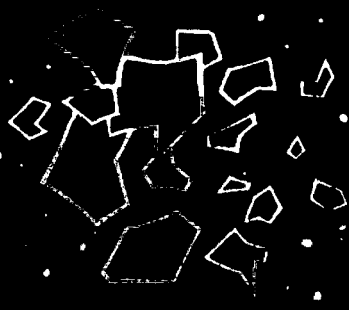


В. Л. ШТЕЙНБУК

# БЕСПЛАМЕННОЕ ВЗРЫВАНИЕ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ



В. Л. ШТЕЙНБУК

БЕСПЛАМЕННОЕ  
ВЗРЫВАНИЕ  
НА УГОЛЬНЫХ  
ШАХТАХ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ УССР

Киев — 1963

6П1.4  
Ш88

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ  
"НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ" СНАБ.  
БИБЛИОТЕКА СССР

Б1

3954

В брошюре рассматриваются существующие методы беспламенного взрывания и обосновывается необходимость широкого их внедрения на шахтах.

Брошюра рассчитана на инженерно-технических работников угольной промышленности, а также может быть использована студентами горных вузов и факультетов.

Рецензент инж. *Вовк А. А.*

Редакция литературы по горному делу и металлургии  
Заведующий редакцией инж. *Н. Т. Кочерга*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

*В Программе Коммунистической партии Советского Союза говорится: «Всемерное оздоровление и облегчение условий труда — одна из важнейших задач подъема народного благосостояния. На всех предприятиях будут внедрены современные средства техники безопасности и обеспечены санитарно-гигиенические условия, устраняющие производственный травматизм и профессиональные заболевания».*

*Улучшению условий и повышению безопасности труда шахтеров наше государство уделяет большое внимание. Успешно ведутся работы по улучшению проветривания, крепления очистных и подготовительных выработок, по предупреждению взрывов метана и угольной пыли, повышению безопасности применения электроэнергии и взрывных работ в шахтах.*

*При разработке угольных месторождений подземным способом большие трудности, свя-*

занные с вопросами безопасности, вызывает ведение взрывных работ.

В настоящее время в угольной промышленности Советского Союза более 50% всего количества угля добывается с применением взрывчатых веществ. Большая часть подготовительных выработок также проводится при помощи буровзрывных работ. Однако применение на шахтах ВВ создает ряд серьезных затруднений, несмотря на появление в последнее время новых безопасных ВВ и электродетонаторов. В ряде же случаев применение ВВ вообще не допускается из-за опасности взрыва метана и угольной пыли и возможности внезапных выбросов.

В связи с этим в ближайшие годы предусмотрено внедрение взрывания с помощью специальных патронов, так называемого беспламенного взрывания.

Применяемые в мировой практике способы беспламенного взрывания можно разделить на три группы:

1) взрывание при помощи углекислого газа (способ «Кардокс»);

2) взрывание при помощи газов, получающихся при химической реакции определенных компонентов (способ «Гидрокс»).

3) взрывание сжатым воздухом (способ «Эйрдокс»).

Кроме того, к беспламенному взрыванию можно условно отнести и так называемое отдавливание угля с помощью гидравлических патронов.

В нашей стране впервые в 1934 г. на шахтах Донбасса были применены патроны кар-

докс конструкции ВУГИ. За 1934—39 гг. с помощью этих патронов было добыто 272,6 тыс. т угля.

В период Великой Отечественной войны работы по внедрению методов беспламенного взрывания были прекращены и только недавно они возобновились. Ознакомление с отечественным, а также с зарубежным опытом внедрения беспламенного взрывания представляет значительный интерес для работников угольной промышленности Советского Союза, тем более, что в зарубежной практике (ПНР, ЧССР, США, Англия и др.) применение этого способа взрывания увеличивается с каждым годом, например, в США этот способ применяется более чем на 200 шахтах.

В данной брошюре рассматриваются различные методы беспламенного взрывания, вопрос о возможности их применения в угольной и других отраслях промышленности Советского Союза.

Отзывы и пожелания просим направлять по адресу: Киев, 4, Пушкинская, 28, Гостехиздат УССР.

---

## ВЗРЫВАНИЕ ПРИ ПОМОЩИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА — метод «Кардокс».

### Углекислый газ и его свойства

Метод беспламенного взрывания с помощью патронов кардокс в настоящее время наиболее распространенный и наиболее изученный.

Наполнителем патронов является углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), физические свойства которого соответствуют требованиям, предъявляемым к патронам беспламенного взрывания. Углекислый газ не поддерживает горения и не дает вредных примесей, что особенно ценно при подземной разработке угольных месторождений.

Углекислый газ, как известно, может находиться в газообразном, жидком и твердом состояниях. При температуре ниже  $-56,5^\circ\text{C}$  он находится в твердом состоянии, при тем-

пературе от  $-56,5^{\circ}\text{C}$  до  $-31,5^{\circ}\text{C}$  может находиться как в газообразном, так и в жидком состоянии (в зависимости от давления). При температурах выше  $-31,5^{\circ}\text{C}$  он находится в газообразном состоянии. При температуре  $-31,5^{\circ}\text{C}$  и при давлении *75 бар* углекислый газ находится в критическом состоянии, которое характеризуется тем, что при понижении давления менее *75 бар* при той же температуре или повышении более  $-31,5^{\circ}\text{C}$  при том же давлении углекислый газ из жидкого состояния переходит в газообразное. Следовательно, если поместить сжиженный углекислый газ в замкнутое пространство и обеспечить подвод к нему тепла, то имеется возможность получения взрывного действия газообразного  $\text{CO}_2$ , объем которого во много раз превышает объем, занимаемый сжиженным углекислым газом.

На этом принципе и устроен патрон кардокс, нашедший широкое распространение в зарубежной угольной промышленности.

### **Патроны кардокс и их устройство**

Конструкция современного патрона кардокс показана на рис. 1. Корпус патрона 4 имеет по концам внутреннюю резьбу. С одной стороны в него ввинчивается зарядная головка 8, в которой расположены отверстия 10 для контактных проводов, идущих от взрывной машинки, и зарядный клапан 9, через который производится наполнение патрона сжиженным углекислым газом 5. С другой стороны корпус патрона закрыт срезным диском 2, который вместе с уплотняющей прокладкой



З прижимается разрядной головкой 1. Корпус патрона, зарядная и разрядная головки изготавливаются с высоким запасом прочности из специальной хромомарганцевой стали.

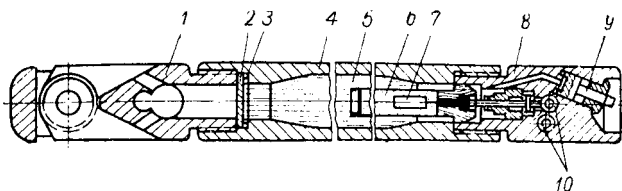


Рис. 1. Патрон кардокс в разрезе.

На рис. 2 изображена зарядная головка, на которой видны две клеммы для подсоединения проводов.

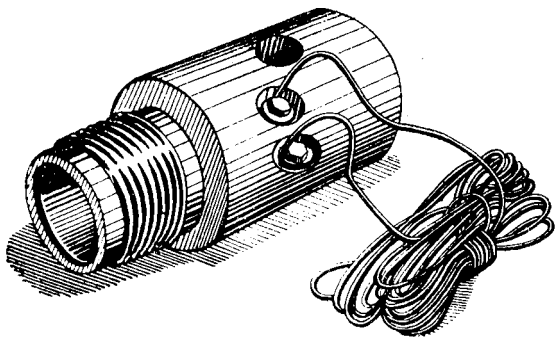


Рис. 2. Зарядная головка патрона кардокс.

Разрядные головки имеют отверстия для выхода углекислого газа. Чтобы предотвра-

тить выбрасывание патрона из шпура, выпускные отверстия в разрядной головке (рис. 3) выполняются под углом к корпусу патрона так, что благодаря реактивной струе вытекающего и одновременно переходящего в газо-

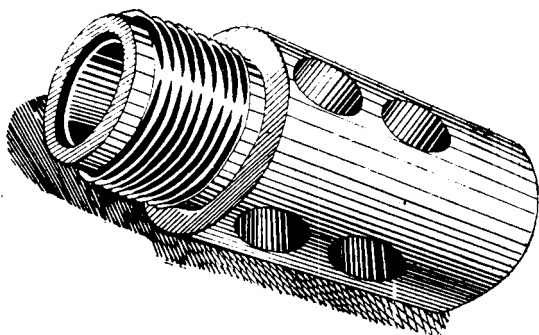


Рис. 3. Разрядная головка патрона кардокс с отверстиями для выхода  $\text{CO}_2$ , расположенными под углом к корпусу патрона.

образное состояние  $\text{CO}_2$  патрон прижимается ко дну шпура. В другой конструкции (рис. 4) выходящие струи углекислого газа воздействуют на специальные клинья, которые, упираясь в стенки шпура, препятствуют выбрасыванию патрона.

Для подготовки патрона кардокс к действию к корпусу привинчиваются обе головки. При этом со стороны зарядной головки в корпус вставляется специальный запал 6 со взрывателем 7 (рис. 1), к которому подводятся контактные провода. Затем испыты-

вается проводимость электросети, устанавливается срезной диск определенной толщины, рассчитанный на срезывание при заданном давлении в патроне, плотно завинчивается разрядная головка. Через клапан наполнения патрон заполняется сжиженным углекислым

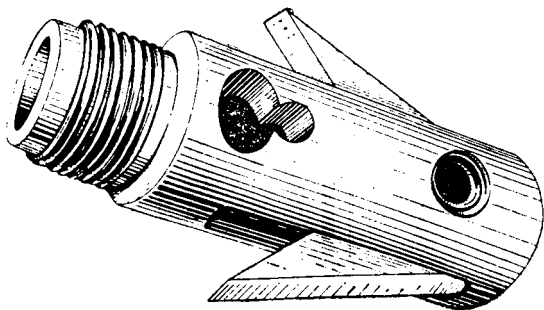


Рис. 4. Разрядная головка патрона кардокс с клиньями.

газом в количестве 100 г на 100 см<sup>3</sup> свободного объема патрона.

Чтобы наполнить патрон необходимым количеством углекислого газа, корпус патрона перед наполнением сильно охлаждается (охлаждающим средством служит тот же углекислый газ). Для контроля заполнения патрон взвешивается до и после наполнения. После вторичного испытания электросети патрон готов к действию. Патроны кардокс различаются размерами, количеством углекислого газа, запалами, срезными дисками. Наименьший изготавливаемый промышленностью

патрон весит 4 кг. Вес заряда углекислого газа колеблется от 110 до 2800 г.

**Запал патрона кардокс.** Важнейшей частью патрона является запал (рис. 5). В описываемом патроне он состоит из картонной

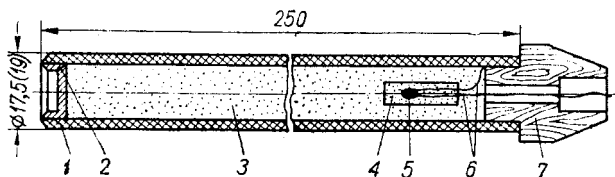


Рис. 5. Запал патрона кардокс.

трубки 1 длиной 250 мм и диаметром 17,5 или 19 мм в зависимости от типа запала. С одной стороны трубки имеется деревянная пробка 7 с отверстием, через которое проходят подводные провода 6. С другого конца трубка запала имеет завальцованное доннышко из белой жести 2. Внутри запал заполнен нагревательным составом 3, состоящим из смеси перхлората калия (56—58%), оксалата аммония (27—28%), салициловой кислоты (9—10%) и касторового масла (1,5%). В запал вмонтирован взрыватель 4 с мостиком накаливания 5.

Запал с таким составом смеси и такой конструкции является трудновзрываемым. Смесь для запала не взрывается под действием трения или ударов, под влиянием атмосферных условий, при косвенном или непосредственном зажигании. Важнейшей особенностью запала является то, что воспламене-

ние смеси возможно, когда на него действует давление, превышающее атмосферное, которое достигается в патроне при наполнении его жидким углекислым газом. Это свойство запала имеет большое значение с точки зрения безопасности. Запал не воспламенится в патроне, в котором отсутствует срезной диск или  $\text{CO}_2$ , даже при срабатывании взрывной машинки. Если бы запал не имел такого свойства, то в случае неправильного изготовления или комплектации при взрывании была бы не исключена вероятность появления открытого пламени, что недопустимо.

Был проведен следующий опыт. Обычный подрывной капсюль был вставлен в запал и взорван. При этом оказалось, что запал разорвался только в том месте, где капсюль входил внутрь его, а на остальную часть запала взрыв не распространился. Этим подтверждается безопасность применения патронов кардокс.

Следует заметить, что в настоящее время в Англии применяют два состава нагревательной смеси, обладающих теми же свойствами, что и предыдущий состав, но еще более безопасных в употреблении:

а) перхлорат калия (85%), асбестовое волокно (1,5%), мононитротолуол (4,5%), керосин (8,5%), касторовое масло (0,5%);

б) перхлорат калия (84%), продукты конденсации фенола (16%).

**Процесс взрывания.** В правильно изготовленном и заряженном патроне кардокс при взрывании из каждых 100 г жидкого  $\text{CO}_2$  образуется 50 л газа. Газообразование происходит

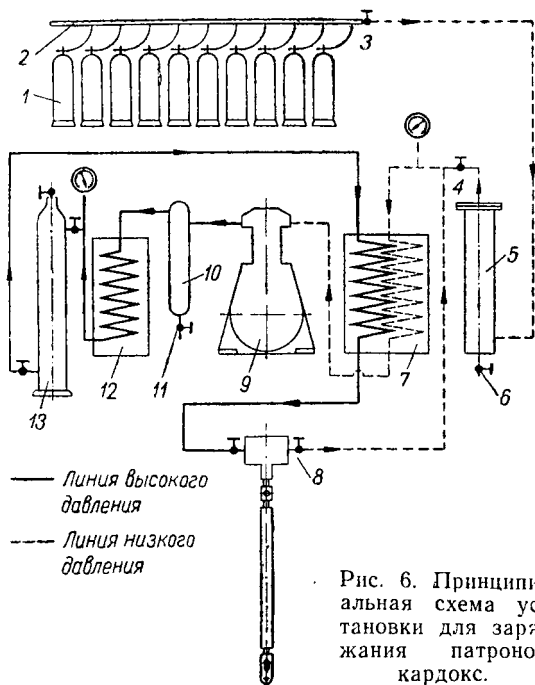
без существенной теплоотдачи (285 дж на 100 г  $\text{CO}_2$ ). Так как одновременно протекают эндотермические и экзотермические реакции, то корпус патрона почти не нагревается. Получающееся во время химической реакции тепло составляет только часть того количества тепла, которое необходимо, чтобы испарился находящийся в патроне весь жидкий углекислый газ.

