,9	23,4	22,0	20,5	18,7

По данным табл. 17 можно сделать следующие выводы:

1. Средняя по величине разность двух рядом стоящих отношений v/u_L , соответствующих разности давлений сжатого воздуха

в $0,5 \text{ кгс/см}^2$ в интервале возможных при зарядании давлений сжатого воздуха от $2,5$ до $6,0 \text{ кгс/см}^2$ ($25\ 000 + 60\ 000 \text{ кгс/м}^2$), равна $0,6$. Это свидетельствует о ясно выраженной зависимости плотности заряда от скорости истечения пластичного ВВ из шланга.

2. Минимальная скорость истечения ВВ 12-Ж-15 м/с.

При необходимости получения максимальных плотностей заряда можно увеличить скорость до 20 м/с .

3. Скорость потока ВВ по резиновым шлангам резко падает с увеличением длины шланга. Рационально использовать шланги из пластических материалов: ВВ к ним не прилипает, давление воздуха требуется меньшее.

Пример расчета. Какое давление сжатого воздуха необходимо в камере зарядчика КПЗП-1 при зарядании неводонаполненным пластичным ВВ комплекта шпуров, если необходимо получить плотность заряда $1,2 \text{ г/см}^3$. Шланг диаметром 25 мм , длиной 30 м располагается в горизонтальной плоскости. Шнуры пробурены на высоте 10 м .

1. Коэффициенты трения скольжения аэрированного ВВ по пластмассе $f' = 0,25$, по резине $f' = 0,5$.

2. Приведенная длина шлангов по формуле (81)
 пластмассового $L_{пр} = 40 - 0,25 + 10 = 20 \text{ м}$;
 резинового $S_{пр} = 40 - 0,50 - 10 = 30 \text{ м}$.

3. По табл. 48 принимаем скорость ВВ, необходимую для обеспечения требуемой плотности заряда $v = 16 \text{ м/с}$.

4. По формуле (84) определяем необходимое избыточное давление сжатого воздуха в камере зарядчика:

$$p \sim \frac{0,20 + 13,5 D_{пр}}{III} \quad \text{г} \quad \text{кгс/м}^2$$

для пластмассового шланга $p = 50\ 600 \text{ кгс/см}^2$;

для резинового шланга $p = 64\ 100 \text{ кгс/см}^2$.

Таким образом, в данных условиях зарядания шланги из пластических материалов предпочтительны.

I

§ 37. КАМЕРНЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ЗАРЯДЧИКИ КНЗП-4, КПЗП-21 И КПЗП-22

Испытания камерных пневматических зарядчиков КПЗП позволили сформулировать ряд требований к зарядчикам, предназначенным для зарядания пластичными нелипкими ВВ.

1. Камерные зарядчики циклического действия, рассчитанные на зарядание всего объема шпуров в забое за одно заполнение камеры, целесообразно выпускать четырех типоразмеров с емкостью камеры соответственно 50 , 100 , 110 и 200 кг . Зарядчики с емкостью камеры 50 кг должны быть переносными, остальные на колесном ходу, предпочтительно комбинированном по типу зарядчиков. Дистанционное управление позволит взрывнику самому подавать воздушно-материальный поток в заряжаемую полость или отключать его, уменьшит число обслуживаемого персонала, облегчит обслуживание зарядчика и повысит качество зарядания.

2. Зарядчики подобного типа целесообразно оборудовать загрузочной воронкой с конусным затвором. Если для обслуживания зарядчика необходима съемная крышка, то загрузочная воронка должна быть смонтирована на пей, причем крышку желательно иметь откидной и крепить ее следует откидными болтами числом не более шести.

3. Камера таких зарядчиков должна быть цилиндро-конической. Диаметр цилиндрической части должен быть 250—400 мм. Центральный угол конической части должен быть 30—60°, в зависимости от вида аэратора. При использовании аэраторов, обдувающих большую часть поверхности конической части камеры, например, как в зарядчике КПЗП-1 этот угол может быть в пределах 45—60°, а при использовании аэраторов, например, как в зарядчиках КПЗП-2 и КПЗП-3 этот угол должен быть в пределах 30—45°.

4. Все зарядчики должны быть оборудованы системой подвода сжатого воздуха к камере: регулятора давления с манометром для контроля давления сжатого воздуха, подаваемого в камеру; пробковыми кранами для подачи сжатого воздуха в камеру и в зарядный шланг, минуя камеру зарядчика, для его продувки в случае закупорки или продувки зарядной полоски.

Проведенные исследования позволяют также сформулировать требования, которым должны отвечать аэраторы зарядчиков: полное аэрирование материала (ВВ), помещенного в камеру, а также полная выгрузка ВВ из камеры.

Выполнение этих требований обеспечивает надежную и бесперебойную работу, уменьшает энергоемкость транспортирования и облегчает уход за зарядчиком. Этим требованиям наиболее полно отвечает объемный аэратор. Учитывая известную пластичность и вязкость транспортируемого материала, необходимо, чтобы аэратор воздействовал на всю площадь конической части камеры, уменьшая трение между материалом камеры и транспортируемым материалом, предотвращая его зависание на ступках конической части камеры.

Камерный пневматический зарядчик КПЗП-4 («Кавказ-4») отличается от предыдущих моделей конструкцией аэратора (рис. 88), который состоит из нескольких трубок (элементов) целых, либо разрезанных по всей длине. Трубки равномерно распределены по поверхности конической части камеры 1 и приварены к ней. Они начинаются на цилиндрической части камеры, так как участком зависания ВВ в ней является сопряжение цилиндрической и конической частей, удерживающее почти весь объем ВВ. Трубки заканчиваются у разгрузочного отверстия выходного патрубка 2. По всей длине элемента аэратора высверлено несколько рядов аэрирующих отверстий 4. Часть отверстий расположена над поверхностью конической части камеры, причем направлены они по касательной к ее поверхности и располагаются с одной или с двух сторон трубки, образуя один или два ряда отверстий.

