

УДК 622.235

ШЕВЦОВ Н.Р., КУПЕНКО И.В., ЛАБИНСКИЙ К.Н., БАБИЧЕВ В.А., ПУДАК В.И.
(ДонНТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДВИЖКИ ПАТРОНОВ В ШПУРАХ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТВОЛАХ

В результате выполнения буровзрывных работ фактические форма и размеры поперечного сечения горной выработки должны быть максимально близкими к проектным. Одним из направлений решения данной проблемы является применение контурного взрывания. В нашей стране при проведении горизонтальных и наклонных выработок наиболее распространены способы контурного взрывания, связанные с применением в оконтуривающих шпурах ВВ с меньшей мощностью, чем у ВВ, которое используется в других шпурах забойного комплекта, и способы, основанные на применении в оконтуривающих шпурах ВВ в патронах уменьшенного диаметра, при использовании во всех шпурах одного типа ВВ. [1]

В настоящее время при проходке вертикальных шахтных стволов с круглой формой поперечного сечения по буровзрывной технологии применяется несколько иной способ обеспечения контурного взрывания. Он обусловлен тем, что постоянная крепь ствола не позволяет пробурить буровой установкой оконтуривающие шпуры проектной длины непосредственно вдоль контура выработки — устья шпуров располагаются на расстоянии не ближе 0,6 м от проектного контура ствола (в горизонтальных выработках это расстояние равно 0,1...0,3 м). Поэтому шпуры, расположенные по периферии ствола (оконтуривающие) располагают в два ряда (расстояние между рядами примерно 0,1...0,2 м). Причем шпуры первого ряда (ближнего к врубу) имеют нормальную длину и расчетный заряд, а шпуры второго ряда (ближнего к контуру выработки) имеют уменьшенную длину и заряд (для того, чтобы не допустить перебора породы и уменьшить трещинообразования в законтурном массиве). Именно короткие шпуры определяют точность проектного контура ствола и недопущение недобора породы. Шпуры обоих рядов оконтуривающих рядов имеют одинаковый наклон к горизонтали (примерно 85°), и их заряды взрываются за один прием.

Многолетний опыт проходки вертикальных шахтных стволов в Донбассе свидетельствует, что при взрывных работах с двухрядной схемой расположения оконтуривающих шпуров и при инициировании всего забойного комплекта шпуровых зарядов электродетонаторами замедленного действия (ЭДЗД) имеют место отказы и неполные детонации.

Исходя из сказанного, авторы поставили цель исследовать влияние взрыва одиночного шпурового заряда на раздвижку патронов в соседних шпурах (и как следствие отказы) за счет волны разрежения возникающей в результате взрыва и колебательных процессов в массиве горных пород, т.е. до начала процесса трещинообразования в массиве.

В основу методики экспериментального определения динамики раздвижки (подвижки) патронов в шпуре было положено свойство геркона изменять свое состояние при изменении напряженности магнитного поля. Это означает, что, если разместить датчик из геркона в шпуре, а к патрону прикрепить магнит, то при прохождении патрона возле датчика геркон изменит свое состояние. Если вдоль шпура разместить несколько датчиков на определенном расстоянии друг от друга, то можно

определить время прохождения участков между датчиками, а соответственно, и скорость движения патрона.

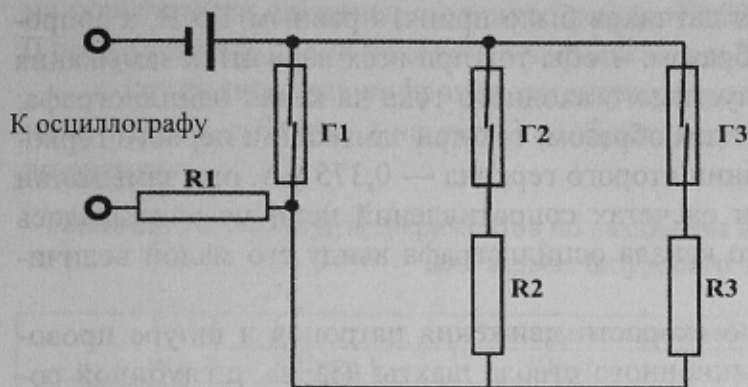


Рис. 1. Принципиальная схема датчика и его подключения к осциллографу R1–R3 — электрические сопротивления, Г1–Г3 — герконы

сопротивление цепи и, следовательно, уменьшается сила тока (по сравнению с первой цепью). При прохождении мимо третьего геркона замыкается цепь «осциллограф — батарея — сопротивление R3 — сопротивление R1».