Однако образующийся в патроне газ настолько повышает давление в патроне (следует учитывать, что при этом возрастает и гидростатическое давление в жидком  $\text{CO}_2$ ), что срезной диск, закрепленный между корпусом патрона и разрядной головкой, срезается, открывая выход  $\text{CO}_2$  наружу через отверстия разрядной головки. Жидкий  $\text{CO}_2$ , вытекая из патрона в шнур, переходит в газообразное состояние. Его объем увеличивается в 500—600 раз по сравнению с первоначальным, при этом в начальный период на стенки шнура действует давление, превышающее 2500 бар. Так как время между срабатыванием взрывной машинки и разрядкой патрона составляет всего около 0,05 сек, то переход жидкого  $\text{CO}_2$  в газообразное состояние носит характер взрыва, при котором и происходит разрушение массива угля или породы.

От срезного диска между двумя зажимными плоскостями остается кольцо в виде шайбы, а внутренняя часть диска выбрасывается в разрядную головку.

**Зарядная установка.** Для перезарядки патрона необходимо установить новый срезной диск и запал и заполнить патрон жидким

СО<sub>2</sub>, для чего служит специальная зарядная установка, принципиальная схема которой изображена на рис. 6.



Зарядная установка работает следующим образом. Коллектор 2 с баллонами 1, вентилем 3 изолируются от цепи наполнения. При открытии вентиля 3 углекислый газ, находящийся в баллонах, по линии низкого давления поступает в осушитель 5, который пред-

ставляет собой стальную трубу, наполненную хлорной известью, поглощающей влагу из проходящего углекислого газа. Влага скапливается в нижней части осушителя и через вентиль 6 периодически удаляется. Далее через регулирующий вентиль 4 углекислый газ попадает в охладитель 7, представляющий собой стальной цилиндр с охлаждающей жидкостью. Двухступенчатый компрессор 9, приводимый в действие электродвигателем мощностью 4 квт, повышает давление от 28 до 50—75 бар. Принцип действия маслоотделителя 10 заключается в уменьшении скорости и изменении направления протекания газа высокого давления, выходящего из компрессора, вследствие чего взвешенные капли масла выпадают из него и через клапан 11 периодически выпускаются. В охладителе 12 углекислый газ охлаждается, конденсируется, а затем накапливается в резервуаре 13. Из резервуара сжиженный углекислый газ равномерно подается для наполнения патронов, проходя перед этим дополнительно через охладитель 7 и добавочно охлаждаясь. При наполнении патрона излишек  $\text{CO}_2$  через клапан 8 и трубопровод вновь поступает в линию низкого давления.

Описанная установка для наполнения патронов  $\text{CO}_2$  предназначена для применения на поверхности. Для зарядки патроны необходимо доставлять на поверхность, а затем транспортировать к забою. Чтобы избежать увеличения расходов на доставку, т. е. повышения стоимости применения патронов кардокс, в Англии была разработана установка, специ-



ально предназначенная для зарядки патронов кардокс под землей (электродвигатель во взрывобезопасном исполнении).

Зарядные установки для наполнения патронов кардокс сжиженным углекислым газом, применяемые как на поверхности, так и под землей, должны находиться в отдельном проветриваемом помещении. Там же должна находиться также аппаратура, предназначенная для измерения электропроводимости, сопротивления и других данных электрической части патронов кардокс.

### **Вопросы безопасности при применении патронов кардокс**

Важнейшим условием безопасности при использовании взрывчатого вещества является правильное его применение. Это условие сохраняется и по отношению к кардоксу. Сам принцип действия патронов уже обеспечивает большую безопасность, чем при применении всех остальных ВВ, что подтвердилось многочисленными испытаниями, проведенными в ФРГ, Англии, США. Однако это обстоятельство не должно освобождать обслуживающий персонал от соблюдения необходимых мер предосторожности, в частности, от замеров газа перед взрыванием.

Как отмечалось выше, перевозка патронов кардокс не представляет опасности, так как нагревательная смесь нечувствительна к ударам и не взрывается от неосторожного обращения.

Невзорвавшийся патрон извлекается из шпура при помощи специального багра. Приступать к разрядке невзорвавшегося патрона можно только через некоторый промежуток времени, так как возможен запоздалый взрыв. Кроме того, следует соблюдать все меры защиты от отлетающих кусков породы и угля, и наконец, в случае вылета патрона из шпура.

Имея несложную конструкцию, патроны кардокс являются очень надежными в эксплуатации, и случаи их отказа весьма редки. Даже большие колебания температуры не уменьшают их надежности. При чрезвычайных обстоятельствах, например, при пожаре на предприятии, когда температура может достичь  $250^{\circ}\text{C}$ , повышение давления в патроне разрушает срезной диск, и углекислый газ вытекает. А так как в этом случае запал не срабатывает, то патрон действует как огнетушитель. Даже если один из многих лежащих вместе заряженных патронов кардокс по какой-либо причине взорвется, то рядом лежащие патроны, благодаря описанному свойству, не взрываются.

Следует отметить еще одну особенность патронов кардокс. При сравнительно низком давлении увеличение объема  $\text{CO}_2$  ведет к тому, что его температура становится ниже температуры окружающих пород, тепло которых передается  $\text{CO}_2$ . Это тепло вызывает дополнительное расширение газообразного  $\text{CO}_2$ , т. е. усиливает его взрывное действие. Следовательно, при применении патронов кардокс в глубоких шахтах, где температура окружающих пород более высокая, эффективность их

применения будет больше, чем в неглубоких шахтах.

Это свойство патронов кардокс особенно ценно для условий Донбасса, где, как отмечалось ранее, средняя глубина шахт возрастает.



Рис. 7. Установка патронов кардокс в шпурах.

Шпуры для патронов готовят обычными бурильными приспособлениями. Диаметр буровой коронки должен быть несколько больше диаметра патрона. Забойка шпура не нужна, так как патрон кардокс сам действует как забойка. Здесь так же, как при использовании ВВ, можно одновременно взрывать несколько подключенных последовательно патронов.

Перед отправкой в шахту патроны необходимо рассортировать таким образом, чтобы при групповом взрывании разница в электрическом сопротивлении патронов одной группы не превышала 1 ом. Количество взрываемых одновременно патронов не ограничивается.

На рис. 7 показана установка патронов кардокс в шпурах угольного пласта перед взрыванием.

### **Испытания патронов кардокс на шахтах Донецкого бассейна**

Следует заметить, что первая отечественная конструкция патрона кардокс была создана еще в 1932 г. (модель ДП), затем появилась модель Д-2. В 1938 г. был создан патрон «Советский кардокс ВУГИ-38».

В СССР работы по совершенствованию патронов были прекращены в связи с началом войны. За рубежом, как известно, работы продолжались и были достигнуты значительные успехи. Поэтому для изучения возможности дальнейшей работы с взрывными патронами необходимо было изучить лучшие зарубежные конструкции патронов для условий угольных шахт СССР.

В 1960 г. на шахтах Донецкого совнархоза проводились испытания патронов кардокс английской конструкции.

Шахта № 12—12-бис расположена на западном склоне Боково-Хрустальской котловины и разрабатывает пласты Алмазной свиты С<sup>5</sup>. По газообильности (80 м<sup>3</sup> метана на 1 т

добычи) шахта сверхкатегорная и является опасной по суфлярным выделениям.

Испытания патронов кардокс производились по пласту  $L_2^1$  «Хрустальский», рабочая мощность которого 0,9—1,0 м, угол падения 8—10°, кровля и почва — глинистые сланцы средней крепости. Из-за высокой газообильности на шахте применялась сплошная система разработки «лава-этаж»; высота этажа 110—120 м.

Выемка в лаве производилась комбайном ЛГД, буровзрывные работы проводились только в нижних и верхних нишах. Применение врубовой машины не допускалось ввиду быстрого скопления в зарубной щели метана в опасной концентрации. Поэтому было принято решение заменить взрывные работы по отбойке угля в нишах с помощью ВВ беспламенным взрыванием с применением патронов кардокс.

Паспортом буровзрывных работ предусматривалось в нише длиной 6 м пробурить 11 шпуров через 0,3—0,4 м с углом наклона 65—85°. В сентябре 1960 г. было произведено 534 взрывания и добыто 480 т угля. Средняя производительность одного патрона составляла 0,9 т.

Ситовыми анализами сортности угля из ниш было установлено, что выход угля класса +100 мм увеличился от 9,8% при применении ВВ до 20% — при патронах кардокс; выход штыбов уменьшился от 32,2 до 28%.

Применение патронов кардокс в нишах позволило улучшить рудничную атмосферу в лавах: количество окиси углерода уменьши-

лось от 0,13 до 0,09 в определенном объеме; количество метана уменьшилось от 0,23 до 0,12, т. е. почти в 2 раза.

На шахте № 13 разрабатывается пласт  $K_7$  «Княгининский» мощностью 0,8—1,0 м.

Пласт имеет двухпачечное строение с включением прослойки глинистого сланца переменной мощности от 0,25 до 0,7 м. Нижняя пачка пласта (0,2—0,25 м) имеет уголь средней крепости; верхняя пачка (0,5—0,6 м) имеет крепкие угли. Угол падения пласта 16—18°.

Для проведения испытаний на шахте № 13 была выделена лава длиной 110 м. Вруб в лаве производился по нижней пачке врубмашиной КМП-3.

Бурение шпуров производилось по верхней пачке; расстояние между шпурами—5 м; отбойка патронами кардокс В.37.

В октябре 1960 г. было сделано три цикла — произведено 200 взрывов и добыто 600 т угля. Средняя производительность патрона по лаве составила 3 т на одно взрывание.

Проведенный ситовой анализ угля из лавы показал, что выход угля класса +100 мм увеличился от 20,5 до 23,7%, выход штыбов уменьшился от 30 до 27%. Значительно улучшилась шахтная атмосфера, запыленность воздуха уменьшилась на 25%.

Как было сказано выше, верхняя пачка угля, по которой производится паление шпуров патронами кардокс, представлена весьма крепкими углями.

Во время взрывания было отмечено несколько случаев выбросов патронов без эф-

фективного рыхления угля. Это дает возможность полагать, что наиболее рациональным является применение патронов кардокс при взрывании по углям мягким и средней крепости.

Дальнейший анализ показал, что при очень крепких углях беспламенное взрывание патронами кардокс менее эффективно, чем при применении взрывчатых веществ, например, ПЖВ-20.

### **Применение патронов в зарубежной угольной промышленности**

Как отмечалось ранее, патроны кардокс находят применение во многих странах, особенно в США, ФРГ, Англии, Франции, Бельгии, ПНР, ЧССР.

В США находят применение 5 типов патронов 18 типоразмеров. Патроны выдерживают по 750 и более взрываний, так как основное внимание здесь уделяется качеству изготовления корпусов. Несмотря на то, что по американским данным стоимость отбойки 1 т угля патронами кардокс в два раза дороже, чем при применении ВВ, количество применяемых патронов кардокс с каждым годом увеличивается, так как в настоящее время все большее значение приобретает улучшение сортности угля. По данным одной из шахт США при применении патронов кардокс выход угля класса +100 мм возрос в 1,5 раза.

В Бельгии патроны кардокс применяют в первую очередь в условиях, где механизация затруднена, т. е. для выемки ниш, для отбой-

ки верхней пачки угля, на крутопадающих пластах и т. п.

В Чехословакии и Польше патроны кардокс не нашли еще широкого применения, но их количество с каждым годом растет.

Широкое применение имеют патроны кардокс в Англии, где ежегодно производится более 2 млн. взрываний. Наибольшее распространение имеют патроны, техническая характеристика которых приведена в табл. 1.

Таблица 1

Техническая характеристика патронов кардокс

Показатель	Тип патрона	
	В.37	F.57
Диаметр, мм	44,5	50,8
Длина, мм	1118	1245
Разрывное давление, бар	1900—2600	1300—3500
Вес заряда углекислого газа, г	550—560	750—900
Общий вес, кг	8,2	12,7
Толщина срезного диска, мм	2,78; 3,66	2,4; 5,16

В Англии допускается взрывание одновременно 6 патронов. Как и в США, здесь уделяется большое внимание улучшению сортности угля, при этом достигнуты хорошие результаты (табл. 2).

Как видно из таблицы, при применении патронов кардокс выход крупнокускового угля увеличивается на 7—18%.



Таблица 2

Данные гранулометрического рассева угля, отбитого обычными ВВ и патронами кардокс на одной из шахт Англии

№ испытаний	Выход угля фракции +150 м.м, %		
	Обычное ВВ	Патроны кардокс	Различие
1	16,4	25,5	+ 9,1
2	33,7	45,9	+12,2
3	34	41,2	+ 7,2
4	21	28,9	+ 7,9
5	19,9	37,8	+17,9

### Преимущества и недостатки патронов кардокс

Преимуществами патронов кардокс являются:

1) безопасность при транспортировании, взрывании, ликвидации осечек и уборке подорванного угля;

2) отсутствие вредных продуктов взрыва;

3) значительно меньшее сотрясение кровли, чем при применении ВВ, что способствует упрощению и улучшению крепления в забое;

4) улучшение сортности угля;

5) уменьшение зольности угля, так как с помощью патронов кардокс можно вести селективную добычу;

6) возможность использования менее квалифицированной рабочей силы;

7) обеспечение лучших способов ведения работ и более эффективных методов организации труда.

Применение патронов кардокс дает прежде всего возможность провести максимальную концентрацию работ на участке, в лаве или камере и добиться, благодаря этому, того максимального эффекта, который обуславливается преимуществами и удобствами такой концентрации.

Во многих странах, например, в Англии, производство взрывных работ приурочено к отдельным сменам или к промежуткам между сменами, так как взрывание в лаве, особенно в шахтах, опасных по газу и пыли, представляет большую опасность. Кроме того, взрывание ВВ требует перерыва в работе и некоторого времени для проветривания забоя. Применение патронов кардокс дает возможность избежать этих нерациональных потерь времени, а это способствует тому, что за одну смену удастся произвести взрывные работы 2—3 раза, т. е. значительно увеличить добычу. Это особенно четко видно из опыта американских шахт и рудников, где концентрация работ доведена до максимально возможной, что в свою очередь повысило эффективность доставочных машин, сократило расходы на проветривание и доставку материалов, улучшило условия поддержания выработки и облегчило надзор за ведением горных работ.

Недостатками применения патронов кардокс являются:

- 1) необходимость иметь зарядную станцию;
- 2) доставка патронов; подсчитано, что для обеспечения лавы таким количеством патронов кардокс, которое было бы эквивалентно

по количеству отбитого угля определенному количеству ВВ, необходимо доставить груз, в 9—12 раз превышающий груз, необходимый при применении ВВ;

3) некоторое удорожание взрывных работ;

4) большой диаметр патронов, повышающий расходы на бурение шпуров.

Несмотря на эти недостатки, применение патронов кардокс является перспективным, поэтому необходимо продолжать начатые в нашей стране работы по их испытанию, конструированию и внедрению.

Более высокая себестоимость угля при применении патронов кардокс не является помехой, так как в дальнейшем стоимость применения патронов кардокс будет уменьшаться.

**Применение патронов кардокс в различных отраслях промышленности.** Наряду с широким применением в шахтах, опасных по газу и пыли, где опасно или недопустимо применение обычных взрывчатых веществ, патроны кардокс находят применение в серных рудниках, отвалах отработанных смол и др.