Диаметр этих отверстий 1,5-2 мм. Основное назначение их, кроме аэрирования массы ВВ, является обеспечение воздушной подушки между веществом и стенками конической части камеры (полное

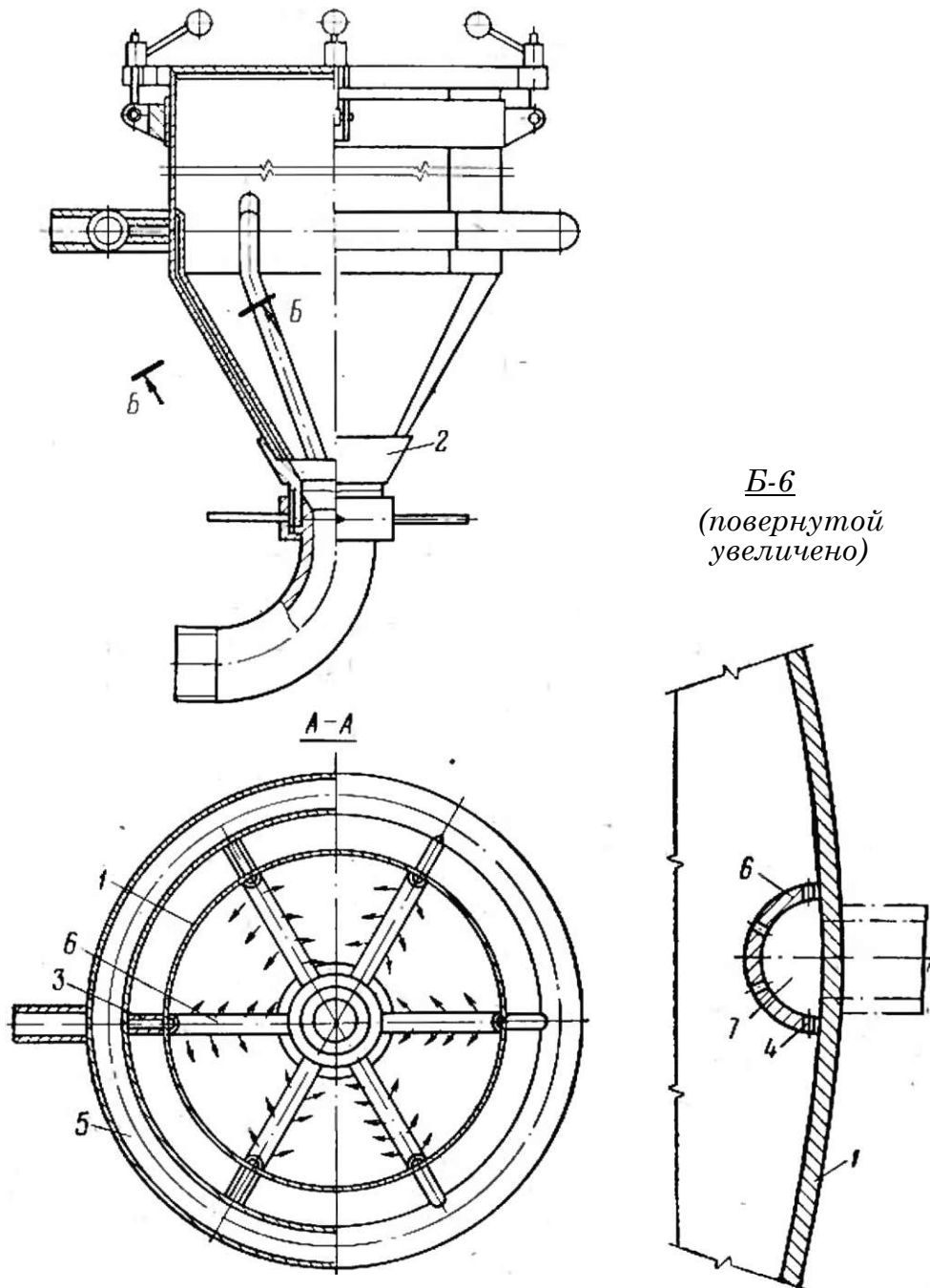


Рис. 88. Камерный пневматический зарядчик КПЗП-4 для пластичных 13В

сдувание его со стенок) и предотвращение зависания транспортируемого материала на стенках камеры.

Для увеличения степени аэрации массы пластичного ВВ, помещенного в камеру на оставшейся поверхности элемента труб-

чатого аэратора, может быть высверлено еще один-два ряда отверстий 7. Наиболее целесообразный диаметр этих отверстий 0,8—1 мм.

Сжатый воздух к элементам аэратора подается из сетей сжатого воздуха через нускорогулирующую систему, торовое кольцо 5, соединенное с помощью патрубков 3 с элементами аэратора 6. Назначение торового кольца — равномерное распределение сжатого воздуха между элементами аэратора.

Описанные выше конструкции КПЗП являются зарядчиками циклического действия. Такая конструкция наиболее приемлема для заряжания шпуров, когда все количество ВВ, необходимое для полного заряжания шпуров в забое, помещается в камере зарядчика.

Двухкамерный пневматический зарядчик КПЗП-21 предназначен для заряжания глубоких взрывных скважин пластичными ВВ. Благодаря последовательному расположению камер уменьшаются простои и достигается непрерывность процесса заряжания.

Двухкамерный пневматический зарядчик КПЗП-21 (рис. 89) состоит из приемной воронки 1 и двух сообщающихся камер — верхней 3 и нижней 5, установленных одна над другой с помощью фланцев. Верхняя камера снабжена конусным затвором 2, а нижняя — затвором 4. Кроме того, нижняя камера оборудована выходным патрубком 6, к которому с помощью накидной гайки 7 подсоединены выходные колена 8 различного диаметра.

В обеих камерах установлены аэраторы 9, обеспечивающие полную выгрузку ВВ из камеры, бесперебойную и равномерную подачу транспортируемого материала. Конструкция аэратора аналогична аэратору зарядчика К113П-4.

