



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2016, Том 7, № 2, С. 103 – 113

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
[http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/
ejournal@pnu.edu.ru](http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@pnu.edu.ru)

УДК 622.235

© 2016 г. **В. Г. Комков**, канд. техн. наук,
Л. В. Баишева,
А. А. Тимофеев,
В. В. Жуковский

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

УМЕНЬШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ДЛИНЫ ЗАБОЙКИ ВЗРЫВНОЙ СКВАЖИНЫ

Рассмотрены конструкции забоек взрывных скважин. Произведены исследования запирающей способности забойки из обратной засыпки буровой мелочи и комбинированной забойки с бетонным конусом, расклиненным буровой мелочью.

Ключевые слова: давление газов взрыва, взрывная скважина, комбинированная забойка, запорный конус.

V. G. Komkov, L. V. Baisheva, A. A. Timofeev, V. V. Zhukovskii REDUCTION OF EFFECTIVE LENGTH TEMPING BLAST HOLES

Designs of temping blast holes. Made studies locking capacity temping from the backfill cuttings and tamping combined with a concrete cone propped cuttings.

Keywords: pressure gas explosion, blast hole, combined tamping, locking cone.

Введение

В современных условиях развития открытых горных работ первостепенное значение в их интенсификации отводится буровзрывным работам. Такие важнейшие элементы интенсификации современного производства, как концентрация горных работ, комплексная механизация технологических процессов, высокий уровень их организации, могут быть успешно реализованы только на основе создания запасов взорванной горной массы высокого качества по степени дробления. Это обеспечит независимую работу буровзрывного и погрузочно – доставочного комплексов, наиболее полное и эффективное использование погрузочного и транспортного оборудования [1].

Длительными исследованиями различных авторов установлено, что забойка играет существенную положительную роль в работе взрыва: она обеспечивает полноту детонации взрывчатого вещества (ВВ) и, тем самым, выделение наибольшего количества энергии взрыва заряда с данными параметрами; увеличивает продолжительность импульса взрыва и, следовательно, степень использования энергии взрыва, а также предотвращает опасный разброс кусков породы газами взрыва в процессе их истечения через устье скважины.

Рациональные параметры забойки зависят от многих факторов, характеризующих свойства взрывчатого вещества и забоечного материала, конструкцию заряда, а также среду, в которой производится взрыв.

Большая группа специалистов доказали, что взрывные работы без забойки приводят к увеличенным потерям энергии взрыва, снижению качества дробления и повышению дальности разлёта кусков горной массы.

Основной задачей наших исследований было не только и даже не столько выяснение целесообразности применения забойки, сколько решение вопроса об эффективной ее длине при использовании различных забоечных материалов и конструктивных решений [2]. Повышению полезного использования энергии взрыва способствует длительное задержание продуктов детонации в зарядной полости с помощью забойки, роль которой, согласно современным теоретическим представлениям, многообразна.

1. Классификация забоек взрывных скважин

На рис. 1 представлена классификация забоек скважинных зарядов.

В табл. 1 дана характеристика забоек, а также достоинства и недостатки различных конструкций.

2. Патентный поиск

Проведен патентный поиск актуальных конструкций забоек.

- Распорная забойка. Патент №2285900.

Авторы: Лещинский Александр Валентинович, Шевкун Евгений Борисович, Левин Дмитрий Владимирович, Матушкин Геннадий Викторович, Кузнецов Виктор Павлович.

Цель изобретения: запирать продукты взрыва в зарядной полости до разрушения массива и тем самым повысить эффективность использования энергии взрыва на дробление породы.