Патроны кардокс применяют для разрыхления слежавшейся аммиачной селитры. Аммиачная селитра и ее смеси при продолжительном хранении (особенно в больших количествах) спекаются, образуя твердую трудно-разрыхляемую массу. В 1921 г. в Оппау (Германия) произошла крупная катастрофа, когда по неизвестной причине взорвалось 4500 т селитры, состоящей из 50% сульфата аммония и 50% нитрата аммония. При этом погибло 509 человек и было ранено 1917. Об-

разодалась воронка длиной 165 м, шириной 96 м и глубиной 18,5 м. После этого было запрещено производить взрывные работы на складах с помощью всех видов ВВ.

Однако опыты по применению патронов кардокс на складах продолжались. Обычные ВВ из аммиачной селитры помещали в толстостенные железные трубы и пытались взорвать с помощью патронов кардокс. Во всех 20 проведенных опытах ВВ, состоящее из 78% нитрата аммония, 14% тринитротолуола, 6% нитроглицерина и 2% опилок, не взрывалось.

В ряде стран патроны кардокс применяют также для специальных взрывных работ на горных предприятиях, добывающих различные руды и минералы, в металлургической и строительной промышленности.

Особо следует остановиться на применении патронов кардокс для разрушения металлических спекшихся массивов в доменных печах («козлов»)\*.

Доменные печи периодически останавливают для капитального ремонта на длительный срок (30—50 суток). При этом в зависимости от полезного объема печи, степени разрушенности кладки и других причин вес доменных «козлов» может быть от 300 до 3200 т, диаметр от 5 до 10,5 м, высота 2—6,5 м. Формы «козлов» отличаются большим разнообразием. Один из «козлов» в доменной печи объемом 1300 м<sup>3</sup> показан на рис. 8.

---

\* «Козлами» называют образующиеся в горне доменной печи металлические и шлаковые массивы, которые удаляются во время ее капитального ремонта.

По составу «козел» представляет собой неоднородную массу: верхняя часть *б* представлена конгломератом чугуна, извести, графита

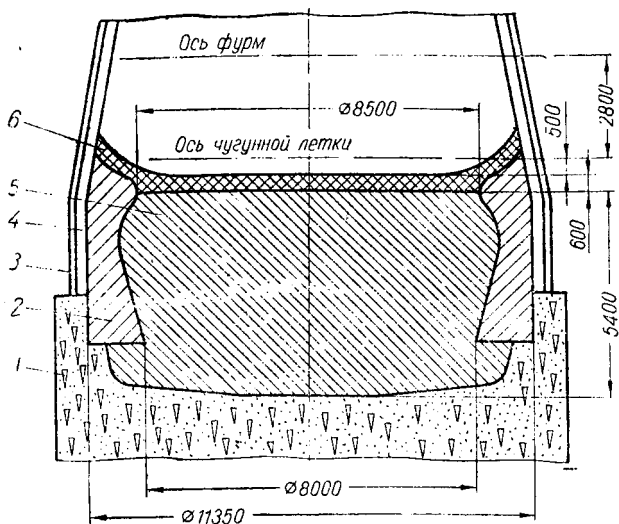


Рис. 8. «Козел» в доменной печи объемом 1300 м<sup>3</sup>:  
 1—фундамент печи; 2—лещадь; 3—броня; 4—холодильники  
 печи; 5—основной массив металлического «козла»; 6—верх-  
 няя часть «козла».

и кирпичной кладки; со стороны боковых поверхностей на глубину 0,5—1,0 м непосредственно к металлическому (чугунному) массиву «козла» *5* примыкает спекшаяся кладка с прожилками чугуна.

В настоящее время разделка доменных «козлов» производится при помощи взрывных работ обычными ВВ; шпурсы прожигают спе-

циальной прожигательной трубкой при помощи кислорода.

Крупным недостатком применения ВВ для взрывания «козлов» является необходимость предохранения окружающих сооружений, механизмов, оборудования от разлетающихся кусков и осколков. Для этого над «козлом» на уровне фурменных отверстий устраивают перекрытие из двух рядов накрест уложенных металлических балок. Сверху балки накрывают стальными листами толщиной 20—30 мм и скрепляют с ними болтами. Кроме того, внутри печи ставится сплошной забор из бревен диаметром 20—25 см или металлические щиты.

После устройства всех защитных приспособлений взрывание «козла» производится, как бы в бронееме, внутреннюю стенку которой образуют горновые холодильники 4, а наружную — броня 3.

При капитальных ремонтах доменных печей горновые холодильники чаще всего заменяются новыми, поэтому во время взрывных работ допускается их повреждение. Однако броня горна печи заменяется не всегда, в связи с чем принимаются меры для предупреждения ее повреждения.

Во время работы иногда приходится по несколько раз восстанавливать перекрытие. Вся работа по разделке «козла» требует на устройство и восстановление перекрытия от 25 до 115 т металлоконструкций и от 5 до 65 м<sup>3</sup> лесоматериалов (в зависимости от полезного объема доменной печи, веса «козла» и ряда других факторов). Все это увеличива-

ет ремонтный срок, т. е. простой доменной печи, и стоимость ремонта становится весьма значительной. В связи с этим потребовались такие средства взрывания, применение которых не требует устройства металло- и деревяемых перекрытий и при использовании которых не происходит разрушения холодильников и брони доменной печи.

Таким средством взрывания являются патроны кардокс, применение которых во много раз уменьшит стоимость и сократит сроки ремонта доменных печей.

В Англии в металлургической промышленности для дробления «козлов» применяют в основном патроны типа F.57, описанные выше. В СССР патроны кардокс в металлургической промышленности еще не нашли широкого применения.

---

## ВЗРЫВАНИЕ ГАЗАМИ, ПОЛУЧАЮЩИМИСЯ ПРИ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ОПРЕДЕЛЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ

### Взрывные патроны гидрокс

**Общие сведения.** Успешное использование в угольной промышленности специальных патронов, наполненных сжиженным углекислым газом, объем которого при разрядке в шпурах возрастает во много раз, подтвердило предположение, что при значительном увеличении объема газообразных продуктов при переходе веществ из одного состояния в другое имеется возможность отбойки горной массы без применения обычных ВВ.

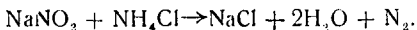
Необходимость специальной зарядной станции и другие причины потребовали создания новых средств беспламенного взрывания, которые обладали бы положительными свойствами патронов кардокс и были проще и экономичней.



Такие патроны были впервые созданы в Советском Союзе. В первых образцах новых патронов вместо сжиженного углекислого газа применялась обычная вода; поэтому патроны получили название гидрокс. В патрон вводилось 200—300 г воды, он мало чем отличался от первых образцов патронов кардокс. Испытания патронов проводились на одной из шахт Донецкого бассейна. Оказалось, что из-за получающегося при взрыве гидравлического удара и ряда других недостатков, они имеют очень малый срок службы. Поэтому после нескольких взрываний опыты были прекращены.

В дальнейшем было предложено заменить воду смесью химических соединений, при реакции между которыми значительно возрастал бы объем и давление получающихся газообразных веществ, производящих работу по отбойке угля или породы.

**Патроны гидрокс старого образца.** Конструктивное оформление патронов гидрокс аналогично патронам кардокс. В первых образцах патронов (рис. 9) необходимый для отбойки горной массы газ получался при реакции между нитритом натрия и хлористым аммонием по формуле



При этой реакции получается 47% поваренной соли, 30% паров воды, 23% азота. Заряд весом 380 г давал около 0,2 м<sup>3</sup> газов. В связи с тем, что одной из составляющих газообразных продуктов являются пары воды, эти патроны сохранили название гидрокс.

Химическая смесь для патронов гидрокс приготавливалась в гранулированном виде и засыпалась в патрон на зарядной станции на поверхности шахты. Применение порошкообразных химических веществ позволило пере-

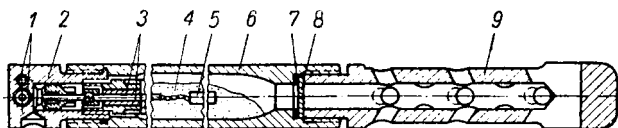


Рис. 9. Патрон гидрокс старой конструкции:

1—отверстия для проводов от источника тока; 2—зарядная головка; 3—провода; 4—главный заряд; 5—запал; 6—корпус; 7—уплотнение; 8—срезной диск; 9—разрядная головка.

заряжать патроны без какой-либо специальной установки, что явилось большим преимуществом по сравнению с патронами кардокс. В остальном и действие и результаты работы аналогичны.

### Усовершенствованный патрон гидрокс

Существенный недостаток первых образцов патронов гидрокс—это необходимость транспортирования патронов от забоя на поверхность для перезарядки и обратно на шахту для использования.

В течение последних лет была проделана большая научно-исследовательская работа, направленная на устранение недостатков первых патронов гидрокс, в первую очередь, на

обеспечение возможности перезаряжания патронов в самой лаве или вблизи нее.

Для безопасности перезарядки патронов под землей необходимо, чтобы все элементы патрона были безопасны при применении в газо- и пылеопасной среде. Кроме того, получающиеся при взрывании газы должны быть безопасными для людей. Необходимо также, чтобы рабочий, производящий взрывание, имел возможность производить зарядку и перезарядку патронов быстро и просто, насколько это возможно в подземных условиях.

Установлено, что наиболее безопасным, экономичным и рациональным обеспечением важнейшего требования безопасности при случайном взрыве заряда, находящегося вне патрона, явилось бы создание такой композиции заряда, в которой не могла бы возникнуть самопроизвольная реакция при атмосферном давлении.

В то же время этот состав должен давать сравнительно быструю реакцию при давлении, несколько превышающем атмосферное.

В сочетании с небольшим запалом, который должен быть инициатором реакции и не давать ни вспышки, ни пламени, а также со специальным детонатором, удалось получить патрон гидрокс, обеспечивающий полную безопасность применения в любых шахтных условиях.

Патрон (рис. 10) состоит из высокопрочного металлического корпуса *б*, имеющего по концам внутреннюю резьбу. С одного конца в корпус ввинчивается разрядная головка *д*, имеющая по периферии одиннадцать (в неко-

торых конструкциях восемнадцать и более) отверстий для выхода газов из патрона, которые выполнены под углом к оси патрона, что препятствует выбросу его из шпура. Между корпусом и разрядной головкой помещается уплотнение 8. С другой стороны в корпус патрона ввинчивается зарядная головка 1, к клеммам которой подсоединяются провода от взрывной машинки (на рисунке не показаны) и провода 2, идущие к детонатору 4. Детонатор помещен в запале 5, который в свою очередь помещен в главный заряд 3.

Детонатор, запал и главный заряд заключены в гильзу, закрытую со стороны разрядной головки пластмассовой пробкой 7.

**Детонатор** гидрокс № 5 (рис. 11). Со стороны зарядной головки главный заряд закрыт картонной крышкой, через которую выходят проводники от электровоспламенителя.

По внешнему виду детонатор похож на обычный электрический детонатор и

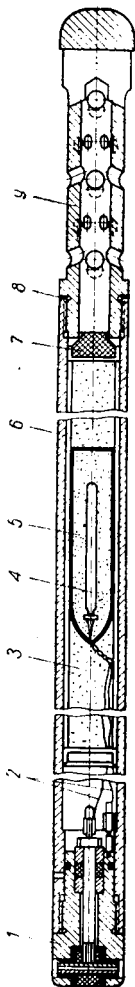


Рис. 10. Разрез патрона гидрокс усовершенствованной конструкции.

представляет собой герметическую медную гильзу 1 длиной 87 мм и диаметром 6,5 мм, внутри которой смонтирован мостик накаливания 3 и находится небольшой прессованный заряд малогазового нагревательного состава 2. Большая часть гильзы (55 мм) — пустая.

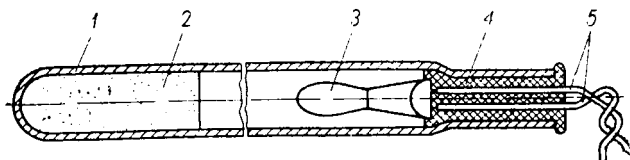


Рис. 11. Детонатор гидрокс № 5.

Использование состава, выделяющего при реакции мало газов, дает возможность при правильном выборе воздушного пространства над спрессованным зарядом удерживать все продукты реакции внутри детонатора без риска разрыва медной гильзы. Детонатор закрыт пробкой 4, через которую проходят провода 5. При пропускании тока от мостика накаливания воспламеняется нагревательный состав, а медная гильза нагревается до темно-вишневого цвета. При этом нет ни вспышки, ни открытого пламени.

Теплом нагретой медной гильзы возбуждается реакция в окружающем ее специальном запале, который вместе с самим детонатором заключен в мягкую двойную гильзу из бумаги и пленки пластиката. Этот состав, в свою очередь, возбуждает реакцию в главном заряде патрона.

Многочисленные испытания показали, что температура, получающаяся при срабатывании детонатора, не настолько высока, чтобы мог произойти взрыв смеси метана и воздуха в сильно загазованной выработке и даже при проникновении метана в корпус патрона.

**Запал.** Состав запала должен быть таким, чтобы он мог быстро реагировать при срабатывании детонатора. При составлении запала исходили из того, что он должен не только возбудить реакцию в главном заряде, но и сам по себе при реакции выделить как можно больший объем газа, тем самым усиливая действие патрона. Вместе с тем состав должен быть абсолютно безопасным во взрывоопасной среде.

Вначале в качестве источника образования газа в запале был использован нитрат аммония; при этом оказалось, что при распаде этой соли в большинстве случаев образуются окислы азота, что нежелательно. Поэтому вместо нитрата аммония применили нитрат гуанидина, который оказался подходящим для данной цели. Реакция происходила между нитратом гуанидина и персульфатом калия в присутствии хлористой меди.

Этот состав давал при реакции несколько повышенную температуру и впоследствии персульфат калия был заменен персульфатом аммония. В настоящее время применяется следующий состав (в %):

Нитрат гуанидина . . . . .	57,5—60,7
Пересульфат аммония . . . . .	35,0—38,0
Хлористая медь . . . . .	2,2— 4,2
Каолин . . . . .	0,1— 1,1
Касторовое масло . . . . .	0,1— 1,1

Состав обладает всеми требуемыми физическими и химическими свойствами и является взрывобезопасным при изготовлении, складировании и транспортировании.

**Главный заряд** помещен в картонной гильзе. Реакция в главном заряде не должна начинаться самопроизвольно и проходить при атмосферном давлении, но при активизации запалом реакция должна происходить быстро.

Газы должны быть не горючие и не ядовитые, состав — взрывобезопасный; удельный объем газа — высокий. Состав должен быть недорогим и не приходить в негодность при длительном хранении.

В результате многочисленных опытов был принят следующий состав главного заряда (в %):

Аммиачная селитра . . . . .	45,7—50,5
Гексагидрат нитрата магния . . . . .	33,0—36,0
Древесная мука . . . . .	14,0—16,0

При реакции выделяются следующие газообразные вещества: углекислый газ, азот и водяные пары, которые не являются воспламеняющимися или ядовитыми, но все они являются гасителями пламени. При этом значительно уменьшается количество твердого остатка по сравнению с первыми образцами патронов: там твердый остаток (NaCl) составлял 47%, а здесь (MgO) только 5%. Кроме улучшения к. п. д. патрона, это способствует уменьшению коррозии самого корпуса патрона, т. е. увеличивает срок его службы.