Зарядчик работает следующим образом. ВВ через приемную воронку загружается в верхнюю камеру, после заполнения которой в ее аэратор подается сжатый воздух. Конусный затвор под действием перепада давлений внутри и снаружи камеры автоматически закрывается. Затвор нижней камеры открыт и через него ВВ из верхней камеры пересыпается в нижнюю. После заполнения нижней камеры подача сжатого воздуха в аэратор верхней камеры прекращается и подается в аэратор нижней камеры. Открывается зарядная магистраль, через которую транспортируемый материал попадает в заряжаемую полость. Одновременно из верхней камеры выпускается оставшийся сжатый воздух, затвор нижней камеры герметизирует ее, а затвор верхней камеры открывает путь новой порции ВВ.

После выгрузки ВВ из нижней камеры в ее аэратор подача сжатого воздуха прекращается, конусный затвор открывается и пропускает ВВ, которое накопилось в верхней камере. Для создания необходимого первоначального давления в нижней камере транспортирующая магистраль на короткое время перекрывается. Далее цикл повторяется.

Таким образом, эта конструкция зарядчика позволяет сократить до минимума простой оборудования, связанный с заполнением взрывчатим веществом рабочей камеры, повышая производительность труда при зарядании скважин.

Двухкамерный пневматический зарядчик для пластичных ВВ КПЗП-22 (рис. 90) состоит из двух параллельно расположенных

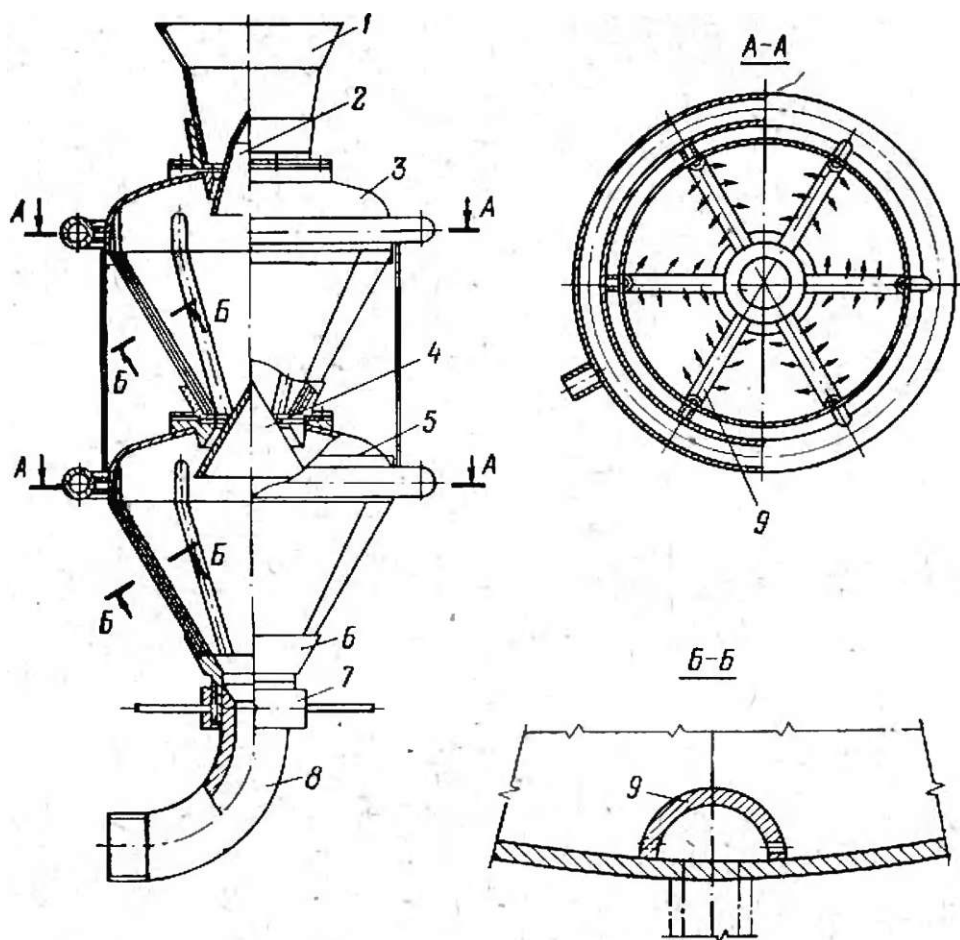


Рис. 89. Двухкамерный пневматический зарядчик КПЗП-21

камер — левой 1 и правой 2, обособленных по подаче воздуха и загрузке ВВ, но работающих на один и тот же зарядный шланг 3.

Зарядный шланг к камерам зарядчика подключается переключателем потока 5 (в данном случае это трехходовой пробковый кран с круглым проходным отверстием), который подсоединен к камерам с помощью выходных колен 6 и накидных гаек 8. В каждой камере зарядчика размещен трубчатый аэратор 7, конструкция и работа которого описана в заряднике КПЗП-4.

Зарядчик КПЗП-22 работает следующим образом. После заполнения одной из камер ВВ в ее аэратор подается сжатый воздух. Для обеспечения предварительного набора давления переключатель потока должен быть в таком положении, чтобы рассматриваемая, например, левая камера была отключена от зарядной магист-

ради. Затем в аэратор левой камеры подается сжатый воздух и после достижения необходимого первоначального давления камера соединяется с зарядным шлангом, а ВВ поступает в зарядную