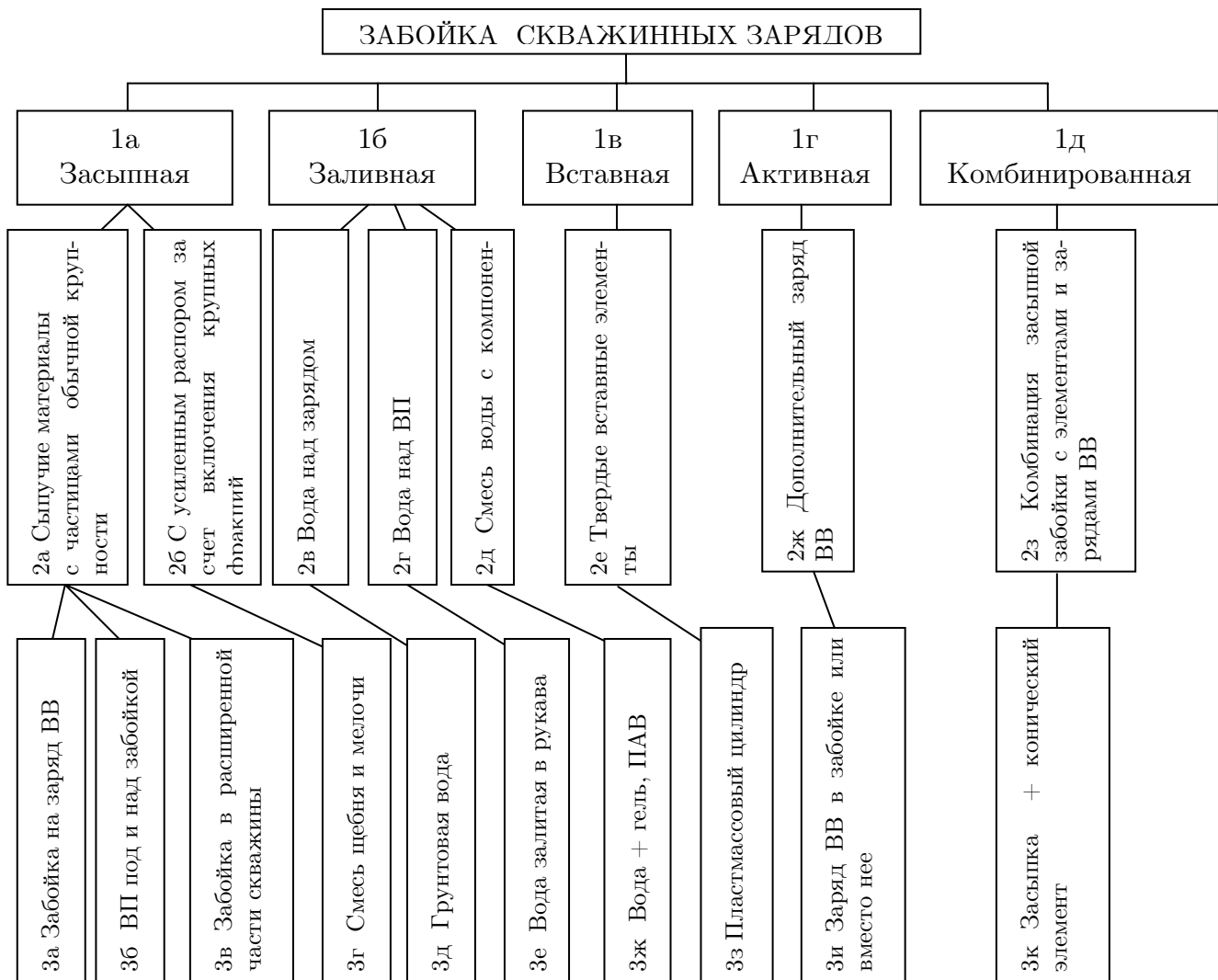


Рис. 1. Классификация забоек скважинных зарядов

Поставленная задача достигается тем, что в распорной забойке, представляющей собой разрезной цилиндр с коническим расширением, составленный не менее чем из трех частей, могущих перемещаться в горизонтальном направлении на закрепленных сверху пальцах, вставленных в направляющие втулки на днище, который соединен в верхней части с опорным кольцом через распорную трубу, а во внутреннюю полость разрезного цилиндра вставлен распорный полый конус, снабженный трубчатой тягой с резьбой на верхнем конце, свободно проходящей через отверстия в днище цилиндра и опорном кольце.

- Подвесная забойка. № 2286534.

Авторы: Лецинский Александр Валентинович, Шевкун Евгений Борисович, Левин Дмитрий Владимирович, Матушкин Геннадий Викторович.