Для уменьшения размеров датчиков общие для всех трех вариантов замыкания цепей батарея и сопротивление R1 были вынесены к осциллографу. Расстояния между герконами подбирались таким образом, чтобы не перекрывались диапазоны их срабатывания.

Макеты пассивных патронов, которые использовались в эксперименте, имели длину 180 мм, диаметр 45 мм и массу 0,4 кг. Они изготавливались из песка, после чего их поверхность покрывалась слоем парафина. Макеты патронов-боевиков имели такие же размеры как и макеты пассивных патронов и изготавливались из песка, связанного парафином. Соотношение количественных частей парафина и песка подбиралось таким образом, чтобы масса и объем такого патрона соответствовали патронам патронов аммонала скального № 1, выпускаемого промышленностью. С одного торца в патрон-боевик вставлялся магнит цилиндрической формы диаметром 36 мм и толщиной 6 мм. После изготовления датчиков и патронов производилась тарировка срабатывания датчиков, причем каждому датчику был сопоставлен свой патрон.

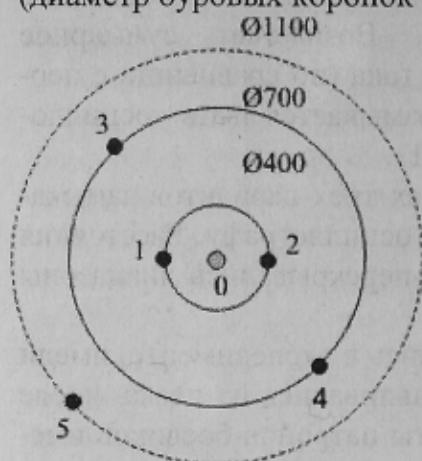
Для крепления датчика в шпуре использовался клин и стальная проволока. Клин состоял из двух заточенных соответствующим образом цилиндров, в дне одного из которых пропиливался паз, в котором было размещено стальное кольцо для крепления датчика к клину. Размеры клина выбирались таким образом, чтобы в исходном состоянии он свободно входил в шпур, а при расклинивании прочно в нем расpirался. Через стальное кольцо в пазе клина пропусклась стальная проволока, и клин расклинивался забойником у дна шпура. Затем к стальной проволоке крепили датчик. Макет патрона-боевика досылался в шпур магнитом вниз. Перемещением проволоки с датчиком по шпуру добивались того чтобы он находился на 2...3 мм выше магнита (при помощи омметра измеряли сопротивление цепи: как только сопротивление становилось равным сопротивлению при срабатывании третьего геркона, датчик на 2...3 мм поднимали вверх). После выставления нужного положения

Была предложена принципиальная схема датчика и его подключения к осциллографу изображенная на рис. 1. При прохождении магнита мимо первого геркона замыкается цепь «осциллограф — батарея — сопротивление R1», и величина тока зависит от напряжения батареи и величины сопротивления. При прохождении мимо второго геркона замыкается цепь «осциллограф — батарея — сопротивление R2 — сопротивление R1». Возрастает суммарное

датчика жестко фиксировали стальную проволоку на забое, чтобы исключить перемещение датчика по шпуре.

Напряжение батареи питания датчиков было принято равным 1,5 В, а сопротивления были подобраны таким образом, чтобы ток при всех вариантах замыкания цепи был меньше максимально допустимого входного тока на канал осциллографа: $R_1=3$ кОм, $R_2=1$ кОм, $R_3=2$ кОм. Таким образом, ток при замыкании первого геркона составляет 0,500 мА, при замыкании второго геркона — 0,375 мА, при замыкании третьего геркона — 0,300 мА (при расчетах сопротивлений цепи не учитывалось внутреннее сопротивление входного канала осциллографа ввиду его малой величины).

Эксперимент по определению скорости движения патронов в шпуре проводился в условиях проходки вентиляционного ствола шахты «Заря», с глубиной составляла 530 м диаметром в свету — 6,5 м. Горно-геологические условия проходки: крепость пород по шкале проф. М.М. Протоdjяконова (пересекаемых на глубине 530 м) — $f=7...8$; приток воды в забое ствола — 9 м³/ч; угол падения пород — $10...12^\circ$. Технические условия проходки: тип бурильного оборудования — БУКС-1м (диаметр буровых коронок — 52 мм); материал забойки — граншлак.