Из всех предложенных составов главного заряда последний состав является наиболее подходящим к тем требованиям, которые предъявляются к патронам гидрокс.

Правда, в связи с большим количеством аммиачной селитры в этом составе, главный заряд очень гигроскопичен, поэтому патроны необходимо хранить в специальных пластмассовых мешках.

**Перезарядка патронов в подземных условиях.** Для облегчения перезарядки патронов в подземных условиях детонатор, запал и главный заряд собираются не отдельно, как в предыдущей конструкции, а как единое целое. Следовательно, взрывнику приходится иметь дело с меньшим количеством деталей. Заряды собирают в огнестойкие бумажные трубы, закрытые с обеих концов. Через один торец трубы выходят концы проводов от детонатора, благодаря чему обеспечивается более тесный контакт между детонатором, запалом и главным зарядом. На рис. 12 показан патрон гидрокс и его основные узлы.

Чтобы произвести зарядку патрона гидрокс старой конструкции, необходимо было произвести почти полную разборку патрона (снять зарядную и разрядную головки и т. д.). Для выполнения этих операций необходимо соответствующее оборудование (тиски и гаечные ключи). Вполне понятно, что эти операции приемлемы при зарядке на зарядной станции на поверхности. Для зарядки патронов непосредственно в шахте необходимо, чтобы количество съемных деталей было минимальным. Для решения этой проблемы бы-



ло установлено, что патроны должны заряжаться с одного конца, т. е. в этом случае придется снимать только одну головку патро-

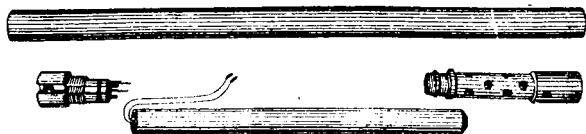


Рис. 12. Общий вид английского патрона гидроксидной новой конструкции и его основные узлы.

на. Были проведены исследования, которые показали, что наиболее рациональным будет метод зарядки со стороны зарядной головки.

Самым сложным оказалось нахождение способа замены или предохранения срезного диска. В патроне старой конструкции для установки срезного диска приходилось снимать также разрядную головку, как в патроне кардокс, но для новой конструкции это было неприемлемым. Были проведены большие исследовательские работы: применялись стальные и пластмассовые диски с резиновыми уплотнениями и без них, и, наконец, были созданы специальные пластмассовые пробки, имеющие форму усеченного конуса. Являясь составной частью главного заряда, пробка при помещении заряда в патрон входит в круглое отверстие разрядной головки. В начале реакции, когда давление еще не достигло максимального, заряд продвигается вперед, и пласт-

массовая пробка служит эффективным уплотнением.

При повышении давления пробка распыляется, открывая выход газам через отверстия разрядной головки.

Благодаря тому, что в начальный период взрыва обеспечивается уплотнение камеры главного заряда с помощью пластмассовой пробки, в том случае, когда заряд по небрежности рабочего или по какой-либо другой причине не будет установлен на место, все равно он в процессе взрыва устанавливается на место, обеспечивая необходимое уплотнение и соответствующее повышение давления в патроне.

### **Патроны гидрокс на шахтах Англии**

На нескольких шахтах в Англии были проведены испытания патронов гидрокс, а также кардокс для взрывания по углю и по породе.

Из табл. 3 видно, что из взорванных 215 патронов оказалось 9 отказов, т. е. у 4%, причем почти все случаи отказа не связаны с конструкцией патрона. При сравнительных испытаниях патронов гидрокс и кардокс оказалось, что гидрокс несколько превосходит кардокс при подрывке кровли. При отбойке по углю степень их действия приблизительно одинакова, но патроны гидрокс меньше отбрасывают уголь от забоя, что облегчает по-

Таблица 3

## Результаты испытаний патронов гидрокс в Англии

Шахта	Количество взрываний			Всего	Отказы	
	по углю	по породе			невзорвавшиеся патроны	осечки
		для подрывки кровли	в бутовых штреках			
А	47	36	—	83	2	2
Б	55	—	27	82	—	2
В	50	—	—	50	3	—
Итого	152	36	27	215	5	4

грузку и способствует сохранению призабойной крепи.

Разработано несколько патронов различных типоразмеров (табл. 4), которые можно перезаряжать в подземных условиях.

Таблица 4

## Характеристика патронов гидрокс

Тип патрона	Размеры патрона		Вес, кг	Вес заряда, г	Теоретическое давление, необходимое для разрыва диска, бар
	длина, мм	наружный диаметр, мм			
В-37	915	44,5	8,15	180	1830
Ф-57	1270	50,8	12,70	230	1830
С-74	1090	63,5	16,75	300	1410
LP-2,5L	1675	63,5	19,0	420	1270

В шахтных условиях наиболее полно были испытаны патроны В.37 и F.57. Первый из них имел много недостатков, а второй показал хорошие результаты по углю и породе.

Предварительные испытания патрона С.74 также дали хорошие результаты.

Для окончательного решения вопроса о безопасности применения патронов гидрокс были проведены испытания патронов в штрэке угольной шахты в 6- и 9%-ных смесях метана и воздуха при наличии большего количества взрывоопасной пыли. При этом в конструкции патронов предусматривались специальные отверстия, через которые смесь «воздух-метан» проникала в корпус патрона.

Было также произведено взрывание патрона в стальной трубе, иммитирующей шпур, в взрывной камере, наполненной взрывоопасной смесью метана, воздуха и угольной пыли. Во время всех этих испытаний не произошло ни одного взрыва метано-воздушной среды, что подтверждает полную безопасность применения патронов гидрокс для отбойки угля.

Взрывание патронами гидрокс имеет все те же преимущества, что и кардокс, причем производительность одного взрывания на шахтах Англии составляет от 3 до 4 т. Особо следует отметить улучшение сортности добываемого угля. Так, замеры показали, что при взрывании патронов гидрокс В.37 выход угля класса +50 мм составлял 42,3%, при взрывании патрона F.57 — 42,0%.

## Применение патронов гидрокс на шахтах Донецкого бассейна

В 1960 г. патроны гидрокс испытывались на шахтах № 21 и «Садово-Хрустальской», треста «Краснолучуголь», Донецкого совнархоза.

Шахтное поле шахты № 21 расположено на северном крыле Боково-Хрустальской котловины, на южном склоне главного Донецкого водораздела. Поле шахты состоит из трех рабочих пластов мощностью от 0,67 до 0,84 м, угол падения которых меняется от 5 до 32°. Шахта разрабатывает 2 пласта ( $L_2$  и  $L_3$ ), по газообильности она отнесена к сверхкатегорной.

Опытно-промышленное внедрение патронов гидрокс производилось в 8-й Западной лаве пласта  $L_3$  «Алмазный», который представлен крепким антрацитом с явно выраженными трещинами кливажа. Пласт разделен прослойками глинистого сланца мощностью 0,3—0,35 м. Кровля и почва пласта — глинистые сланцы средней крепости.

Для отбойки угля в лаве был применен английский патрон гидрокс В.37, испытания которого в Англии вскрыли его серьезные недостатки.

Подрубка пласта производилась врубовой машиной КМП-3, а бурение шпуров—ручным электросверлом. Расстояние между шпурами составляло 0,8 м. Всего было произведено 35 000 взрывов и добыто 80 000 т угля. Средняя производительность одного взрывания составила 2,3 т.

Таблица 5

## Сортность угля в зависимости от вида выемки

Место выемки	Фракция угля, мм	Вид выемки		
		комбайном	с применением обычного ВВ	с применением пат- ронов гидрокс
Пласт $L_3$ „Ал- мазный“ 8-я Западная лава	+100	4,4	6,3	11,1
	100—25	8,8	14,3	13,7
	25—13	11,6	15,6	13,5
	13—6	18,4	17,6	15,2
	6—3	8,1	10,2	19,2
	—3	48,7	36,0	27,3

В результате применения патронов сортность угля значительно улучшилась, что видно из табл. 5, в которой приводится сравнение сортности угля, получаемого при выемке комбайном, отбойке ВВ и патронами гидрокс. Данные, приведенные в таблице, говорят о значительном увеличении выхода крупно-средних сортов угля и уменьшении выхода штыбов. Следует отметить, что шахта ежемесячно отгружала около 4000 т штыбов; убытки составляли 21 коп. (в ценах 1961 г.) на 1 т угля.

Применение патронов гидрокс только в одной 8-й Западной лаве позволяло производить отгрузку шахтой угля с содержанием мелочи 30% при норме 35%, что принесло шахте значительную экономию.

Проведенные замеры пыли показали, что если при применении ВВ запыленность возду-

ха составляла  $350 \text{ мг/м}^3$ , то при применении патронов гидрокс —  $80 \text{ мг/м}^3$ , т. е. снизилась почти в 4,5 раза.

Представляют интерес испытания патронов гидрокс на шахте «Ветка-Глубокая», треста «Куйбышевуголь», Донецкого совнархоза, так как эти испытания, проведенные в сложных и разнообразных условиях, выявили их дополнительные достоинства и недостатки, а также определили возможности применения патронов гидрокс в отечественной угольной промышленности.

На шахте патроны применялись при выемке ниш, при прохождении вентиляционного штрека и бремсберга.

Испытания еще раз подтвердили безопасность применения патронов, но вместе с тем выяснилось, что эффективность взрывания может быть достигнута только при наличии двух и более плоскостей обнажения забоя, т. е. взрывание по целику нецелесообразно.

Были определены наиболее экономичные размеры шпуров. Диаметр их должен быть на 5—7 мм больше диаметра патрона. Длина шпура должна быть на 0,5—0,6 м больше длины патрона, так как во избежание выбрасывания патрон не должен досылаться до дна шпура на 150—250 мм. Оставляют также место для забойки, применение которой в некоторых случаях необходимо.

Шпур должен быть строго прямолинейным с небольшим наклоном снизу вверх для удобства расштыбовки. При искривлении шпура патрон не войдет в него, при отсутствии на-

клона потребуется более тщательная расшты-  
бовка шпура буровой штангой, что приводит  
к его расширению, а это уменьшает эффект  
взрывания.

На шахте «Ветка-Глубокая» при примене-  
нии патронов гидрокс были получены невысо-  
кие результаты. Это объясняется тем, что у  
зарядов гидрокс, примененных на шахте, срок  
годности истек за 6—8 месяцев до их приме-  
нения и были нарушены правила транспорти-  
рования и хранения зарядов, что привело к  
большому числу отказов (46% от общего чис-  
ла взрывов).

К недостаткам патронов гидрокс можно  
отнести сравнительно небольшой срок служ-  
бы корпуса патрона, зарядной и разрядной  
головок и необходимость бурения шпуров по-  
вышенного диаметра.

---



## ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВЗРЫВАНИЯ ДЛЯ ОТБОЙКИ ГОРНОЙ МАССЫ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

При пневматическом взрывании в специальный патрон, вставленный в шпур, подается воздух, сжатый под большим давлением. При достижении определенного давления происходит разрядка патрона. При быстром освобождении сжатого под большим давлением воздуха внутри шпура происходит отбойка горной массы, количество и размеры которой зависят от габарита используемого патрона, разрядного давления, размеров шпура и физических свойств угля или породы.

Первые эксперименты по применению сжатого воздуха для отбойки были проведены в США еще в 1934 г., но из-за отсутствия работоспособного компрессора этот метод практического применения не получил. Только с

1946 г. он стал широко применяться. В настоящее время в США более 20% всего угля добывается при помощи отбойки сжатым воздухом, которая находит все большее распространение и в других странах, особенно в Англии. Из 70 млн. взрываний, проведенных на английских шахтах в 1959 г., 2 млн. взрываний были проведены с помощью сжатого воздуха. К настоящему времени накоплен значительный опыт по применению этого метода в длинных забоях, т. е. в условиях, аналогичных Донбассу. Поэтому ознакомление с опытом применения пневматического взрывания на английских шахтах представляет для нас особый интерес.

В дальнейшем оказалось, что система пневматического взрывания может конкурировать с существующими системами и в экономическом отношении. Диапазон применения пневматического взрывания на шахтах растет с каждым годом. Оно применяется не только для отбойки угля, но и породы, в частности, для подрывки кровли в бутовых штреках.

Обладая преимуществами патронов кардокс и гидрокс, пневматическое взрывание обладает наибольшей безопасностью из всех средств беспламенного взрывания. Кроме того, пневматическое взрывание не требует транспортирования патронов для зарядки, а сжатый воздух, освобожденный из патрона, способствует дополнительному проветриванию забоя и дает возможность ведения взрывных работ без вывода людей из лавы.

## Компрессоры высокого давления

Когда начали применять систему беспламенного взрывания, были сконструированы специальные компрессоры, позволяющие получить сжатый воздух высокого давления. За прошедший период времени компрессоры были усовершенствованы и начали изготавливаться во многих странах. В Англии в настоящее время применяют два типа компрессоров: «Армстронг» (изготавливает английская фирма «Олин Мэтьюсон и К°» и американские фирмы) и «Эйрдокс» (изготавливает английская фирма «Кардокс»). Все системы пневматического взрывания отличаются только типами используемых патронов и компрессоров; в остальном они принципиально одинаковы.

Компрессор «Армстронг» (рис. 13) вместе с двигателем и охладителями монтируется на одной раме и имеет следующие размеры: длину 3,81 м, ширину 1,52 м и высоту около 0,9 м. Двигатель мощностью 67 квт может работать при напряжении 550 или 3300 в. Компрессор обеспечивает давление до 840 бар при производительности 2,6—2,8 м<sup>3</sup>/мин. Вес установки — около 4 т.

Компрессорная установка поршневого типа имеет 6 цилиндров, каждый из них представляет одну ступень в цикле многоступенчатого сжатия (табл. 6). Первые четыре цилиндра изготовлены из чугуна, а пятый и шестой — из термически обработанной легированной стали.

После каждой ступени компрессора установлен промежуточный охладитель, который

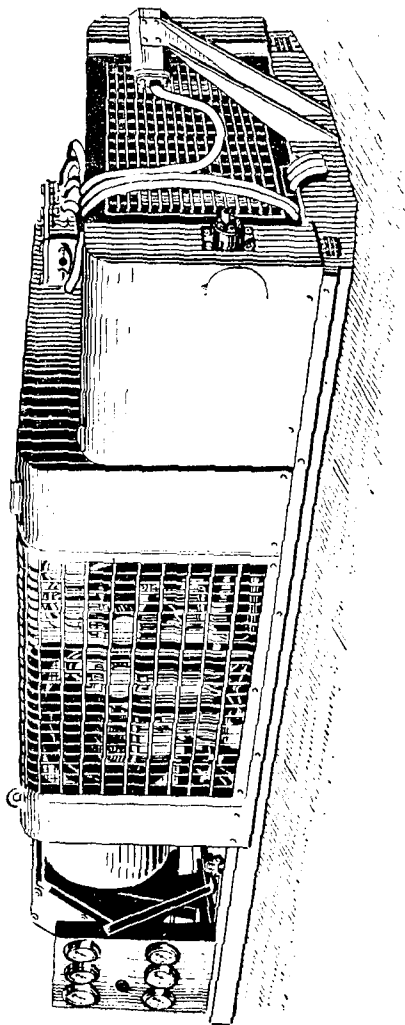


Рис. 13. Общий вид компрессора «Армстронг».