Цель изобретения: запирать продукты взрыва в зарядной полости до разрушения массива и тем самым повысить эффективность использования энергии взрыва на дробление породы.

Поставленная задача достигается применением подвесной забойки, представляющей собой разрезной цилиндр с не менее чем тремя продольными прорезями и коническим расширением полости вниз от днища, снизу в полость разрезного цилиндра вставлен полый распорный конус, соединенный с канатной тягой, верхним концом закрепленной на треноге.

Таблица 1

Описание забоек взрывных скважин

Тип забойки	Характеристика	Достоинства	Недостатки
1.Забойка из пластичных материалов (глина, суглинки, смесь песка и глины)	Запирающие свойства обусловлены совместным действием инерции массы забоечного материала, сил трения и сил внутреннего сцепления забоечного материала	Дешевизна, доступность в изготовлении, простота использования	Не защищает призабойное пространство от взрыва МВС и ПВС при воздействии продуктов взрыва и горении зарядов ВВ
2.Забойка из искусственных ингибиторных пластичных материалов	Запирающие свойства обусловлены совместным действием инерции массы забоечного материала, сил трения и сил внутреннего сцепления забоечного материала	Доступность в изготовлении, простота использования, надежная защита призабойного пространства от вспышек МВС и ПВС. Повышение КИШ, снижает выброс токсичных газов.	Повышенная стоимость
3.Забойка из сыпучих материалов (песок, гранулированный доменный шлак)	Запирающие свойства обусловлены совместным действием только за счет инерции массы забоечного материала и сил трения	Доступность в изготовлении, простота использования	Не защищает призабойное пространство от взрыва МВС и ПВС; технологические неудобства размещения забойки в шпуре и др.
4.Жидкостная забойка (с полной заливкой шпура водой и использование пластиковых ампул)	По запирающему эффекту занимает промежуточное положение между забойками из пластичных и жидких материалов	Дешевизна, доступность в изготовлении, простота использования; снижает выброс токсичных газов в выработку	Жидкость может вытекать из шпур и ампул. Необходим дополнительный пыж из пластичного материала
5. Забойка шпуров пробками из твердых материалов (дерево, пластмасса, минеральная вата)	Запирающие свойства обусловлены за счет расклинивания пробок в устьях шпуров	-	Недостаточная эффективность
6. Забойка шпуров растворами быстротвердеющих вяжущих материалов	Запирающие свойства обусловлены совместным действием за счет инерции массы забоечного материала, сил сцепления забоечного материала со стенками шпура и частично за счет сил трения	Надежность запираения зарядной камеры шпура, повышение КИШ	Повышенная стоимость, технологические сложности, требует больше времени на подготовку взрывания
7.Комбинированная забойка (ампула с двойной оболочкой, заполнение ингибитором)	Пространство между двумя пластиковыми оболочками заполняется гранулированным наполнителем, затем через клапан в оболочку нагнетается вода	Расклинивает оболочку в шпуре, что обуславливает надежность запираения зарядной камеры шпура и повышение КИШ	Повышенная стоимость. Технологические сложности при монтаже, требует больше времени на подготовку взрывания

- Запирающая забойка. № 2295108.

Авторы: Шевкун Евгений Борисович, Лещинский Александр Валентинович, Левин Дмитрий Владимирович, Матушкин Геннадий Викторович, Шевкун Тамара Ивановна.

Цель изобретения: повысить эффективность взрывного дробления горных пород

за счет полного запираания продуктов детонации в зарядной полости до момента полного разрушения окружающей породы.

Поставленная задача достигается тем, что в запирающей забойке, включающей цилиндр с осевой полостью, имеющий на одном конце расширение конической формы, согласно изобретению коническое расширение выполнено на другом конце цилиндра, при этом на концах цилиндра, имеющих конические расширения, выполнено не менее трех прорезей, а в конические расширения цилиндра вставлены две конические пробки, соединенные между собой выполненной в виде толстостенной трубы с резьбой под гайку тягой, через которую пропущен проводник иницирующего импульса, при этом тяга закреплена в нижней, выполненной полый и снабженной прорезями в нижней части, конической пробке и свободно проходит через осевой канал в верхней конической пробке.

