

гічної цінності органічної маси вугілля. Достовірність отриманих висновків підтверджується результатами коксування шихт з використанням вивчаємого вугілля. Таким чином методика розрахунку  $P_{\text{оц}}$ , яка розроблена для оцінки марок виділених за ГОСТ 25543-88, придатна, за умов незначних змін, і для оцінки марок виділених за ДСТУ 3472-96. Запропонований показник відносної енергетичної цінності вугілля погано диференціює вугілля марок Ж, К, ПС, П. Тому, для встановлення раціонального використання вугілля у промисловості необхідні подальші дослідження з метою більш ретельної оцінки енергетичної цінності його органічної маси.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 3472 – 96. Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація. – К.: Держстандарт України, 1997. – 5с.
2. ГОСТ 25543 – 88. Угли бурые, каменные и антрациты: Классификация по генетическим и технологическим параметрам. – М.: Госком СССР по стандартам, 1988. – 19с.
3. Васильев Ю.С., Дроздник И.Д. Международный семинар: "Состояние мирового угольного рынка. Направления использования углей и сертификация их качества" // Углекимический журнал.–2002. – №1 – 2. – С. 49 – 52.
4. Еремин И.В., Броневец Т.М. Марочный состав углей и их рациональное использование. – М.: Недра, 1994. – 254с.
5. Савчук В.С., Пожидаев С.Д., Бойко П.Г., Дмитренко Н.В. Комплексная оценка пригодности для слоевого коксования запасов углей Тягловского участка Львовско – Волынского бассейна //Металлургия и коксохимия: Респ. межвед. науч. – техн. сб. – 1986. – Вып. 91. – С. 7 – 11.
6. Савчук С.В. Природа сульфидов железа угольных месторождений // Вопросы региональной и генетической минералогии. –К.: Наук. думка,1977. – С. 67 – 74.
7. Угли Львовско – Волынского бассейна / Е.Е. Рожнова, В.М. Лифшиц, Г.П. Вырвич и др. Исследования и классификация углей. – М.: Углетехиздат,1959. – С. 53 – 106.

УДК 622.235.5

В.Н.Коновал

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗАБОЕК СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ РЕГУЛИРОВАННОГО ДРОБЛЕНИЯ ПОРОД ВЗРЫВОМ**

Розглянуто вплив різноманітних конструкцій і матеріалів набійки на ефективність запирання продуктів детонації в подовжених зарядах вибухової речовини

### **USAGE OF NEW STUFFS STEMMING BLASTHOLE CHARGES FOR A SOLUTION OF A PROBLEM OF THE REGULATED EXPLOSION ROCKS BREAKING**

The influence of different designs and stuffs stemming on efficiency of detonation products choking in column charges of an explosive is considered

Анализ развития взрывного дела за последние годы показывает, что, несмотря на многообразие способов повышения эффективности взрывных работ, все они зависят в основном от рационального распределения энергии в разрушаемом массиве.

Одним из основных факторов, определяющих результаты взрыва, является

величина и длительность поддержания давления продуктов детонации в скважине, в зависимости от плотности, величины, качества и типа забойки, изучение поведения которой в шпуре является важной задачей взрывного дела. Поэтому роль забойки в процессе взрывного разрушения горных пород следует рассматривать в тесной взаимосвязи с механизмом взрыва, и в, первую очередь, с воздействием на разрушаемый массив статического давления продуктов детонации и ударной волны. Согласно современным представлениям о действии взрыва в среде роль забойки в процессе взрыва можно охарактеризовать следующим образом: предотвращение потерь энергии при детонации заряда; увеличение продолжительности воздействия газов взрыва на взрываемую среду; обеспечение полноты детонации взрывчатых веществ (особенно гранулированных за счет, того, что забойка способствует более полному завершению вторичных реакций в процессе детонации); снижение объема вредных газов и уменьшение запыленности выработок.