## Характеристика процесса многоступенчатого сжатия

Ступень	Диаметр цилиндра, мм	Ход поршня, мм	Давление, бар
1	254	114	2
2	146	114	8
3	98	63	27
4	67	63	77
5	38	63	266
6	22	63	840

необходим для охлаждения воздуха, нагревающегося в процессе сжатия. После 2, 3 и 4-й ступеней установлены влагоуловители. В системе имеется также масляный фильтр.

Нагнетаемый воздух, прежде чем поступить в резервуар, проходит через сухой войлочный фильтр, добавочный охладитель и влагоуловитель.

Работа компрессора регулируется автоматически. Компрессор оборудован специальным прибором, который через цепь управления двигателем обеспечивает остановку компрессора при превышении допустимого давления и пуск при падении давления ниже определенной величины. Обычно в качестве максимальной и минимальной величины давления принимается 770 и 665 бар, но они могут меняться в зависимости от условий применения взрывных патронов, длины трассы и ряда других причин. При автоматической остановке компрессора все цилиндры, кроме первого, сообщаются с атмосферой, а второй и шестой цилиндры имеют разгрузочные клапаны, кото-

рые выпускают воздух в первый момент после включения двигателя. Кроме того, имеется специальное замедляющее устройство, которое дает возможность двигателю развить полную скорость до того, как произойдет переключение клапанов и начнется сжатие воздуха, благодаря чему повторный пуск компрессора всегда происходит без нагрузки.

На более современных компрессорах для предохранения системы используется плавкая предохранительная трубка, смонтированная на трубопроводе высокого давления. Разрыв линии происходит в том случае, если давление превысит 913 бар.

Для контроля температуры применены термометры с датчиками и реле, отключающими двигатель при повышении температуры выше допустимой. Термометры устанавливаются у входного отверстия для воздуха, у шестой ступени, у головки цилиндра пятой ступени и на стенке кривошипной камеры.

Из остальных предохранительных средств можно упомянуть изоляционный блок, который предотвращает переход блуждающих токов из машины в систему трубопровода, и медную трубку между компрессором и стальным трубопроводом для амортизации колебаний компрессора.

Компрессор «Эйрдокс» (рис. 14) имеет производительность 2,6 м<sup>3</sup>/мин и развивает давление до 700 бар. Привод компрессора осуществляется через клиноременную передачу от электродвигателя мощностью 56 квт. Число оборотов коленчатого вала 416. Компрессор шестиступенчатый (табл. 7).

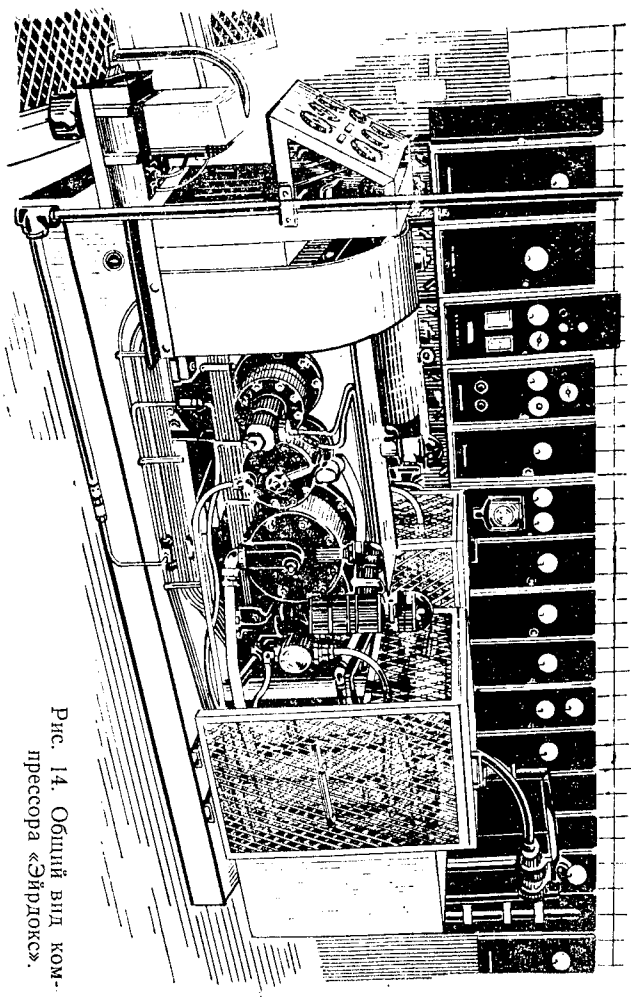


Рис. 14. Общий вид ком-  
прессора «Айрдокс».

Характеристика цикла многоступенчатого сжатия

Ступень	Число цилиндров	Диаметр цилиндра, мм	Ход поршня, мм	Давление, бар
1	2	248	63	2
2	2	140	63	8
3	1	114	63	27
4	1	67	63	83
5	1	38	63	249
6	1	22	63	700

В компрессоре «Эйрдокс», как и в компрессоре «Армстронг», после каждой ступени имеется промежуточный охладитель. После 1, 2 и 3-й ступеней установлены влагоуловители. Имеются автоматические устройства для поддержания давления, температуры и т. д.

Размеры компрессора (с двигателем): длина 2,9 м, ширина 2,1 м, высота 1,2 м; общий вес 2,7 т.

Компрессор является наиболее дорогостоящей частью оборудования пневматического взрывания, поэтому для надежной его работы следует тщательно выбирать место для правильной его установки.

В США пневматическое взрывание применяется при камерно-столбовой системе разработок. Для этих условий наиболее подходят подвижные компрессорные установки, расположенные под землей недалеко от места проведения взрывных работ. Такие установки могут быть либо самоходными, либо передвигаться по рельсам. В подвижных компрессор-



ных установках кроме компрессора на раме размещается воздушный резервуар, патроны и вспомогательное оборудование. Там же располагается кабина взрывника с пультом управления, откуда производятся взрывные операции.

Подвижные компрессорные установки имеют важные преимущества: во-первых, сокращается расход трубопроводов, во-вторых, система обладает большой гибкостью, что имеет важное значение при быстром подвигании выработок.

В Англии, где выемка угля осуществляется в основном длинными забоями и подвигание происходит сравнительно медленно, применение передвижного компрессора в некоторых пластах не оправдывается, и лучше установить компрессор в специальной камере, чтобы было удобно обслуживать несколько лав. При этом очень важно обеспечить хорошую вентиляцию компрессора, причем воздух должен быть по возможности охлажденным и очищенным от пыли.

Если шахта неглубокая и выработки расположены недалеко от ствола, то имеет смысл устанавливать компрессор на поверхности; в этом случае упрощается проблема вентиляции и облегчается уход за машиной.

При значительном удалении выработок от ствола (3—4 км) стоимость трубопровода оказывается очень высокой. В этом случае лучше компрессор располагать под землей, но не ближе 450—500 м от лавы, в которой производится отбойка угля, так как трубопровод

должен иметь некоторый запас сжатого воздуха. Иногда для этой цели используется специальный резервуар.

Для компрессора и его пульта управления требуется площадь  $9 \times 2,1$  м и высота помещения (камеры) 3 м.

Сейчас имеется тенденция к расположению компрессора на поверхности с целью обеспечения лучших условий для ухода даже при значительном удалении выработок от ствола. Правда в этом случае возрастут расходы на трубопроводы, но они в значительной степени компенсируются отсутствием необходимости в доставке компрессора к месту работы под землей и в строительстве дорогостоящих камер.

**Распределение сжатого воздуха.** Подача сжатого воздуха от компрессора к взрывным патронам осуществляется по специальным трубопроводам. Схема подачи сжатого воздуха показана на рис. 15. В том случае, если компрессор установлен на поверхности шахты или далеко от забоя, подача сжатого воздуха по стволу, квершлагам и штрекам осуществляется по магистральным трубопроводам с наружным диаметром 1 дюйм (25,4 мм) и внутренним —  $\frac{1}{2}$  дюйма (12,7 мм), которые изготавливаются из специальной легированной (хромо-молибденовой) стали и выдерживают давление до 3865 бар. Магистральные трубопроводы состоят из отрезков труб длиной 6 м, соединенных между собой специальными муфтами с медной уплотняющей шайбой. Соединение должно быть прочным и надежным, так

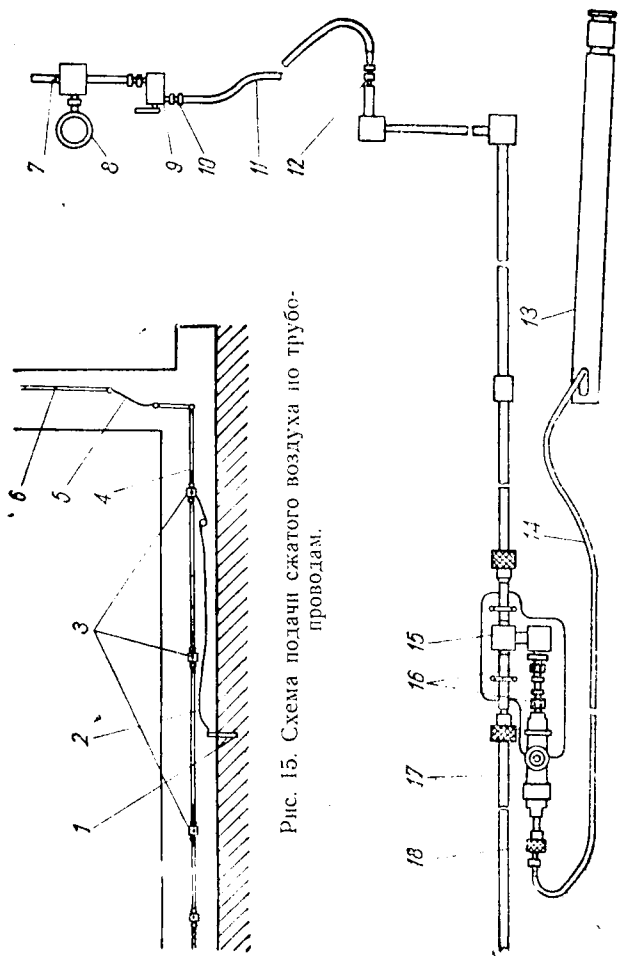


Рис. 15. Схема подачи сжатого воздуха по трубопроводам.

как даже малейшие утечки воздуха не допускаются.

Для колен и стыков используются различные коленчатые трубы, крестовины, тройники, но сами трубы сгибать не рекомендуется.

Иногда возникает необходимость изолировать отдельные секции магистрального трубопровода, для того чтобы произвести наращивание, ремонт или замену. Для этого через каждые 150 м устанавливаются вентиль, позволяющий перекрыть подачу сжатого воздуха в необходимый участок. Трубопровод подвешивается к креплению штрека, он не мешает транспортным операциям и легко доступен для контроля и ремонта.

По стальному трубопроводу 6 и 7 (рис. 15) сжатый воздух подается к самой лаве. В конце его устанавливается манометр 8 для контроля давления воздуха в системе и вентиль 9 для изоляции сети добычного участка в случае необходимости.

По лаве подача сжатого воздуха может осуществляться по медной трубе, резиновому армированному шлангу или же по такому стальному трубопроводу, как и на главных шахтных выработках.

В последнее время медные трубы, несмотря на то, что они являются дополнительным средством защиты, стремятся не применять, потому что при часто повторяющихся изгибах и скручиваниях медь становится хрупкой, и через некоторое время на трубах могут появиться трещины.

Резиновые шланги используют более успешно. Они имеют двойную армировку и по-

ставляются отрезками длиной от 8 до 18 м. Внешний диаметр их— $\frac{5}{9}$  дюйма (15,675 мм), внутренний —  $\frac{3}{16}$  дюйма (4,8 мм). Шланг имеет внутреннюю резиновую оболочку для защиты от попадающих в сжатый воздух от компрессора масляных и водяных паров и внешнюю оболочку для предохранения от повреждения армировки. Несмотря на способность шлангов выдержать давление до 1680 бар, не исключена возможность их разрыва вследствие коррозии, недостатков изготовления или повреждения оборудованием, находящимся в лаве.

Замена вышедших из строя шлангов обходится дорого, поэтому считают, что и в лаве будет целесообразней применять стальные трубопроводы.

Соединение между главным стальным трубопроводом в штреке и трубопроводом в лаве осуществляется с помощью резинового шланга 5,11 или медно-никелевого трубопровода, но так как длина такого соединения обычно невелика, то чаще применяется резиновый шланг, который периодически заменяется.

Трубопровод 4 в лаве состоит из стандартных отрезков труб длиной 6 м. В удобных местах вдоль линии на расстоянии примерно 18 м один от другого установлены тройники 15, от которых через специальные взрывные вентили 3, 17 сжатый воздух по армированному резиновому шлангу 2, 14 поступает к взрывным патронам 1, 13. Длина армированного резинового шланга составляет 36 м, поэтому взрывание можно производить в любом участке лавы без его пересоединения, что

дает возможность одному рабочему производить отбойку угля по всей лаве.

Следует иметь в виду, что утечки сжатого воздуха значительно уменьшают производительность взрывной отбойки, а сам сжатый воздух представляет определенную опасность для обслуживающего персонала. Поэтому все муфтовые (10, 12, 16, 18) и фланцевые соединения должны быть прочными и надежными.

Трубопроводы должны быть по возможности ограждены, чтобы не допустить их повреждения механизмами, находящимися в лаве. В тех случаях, когда стальной трубопровод применяется в лаве, в которой в качестве транспортирующего средства применен изгибающийся конвейер, он крепится к конвейеру и передвигается вместе с ним.

В системе «Армстронг» взрывной вентиль регулирует поток воздуха, подаваемый к патрону. Особенность его конструкции состоит в том, что патрон не может находиться под давлением, когда вентиль закрыт. Вентиль управляется поворотом ключа на 180°. Для того чтобы предотвратить снятие ключа в открытом положении вентиля, имеется специальная блокировка.

Зарядка патрона происходит после поворота ключа в положение «Открыто». При этом воздух поступает в патрон и через 12—15 сек происходит его разрядка. После того, как взрывник услышит взрыв, он перекрывает вентиль, а оставшийся в патроне воздух автоматически выпускается в атмосферу через пе-

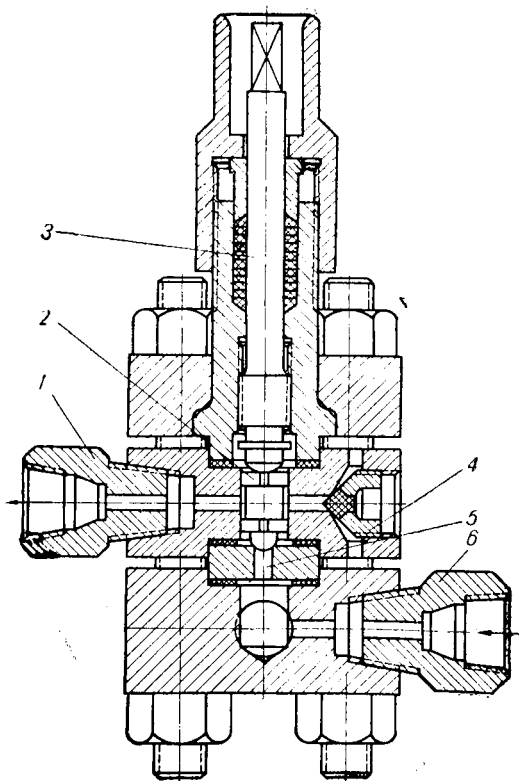


Рис. 16. Разрез взрывного вентиля системы «Эйрдокс».