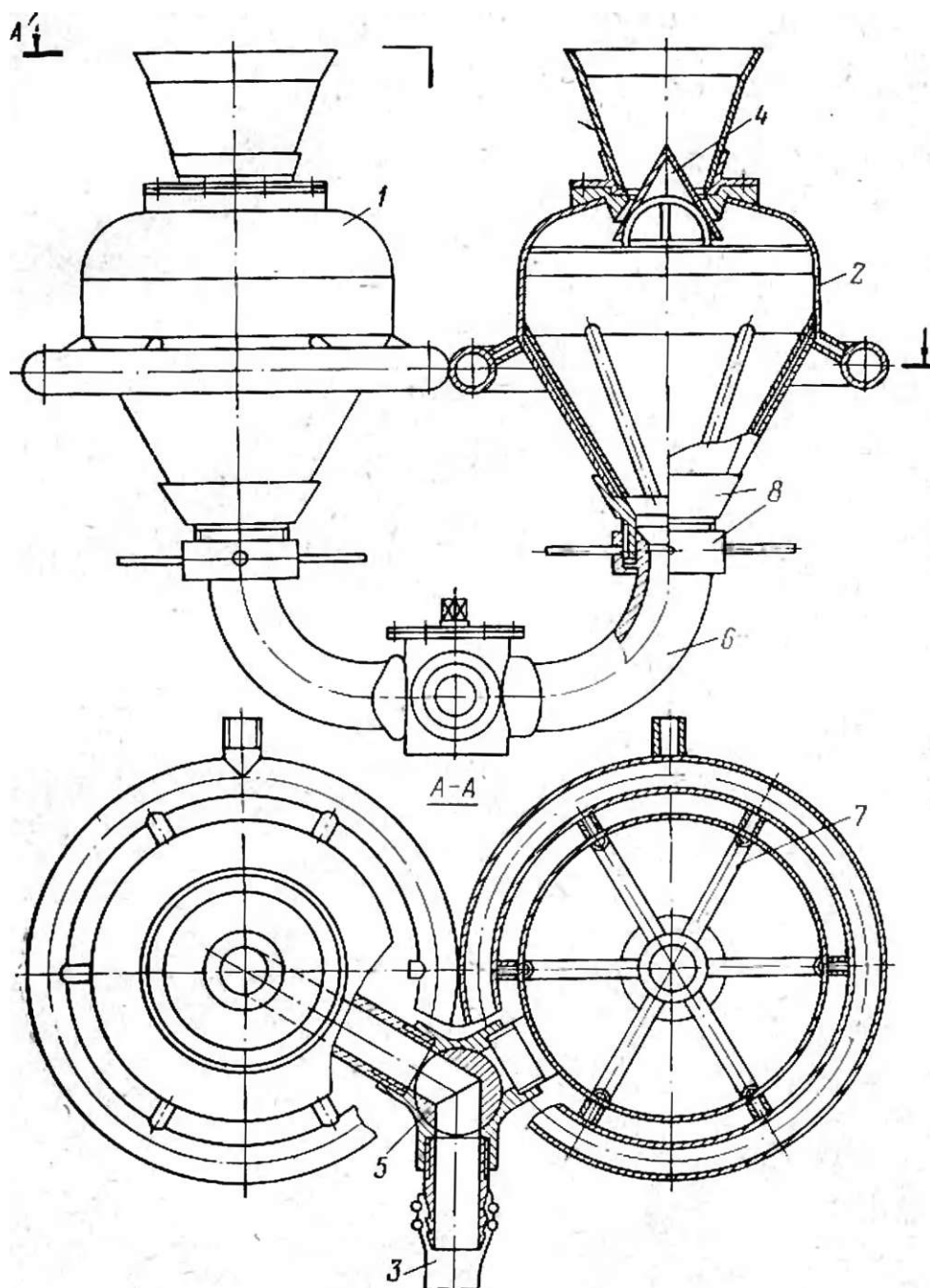


Рис. 90. Двухкамерный пневматический зарядчик КПЗП-22

полость. Тем временем ВВ заполняет правую камеру, после чего в нее подается сжатый воздух. После выгрузки ВВ из левой камеры с помощью переключателя потока с зарядным шлангом соединяется правая камера, а левая—отсоединяется: Из левой

камеры выпускается оставшийся воздух и в нее загружается новая порция ВВ. Далее цикл повторяется. Коопусные затворы 4 автоматически герметизируют камеры после подачи в них сжатого воздуха.

Таким образом, конструкция зарядчика КПЗВ-22 обеспечивает непрерывную подачу воздушно-материального потока в заряжаемую полость. Кроме того, наличие двух обособленных камер обеспечивает возможность создания по всей длине скважины заряда, состоящего из различных ВВ (от более сильного в забое скважин к более слабому у устья скважины) без остановки зарядчика. Каждое ВВ требует опродоленных режимов работы зарядчика (давление в камере, скорость транспортирования по зарядным магистралям и т. д.), обеспечивающих оптимальные условия зарядания.

Простота конструкции, неприхотливость и бесшумность в работе, сравнительно небольшой расход энергии, безопасность в работе из-за отсутствия вращающихся деталей, непрерывность подачи ВВ в заряжаемую полость и сравнительно небольшие размеры двухкамерных пневматических зарядчиков КПЗ11-21 и КПЗП-22 создают предпосылки для широкого применения их.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ЗАРЯЖАНИЯ

§ 38. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ЗАРЯЖАНИЯ НА ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКАХ

Механизированное заряжание шпуров и скважин на подземных горных работах предполагает высокие технико-экономические показатели буровзрывных работ вследствие применения дешевых ВВ, повышения плотности заряжания (до $1,15 \text{ г/см}^3$ — гранулированными и $1,4 \text{ г/см}^3$ — пластичными ВВ), повышения производительности труда взрывников, безопасности и гигиеничности работ по заряжанию, а также коэффициента использования шпуров (скважин) и уменьшения их числа на забой.

Так, например, при использовании зарядчика «Курама-7м» на Северо-Уральском бокситовом руднике к. и. ш. увеличился на 10—15%. При хорошей квалификации взрывника продолжительность заряжания комплекта шпуров забоя сократилась на 8—10 мин.

Широкое внедрение механизированного заряжания гранулированными ВВ на подземных очистных работах рудника «Молибден» позволило увеличить плотность заряжания до $1,0 \text{ г/см}^3$, улучшить качество дробления горной массы, повысить выход руды с 1 м скважин на 10—15%, значительно улучшить организацию взрывных работ и в 2—2,5 раза сократить сроки подготовки и проведения массовых взрывов. Повышение эффективности буровзрывного комплекса способствовало улучшению технологии разработки и внедрению новых схем отбойки руды в блоках, что дало возможность снизить себестоимость добычи на 45—53%, увеличить производительность труда подземного рабочего и объем добычи.