Из работ [1, 2] известно, что забойка оказывает большее сопротивление при взрыве высокобризантных ВВ, т.е. при кратковременном ударе и меньшем времени нарастания давления. Об этом свидетельствуют данные таблицы, в которой приведена длина столбика забойки (в сантиметрах), не разрушающегося при взрыве заряда пороха или бризантного ВВ весом 56 г в трубе диаметром 32 мм (табл.1).

Забойка должна обеспечить полноту детонации ВВ и максимально возможное давление на фронте детонационной волны, в результате чего увеличивается длительность ударной волны, зависящая не только от детонационного давления, но и от длительности поддержания высокого давления в зарядной полости.

Таблица 1 – Влияние материала и конструкции забойки на ее критическую длину при квазистатическом и динамическом нагружении

Тип забойки	Черный порох	Бризантное ВВ
Песок 6% влажности	35,6	30,5
Сухая глина	40,6	35,6
Гранулированная глина	55,9	55,9
Смесь глины с крупным песком	55,9	55,9
Смесь глины и мелкого песка 7% влажности	40,6	35,6
То же 12% влажности	52,7	50,8
Сухой мелкий песок	38,1	35,6
Сухая глина	50,8	45,7

В работе [3] приведены данные о том, что с увеличением количества и улучшением качества забойки увеличивается продолжительность времени поддержания давления в шпуре. Другими словами повышается эффективность действия взрыва. Исследования влияния условий взрывания шпуровых зарядов [4-6], показывают, что при использовании забойки энергия волн напряжения выше, чем у таких же зарядов, взрываемых без забойки. Так, максимальное напряжение на фронте ударной волны в зарядах с забойкой были в 1,5 раза выше, чем без нее. При взрываний зарядов тротила весом 53 г. были установлены сле-

дующие параметры ударной волны в среде при взрываний без забойки и с водяной забойкой (табл.2).

Таблица 2 – Параметры ударной волны при различных условиях взрывания скважинных зарядов

Параметры ударной волны	Условия взрывания	
	Без забойки	С водяной забойкой
Максимальное напряжение, кг/см <sup>2</sup>	7,3	128
Длительность действия, м/с	340	500

Как видно из таблицы взрывание зарядов с водяной забойкой приводит к увеличению длительности действия ударной волны и максимальных напряжений на ее фронте.

На этом основании в работе [7] делается вывод об увеличении доли разрушения породного массива ударной волной по мере увеличения акустической жесткости породы при этом роль забойки по мере увеличения плотности, крепости породы будет возрастать.

П.П. Гогиев [8,9], исследуя механизм поведения забойки в шпуре, высказал предположение, что для достижения максимального полезного эффекта взрыва необходимо, чтобы ударная волна, возникающая в забоечном материале, в результате воздействия на него продуктов взрыва, доходила до верхнего торца забойки не раньше, чем волна детонации, отразившись от дна шпура дойдет до точки ее генерирования.

Однако следует отметить, что механизм поведения забойки различной конструкции с учетом ее компонентного состава, до сих пор недостаточно изучен.

В работе [10] на основании теоретических расчетов сделал вывод о том, что движение забойки в шпуре или в скважине мало зависит от физико-механических свойств материала забойки, а определяется в основном отношением массы забойки к массе заряда. В этой связи большинство исследований до настоящего времени рассматривали колонку гидрозабойки как однородное тело, движущееся под воздействием продуктов детонации, которые играют роль поршня, преодолевающего сопротивление инертных сил. Особенно наглядно это положение проявляется при попытках теоретического расчета длины гидрозабойки. [10, 11].

В ряде работ, посвященных вопросу применения забойки, большое внимание уделяется забоечному материалу, в частности, его физико-механическим свойствам.

И.Б. Карасик [12] полагает, что для достижения высокой эффективности забойки, материал последней должен обладать максимально-возможной адгезионной способностью и, в идеальном случае, прочностью, равной прочности породы в монолитном массиве.

В то же время Ф.А. Баум и др. [10] показали, что наличие забойки, масса которой в два раза превышает массу заряда ВВ, обеспечивает такой же боковой импульс взрыва, как и в случае полного (до устья) заполнения скважины ВВ. При этом характер распределения удельных импульсов более благоприятен при

наличии забойки. Следовательно, при плотности забойки вдвое большей плотности ВВ, длина заряда и забойки должны быть одинаковыми.