большое отверстие, предусмотренное в вентиле для этой цели.

В системе «Эйрдокс» те же функции выполняет специальный вентиль, вмонтированный в трубопровод, разрез которого показан на рис. 16. Сжатый воздух поступает через штуцер 1. При вращении с помощью рукоятки резьбового валика 3 освобождается самоуплотняющийся клапан 2, который, поднимаясь вверх, открывает отверстие 5, и сжатый воздух через отверстие штуцера 6 поступает к взрывным патронам. В случае превышения в системе давления воздуха выше допустимого срабатывает предохранительный клапан 4, и избыток воздуха выпускается в атмосферу.

### Конструкция патронов армстронг и эйрдокс

Еще в конце XIX века была описана первая конструкция взрывного приспособления, состоящего из чугунного цилиндра, соединенного с воздушным насосом. Цилиндр помещался в шпур и в него накачивался сжатый воздух. После достижения определенного давления, заданного толщиной стенок цилиндра, он разрывался, и сжатый воздух производил отбойку горной массы. Этот метод был очень дорогостоящим, так как каждый цилиндр мог использоваться только один раз, оборудование для получения сжатого воздуха было примитивным, поэтому практического применения этот метод не получил.

Только с созданием более совершенного оборудования и патронов, применяемых мно-



гократно, отбойка сжатым воздухом нашла применение на шахтах.

Принцип действия патронов пневматического взрывания следующий.

В патрон, имеющий замкнутую камеру, компрессором высокого давления накачивается сжатый воздух. После достижения определенного давления открываются специальные отверстия, и сжатый воздух вырывается в шпур, производя работу по отбойке угля или породы. Затем отверстия перекрываются, патрон устанавливается в новый шпур, и операция повторяется. Перекрытие выпускных отверстий происходит или автоматически или с помощью специальных дополнительных элементов.

На этом принципе работают все патроны пневматического взрывания.

В настоящее время применяются две конструкции патронов для отбойки сжатым воздухом — армстронг и эйрдокс. Патроны этих групп бывают различных типов, но принципиальных различий между ними нет и конструкции их сходны между собой.

Патроны армстронг применяются в основном двух типов — со срезным диском и со срезным штифтом.

Патрон армстронг со срезным диском (рис. 17) аналогичен по конструкции патрону кардокс. Корпус 6 имеет с двух сторон внутреннюю резьбу. С одной стороны в него ввинчивается ниппель 7, на котором закрепляется труба 8. В трубу вставлены втулки 9 и 11, между которыми устанавливается срезной

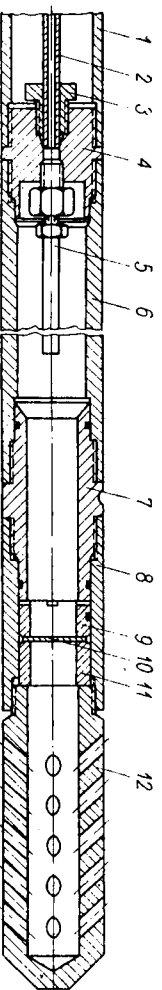


Рис. 17. Патрон армстронга со срезным диском.

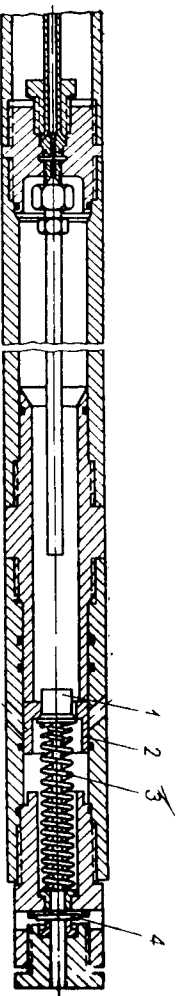


Рис. 18. Патрон армстронга со срезным штифтом.

диск 10, зажимаемый между втулками разрядной головкой 12. С другой стороны в корпус ввинчивается ниппель 4, к которому с одной стороны подсоединена трубка наполнения 5, а с другой с помощью штуцера 3 подводящий трубопровод 2. Во избежание повреждения углем и породой при разрядке патрона часть трубопровода, примыкающая к забою, закрывается кожухом 1.

При открывании взрывного вентиля сжатый воздух поступает в патрон, и когда давление достигает определенной величины, определяемой толщиной срезного диска, происходит разрядка патрона. По внутреннему диаметру зажимных втулок диск срезается, и сжатый воздух через отверстия разрядной головки вырывается в шпур, производя отбойку горной массы.

Для перезарядки патрона снимается разрядная головка и втулки, устанавливается новый диск, патрон собирается, вставляется в другой шпур, и операция повторяется. Патрон очень прост по конструкции, не имеет движущихся частей, но для его перезарядки требуется частичная разборка.

Некоторую опасность при применении патронов этой конструкции представляет срезывающая часть диска, которая при разрядке патрона, ударяясь о внутреннюю часть разрядной головки, может вызвать искру.

В другой конструкции патрона армстронг—со срезным штифтом (рис. 18) — отверстия для выхода сжатого воздуха перекрыты скользящим стаканом 2, который удерживает-

ся в таком положении штоком 1, конец которого упирается в срезной штифт 4.

Патрон подсоединяется к взрывному вентилю и наполняется сжатым воздухом. Когда давление сжатого воздуха достигнет величины, заданной размерами штифта, последний срезается, и шток вместе со стаканом передвигается вправо, открывая отверстия для выхода воздуха в шпур. Когда давление в патроне падает приблизительно до 15 бар, пружины 3 возвращают скользящий стакан в первоначальное положение, а оставшийся в патроне и шланге воздух выходит через специальное отверстие во взрывном вентиле. Устанавливается новый штифт, и патрон готов к действию. Патрон этой конструкции имеет то преимущество, что для его перезарядки не требуется даже частичная разборка, а срезающаяся часть штифта не представляет опасности в смысле искрообразования.

Недостатком патрона является наличие поверхностей скольжения, что требует высокого качества его изготовления, хорошей подгонки (сопряжения) деталей, а также смазки.

Несмотря на имеющиеся недостатки, патроны армстронг со срезным диском и со срезным штифтом допускаются к применению в газо-пылеопасных шахтах и являются наиболее распространенными патронами, применяемыми на угольных шахтах в европейских странах.

Патроны эйрдокс бывают со срезным диском и поршневые. Патрон со срезным диском (рис. 19) имеет ряд преимуществ по сравнению с аналогичными патронами армстронг.

В корпус патрона 2 ввинчиваются ниппели 1 и 4. К ниппелю 1 с одной стороны подводится сжатый воздух, а с другой подсоединена труба наполнения 3. К ниппелю 4 крепится разрядная труба 5 с отверстиями для выхода сжатого воздуха, перекрытыми поршнем 6, удерживаемым в таком положении пружиной 7. Поршень делит полость патрона на две камеры, сообщающиеся через отверстие 11. Между втулкой 8 и гайкой 10 устанавливается срезной диск 9.

При открытии взрывного вентиля сжатый воздух заполняет всю полость патрона до срезного диска. Когда давление в патроне достигает величины, заданной толщиной срезного диска, последний срезается, и давление в правой камере быстро уменьшается до атмосферного. Под действием сжатого воздуха поршень сжимает пружину и, перемещаясь вправо, открывает выпускные отверстия для выхода сжатого воздуха в шпур.

При перекрытии взрывного вентиля давление в обеих камерах уравнивается, и пружина возвращает поршень в прежнее положение. После установки нового срезного диска патрон готов к следующему взрыванию.

Достоинством патрона данной конструкции является то, что срезывающая часть диска вылетает из патрона в шпур, а не внутрь разрядной головки, чем полностью исключается возможность искрообразования от удара металлических деталей.

Поршневые пневматические патроны (рис. 20 и 21) являются наиболее усовершенство-

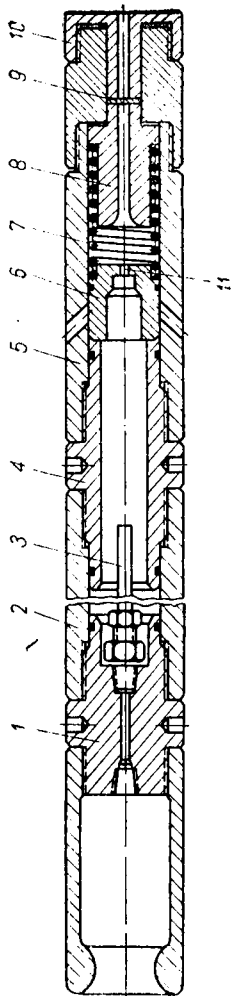


Рис. 19. Патрон эйрдокс со срезным диском.

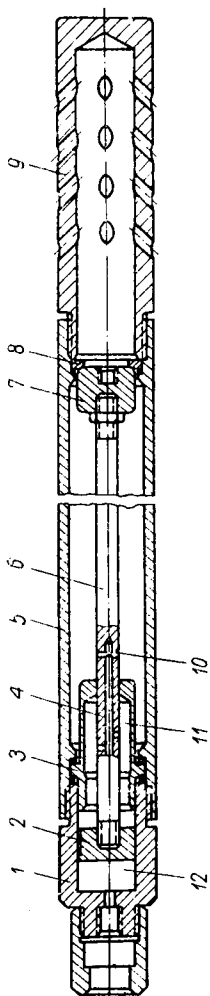


Рис. 20. Поршневой патрон эйрдокс.

ванными, так как не имеют никаких сменных деталей и подготовка их к работе происходит автоматически.

В корпус патрона 5 устанавливается стакан 3 и ввинчивается гильза 1, в которой находится поршень 2, соединенный штоком 6 с клапаном 7. Сжатый воздух поступает по трубопроводу в камеру 12 и, воздействуя на поршень, передвигает его вправо до тех пор, пока клапан, упираясь в седло 8, не перекроет отверстия для выхода сжатого воздуха. Затем воздух, проходя через зазоры поршня, попадает в камеру 11, откуда через отверстия 4 штока — в корпус патрона.

Когда давление сжатого воздуха в патроне достигает нужной величины, перекрывают подачу сжатого воздуха, а затем участок трубопровода от взрывного вентиля до камеры 12 сообщается с атмосферой, и давление на поршень в камере резко падает.

Под действием сжатого воздуха, находящегося в корпусе патрона и камере 11, за счет создания соответствующей разности давлений поршень и клапан перемещаются влево, позволяя воздуху через отверстия разрядной головки 9 вырваться в шпур и произвести соответствующую работу.

Сжатый воздух, находящийся в корпусе патрона, не имеет возможности обратного выхода в систему наполнения, так как при открытом клапане отверстия 10 штока перекрываются донной частью стакана 3.

Такие патроны выпускаются диаметрами 2,5; 3 и 4 дюйма (соответственно 63,5, 76,2 и

101,2 мм). Следовательно, для их установки следует бурить шпуры больших диаметров.

Для устранения этого недостатка разработан поршневой пневмопатрон с наружным приемником сжатого воздуха (рис. 21). По принципу действия и конструкции он не отличается от предыдущего, но его особенностью является то, что основная часть корпуса патрона увеличенного диаметра находится вне шпура, а разрядная головка 1 со сменной выхлопной трубой 2 помещается в шпур, который в этом случае имеет сравнительно небольшой диаметр (55 мм и меньше).

Рассмотрев наиболее характерные конструкции взрывных патронов для отбойки горной массы сжатым воздухом, применяемые на зарубежных шахтах, следует заметить, что рабочее давление взрывания у них не превышает 800 бар, т. е. намного меньше, чем у патронов.

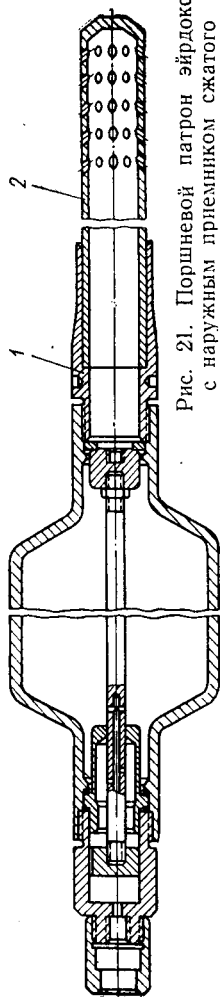


Рис. 21. Поршневой патрон эйрдокс с наружным приемником сжатого воздуха.



кардокс и гидрокс. Однако сжатый воздух выходит из патрона значительно быстрее, чем газ из патронов кардокс и гидрокс. Поэтому мощность взрывания сжатым воздухом достаточна для отбойки даже крепких и вязких углей.

## **Усовершенствование системы пневматического взрывания**

Придавая большое значение совершенствованию системы пневматического взрывания, во многих странах ведут большие работы по механизации и автоматизации этого процесса. Как отмечалось ранее, были созданы патроны, которые автоматически перезаряжаются, не требуя ни разборки, ни смены срезных штифтов и дисков, благодаря чему значительно возрастает производительность труда взрывника и снижается стоимость эксплуатации.

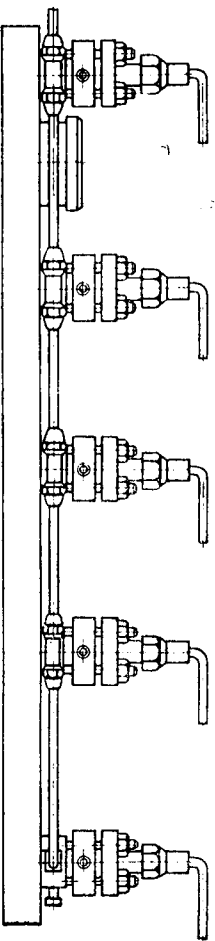
Для увеличения производительности системы сконструированы специальные распределительные аппараты для разрядки нескольких патронов. Взрывник вставляет ряд патронов в шпур и, включая последовательно вентили распределителя, разряжает один патрон за другим. На рис. 22 изображен распределительный аппарат для последовательной разрядки четырех патронов. Однако в этом случае последовательность разрядки целиком зависит от взрывника.