- Исследуемые шпуры (1-5)
- Боевой шпур 0

Рис. 2. Схема расположения шпуров в эксперименте

метрами 0,4 м, 0,7 м и 1,1 м так, как показано на схеме (см. рис. 2).

Перед заряданием каждый шпур для очистки от буровой мелочи был продут сжатым воздухом при давлении примерно 0,5 МПа.

К патрону с магнитом («боевику») шпуров 1 и 3 перед досылкой последнего в шпур были прикреплены детонаторные провода длиной равной примерно 2,5 м.

Концы детонаторных проводов были затем присоединены к взрывной антенне (имитация реальной ситуации при ведении взрывных работ). По окончании зарядания шпуры 1 и 3 были засыпаны забойкой из граншлака длиной 1,42 м.

Все шпуры были затоплены водой. Забой перед взрыванием был подтоплен на высоту примерно 20–25 см.

По окончании зарядания шпуров 1...5 с проходческого полка был подан в забой провод, концы которого были промаркированы с двух сторон (от 1 до 6). Провода датчиков, установленных в шпурах 1...5 были подсоединены к соответствующим

Для исследования характера влияния взрыва одиночного шпурового заряда на раздвижку патронов в соседних шпурах была разработана специальная схема расположения шпуров, приведенная на рис.2. Центральный шпур 0 был единственным «боевым» шпуром всего комплекта. Глубина его составляла 3,0 м, заряд — 3,6 кг (9 патронов аммонала скального № 1), длина забойки — 1,38 м. Для инициирования заряда этого шпура использовался электродетонатор ЭДКЗ-0П. Остальные 5 шпуров забойного комплекта глубиной 2,5 м каждый (на рис.3 обозначены значащими цифрами) были заряжены патронами-макетами, описание которых дано выше. В каждом шпуре размещалось по 6 патронов-макетов, один из которых был с магнитом («боевик») и располагался он первым от устья шпура. Шпуры располагались на трех концентрических окружностях с диаметрами 0,4 м, 0,7 м и 1,1 м так, как показано на схеме (см. рис. 2).

концам провода, спущенного с полка. Перед спуском в забой вышеупомянутый провод был присоединен на полке к телефонному кабелю, который в свою очередь был на поверхности соединен с осциллографом Н102. Перед взрыванием заряда в шпуре 0 проходческий полук находился на расстоянии 23 м от забоя ствола.

Результаты расшифровки осциллограммы, полученной в ходе эксперимента приведены в таблице, а на рис. 3 изображен график изменения подвижки патронов во времени.

Таблица. Результаты экспериментов по раздвижке имитаций патронов в шпурах от действия взрыва шпурового заряда ВВ

Показатели	Значения показателей для различных шпуров												
	Шпур 1			Шпур 2			Шпур 3	Шпур 4			Шпур 5		
	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3		0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3
Длина пройденного участка шпура, мм	18	27	7	13	31	10	Подвижки патронов в данном шпуре нет	16	23	19	11	45	14
Время прохождения, мс	1,75	2	1,75	1,75	3	1		2,25	2,25	13	2,25	12,5	5
Средняя скорость, м/с	9,6	13,5	4,7	7,4	10,3	10		7,1	10,2	1,5	4,9	3,6	2,8
Общая вел. Подвижки, мм	Более 52			Более 54				Более 58			Более 70		

Таким образом, проведенное взрывание показало, что при отсутствии забойки в шпурах заполненных водой, возможна подвижка патронов ВВ 52...70 мм и более от взрыва соседнего заряда располагались на расстоянии 0,4...1,1 м. При таких раздвижках патронов в шпуре возможны отказы и неполные детонации. В тоже время при наличии сыпучей забойки в шпуре на всю его длину подвижка патронов наблюдалась только при расстоянии между шпурами равном 0,4 м и отсутствовала при расстоянии равном 0,7 м. Движение патронов во всех шпурах началось сразу же после взрыва

Методом наименьших квадратов удалось установить характер зависимости изображенной на рис. 3. Она имеет вид:

$$l_{\text{подв}} = 75,9 \cdot e^{-2,8/t}, \quad (1)$$

где $l_{\text{подв}}$ — величина подвижки патронов, мм; t — время подвижки патронов, мс.

Коэффициент корреляции при этом составил 0,948.