Результаты весьма интересных экспериментов приведены в работе М.С. Акаева [13]. Заряды аммонита № 6ЖВ массой 800 г и длиной 65 см в шпурах диаметром 45 мм и глубиной 100 см, при взрыве образовывали в зависимости от вида забойки, воронки различного объема (табл.3).

Таблица 3 – Относительный объем воронки взрыва при использовании различных материалов забойки в удлиненных вертикальных зарядах

Материал забойки	Длина забойки в диаметрах шпура	Масса забойки, кг	Относительный объем воронки разрушения
Глина	9	1,05	1,0
Чугунная дробь	3	1,13	2,0
Чугунная дробь	7,6	2,6	2,8
Стальной стержень	6,7	2,58	1,6

Как видно из таблицы при одинаковой массе чугунная дробь оказалась почти вдвое эффективнее как по сравнению с глиной, так и со стальным стержнем.

При рассмотрении механизма взаимодействия взрывных, газов и забойки возникает вопрос об эффективной длине. Ряд исследователей – Ф.М. Галаджий и А.И. Слезнев [14] – экспериментально (испытания проводились в канале стальной мортиры) определили, что время выбрасывания внутренней забойки при одном и том же весе заряда растет с увеличением ее длины. Однако большинство авторов считают, что КПД взрыва возрастает с увеличением длины забойки до некоторого предела.

Таким пределом является соотношение между длиной заряда и забойки, при котором время детонации заряда равно времени вылета забойки. Считается, что увеличение длины забойки выше этого предела не приведет к повышению КПД взрыва, так как условия взрывания зарядов остается примерно одинаковыми.

Весьма интересные исследования в рассматриваемой области выполнены П.П. Галаджием [9]. В металлическую трубу длиной 30 см и диаметром 1,6 см засыпался сухой песок, который затем выталкивался из трубы с помощью поршня с различной скоростью. Было установлено, что в песке образуется «пробка», которая тем короче и плотнее, чем больше скорость приложения нагрузки. На основании выполненных опытов автор пришел к выводу, что оптимальная длина забойки определяется величиной «пробки», которая возникает в результате бокового распора материала при воздействии взрыва на торец забойки.

Было установлено, что в случае использования зернистых материалов через 0,5 мс после начала детонации заряда нижняя часть забойки начинает перемещаться к устью шпура с возрастающей скоростью вслед за ударной волной. Через 2-2,5 мс скорость движения этой части забойки составляет 40-50 м/с, а нижний торец забойки успевает сместиться на 4-5 см. При этом верхняя часть забойки до глубины 20-30 см начинает двигаться через 0,6-0,75 мс.

Таким образом, начало движения верхней части забойки относительно нижней запаздывает на 0,1-0,25 мс. Слои забойки, в верхней и нижней ее частях, имеют разные начальные скорости. В результате происходит резкое уплотнение забоечного материала, увеличение сил трения между его частицами, а также между забойкой и стенками шпура. Вследствие переуплотнения нижней части забойки скорость ее падает до 15-20 м/с. Верхняя часть забойки, получившая энергию при прохождении ударной волны, продолжает двигаться с возрастающей скоростью и через 5-4 мс с момента начала деформации колонка забойки разрывается и вся ее верхняя часть вылетает из шнура со скоростью 70-80 м/с.