На рудниках Зыряновского комбината на подземных работах процесс заряжания почти полностью механизирован, а патронированные ВВ заменены россыпными. На горнопроходческих работах для заряжания шпуров применяют зарядчики «Курама-7» и ЗП. При этом заряжании россыпных ВВ к. и. ш. достигает 0,93. На очистных работах взрывные скважины любого направления диаметром до 100 мм заряжают камерными зарядчиками «Вахш-5» и ЗДУ-50.

Применение гранулированных ВВ при отбойке скважин позволило улучшить качество дробления, что снизило расход ВВ на вторичное дробление на 20—30%.

Экономический эффект на 1 т ВВ на проходческих работах составил 440 руб., а на очистных работах при отбойке скважин — 160 руб. Производительность труда взрывников на зарядании увеличилась в 3—4 раза, а себестоимость добычи 1 т руды снизилась на 15 коп.

Практика применения гранулированных ВВ в проходческих забоях Джезказганского горно-металлического комбината показала их высокую эффективность. Так, при замене детонита 10А гранулитом АС-8 при зарядании шпуров зарядчиком ЗП-2 продвижение забоя за взрыв увеличилось на 0,5—0,2 м, время зарядания забоя сократилось в 2—2,5 раза, к. и. ш. возрос с 0,7 до 0,9.

Однако анализ практики механизированного зарядания шпуров показал, что применяемые методы еще недостаточно совершенны. Значительная трудоемкость взрывных работ объясняется ограниченностью степени их механизации 14—15% без **коренного** изменения технологической схемы буровзрывных работ и конструкций зарядного и транспортно-доставочного оборудования. Так, с применением зарядчиков «Курама» взрывные работы на проходке были механизированы только на 8—10%, а с внедрением порционных зарядчиков ЗП — лишь на 14—15%, так как наиболее трудоемкие процессы (доставка и перегрузка ВВ) не были механизированы.

Внедрение транспортно-зарядной установки ТЗУ на рудниках Кривбасса позволило повысить степень механизации взрывных работ при проведении горизонтальных горных выработок до 92%. По руднику им. С. М. Кирова условная годовая экономия от внедрения установки ТЗУ и полной механизации зарядания составит «коло 700 тыс. руб. Замена дорогостоящих патронированных ВВ гранулированными, комплексная механизация взрывных работ и увеличение выхода руды с 1 м шпура и скважины до 30 % дадут экономию свыше 1,5 млн. руб. в год.

Значительный экономический эффект можно ожидать от внедрения на подземных горных работах водонаполненных и неводонаполненных, пластичных ВВ. Так, например, при зарядании патронированным неводонаполненным пластичным ВВ стоимость отбойки 1 м³ горной массы по буровзрывным работам меньше, чем при зарядании скальным аммонитом № 1. Результаты сравнительных взрывов различными ВВ приведены в табл. 18.

Полученные результаты показывают, что применение опытного образца ВВ патронированного неводонаполненного пластичного ВВ экономически более целесообразно, чем скального аммонита 1. При этом экономический эффект определялся без учета взрывных характеристик нового ВВ, т. е. при одинаковом паспорте буровзрывных работ для всех трех ВВ.

Несмотря на то, что при этих взрывах патроны водонаполнен-

.Таблица 16

Показатели	Невоцона- иолненное пластичное ВВ	Скальный аммонит М 1	Детонит 10А
Диаметр патронов, мм	36	36	32
Плотность патронов, г/см ³	1,3 - 1,4	1,3	1,1
Диаметр шпуров, мм	40	40	40
Глубина шпуров, м:			
врубных	1,8	1,8	1,8
оконтуривавощих	1,7	1,7	1,7
Число шпуров на забой	18	18	18
Плотность заряжания шпуров, г/см ³	1,24	1,07	0,91
Взорвано шпуров	90	90	90
Число взрывов	5	5	5
Уход забоя за взрыв, м	1,53	1,56	1,46
	0,91	0,92	0,87
Израсходовано ВВ, кг	162	157,5	162
Отбито горной массы, м ³	53,55	54,6	51,8
Удельный расход:			
шпуров, м/м ³	2,91	2,85	3,01
ВВ, кг/м ³	3,02	2,88	3,12
Отпускная цена/кг ВВ, коп	65 - 70	90	54,5
Стоимость отбойки 1 м ³ горной массы {по буровзрывным работам), коп.	577,7	617,7	548,9

ного пластичного ВВ тщательно запрессовывали в шпурах, достичь более высокой плотности заряжания не удалось. Применение беспатронного заряжания предполагает еще большую экономию вследствие снижения стоимости ВВ, а также вследствие еще большей плотности заряжания (см. § 36).

Применение механизированного заряжания на подземных горных работах дает немалую экономическую выгоду, так как облегчается и повышается качество взрывных работ, растет производительность труда взрывников, уменьшается число рабочих, занятых на вспомогательных и основных работах при заряжании. Кроме того, улучшаются санитарно-гигиенические условия труда рабочих, в том числе взрывников (особенно при использовании пластичных ВВ).

§ 39. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ЗАРЯЖАНИЯ НА РУДНЫХ КАРЬЕРАХ

Механизированное заряжание скважин на открытых горных работах позволяет получать более высокие технико-экономические показатели буровзрывных работ благодаря замене дорогостоящих ВВ более дешевыми, повышению производительности труда взрывников и плотности заряжания, почти полному отказу от ручного труда и т. д.

На карьерах комбината Ураласбест применяют зарядные машины СУЗН-5 для заряжания взрывных скважин зерногранулитом и игданитом. Машина за один рейс может заряжать до 20 скважин с величиной заряда по 300 кг. Чистое время заряжания 1 т ВВ составляет 5—6 мин, среднее время (с учетом всех операций) — 14,7 мин. Применение зарядных машин СУЗН-5 повысило производительность труда взрывников в 5 раз (по сравнению с немеханизированным заряданием). Годовой экономический эффект — 100 тыс. руб. (на одну машину).