Дальнейшее усовершенствование системы достигается применением так называемых последовательных клапанов, позволяющих раз-

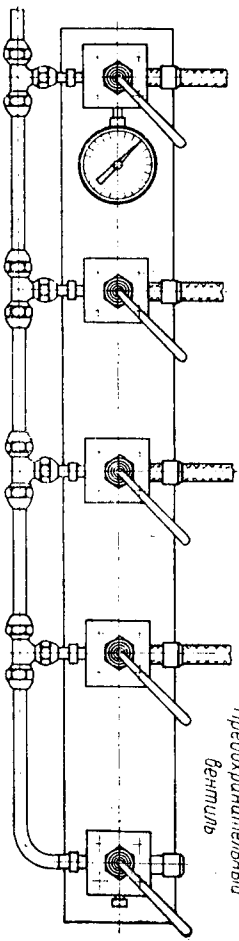
ряжать необходимое количество патронов при одном включении взрывного вентиля. Это достигается следующим образом. Воздух подается ко всем патронам одновременно, но давление, необходимое для разрядки патронов, принимается для каждого последующего патрона на 30—35 *бар* больше предыдущего. Когда первый патрон (с меньшим давлением) сработает, последовательный клапан предотвратит поступление в него сжатого воздуха, и давление будет возрастать во втором патроне до его разрядки. Затем последовательный клапан перекроет поступление воздуха во второй патрон, и начнет возрастать давление в третьем. Так происходит до тех пор, пока не разрядятся все патроны системы.

Для облегчения труда взрывника при одновременном взрывании нескольких шпуров была сконструирована и нашла применение на шахтах новая высокопроизводительная многозарядная тележка, которая работает по следующему принципу. В забое бурят два ряда шпуров. Взрывник подъезжает на тележке к забою, затем вставляет патроны в нижний ряд шпуров, отводит машину от забоя и производит взрывание в определенной последовательности и в соответствии с правилами безопасности. Далее патроны переставляются в верхний ряд шпуров и производится взрывание.

Благодаря тому, что патроны, применяемые на этой машине, автоматически перезаряжаются и нет необходимости в смене деталей, обеспечивается еще большая производительность и экономичность отбойки. Применение этой си-



К взрывным патронам



Предохранительный  
вентиль

Рис. 22. Распределительный аппарат для последовательного взрывания четырех пневмопатронов.

стемы возможно на пластах любой мощности.

**Технология взрывания.** Технология отбойки угля сжатым воздухом весьма проста, но требует проведения некоторых подготовительных операций. В первую очередь следует отметить, что для наиболее производительной отбойки угля необходима подрубка пласта врубмашиной и очистка врубовой щели от штыба. Для уменьшения количества необходимых шпуров иногда делают и вертикальные врубы.

В шахтах применяют в основном три варианта расположения шпуров (рис. 23). В варианте *а* горизонтальный вруб делается ориентировочно на расстоянии  $\frac{1}{3}$  мощности пласта от его почвы. Метод применим при значительной мощности пласта, а также там, где угли мягкие и не вязкие. В этом случае зачистка почвы не представляет труда, а эффективность отбойки из-за ослабления пласта центральным врубом заметно возрастает.

В варианте *б*, который применяется на пластах небольшой мощности, а также для отбойки углей крепких и средней крепости и породы, горизонтальный вруб располагается у почвы пласта. В этом случае эффективность взрывания ниже, но отпадает необходимость в отбойке земника. В условиях Донецкого бассейна, где уголь в основном средней крепости, более рационально применение варианта *б*, но так как в отечественной угольной промышленности производство вертикальных врубов связано с некоторыми трудностями, то наибольшее распространение может найти вариант

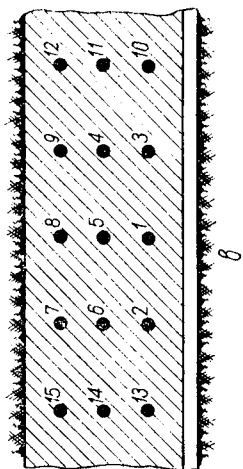
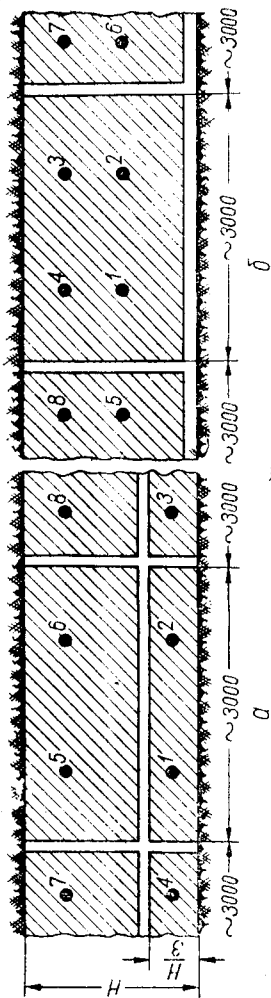


Рис. 23. Схема расположения врубов и шпуров при отбойке угля сжатым воздухом.

в — подрубка пласта врубмашиной у его почвы.

Окончательное решение о расположении и количестве врубов должно приниматься с учетом условий залегания, мощности пласта, крепости угля и других факторов, в частности, для отбойки весьма мягких углей подрубка пласта может вообще не применяться.

После подготовки врубов бурятся шпурь, причем их глубина принимается на 30—35 см меньше глубины вруба. Диаметры шпуров больше диаметра патрона на 3—10 мм, а глубина на 300—400 мм больше длины патрона.

Расположение и очередность взрывания шпуров зависят от свойств угля, мощности пласта, расположения врубов, но для каждой конкретной лавы они подбираются опытным путем.

Способы расположения шпуров и очередность взрывания для каждого из вариантов расположения врубов показаны на рис. 23.

При введении пневматического взрывания проблема бурения шпуров увеличенного диаметра вначале оказалась сложной, но в действительности оказалось, что при замене ВВ требуемое количество шпуров может быть сокращено приблизительно на 25—30%, следовательно, практически стоимость бурения не возрастает.

При бурении шпуров возникает проблема правильного выбора времени бурения в цикле производимых операций. На многих шахтах практикуется бурение до подрубки, но это может привести к смещению шпуров, и пат-

рон невозможно будет поставить на место. Кроме того, при взрывании может произойти обрушение соседних, ранее пробуренных шпуров.

Это привело к появлению новой технологии взрывания, к так называемому методу дубль-патронов, заключающемуся в следующем. В смежные шпуры вводятся два патрона. Первый патрон соединяется с источником сжатого воздуха и взрывается. Затем этот патрон переносится в третий шпур. Взрывается второй патрон и переносится в четвертый шпур и т. д. Вполне понятно, что при применении трех и более патронов сохранность шпуров будет гарантирована, а это будет способствовать повышению производительности.

Количество взрываний, которое может быть произведено взрывником, строго не регламентировано, но в хороших условиях может достичь 20 взрываний в час. В среднем при одном взрывании на английских шахтах отбивается 4—5 т угля, в то время как при применении ВВ в среднем отбивается 3 т угля, то есть производительность рабочего очистного забоя при пневматической отбойке возрастает на 30—60%.

### **Преимущества и недостатки пневматического взрывания**

Обладая всеми преимуществами взрывания патронами кардокс и гидрокс, пневматическое взрывание имеет еще ряд своих преимуществ, благодаря которым оно с каждым

годом получает все большее распространение на угольных шахтах. При взрывном действии расширяющегося воздуха уголь отрывается от массива без ударной волны, вызывающей сильный дробящий эффект, что имеет место при применении ВВ. Скорости разрядки пневматического патрона в зависимости от конструкции составляют 360—620 м/сек. Эти скорости гораздо ниже скорости детонации ВВ, применяемых на угольных шахтах (2000—3500 м/сек и больше). Высокие скорости приложения нагрузки вызывают местное переизмельчение угля, ослабляют его прочность, что при последующих операциях (погрузке, транспортировке, разгрузке) и приводит к сильному измельчению.

Поэтому везде, где пневматическое взрывание пришло на смену ВВ, наблюдается повышение сортности угля, а это одно из важнейших преимуществ отбойки угля сжатым воздухом. Тщательный ситовый анализ, проведенный, например, на шахте «Ширлэнд» (Англия), показал, что количество угля фракции +50 мм увеличилось в среднем на 14% по сравнению с отбойкой ВВ; выход мелких фракций и штыба при этом значительно снизился. Кроме того, сравнительно небольшая скорость разрядки и отсутствие взрывной волны позволили получить куски угля более прочной структуры, благодаря чему его качество при погрузочно-разгрузочных и транспортировочных операциях ухудшилось незначительно. При этом кровля сохранилась в лучшем состоянии, т. е. упростилось и облегчилось крепление лавы.



Самым главным преимуществом пневматической отбойки по сравнению со всеми другими видами взрывания является безопасность ее применения. Следует отметить, что при взрывании сжатым воздухом отсутствует опасность короткого замыкания, искрения, преждевременного взрыва от блуждающих токов и т. п., так как в системе нет никаких элементов, связанных с применением электричества. Это обеспечивает полную безопасность применения патронов в любой газо- и пылеопасной среде.

Разрядка патронов происходит без образования вредных газов, а освобождающийся из патрона воздух способствует дополнительному проветриванию забоя. Кроме того, не существует никакой опасности взрыва отказавших патронов или взрыва патронов, попавших в уголь.

Следует, однако, иметь в виду, что несмотря на эти большие преимущества отбойки сжатым воздухом не исключена опасность воспламенения при попадании в сжатый воздух некоторого количества паров масла. Специальными исследованиями было установлено, что при добавке в смазочное масло солей лития и кремния эта малая вероятность воспламенения исключается.

Однако при отбойке сжатым воздухом нельзя забывать о высоком давлении, которое представляет определенную опасность. Поэтому необходимо тщательно ограждать подступы к опасным местам и предохранительным устройствам. Следует осматривать шланги перед работой для устранения петель и скруток.

Особенно тщательно необходимо проверять правильность и надежность соединений.

К недостаткам взрывания сжатым воздухом можно еще отнести необходимость бурения шпуров увеличенного диаметра, а также некоторую дороговизну системы.

Применение пневматической отбойки угля на шахтах требует материальных затрат. Всю стоимость установки и эксплуатации пневматической системы можно подразделить на четыре части: а) капитальные затраты, б) начальные затраты на установку трубопроводов и оборудования в лаве, в) затраты по уходу за компрессорной установкой и оборудованием в лаве, г) эксплуатационные расходы.

Разложив все эти расходы на количество угля, добываемого пневматическим взрыванием, подсчитали, что при суточной угледобыче 1000 т отбойка системой пневматического взрывания так же экономична, как и при отбойке ВВ, и даже дешевле других способов.

Но не всегда производительность и экономичность определяются количеством отбитого угля. Теоретическая производительность компрессора обычно позволяет производить одно взрывание в минуту, так что при рациональной организации работ одним компрессором можно обеспечить всю добычу шахты. Самая высокая угледобыча, достигнутая на английских шахтах при использовании одного компрессора, составляет 2200 т/сутки. При этом, кроме добычи угля, производились дополнительные взрывные работы также в буттовых штреках по породе.

Следовательно, при определенных условиях капитальные затраты на основное оборудование (компрессор) могут быть невелики, так как добычу всей шахты обеспечивает один компрессор. Но там, где добыча угля в основном зависит от пневматического взрывания, рекомендуется иметь второй, запасной компрессор. Поэтому себестоимость угля, добываемого с помощью сжатого воздуха, еще сравнительно высока.

### **Испытание пневматического взрывания на шахтах Донецкого бассейна**

Оборудование для пневматического взрывания испытывалось на шахте № 17—17-бис, треста «Краснолущуголь», Луганской области.

Шахта вскрыта двумя центрально-сдвоенными и двумя фланговыми стволами и разрабатывает два пласта:  $K_5$  «Боковский» и  $K_7$  «Княгиневский».

Компрессор был установлен в камере окопоствольного двора. От компрессора до участка был проложен стальной магистральный трубопровод диаметром 25,4 мм. В лавы сжатый воздух от трубопровода поступал по медным трубам диаметром 9,5 мм или по армированному шлангу.

Взрывание сжатым воздухом начало вводится в октябре 1960 г. в 4-й и 5-й восточных лавах центрального уклона пласта  $K_5$ . Длина лав 50—70 м, угол падения пласта 8—9°, мощность пласта 2,16 м. Пласт разделен на 2 пачки прослойком глинистого и углистого слан-

цев мощностью 0,55 м. Почва и кровля — неустойчивые глинистые сланцы. Бурение шпуров по верхней пачке производилось через 2 м, по нижней — через 1 м. Производилась предварительная подрубка пласта врубовой машиной КМП-3. Бурение шпуров производилось электросверлом; диаметр шпура 71 мм, длина — 1,8 м.

За апрель и май 1961 г. в лавах было произведено 3500 взрывов и добыто 11 000 т угля.

Лава для испытаний была выбрана неудачно, так как вследствие неустойчивой кровли подготовка вруба производилась короткими участками (10—15 м), а отбойка — последовательным взрыванием каждого патрона.

Первое время взрывание производилось взрывником, а затем функции взрывников были переданы рабочим очистного забоя.

Испытания на шахте № 17—17-бис подтвердили безопасность работ, отсутствие дыма и ядовитых газов, более равномерное рыхление угля, чем при применении ВВ, улучшение сортности и уменьшение зольности угля. Ситовые анализы отбитого угля показали, что выход антрацитовых штыбов уменьшился с 31 до 21%. Зольность снизилась с 3,4 до 2,3%.

Средняя производительность патрона составила 3,1 т угля на одно взрывание.

Достигнутые результаты не исчерпывают всех возможностей эффективного использования взрывания сжатым воздухом.

## Применение гидравлических патронов для от- давливания угля

Гидравлические патроны, в которых в качестве носителя энергии используется вода с небольшой примесью легкорастворимого масла, могут быть отнесены к средствам взрыва-ния условно, так как их действие основано на механическом отдавливании угля. Это тоже одна из попыток замены взрывчатых веществ, и хотя гидравлические патроны не получили распространения, но все же некоторые вопросы их применения и конструктивного использования оборудования могут предста-вить интерес.

Широкое распространение на шахтах имели патроны, выпускаемые английской фирмой «Галлик». При этом выяснилось, что гидравлические патроны оказались пригодными для отбойки угля и породы, а также могут найти применение для разрушения уплотненного шлака, бетона, кирпичной кладки.

Первые образцы гидравлических патронов выпускались с приводом от ручного насоса. Вполне понятно, что при этом затрачивались большие усилия, а достаточное давление создать было трудно. Поэтому применение гидравлических патронов было практически и экономически невыгодно. В дальнейшем все работы велись в направлении применения механического привода. На рис. 24 показаны гидравлические патроны для отбойки угля с приводом от трехплунжерного насоса, работающего от электродвигателя.