• Комбинированная забойка. № 2365872.

Авторы: Толстунов Сергей Андреевич, Мозер Сергей Петрович, Толстунов Антон Сергеевич.

Цель изобретения: упростить конструкцию устройства, снизить трудоемкость установки и себестоимость забойки, а также повысить безопасность ведения горных работ.

Поставленная задача достигается тем, что в комбинированной забойке, содержащей сыпучий материал, цилиндр с каналом для проводника иницирующего импульса, согласно изобретению цилиндр заполнен сыпучим материалом и выполнен из пластмассы с отверстиями, равномерно распределенными по его боковым сторонам, в нижней части цилиндр имеет коническое основание с углом при вершине конуса от 60° до 110° , а с внешней стороны цилиндра установлена резиновая оболочка, при этом диаметр устройства принимают равным $0,9-0,95D$, где D - диаметр скважины, м, высоту устройства принимают не менее $2,5D$, диаметр отверстий принимают равным $0,1D$, расстояние между рядами отверстий по вертикали принимают равным $0,3D$, а канал для проводника иницирующего импульса выполнен в виде продольной выемки в цилиндре.

• Механическая забойка. № 2301964.

Авторы: Шевкун Евгений Борисович, Лещинский Александр Валентинович, Левин Дмитрий Владимирович, Матушкин Геннадий Викторович, Шевкун Тамара Ивановна.

Цель изобретения: повысить эффективность взрывного дробления горных пород за счет полного запираания продуктов детонации в зарядной полости до момента полного разрушения окружающей породы.

Поставленная задача достигается применением механической забойки, выполненной в виде металлического цилиндра, имеющего в нижней части коническое расширение с несколькими рядами выступов снаружи и не менее трех продольных прорезей, расположенный в коническом расширении металлический распорный конус с внутренней полостью, связанный с трубчатой тягой, имеющей отверстия и резьбу на верхнем конце под гайку, и свободно проходящей через осевой канал связанного с металлическим цилиндром опорного кольца, при этом над опорным кольцом установлена стопорная втулка со стопором для размещения в отверстиях трубчатой тяги, через которую пропущен проводник иницирующего импульса, а над стопорной втулкой между нижней и верхней опорными шайбами установлена пружина.

• Разрезная забойка. № 2301963.

Авторы: Шевкун Евгений Борисович, Лещинский Александр Валентинович, Левин Дмитрий Владимирович, Матушкин Геннадий Викторович, Шевкун Тамара Ивановна.

Цель изобретения: повысить эффективность взрывного дробления горных пород

за счет полного запираания продуктов детонации в зарядной полости до момента полного разрушения окружающей породы.

Поставленная задача достигается тем, что, согласно изобретению разрезная забойка выполнена в виде разрезанного вдоль цилиндра, состоящего не менее чем из трех частей одинакового размера, подвешенных с помощью гибких тяг на размещенной в полости цилиндра конической пробке, а снизу в полость цилиндра вставлен полый распорный конус, соединенный с трубчатой тягой, имеющей резьбу на верхнем конце под гайку, и свободно проходящей через осевой канал конической пробки, при этом через тягу пропущен проводник иницирующего импульса.

- Расклинивающаяся забойка. № 2324892.

Авторы: Шевкун Евгений Борисович, Лещинский Александр Валентинович.

Цель изобретения: повышение эффективности взрывного дробления горных пород за счет длительного запираания продуктов детонации в зарядной полости расклинивающейся металлической забойкой до момента полного разрушения окружающей породы.

Поставленная задача достигается применением расклинивающейся забойки, выполненной из металла и представляющей собой решетчатый цилиндр, образованный проходящими через отверстия по краю диска рифлеными стержнями с головками сверху и фасками снизу, в который снизу вставлена полая распорная пробка, состоящая из конической и цилиндрической частей с не менее чем тремя прорезами вдоль образующей цилиндра, снабженная гибкой связью, проходящей через центральное отверстие в диске к соединительному элементу.

- Скважинная забойка. № 2229684.