Применяемая на приисках объединения Северовостокзолото самоходная зарядная установка УЗА-З-П имеет эксплуатационную производительность 2,9 т/ч, что в 4 раза выше производительности ручного способа, и позволяет заряжать скважины с плотностью 1,2 г/см³.

Механизированное зарядание скважин на открытых горных работах неизбежно ведет за собой механизацию складских работ: приемки, растаривания ВВ и загрузки его в зарядную машину, а на отдельных карьерах при больших объемах взрывных работ и механизацию приготовления, т. е. смешения отдельных компонентов ВВ. На карьерах с малым объемом взрывных работ экономически целесообразно применение зарядных машин, которые могут приготавливать ВВ непосредственно перед заряданием его в скважину.

Механизированное зарядание позволяет заменить более дорогие зерногранулиты более дешевыми игданитами. Результаты исследований и многолетний опыт показывают, что игданиты при плотности заряжания 1,1—1,2 г/см³, достигаемой применением пневматической подачи его в скважину, обладают энергией взрыва, эквивалентной энергии взрыва зерногранулита 79/21. Применение игданитов вместо зерногранулита при взрывании необводненных скважин дает большой экономический эффект, так как игданит на 80—85 руб. дешевле зерногранулита. Фактическая экономия на каждой тонне изготовленных и введенных в скважины ВВ машиной СУЗН-5 по сравнению с заряжаемыми вручную составляет 43 руб. для зерногранулита 30/70, 78 руб. для зерногранулита 50/50, 15 руб. для зерногранулита 39/2.

Замена аммонита № 6ЖВ игданитом, заряжаемым в скважины с помощью зарядной установки УЗА-З-П, удешевляет стоимость 1 м³ вскрыши на приисках объединения Северовостокзолото почти в 3 раза.

Себестоимость отбойки 1 м³ горной массы только в результате уменьшения затрат на ВВ снижается на 85%. Кроме того, расширяется сетка скважин, вследствие чего снижаются затраты на бурение и соответственно сокращается время цикла.

Еще больший экономический эффект можно получить при массовом применении водонаполненных ВВ при механизированном зарядании ими взрывных скважин. Технические данные этих ВВ позволяют уменьшить в 1,5—1,7 раза объем бурения вследствие

расширения сетки скважин и с единицы объема скважин получить больший выход горной массы, уменьшить выход негабарита, улучшить проработку подошвы уступа, а следовательно, и затраты на вторичное дробление, а также повысить производительность погрузочно-транспортных механизмов.

После внедрения на некоторых карьерах комплексной механизации взрывных работ стало возможным приготовление водонаполненных ВВ на месте, непосредственно перед заряджанием, что также удешевляет затраты на ВВ и увеличивает эффективность взрывных работ.

Об экономической эффективности применения водонаполненных смесей можно судить по результатам сравнительных взрывов ифзанитом и зерногранулитом, выполненных на Соколовско-Сарбайском комбинате.

	Взрывание ифзанитом	Взрывание зерногранулитом
Крепость пород	11-12	11-12
Высота уступа, м	11	И
Глубина скважин, м	13,5	13,5
Диаметр скважин, мм	243	243
Сетка скважин, м X м	7 X 8,1	5,8 X 6,9
Плотность заряда, г/м ³	1,44	0,91
Масса заряда, кг	513	332
Высота заряда, м	7,7	7,9
Выход горной массы с 1 м скважины, м ³	47	32,5
Выход негабаритных кусков, % . .	0,5	0,9
Удельный расход ВВ, кг/м ³	0,82	0,75
Удельные затраты на ВВ, коп/м ³	11,2	15,3
Удельные затраты на бурение, коп/м ³	12,1	17,2

Об эффективности применения водонаполненных ВВ можно судить по результатам испытания акваторов 65/35 Л-В и 65/35 Б-В на Тишинском и Николаевском карьерах. По сравнению с алюмотолом на 15—20% расширена сетка скважин при одинаковом качестве дробления пород, а по сравнению с зерногранулитом 30/70 улучшено дробление; в обоих случаях улучшена проработка почвы. В результате этого на 35% повышена производительность экскаватора и в 1,4 раза уменьшен объем вторичного дробления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А б р а м о в В. Ф., Г а л ь п е р и н В. Г. Механизация зарядания скважин на подземных рудниках. ЦИИНЦветмет, 1970.
2. А н д р е е в К. К., Б е л я е в А. Ф. Теория взрывчатых веществ. М., Оборонгиз, 1960. 300 с.
3. А д р и а н о в Н. Ф. Исследование безопасности и технико-экономической эффективности применения простейших ВВ в подземных рудниках. — В сб. Горное дело, 1964, М., ВИНТИ, 1966, с. 51—93.
4. А ф а н а с ь е в Г. Т., Б о б о л е в В. К. Инициирование твердых взрывчатых веществ ударом. М., «Наука», 1968. 178 с.
5. Б а й к о н у р о в О. А., Ф и л и м о н о в А. Т. Комплексная механизация очистных работ при подземной разработке рудных месторождений. Алма-Ата, изд-во АН ЖазССР, 1973. 370 с.
6. Б е л я е в Н. М. Сопротивление материалов. М., Гостехиздат, 1956. 400 с.
7. Б е р н ш т е й н А. Л. Справочник статистических решений. М., «Статистика», 1968. 250 с.
8. Б о у д е н Ф., И о ф ф е А. Возбуждение и развитие взрыва в твердых и жидких веществах. М., ИИЛ. 1957. 300 с.
9. Б о у д е н Ф., И о ф ф е А. Быстрые реакции в твердых и жидких веществах. М., ИИЛ, 1962, 230 с.
10. Б е с п а т р о н н о е зарядание сыпучих ВВ. — В кн. Взрывное дело № 65/22. М., «Недра», 1963. 350 с.
11. Б у х г о л ь д Т. Расчет электрических и магнитных полей. М., ИИЛ. 1961. 275 с.
12. Б р о н н и к о в Д. М., Х о р е в В. А. Взрывчатые вещества, средства взрывания и механизмы для зарядания шпуров и скважин, применяемые при подземной разработке рудных месторождений. М., Цветметинформация, 1968. 100 с.
13. Б о р ь б а со статическим электричеством при пневмозарядании скважин россыпными ВВ. М., Цветметинформация. 1970. 128 с. Авт.: В. И. Емекеев, Г. А. Ганичев, Н. К. Головачев, П. Ю. Шелехов.
14. Г о в о р к о в В. А. Электрические и магнитные поля. М., Госэнергоиздат, 1960. 150 с.
15. Д р о з д о в Н. Г. Статическое электричество в промышленности. М., Госэнергоиздат, 1949. 250 с.
16. Д р о з д о в Н. Г., Н и к у л и н Н. В. Электроматериаловедение. М., «Вышая школа», 1963. 302 с.
17. Д е м и д о в и ч Б. П., М а р о н И. А., Ш у в а л о в З. З. Численные методы анализа. М., Физматгиз. 1963. 250 с.
18. Д у б н о в Л. В., Б а х а р е в и ч Н. С., Р о м а н о в А. И. Промышленные взрывчатые вещества. М., «Недра», 1973. 300 с.
19. Е м е к е е в В. И., Ч е р н о в К. С. Заряжающие устройства для промышленных ВВ. М., Цветметинформация, 1972. 100 с.
20. К о м п л е к с н а я механизация взрывных работ на горнорудных предприятиях. М., Цветметинформация, 1973. 72 с.
21. Л е б Л. Основные процессы электрического разряда в газах. М., Техтеориздат, 1950. 260 с.
22. Л и в ш и ц М. Н., М о и с е е в В. М. Электрические явления в аэрозолях и их применение. М., «Энергия», 1965.