Это означает, что процесс подвижки патронов в шпурах от взрыва сближенного заряда ВВ происходит по одному экспоненциальному закону независимо от расстояния до «боевого» заряда (в пределах до 1,1 м) и наличия сыпучей забойки в шпуре (водяная забойка присутствовала во всех шпурах, а забойка из граншлака только в шпурах 1 и 3).

Известно, что для аммонала скального № 1 прессованного расстояние передачи детонации после замочки в воде (в течение 1 часа) не превышает 50 мм [3]. Исходя из уравнения (1), на это расстояние патрон-боевик может подвинуться за 6,7 мс. Это означает, что даже при короткозамедленном взрывании возможны отказы при

отсутствии в шпуре забойки в случае расстояния между зарядами 1,1 м или даже с забойкой при расстоянии менее 0,7 м.

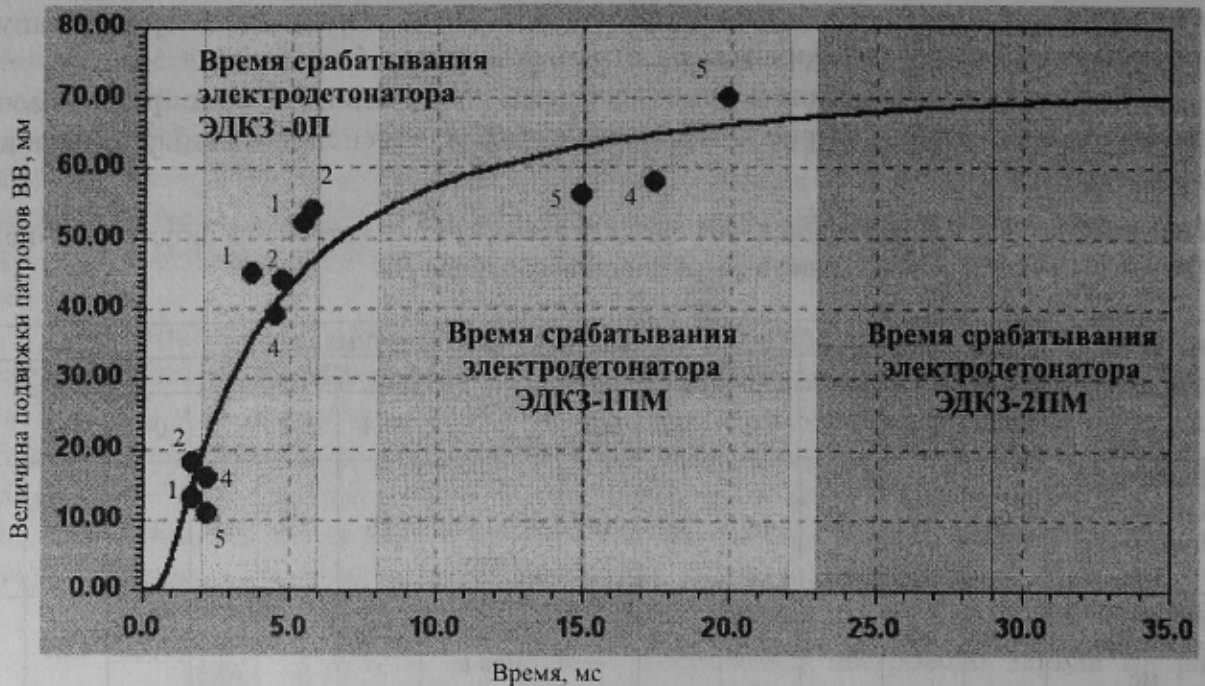


Рис. 3. Изменение величины подвижки патронов во времени: 1 — шпур 1; 2 — шпур 2; 4 — шпур 4; 5 — шпур 5

Исследование кривой (см. рис. 3) показывает, кроме того, следующее. В сотые доли миллисекунды после взрыва соседнего заряда подвижка практически отсутствует, но примерно через 0,5 мс наступает интенсивное движение патронов, которое завершается примерно через 5 мс после взрыва. Затем наблюдается плавное перемещение патронов вдоль шпура. Предельная подвижка патронов в шпуре как следует из уравнения (1) равна 75,9 мм. Максимум скорости подвижки равный 14,7 м/с наступает через 1,4 мс, а максимальное ускорение, равное $24,7 \text{ м/с}^2$ было зафиксировано через 0,6 мс после взрывания.