Авторы: Парамонов Г.П., Миронов Ю.А., Юровских А.В.

Цель изобретения: повышение эффективности и снижение себестоимости ведения взрывных работ скважинным методом путем запираания продуктов детонации в зарядной полости до полного разрушения массива.

Поставленная задача достигается тем, что скважинная забойка, выполненная из пластического полимерного материала, имеющая форму цилиндра, внешний диаметр которого соизмерим с диаметром скважины, и с осевой внутренней полостью, имеющей вид вытянутой полусферы, сопряженной с усеченным конусом, непосредственно прилегающая к заряду взрывчатого вещества, согласно изобретению цилиндр выполнен полым и тонкостенным, при этом упомянутая осевая внутренняя полость выполнена в виде тонкостенной воронки, стенки которой имеют ту же толщину, что и стенки цилиндра, и выполнены из того же материала, причем пространство между воронкой и цилиндром заполнено инертным материалом. Толщина стенок цилиндра и воронки составляет 2-4 мм.

- Шпуровая забойка. № 2368867.

Авторы: Толстунов Сергей Андреевич, Мозер Сергей Петрович, Толстунов Антон Сергеевич.

Цель изобретения: упростить конструкцию устройства, снизить трудоемкость установки, повысить безопасность ведения горных работ, снизить себестоимость забойки.

Поставленная задача достигается тем, что в шпуровой забойке, содержащей цилиндрические оболочки с перегородками и выступами, согласно изобретению оболочка снабжена фиксатором и внутренним герметизирующим клапаном, установленными в ее хвостовой части, при этом в теле оболочки выполнен паз с возможностью установки в него фиксатора соседней оболочки, причем конусообразные перегородки в центре имеют отверстия, выступы выполнены из резины и расположены по винтовой линии с углом наклона к горизонтали 45-70° с шагом, равным $2d$, а длину оболочки принимают $6 \div 8d$,

где d - диаметр шпура, м.

3. Оборудование

Имитацию работы забойки в скважине проводим на лабораторной установке по патенту № 2553023 [3] «Динамический стенд для исследования запирающей способности забоек взрывных скважин».

Лабораторный стенд (рис.2) представляет собой камеру высокого давления (1), на которую навинчена пусковая секция (2) с мембраной (3), а сверху устанавливается имитатор взрывной скважины (4), в котором размещают элементы модели комбинированной забойки заряда ВВ. При открытии крана воздух, сжатый компрессором высокого давления и накопленный ресивером, поступает в камеру высокого давления. При достижении заданной величины давления воздуха в камере высокого давления, фиксируемой манометром, срабатывает пусковое устройство и ударник (5) разрушает мембрану, воздух устремляется в имитатор взрывной скважины, воздействуя на модель комбинированной забойки (6). Запирающая способность забоек взрывных скважин различных конструкций оценивается величиной перемещения запорного конуса, которое регистрируется измерительным устройством (7). Измерительное устройство фиксирует смещение нижней части забойки в имитаторе скважины с погрешностью от 0,025 диаметров скважины при небольших величинах смещения (0,0...3) до 0,2 диаметров скважины при смещении свыше 5 диаметров. Для накачки воздуха необходимого давления используется поршневой компрессор с ресивером Кратон Hobby 260/24N.