23. М а ш и н о с т р о е н и е . Энциклопедический справочник, т. 2, ГОНТИ машиностроительной литературы, 1949, 500 с.
24. М е х а н и з а ц и я вспомогательных работ на карьерах цветной металлургии. М., Цветметинформация, 1971. 85 с.
25. М е х а н и з а ц и я вспомогательных работ на карьерах. М., «Недра». 1967. Авт.: А. Г. Печоркин, Л. Ф. Русяев, Ю. А. Пиленков и др.
26. М е х а н и з а ц и я зарядания ВВ. М_м «Недра», 1969. 145 с. Авт.: И. А. Остроушко, Е. Г. Бобин, В. И. Емекеев и др.
27. О б о р у д о в а н и е для механизации производственных процессов на карьерах. Под редакцией Виноградова А. И. М., «Недра», 1974. 376 с.
28. П е р е ч е н ь рекомендуемых промышленных взрывчатых веществ. ИГД им. А. А. Скочинского. Межведомственная комиссия по взрывному делу. М., «Недра», 1971. 32 с.
29. П е т р о в' Н. Г., Р о г а ч М. С. Средства механизации зарядания шпуров, скважин и минных камер в шахтах. Черметинформация. М., 1970, 20 с.
30. П о з д н я к о в З. Г., К у т у з о в Д. С. Водонаполненные взрывчатые вещества, их свойства и опыт применения. М., Цветметинформация, 1969. 85 с.
31. Р е з в ы х К. А. Раечек электростатических полей в аппаратуре высокого напряжения. М., «Энергия», 1967. 185 с.
32. С в е т л о в Б. Я., Я р е м е н к о Н. Е. Теория и свойства промышленных ВВ. М., «Недра», 1973. 230 с.
33. С м и р н о в Н. В., Д у н и н - Б а р к о в с к и й И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики. М., «Наука», 1965. 280 с.
34. С т а т и ч е с к о е электричество в полимерах. М., «Химия», 1968. 144 с.
35. С т а р о б а И., Ш и м о р д а И. Статическое электричество в промышленности. М., Госэнергоиздат, 1960. 18 с.
36. С м и р н о в В. П., К л е в ц о в И. В., К у р м а к а е в Р. Х. Опыт использования взрывчатых веществ на отечественных и зарубежных карьерах. М., Цветметинформация, 1973. 60 с.
37. Т а р е е в Б. М. Электротехнические материалы. М.—Л., Госэнергоиздат, 1952. 200 с.
38. Т е о р и я и опыт механизированного применения простейших взрывчатых веществ. Материалы Всесоюзного совещания по буровзрывным работам. М., 1972. 270 с.
39. Т е о р е т и ч е с к и е основы разработки водосодержащих ВВ и опыт механизированного применения их в народном хозяйстве. Материалы Всесоюзного совещания по буровзрывным работам. М., ИФЗ АН СССР, 1974. 300 с.
40. Ч е р н о в К. С., З а л е с с к и й П. С. Временные требования безопасности к заряжающим устройствам. М., ИГД им. А. А. Скочинского. 1968. 20 с.
41. Э м е Ф. Диэлектрические измерения. Пер. с англ. М., «Химия», 1967. 150 с.

	Стр.
ОГЛАВЛЕНИЕ	
Введение	3
Глава I. Основные типы зарядчиков и средства комплексной механизации для подземных горных работ.	0
§ 1. Элсекторные зарядчики	6
§ 2. Камерные зарядчики	7
§ 3. Барабанные и роторные зарядчики	15
§ 4. Автоматизированные зарядные установки	20
§ 5. Комплексная механизация взрывных работ	28
Глава II. Механизация зарядки и забойки скважин на карьерах	39
§ 0. Машины и установки для зарядки скважин гидрантом	39
§ 7. Машины для зарядки скважин гранулированными взрывчатыми веществами	53
§ 8. Универсальные зарядные машины	44
§ 9. Машины для зарядки скважин под давлением полными взрывчатыми веществами	46
§ 10. Комплексная механизация взрывных работ для гранулированных взрывчатых веществ	49
§ 11. Комплекс машин для выгрузки, растаривания, погрузки и транспортирования взрывчатых веществ в хранилище	52
Глава III. Безопасность конструкций механизмов и машин для механизированного зарядки	58
§ 12. Стенды для исследования безопасности работы зарядных устройств	58
§ 13. Опасность ударных нагрузок на взрывчатые вещества	04
§ 14. Опасность нагрузок трения на взрывчатые вещества	80
Глава IV. Электростатические явления при пневматическом транспортировании и зарядки россыпных взрывчатых веществ.	93
§ 15. Основные теоретические представления об образовании электростатических зарядов	93
§ 16. Электростатические явления при пневмозарядке	94
§ 17. Влияние на интенсивность электризации характера контактирования поверхностей	98