В этой связи одним из направлений в разработке новых видов внутренней забойки является применение твердых забоечных материалов. На шахтах Венгрии применялась забойка из смеси песка с цементом, по размерам она соответствовала патрону ВВ. Принцип действия такой забойки состоит в том, что при взрывах она дробится, куски ее застревают в шпуре и препятствуют выходу продуктов взрыва из шпура. Подобные забойки испытывались в Российской Федерации на марганцевых рудниках. Сравнение эффективности забоек в виде бетонных саморасклинивающихся пробок с деревянными пробками, а также с песчано-глинистой забойкой в этих условиях показало, что лучшие результаты дают бетонные пробки. Однако наилучшей в этом отношении является твердеющая забойка, которая испытывалась на гипсовых рудниках США Японии и Российской Федерации [15]. В США на гипсовых рудниках, кроме того, применяли быстротвердеющую гипсовую забойку (9 частей гипса и 4 части воды). Такая смесь в виде тестообразной массы нагнеталась в шпуры и по истечении одного часа затвердевала, полностью перекрывая сечение шпура и изолируя заряд ВВ от призабойного пространства. На руднике «КАЗ» для взрывного разрушения горных пород была применена быстротвердеющая бетонная забойка на основе расширяющегося гипсглиноземистого цемента. Такая забойка затвердевала в шпурах через 15-60 минут и обеспечивала высокое качество взрыва. Из всех твердых видов внутренней забойки именно эта забойка является наиболее эффективной, она способна оказывать большое сопротивление давлению расширяющихся продуктов взрыва и разрушается вместе с массивом.

Одним из перспективных направлений при использовании различных материалов в качестве забойки вертикальных скважинных зарядов является применение жидких материалов. В настоящее время все шире начинают использовать гидропульты и гидропасты. Такие материалы, кроме того, заполняют крупные трещин в массиве и позволяют повысить безопасность взрывных работ. В Швейцарии акционерное общество «GEFAS» разработало составы на основе солей кремниевой кислоты, получаемой обычно при взаимодействии жидкого стекла и соляной кислоты [15].

Однако такие забойки, имея в своем составе концентрированную соляную кислоту, при взаимодействии с продуктами взрыва существенно повышают загазованность рудничной атмосферы и образуют вещества, вредные для организма человека.

Как известно [16] утечка продуктов детонации, снижающая эффективность

взрыва, может происходить либо через устье скважины, либо через трещины, образующиеся в результате разрушения массива. Поэтому одним из факторов, определяющих качество пластичных, зернистых и других видов забоек являются силы трения, на долю которых приходится более 90% общего сопротивления, оказываемого забойкой продуктам детонации. Наиболее перспективным направлением улучшения качества забойки и пластичных и зернистых материалов в этой связи следует признать повышение коэффициента внутреннего трения. Причем величина сил внутреннего трения возрастает с увеличением плотности и крупности материала забойки.

Таким образом, применение различных конструкций забоек, отличающихся использованием новых материалов, позволяет решать проблему регулируемого качественного дробления горных пород с использованием энергии взрыва на открытых и подземных разработках

### **Выводы**

В результате приведенного анализа, выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Многие исследования проводились в производственных условиях, когда выяснению роли забойки мешали такие факторы, как удельный расход ВВ, способ взрывания.

2. Оптимальные величины забойки твердых и жидких материалов различны. Это объясняется отличающимся механизмом действия забойки.

3. Большинство исследований направлены на изучение работы забойки из глины, песка, воды. Применение же комбинированных забоек, в том числе и новых составов, например, природного ангидрида, добываемого попутно с гипсом, в настоящее время сдерживается ввиду недостаточной изученности их запирающего эффекта при динамическом воздействии продуктов детонации.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Тейлор Д. Сопротивление забойки/ БТИ. Перевод. №152 – 1947. – С.40-47.
2. Тейлор Д., Гей П. Взрывчатые вещества, применяемые в угольной промышленности Англии. Госгортехиздат, 1901.– 120с.
3. Мамаев В.И., Ибраев Ж.А., Сизенко В.А. Гидрогелевая паста – материал для забойки шпуров //Взрывное дело № 72/29 – М.: Недра. – 1973 – С.130-135.
4. Бродский М.П. О действии взрыва в твердой фазе// Теория и практика буровзрывных работ в горной промышленности. Углетехиздат, 1953 – С.45-60.
5. Банзионадхай Санар. Влияние забойки на эффект взрыва/ ГлавНИИ отраслевой БТИ.– М.: 1961. – Перевод № 84, Наука – 704 с.
6. Бродский М.П. О действии взрыва в твердой среде/ Теория и практика буровзрывных работ в горной промышленности. – М.: Углетехиздат, 1953 – С.45-60.
7. Денщик Г.П. Современные теоретические представления о действии взрыва в среде //Буровзрывные работы в горной промышленности. – М.: Госгортехиздат, 1963. – С.90-96.
8. Гогиев П.П. О необходимой длине забойки шпуровых зарядов// Техническая механика. – Сер. Тяжелая пром-сть. – Тбилиси, 1963 –№ 39 –40с.
9. Гогиев П.П. Управление действием взрыва шпуровых зарядов. – Тбилиси: Мецниераба, 1968 – 150с.
- 10 Баум Ф.А., Григорян С.С., Санасарян Н.С. Определение импульса взрыва вдоль образующей скважины и оптимальных параметров скважины заряда //Взрывное дело № 54/11.– М.: Недра, 1964.– С.75-85.
11. Масаев Ю.А., Левчик С.П. Исследование различных видов водяной забойки в условиях Кузбасса// Безопасность работ в угольных шахтах – М.: Недра, 1972. – С.94-98.
12. Карасик И.Б. Повышение использования энергии взрыва зарядов ВВ путем создания забойного мате-