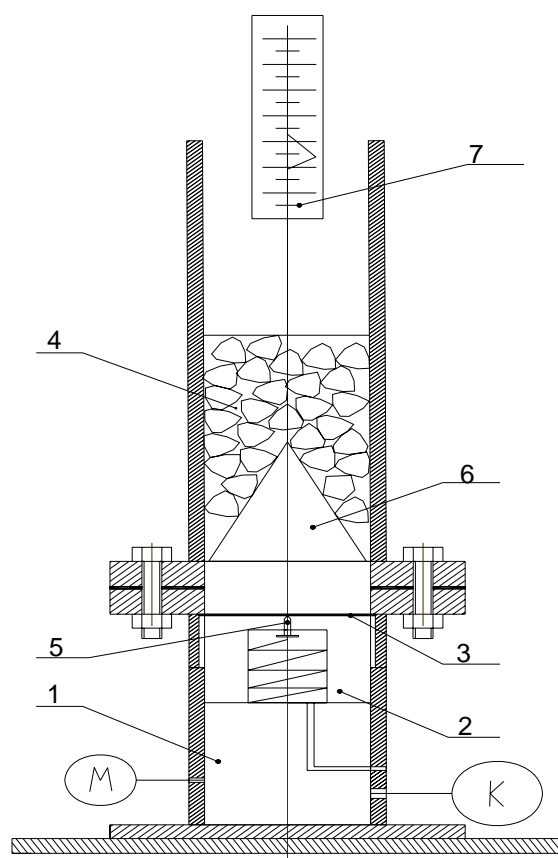


Рис. 2. Лабораторный стенд для исследования запирающей способности забойки взрывной скважины: 1 – камера высокого давления; 2 – пусковая секция; 3 – разрушаемая мембрана; 4 – имитатор взрывной скважины; 5 – ударник; 6 – забойка;

7 – измерительное устройство

4. Материалы

Для исследования приняты конструкции забоек из обратной засыпки буровой мелочи и комбинированная забойка с бетонным конусом. В качестве буровой мелочи, а также модельного материала, запирающего бетонный конус, используется гравийный щебень фракции 10-20 (рис. 3). Для отливки бетонного конуса использовался бетон марки М150.

Щебень является неорганическим продуктом, получаемым в результате дробления крупных кусков различных твердых горных пород (валунов и гравия), попутно добываемых вмещающих и вскрышных пород, либо некондиционных отходов горных предприятий, занимающихся переработкой руд (цветных, черных и редких металлов металлургической промышленности) и неметаллических ископаемых иных отраслей промышленности с дальнейшим рассевом продуктов дробления.

Перемешанные зёрна щебня разных размеров подвергаются сортировке на отдельные фракции. По крупности материал принято подразделять на несколько типов, среди которых наиболее распространенными являются продукты с частицами следующих размеров: от 5 до 10мм; от 10 до 20мм; от 20 до 40мм; от 40 до 70мм. Каждый тип материала имеет свое предназначение и используется в определенном виде деятельности.

Гравийный щебень представляет собой нерудный сыпучий материал, который изготавливается посредством просеивания горных пород, окатанных до определенной степени. Формируется гравий в руслах рек, в условиях ледниковых отложений, также на побережьях. Он отличается очень высокими показателями прочности, минимальной радиоактивностью и долговечностью, поэтому является одним из самых распространенных материалов на сегодняшний день. Он используется в строительстве, коммунальном и домашнем хозяйстве. Стоит отметить, что по прочности он уступает гранитному щебню, однако, все же большинство строителей отдадут предпочтение именно гравийному.



Рис. 3. Гравийный щебень

5. Описание исходных данных и методики экспериментов

Основным назначением забойки взрывных скважин является запирание продуктов взрыва в скважине. Продукты взрыва, запертые в скважине, более эффективно

разрушают массив вокруг скважины.

Обеспечивая длительную замкнутость зарядной полости, забойка способствует более полному протеканию вторичных реакций в продуктах детонации и соответственно повышает энергию взрыва; это особенно важно для современных крупнодисперсных взрывчатого вещества типа гранулитов и граммонитов, у которых значительная доля энергии выделяется в процессе вторичных реакций. Обеспечиваемое забойкой завершение вторичных реакций дополнительно уменьшает количество ядовитых газов в продуктах детонации в 8...14 раз. Отсутствие или недостаточность забойки создают благоприятные условия для возникновения сильной воздушной ударной волны, с расстоянием перерождающейся в звуковую. Звук взрыва вместо глухого становится резким, отмечаются повреждения стекол даже на больших расстояниях [4].

Хорошая забойка обеспечивает полноту детонации взрывчатого вещества и с ней максимально возможное выделение энергии взрыва и соответственно наиболее высокую температуру взрыва, а чем выше температура взрыва, тем в большей мере равновесная система $2CO + O_2 \rightleftharpoons 2CO_2$ смещается в сторону CO .