	Стр.
§ 18. Определение удельных электрических сопротивлений пневмомагистралей и взрывчатых веществ	102
Г л а в а V. Влияние технологических факторов пневмозаряжания на процесс электризации	104
§ 19. Экспериментальная установка	104
§ 20. Зависимость электризации от относительной влажности воздуха и удельного электрического сопротивления пневмомагистралей	108
§ 21. Зависимость электростатического потенциала от скорости транспортирования	110
§ 22. Зависимость электризации от гранулометрического состава транспортируемого ВВ	112
§ 23. Зависимость потенциала электризации от радиуса закругления и длины пневмомагистрали	114
§ 24. Бесконтактный метод исследования электризации	115
§ 25. Электростатические разряды в пневмозарядных системах	11С
Г л а в а VI. Электризация при пневмозаряжении рассыпных взрывчатых веществ в производственных условиях	119
§ 26. Электризация в условиях различной электропроводности горных пород	119
§ 27. Определение параметров электризации при пневмозаряжении рассыпными взрывчатыми веществами	124
Г л а в а VII. Борьба со статическим электричеством	126
§ 28. Отвод зарядов с помощью заземления, рассеивание и стекание зарядов	126
§ 29. Предотвращение электростатических разрядов	128
Г л а в а VIII. Механизированное зарядание патронированными пластичными взрывчатыми веществами с помощью автоматизированных пневмозарядных колонн АПЗК	129
§ 30. Технические, динамические и кинематические характеристики колонн АПЗК	129
§ 31. Стендовые испытания колонн АПЗК	140
§ 32. Современные отечественные пластичные взрывчатые вещества для подземных горных работ	148
§ 33. Полигонные и промышленные опыты пневматического зарядания шпуров	154
Г л а в а IX. Механизированное беспатронное зарядание пластичными взрывчатыми веществами	155
§ 34. Камерные пневматические зарядчики КПЗП	155
§ 35. Возникновение статического электричества при транспортировании пластичного взрывчатого вещества	161
	181

	Стр.
§ 36. Влияние трения на скорость истечения ново-наполненного пластичного взрывчатого вещества	162
§ 37. Камерные пневматические зарядчики КПЗП-4, КПЗП-21 и КПЗП-22	166
Г л а в а X. Техничко-экономические показатели механизированного заряжания	173
§ 38. Техничко-экономические показатели механизированного заряжания на подземных рудниках	173
§ 39, Техничко-экономические показатели механизированного заряжания на рудных карьерах	175
Список литературы	178

Емекеев Вячеслав Иванович

МЕХАНИЗАЦИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Редактор издательства И. Д. Мелихов
Переплет художника В. М. Лукьянова
Художественный редактор О. П. Зайцева
Технический редактор Н. В. Жидкова
Корректор Н. А. Громова

Сдано в набор 17/X 1975 г.

Подписано в печать 9/II 1976 г.

*Т-01659. 'Формат 60 х 90»/1в. Бумага  2.
Печ. л. 11,5. Уч.-изд. л. 12,15. Тираж 4800 экз.
Заказ 578/5537—9. Цена 77 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12,
Третьяковский проезд, 1/19.

Ленинградская типография № в

Союзполиграфпрома Государственного комитета
Совета Министров СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли.

196006, г. Ленинград, Московский пр., 91.

Уважаемый товарищ!

В издательстве «Недра»

готовятся к печати

НОВЫЕ КНИГИ

МОСИНЕЦ В. И. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. 15 л. 1 р. 66 к.

В книге рассмотрены основные закономерности деформации горных пород в статике и динамике, процесс передачи энергии детонирующей заряда ВВ окружающей среде, возникновение и распространение взрывных волн в горных породах, дробление и перемещение горных пород взрывом. Изложена методика определения оптимального ассортимента взрывчатых веществ. Разработан комплекс инженерных методов управления энергией взрыва при дроблении пород.

Дана оценка сейсмического действия взрыва в однородных, неоднородных и наругаемых массивах горных пород, приведены критерии сейсмической безопасности зданий, сооружений и горно-технических объектов. Впервые выдвинута и решена задача об использовании сейсмических колебаний в качестве источника информации о параметрах дробящего и сейсмического действия взрыва.

Книга предназначена для инженерно-технических и научных работников, занимающихся вопросами теории и практики использования взрывов в народном хозяйстве.

ЧЕРНИГОВСКИЙ А. А. Применение направленного взрыва в горном деле и строительстве. Изд. 2, перераб. и доп. 20 л. 1 р. 37 к.

В книге описан механизм взрывного дробления монокристаллических и трещиноватых горных пород, изложены методы управления процессом взрывного дробления и даны практические рекомендации по применению направленного взрыва в горном деле и строительстве. Приведены критерии экономической эффективности транспортирования горной массы энергией взрыва из забоев в отвал, составлены баллистические таблицы, позволяющие построить траекторию движения выброшенного взрывом куска породы в разнообразных топографических условиях. В отличие от первого издания в книге разработаны и обоснованы принципы моделирования процесса дробления горных пород энергией взрыва.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, проектирующих взрывные работы, а также работников научно-исследовательских институтов, занимающихся вопросами повышения эффективности взрывов при выбросе.

*Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или вывезти через отдел «(книга — почтой)» магазинов; № 17 — 199178. Ленинград. В. О.» Средний проспект, 61
Ме 59 — 127412. Москва, И-412, Коровинское шоссе, 20
Издательство «Недра»*