риала, обладающего высокой адгезионной прочностью – М.: ИГД им. Скочинского. – 1962.– 98с.

13. Акаев М.С. О влиянии прочности материала забойки на эффективность взрыва // Новые в истории и технологии разработки рудных месторождений – М: Недра, 1964. – С.40-45.

14. Селезнев А.И., Галаджий Ф.М. Внутренняя забойка шпуров при взрывных работах. – М.: Углетехиздат, 1955.– 200 с.

15. А.С. № 826022.МКИ<sup>4</sup> E21 F 5/00 Гелеобразующий состав для забойки шпуров и скважин/ Корзун А.П., Плотников Н.И., Голодяев А.П. и др.// Открытия и изобретения – 1981. – № 11.– С.190-191.

16. Цетров Н.Г., Островидов С. В. Влияние забойки на эффективность короткозамедленного взрывания при проведении выработок в крепких породах/ Научные сообщения ИГД им. Скочинского. – М.: 1968. – № 40. – С.67-71.

**УДК 622:24.537.528**

А.П. Смирнов, В.Г. Жекул,  
В.М. Косенков, С.Г. Поклонов

### **ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ЗАКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ СИСТЕМ**

У роботі проведено експериментальне дослідження модуля Юнга на розтягання і на стиск для багатощарового й анізотропного матеріалу. Отримані дані відрізняються від довідкових даних по однорідному матеріалу більш ніж у шість разів.

### **RESEARCH OF ELASTIC PROPERTIES MULTILAYER MATERIALS USED AS CYLINDRICAL ENVIRONMENTS OF CLOSED ELECTRODE SYSTEMS**

In work the experimental research of the Ung's module on a stretching and on compression for multilayer and anisotropic materials is carried out. The received data differ from the help data on a homogeneous material more than six times.

**Введение.**

В процессе эксплуатации добывающих скважин, через некоторый промежуток времени, их производительность падает. Это связано с появлением в призабойной зоне и на фильтре скважины различного рода отложений, что уменьшает их проницаемость. Для решения этой проблемы применяются различные методы воздействия и обработки призабойной зоны и фильтра скважины, в том числе и импульсные методы. К наиболее перспективным из них с точки зрения эффективности и экологической чистоты относят технологии с использованием различных физических полей. К их числу относится электроразрядная технология, в которой высоковольтный разряд в жидкости является источником акустических импульсов в призабойной зоне скважины. Для реализации этой технологии применяются электроразрядные скважинные устройства. Эффективность их работы (преобразования электрической энергии в акустическую) во многом зависит от электропроводности скважинной жидкости. В процессе обработки призабойной зоны происходит изменение электропроводности жидкости внутри скважины. Это, а также отличные от нормальных температура и давление внутри скважины, создают проблему осуществления эффективных разрядов в скважинной жидкости. Для ее решения были разработаны электрод-