При отсутствии или недостаточности величины забойки продукты детонации, вырывающиеся через устье скважины, не только создают сильную воздушную волну, способную наносить повреждения зданиям и сооружениям в окрестности, но и выбрасывают на сотни метров из устьевого части скважины куски и отдельные, обусловленные нарушением верхней части массива от взрывания вышележащего уступа.

Наилучший результат разрушения массива может быть достигнут одновременным увеличением времени воздействия взрыва на массив, снижением «пика» давления и усилением взаимодействия ударных волн напряжения в массиве горных пород. Анализ выполненных за последние десятилетия теоретических и экспериментальных исследований показывает, что такой комплекс воздействий на массив горных пород может быть достигнут только при одновременном использовании прочной забойки, запирающей в зарядной полости продукты взрыва до момента разрушения взрываемой среды, и воздушных промежутков как внутри скважинных зарядов, так и между зарядом взрывчатого вещества и забойкой. Этим условиям отвечают укороченные конструкции забоек, так как они могут быть компактно установлены в верхней части скважины оставляя достаточно места для создания воздушного промежутка. При этом укороченные забойки должны эффективно удерживать продукты взрыва в скважине. А так как высота зарядной полости скважины увеличивается, то и продукты взрыва воздействуют на больший объем массива.

Проведен ряд экспериментов по исследованию запирающей способности засыпной и комбинированной забоек. Засыпная забойка имитировала забойку из обратной засыпки буровой мелочью. В качестве комбинированной забойки выбрана конструкция, состоящая из бетонного конуса, устанавливаемого во скважину, на который насыпается буровая мелочь.

На первом этапе проводили испытания засыпной забойки. Для этого в имитатор взрывной скважины размещаем диск подвешиваемый для создания воздушного промежутка между мембраной (разделяющий имитатор взрывной скважины виде трубы и камеру высокого давления) и забойкой - засыпкой из крупнокускового модельного материала в виде щебня. Исходные данные проведенных опытов представлены в таблице 2.

Воздух, сжатый компрессором высокого давления и накопленный ресивером, поступает через клапан в камеру высокого давления. При достижении определенного давления запускается пусковое устройство для разрушения мембраны, и сжатый воздух устремляется в имитатор взрывной скважины, имитируя воздействие про-

дуктов взрыва на забойку.

Таблица 2

Исходные данные и результаты исследования засыпной забойки

№	Высота засыпаемого материала l в диаметрах d скважины, l/d	Давление воздуха, МПа	Величина смещения забойки x в диаметрах d скважины, x/d
1	4	0,7	8,4
2	6	0,7	2,67
3	5	0,7	5,11
4	5	0,7	4,9
5	6	0,7	1,9
6	7,3	0,55	0
7	7	0,7	0,05
8	5,5	0,7	4,78
9	6	0,7	2,4
10	6	0,7	2,78

На втором этапе проводились исследования с комбинированной забойкой [5].

В имитатор взрывной скважины размещаем бетонный конус, подвешиваемый для создания воздушного промежутка между мембраной (разделяющий имитатор взрывной скважины виде трубы и камеру высокого давления) и забойкой. На конус в скважину производили засыпку из крупнокускового модельного материала - щебня. Исходные данные проведенных опытов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Исходные данные и результаты исследования комбинированной забойки

№	Высота засыпаемого материала l в диаметрах d скважины, l/d	Высота конуса h в диаметрах d скважины, h/d	Давление воздуха, МПа	Величина смещения забойки x в диаметрах d скважины, x/d
1	5	2	0,7	0
2	4	2	0,7	0
3	3	2	0,7	0
4	3,5	2	0,7	0,05
5	3	2	0,7	0,05
6	2,5	2	0,7	0,04
7	2,5	2	0,7	0,06
8	2	2	0,7	0,11

6. Анализ результатов

Анализируя результаты испытаний (рис. 4) забойки из модельной буровой мелочи, видно, что эффективное запираение продуктов модельного взрыва происходит при установке забойки высотой не менее 7 диаметров скважины. При меньшей высоте забойки происходит ее смещение потоком сжатого воздуха, что говорит о том, что она не выполняет свою запирающую функцию и, соответственно, не удерживает продукты модельного взрыва в скважине.