Полученные данные отличаются от динамики подвижки патронов в наклонных шпурах [4], в которых максимальная скорость подвижки оказалась равной 11,4 м/с, а общая подвижка составила 70...900 мм. Данные различия можно объяснить тем, что на процесс подвижки патронов в вертикальных стволах оказывает влияние столб воды (в наклонных шпурах вода выбрасывается вместе с патронами).

При применении электродетонаторов замедленного действия вероятность подвижки значительно возрастает, даже до начала разрушения горного массива, поскольку разброс по времени срабатывания этих детонаторов может достигать до 500 мс и более. Этого времени вполне достаточно, чтобы патрон-боевик сместился на расстояние, превышающее предельное по передаче детонации для аммонала скального № 1 пресованного, особенно при небольшом расстоянии между шпурами (0,1...0,2 м), что обязательно приведет к отказам.

Исходя из вышесказанного целесообразно применение электродетонаторов короткозамедленного действия (ЭДКЗ), разброс по времени срабатывания которых значительно меньше, чем у ЭДЗД, и составляет 7...10 мс, что значительно уменьшает вероятность отказов.

Библиографический список

1. **Контурное** взрывание в угольных шахтах / П.Я.Таранов, Е.М.Гарцуев, А.Г.Гудзь, В.Ф.Лавриненко и др. — Донецк: Донбасс, 1972. — 88 с.
2. **Фам Ван Лан**. Обоснование параметров камуфлетного взрывания при открытом способе разрушения горных пород и строительных конструкций: Автореф. дис... канд. техн. наук. 05.26.01 / Дон. гос. техн. у-т. — Донецк, 2001. — 20 с.
3. **Сборник** нормативных документов по взрывным работам в угольных шахтах: КД 12.01.1201-99: Утв. Первым зам. Министра угольной промышленности Украины 22.11.99 и Председателя Госнадзорохрантруда Украины 31.12.99. — Макеевка-Донбасс, 2000. — 240 с.
4. **Александров В.Е., Шевцов Н.Р., Вайнштейн Б.И.** Безопасность взрывных работ в угольных шахтах. — М.: Недра, 1986. — 150 с.

© Шевцов Н.Р., Купенко И.В., Лабинский К.Н., Бабичев В.А., Пудак В.И., 2002

УДК 622.235

КАЛЯКИН С.А. (ООО «Снэйк»), ШЕВЦОВ Н.Р. (ДонНТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ БУФЕРНОЙ СРЕДЫ НА СПОСОБНОСТЬ МЕТАНОПЫЛЕВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ ВОСПЛАМЕНЯТЬСЯ ОТ ВЗРЫВНОГО ИМПУЛЬСА

В результате развития теории локализации взрыва метановоздушной (МВС) и пылевоздушной (ПВС) смесей, а также взрывчатых веществ (ВВ) буферной средой как дисперсной системой [1] представилось возможным численно определить линейный размер зоны разлета раскаленных продуктов взрыва (L_k).

Оказалось, что размер этой зоны определяется минимальной длиной буферной среды ($\ell_{o.c.}$), при прохождении которой нагретые до высокой температуры расширяющиеся продукты взрыва охлаждаются и становятся не способными вновь вызывать воспламенение взрывоопасной среды. Для характеристики агрессивности (воспламеняющей способности) локализуемого взрыва вводится параметр Q_t , который определяет его энергию, выделяющуюся при детонации в единицу времени. Для характеристики эффективности (способности охлаждать продукты взрыва МВС или ПВС) буферной среды вводится параметр, определяемый произведением ее плотности (ρ_c) на величину удельного поглощения тепла материалом (λ), который ее образует. Кроме того, вводится параметр (α_o), который характеризует долю энергии, отбираемую материалом буферной среды у продуктов взрыва в результате его теплообмена с ними. В результате была найдена зависимость, определяющая изменение L_k от выше перечисленных параметров:

$$L_k = \alpha_o \left(\frac{a_o \cdot Q_t}{\lambda^{3/2} \cdot \rho_c} \right)^{1/2}, \quad (1)$$

где α_o — коэффициент, корректирующий относительное различие тепловых потоков через единицу площади буферной среды в открытом ($\alpha_o = 1$) и замкнутом ($\alpha_o > 1$) пространстве, т.е. учитывает различие между расширением продуктов взрыва и буферной среды для сферической симметрии и одномерным расширением в канале.

Основным параметром, характеризующим предохранительные свойства буферной среды (способной предотвращать воспламенение размещенной за ней, счи-