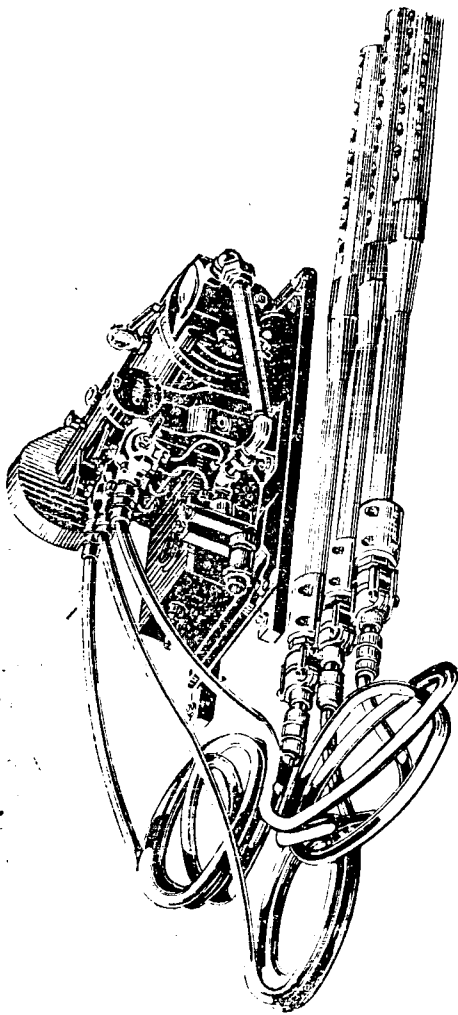


Рис. 24. Установка для гидроотбойной добычи угля фирмы «Галлик»  
с механическим приводом.

Гидравлический патрон, схематический разрез которого изображен на рис. 25, представляет собой цилиндр из нержавеющей стали с высверленными на определенном расстоянии друг от друга отверстиями для поршней.

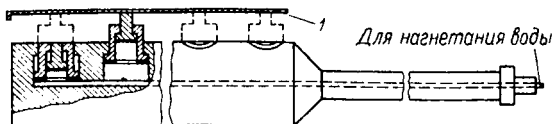


Рис. 25. Схема гидроструйного патрона.

Как видно из рисунка, по всему цилиндру гидравлического патрона проходит канал небольшого диаметра, сообщающийся с каждой предназначенной для поршней полостью, а сам патрон соединяется с насосом с помощью гибкого шланга высокого давления. Вода под давлением, действуя на поршни, выдвигает их на определенное расстояние.

Насос приводится в действие от электродвигателя мощностью 3,68 кВт через цепную передачу и имеет 230 об/мин. Насос размещается в стальном корпусе, который является резервуаром для воды. Уровень воды автоматически регулируется поплавковым клапаном. Цилиндры насоса изготавливаются из бронзы, гнезда — из нержавеющей стали. Вес насоса около 500 кг, максимальное создаваемое давление — 940 бар. Предусматривается модификация насоса с приводом от пневмодвигателя.

Шланги высокого давления, соединяющие патроны с насосом, изготавливаются из резины с двойной стальной оплеткой. Наружный диаметр — 1 дюйм, внутренний —  $\frac{3}{8}$  дюйма, т. е. толщина стенки составляет 8 мм. Шланг выдерживает давление более 700 бар. Система патрон-двигатель имеет специальный регулировочный предохранительный клапан, отключающий двигатель при превышении допустимого давления воды, и автоматически включающий двигатель при необходимости, что обеспечивает безаварийность работы.

Для нормальной работы гидроотбойных патронов необходима обязательная подрубка пласта и хорошая очистка штыба. При использовании патронов на английской шахте «Эйр» пласт подрубывается на глубину 1,5 м на расстоянии 0,3 м от почвы. Затем бурились 9 шпуров и взрывались в последовательности, указанной на рис. 26. Для патронов диаметром 69,8 мм требуется шпур диаметром 78 мм, а для патронов диаметром 88,9 мм — 102 мм. Для облегчения бурения шпуров таких диаметров были разработаны специальные буровые коронки. Взрываются одновременно три патрона чаще всего в одном ряду.

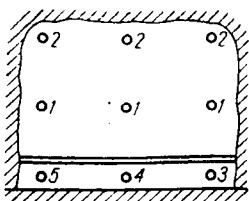


Рис. 26. Схема расположения шпуров и порядок отбойки угля гидроотбойными патронами.



Успех отбойки в значительной мере зависит от правильного расположения предварительных врубов и шпуров — шпуры должны быть строго перпендикулярны линии забоя. Расстояние между шпурами выбирается опытным путем. Для обслуживания системы гидроотбойных патронов необходима бригада из 3—4 человек, которая за смену может осуществить взрывание 50 и более шпуров.

В литературных источниках имеется сообщение об удачном применении гидроотбойных патронов при взрывании по породе при проходке штреков.

Гидроотбойные патроны диаметром 66,7 мм обычно используют для отбойки угля и породы, а диаметром 69,8 мм — исключительно для отбойки и разбивки бетона, песчаника, шлака, кирпичной кладки. Они находят также применение в тех местах, где нельзя применять обычные взрывчатые вещества, отбойные молотки и другие имеющиеся на шахтах средства разрушения материалов (в компрессорных, лабораториях, где имеются точные приборы, и других помещениях и вблизи них, где недопустимы операции, связанные с сотрясением почвы и не допускается применение электроэнергии).

Патроны диаметром 88,9 мм применяют при необходимости выполнения более трудоемких и тяжелых работ. Так как среднее давление составляет около 500 бар, то с помощью гидравлических патронов могут быть разрушены весьма твердые и вязкие материалы.

Разрушительное действие одного гидравлического патрона соответствует приближи-

тельно действию 100 г взрывчатых веществ. Патроны лучше работают на крепких углях, а при применении на мягких и вязких углях эффективность их применения снижается, так как патроны проникают в уголь, не разрушая его, и на них приходится накладывать специальные рейки (1, рис. 25).

Гидравлические патроны имеют почти все те же преимущества, какими обладают другие средства беспламенного взрывания: безопасность работ, использование менее квалифицированной рабочей силы, сохранность кровли, бесшумность в работе, минимальное количество угольной пыли, меньшее повреждение стоек и транспортирующих средств. Одно из важнейших преимуществ гидроотбойных патронов — это значительное улучшение сортности угля; количество крупнокускового угля возрастает на 20%. При этом уменьшается также и зольность угля.

Гидроотбойные патроны в свое время испытывались в СССР на шахте № 2—2-бис треста «Боковантрацит», но результаты оказались неблагоприятными.

К недостаткам гидроотбойных патронов можно отнести необходимость бурения шпуров большого диаметра, но незначительное количество испытаний и отсутствие данных об эффективности их работы в различных горно-геологических условиях не позволяют сделать окончательный вывод о технико-экономической стороне их применения.

\* \* \*

Рассмотренные выше методы беспламенного взрывания обладают рядом преимуществ: улучшением условий труда, безопасностью применения, снижением себестоимости и улучшением сортности угля, повышением производительности труда и т. д.

Несмотря на конструктивные различия, все эти методы обладают общим свойством, заключающемся в том, что отбойка горной массы происходит при разрядке специальных патронов, в которых заключен носитель энергии. В патронах кардокс — это сжиженный углекислый газ, в патронах гидрокс — смесь химических веществ, в патронах пневматического взрывания — сжатый под большим давлением воздух.

Каждый из этих методов обладает преимуществами и недостатками, анализ которых позволяет сделать вывод о том, что в определенных условиях следует применять тот способ взрывания, который может дать наибольший эффект. Поэтому отдавать предпочтение какому-нибудь методу беспламенного взрывания было бы неправильным.

Беспламенное взрывание широко распространено в зарубежной практике, а в Советском Союзе еще не имеет промышленного применения, хотя приведенные примеры в достаточной мере подтверждают его актуальность для угольной и других отраслей промышленности нашей страны.

Учитывая перспективность внедрения беспламенного взрывания, в первую очередь в угольной промышленности, необходимо уже в ближайшие годы разработать отечественное

оборудование и начать широкое внедрение этих методов на угольных шахтах.

Иностранное оборудование, испытанное на шахтах Донбасса, уже показало свою эффективность и преимущества по сравнению с буровзрывной отбойкой при помощи ВВ.

Проанализировав методы беспламенного взрывания, применяемые в зарубежной практике и испытанные в отечественной промышленности, можно считать, что использование гидравлических патронов для отдавливания угля не является перспективным; поэтому надо продолжить работы по разработке и совершенствованию методов отбойки угля с помощью сжатого воздуха и патронами кардокс и гидрокс.

---

## ЛИТЕРАТУРА

Адамидзе Д. А., Смелее внедрять беспламенное взрывание, «Уголь», 1960, № 8.

Ассонов В. А., Состояние техники взрывных работ в угольной промышленности Англии, Франции, Западной Германии, Бельгии и Голландии, М., Углетехиздат, 1958.

Взрывные работы (сборник статей), Промстройиздат, 1954.

Игнатьев А. Д., Адамидзе Д. А., Взрывание сжатым воздухом высокого давления, Углетехиздат, 1958.

Латан Г., Взрывные работы в горном деле, М., Госгортехиздат, 1960.

Марченко Л. Н., Максимова Е. П., Взрывчатые вещества и взрывные работы на угольных шахтах Чехословацкой Республики, Углетехиздат, 1957.

Петров Н. Г., Касаточкин А. В., беспламенное взрывание, Углетехиздат, 1958.

Тейлор Д., Гей П., Взрывчатые вещества, применяемые в угольной промышленности Англии, М., Госгортехиздат, 1961.

Штейнбук В. Л., Методы беспламенного взрывания и их применение на угольных шахтах, Донгипроуглемаш, 1962.

- Безопасность взрывания сжатым воздухом, «Revue de l'Industrie Minerale», 1959, № 12, p. 1027—1052.
- Взрывчатые вещества и их заменители; их влияние на сортность добываемого угля, «Colliery Guardian», 1958, № 5056, p. 121—124.
- Взрывчатые вещества и их свойства, «Glückauf», 1960, № 5, s. 325—340.
- Взрывание патронами «Кардокс», «Colliery Engineering», 1958, № 411, p. 203.
- Взрывание сжатым воздухом на британских шахтах, «Colliery Engineering», 1960, № 441, p. 480—485.
- Взрывание с применением сжатого воздуха, «Mining Equipment», 1960, № 4, p. 30—31.
- Взрывание с применением сжатого воздуха на угольных шахтах, «The Mining Journal», 1960, № 6508, p. 552—553.
- Воздушный взрыватель армстронг, «Colliery Guardian», 1957, № 5029, p. 91—93.
- Вопросы безопасности при отбойке угля патронами армстронг, «Revue de l'Industrie Minerale», 1957, № 3, p. 257—275.
- Гидровзрывная отбойка крепкого угля, «Iron and Coal», 1960, № 4775, p. 179—185.
- Заменители ВВ, «Mining Equipment», 1958, № 1, p. 38, 190—195.
- Инструкция по взрыванию сжатым воздухом, «Iron and Coal», 1960, № 4800, p. 147.
- Исследование взрывного действия патронов кардокс, «Colliery Guardian», 1957, № 5047, p. 625—631.
- Кардокс — средство взрывания с большим будущим, «Минное дело», 1959, № 6.
- Механизация отбойки и погрузки угля в лавах, Труды Международного конгресса, посвященного 100-летию французского общества горной промышленности, Углетехиздат, 1958.
- Оборудование для многократной отбойки угля методом Эйрдокс, «Coal Age», 1960, № 4, p. 150.
- Одновременное взрывание группы зарядов при отбойке сжатым воздухом, «Coal Age», 1960, № 1, p. 78—81.
- Опыт отбойки угля сжатым воздухом: оборудование, работа компрессора и сети сжатого воздуха, «Glückauf», 1953, № 7—8, s. 168—171.

Отбойка угля патронами кардокс, «Colliery Guardian», 1956, № 4983, p. 257—258.

Отбойка угля сжатым воздухом, «Colliery Guardian», 1958, № 5073, p. 631—632.

Отбойка угля сжатым воздухом в Англии, «Colliery Guardian», 1957, № 5011, p. 333—337.

Пневматическое взрывание на шахтах, «Compressed Air and Hydraulics», 1962, № 1, p. 8—11.

Пневматическая отбойка угля на английских шахтах, «Colliery Engineering», 1960, № 435, p. 217.

Применение патронов эйрдокс для отбойки угля, «Mining Congress Journal», 1959, № 4, p. 66—67.

Применение патронов кардокс в угольной промышленности ФРГ, «Bohr- und Sprengpraxis», 1958, № 6, s. 111—115.

Проведение взрывных работ при помощи сжатого воздуха, «Uhli», 1956, № 11, p. 266—271.

Развитие метода отбойки угля сжатым воздухом, «Mining Equipment», 1959, № 8—9, p. 51—54.

Сравнение методов «Кардокс» и «Армстронг», применяемых на шахте Бжеще для выемки угля, «Wiadomosci Gornicze», № 7—8, стр. 260—262.

Сравнение различных методов взрывания, «Colliery Guardian», 1957, № 3025, p. 785—791.

Средства бурения и взрывания на немецкой горно-промышленной выставке 1958 г., «Glückauf», 1958, № 7, s. 387—400.

Совершенствование патронов гидрокс для подземных работ, «Transactions of the Institution of Mining Engineers», 1958, № 6, p. 419—434.

Усовершенствование патронов гидрокс для перезарядки их в подземных условиях, «Proceedings of South Wales Institution of Engineers», 1958, № 1, p. 553—568.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
<b>Взрывание при помощи углекислого газа — метод «Кардокс»</b> . . . . .	6
Углекислый газ и его свойства . . . . .	6
Патроны кардокс и их устройство . . . . .	7
Вопросы безопасности при применении патронов кардокс . . . . .	16
Испытания патронов кардокс на шахтах Донецкого бассейна . . . . .	19
Применение патронов в зарубежной угольной промышленности . . . . .	22
Преимущества и недостатки патронов кардокс . . . . .	24
Применение патронов кардокс в различных отраслях промышленности . . . . .	26
<b>Взрывание газами, получающимися при химической реакции определенных компонентов</b> . . . . .	31
Взрывные патроны гидрокс . . . . .	31
Усовершенствованный патрон гидрокс . . . . .	33
Патроны гидрокс на шахтах Англии . . . . .	41
Применение патронов гидрокс на шахтах Донецкого бассейна . . . . .	44
<b>Применение пневматического взрывания для отбойки горной массы на угольных шахтах</b> . . . . .	48
Компрессоры высокого давления . . . . .	50
Конструкция патронов армстронг и эйрдокс . . . . .	63
Усовершенствование системы пневматического взрывания . . . . .	72
Преимущества и недостатки пневматического взрывания . . . . .	78
Испытание пневматического взрывания на шахтах Донецкого бассейна . . . . .	82
<b>Применение гидравлических патронов для отдаливания угля</b> . . . . .	84
Литература . . . . .	92



*Владимир Львович Штейнбук*

**Беспламенное взрывание на угольных шахтах**

Редактор издательства *Г. П. Афонина*

Обложка художника *В. В. Руденко*

Технический редактор *Т. А. Стародуб*

Корректор *Г. В. Зеленина*

---

Сдано в набор 14.III 1963 г. Подписано к печати 13.VI 1963 г.  
формат бумаги  $70 \times 90^{1/32}$ . Объем 3 физ. листа; 3,51 усл. листа;  
3,1 уч.-изд. листа. БФ 03878. Тираж 750 Зак. 403. Цена 16 коп.

Государственное издательство технической литературы УССР.  
Киев, 4, Пушкинская, 28.

---

Типография Госстройиздата УССР, Киев, Выборгская, 84.

16 коп.

Б1

3954

Гостехиздат СССР  
КИЕВ - 1963