При использовании комбинированной забойки, состоящей из бетонного конуса и расклинивающего его щебня, запираение продуктов модельного взрыва происходит при высоте забойки всего 2...2,5 диаметра скважины. Это подтверждает эффективность

применения укороченной комбинированной забойки данной конструкции.

7. Выводы

Применение комбинированной забойки, состоящей из бетонного конуса и запирающего ее щебня, позволяет уменьшить эффективную высоту конструкции забойки примерно в 3 раза. Это позволяет увеличить взрывную полость скважины и улучшить дробление массива, а также увеличить экономию ВВ при ведении буровзрывных работ.

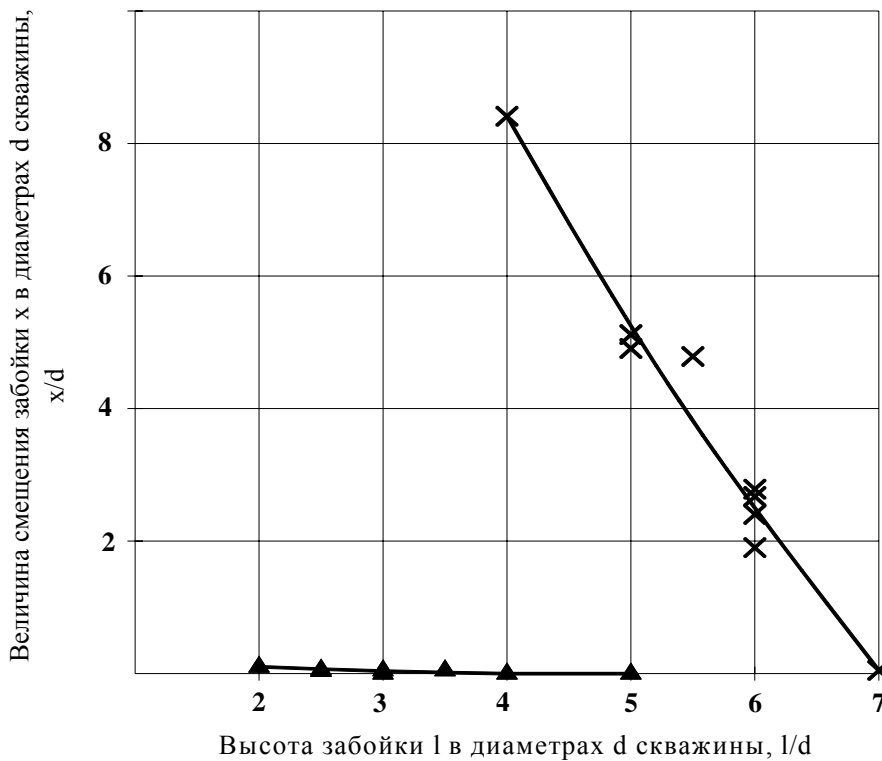


Рис. 4. Зависимость величины смещения забойки от ее высоты: X – засыпная забойка; Δ – комбинированная забойка.

Список литературы

- [1] Шевкун Е. Б., Лещинский А. В. Комбинированная забойка взрывных скважин на карьерах Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013.-201 с.
- [2] Модификация конструкции забойки взрывных скважин / А.В. Лещинский // Ученые заметки ТОГУ. Т 4. № 4, 2013. С. 1401-1406.
- [3] Лещинский А.В. , Шевкун Е.Б., Комков В.Г., Галимьянов А.А. Стенд для исследования воздействия продуктов взрыва с пусковым устройством. Патент Российской Федерации № 2553023. МПК G09B 25/00 G01L 5/14. 2015.
- [4] Демидюк Г. П. О повышении степени полезного использования энергии взрыва // Взрывное дело № 60/17. М.: Недра, 1966. С. 237–254.
- [5] Лещинский А.В. , Шевкун Е.Б., Рудницкий К.А., Николаев А.С. Комбинированная засыпная забойка скважин. Патент Российской Федерации № 2462688. МПК 7F42D 1/08. 2012