© А.В. Лещинский, Е.Б. Шевкун, В.Г. Комков, 2016

УДК
622.235.5

А.В. Лещинский, Е.Б. Шевкун, В.Г. Комков

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЗАБОЕК ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН

Предложен лабораторный стенд для исследования запирающей способности забоек взрывных скважин с пружинным пусковым устройством. Пусковое устройство имеет электропривод и обеспечивает заданную величину давления воздуха, подаваемого в имитатор взрывной скважины.
Ключевые слова: лабораторный стенд; разрушения горной массы; комбинированная забойка.

Проведение экспериментальных массовых взрывов на карьерах является весьма важным этапом исследований по совершенствованию параметров взрывных работ. Важно обеспечить фиксирование необходимых параметров развития массового взрыва, по которым можно получить закономерности изменения интересующих параметров во времени и пространстве.

В Тихоокеанском государственном университете разработаны конструкции забоек с повышенной запирающей способностью [2, 3], укороченных по сравнению с засыпными за счет создания воздушного промежутка над зарядом взрывчатого вещества. Для проверки работоспособности и оценки запирающей способности в реальных условиях разработанных конструкций забоек проводились промышленные испытания. Однако в полученных результатах имелся большой разброс данных для взрывов с одинаковыми исходными параметрами. Так, например, был проведен экспериментальный массовый взрыв в разрезе «Буреинский-2». Были пробурены 10 скважин диаметром 215 мм глубиной 10 м на расстоянии около 5 м друг от друга. В каждой скважине располагали заряд взрывчатого вещества массой 200 кг граммонита 79/21. В связи с высокой стоимостью промышленных испытаний выполнялось только по две скважины с одинаковой конструкцией забоек и размещением зарядов.

Таким образом было проведено исследование пяти конструкций забоек с определенным размещением заряда (рис. 1).

Заряды в скважинах *1* и *2* выполнены без забойки. В скважинах *3* и *4* выполнена забойка из бурового шлама высотой 23 диаметра скважины. В скважинах *5* – *8* заряд взрывчатого вещества разделен на две части воздушным промежутком – двухметровым трубочным затвором, нижняя часть заряда взрывчатого вещества – 3 м, верхняя – 2 м.

В скважинах *5* и *6* на верхнюю часть заряда взрывчатого вещества установлен бетонный конус с диаметром основания 200 мм и высотой 400 мм, на который до устья скважины насыпан буровой шлам. В скважинах *7* и *8* бетонный конус отделен от заряда взрывчатого вещества метровым слоем бурового шлама, на конус до устья скважины также насыпан буровой шлам. В скважинах *9* и *10* над пятиметровым столбом заряда взрывчатого вещества выполнен двухметровый воздушный промежуток, над которым выполнена забойка такой же конструкции, как и в скважинах *5* и *6*.

Все скважины экспериментального массового взрыва были взорваны одновременно с помощью системы СИНВ. Взрыв фиксировался видеокамерой Panasonic HC-V210M. Динамика газопылевых выбросов и вылета забоечного материала оценивалась по результатам видеосъемки. Для оценки запирающей способности различных конструкций забоек проводилось сравнение задержки выброса материала забойки из скважины со скважинами без забойки (рис. 2). Номера кривых (рис. 2) соответствуют номерам конструкций забоек (рис. 1). При этом в скважинах *4*, *7*, *9* и *10* выброса забоечного материала не зафиксировано вовсе.

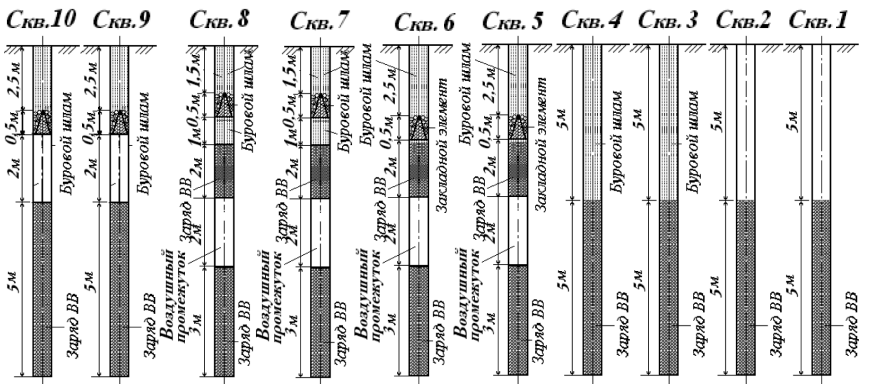

Рис. 1. Конструкция скважинных зарядов

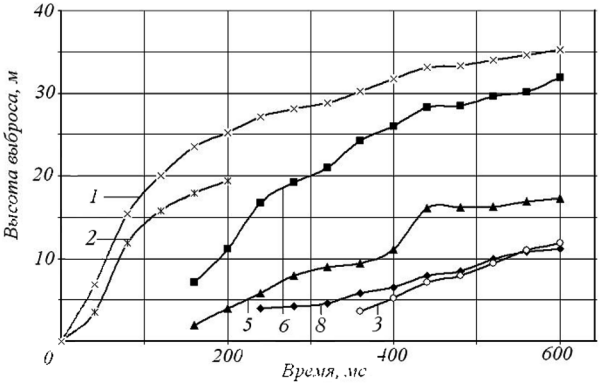

Рис. 2. Динамика газопылевых выбросов и забоечного материала из скважин

Анализ графиков позволяет сделать вывод о том, что укороченные до трех метров комбинированные забойки удерживают продукты взрыва не хуже традиционных засыпных забоек пятиметровой длины. При этом качество дробления горной массы улучшается за счет увеличения на 2 м зоны регулируемого дробления.

Следует отметить различие по времени и характеру выброса материалов забойки из скважин с одинаковой конструкцией забойки. Более того скважины *3* и *8* имеют выброс, а идентичные им по конструкции скважины *4* и *7* – нет. А если рассмотреть две одинаковые скважины, в которых выброс материала забойки состоялся, например, скважины *5* и *6*, то по динамике выбросов (рис. 2) видно, что высота выброса отличается почти вдвое. Также момент появления газопылевого выброса в скважине *6* происходит на 40 мс раньше, чем в скважине *5*. Даже в скважинах *1* и *2*, выполненных без забоек, имеются различия в динамике выбросов.

Эти результаты дают основания утверждать, что на запирающую способность взрывных скважин оказывает значительное влияние совокупность отклонений исходных параметров:

- геометрия скважины, характеризующаяся формой и шероховатостью стенок; наличие обрушения кусков породы из стенок; глубина скважины;
- гранулометрический состав и прочностные характеристики забоечного материала включая его плотность и объем; форма, положение, прочность бетонного конуса при его наличии;
- прочность горной массы; наличие трещин;
- объем закладываемого взрывчатого вещества;

• обводненность скважин;

• время срабатывания замедлителей в скважинных капсюляхдетонаторах системы СИНВ.

В реальных производственных условиях неизбежно возникают отклонения от проектных выше перечисленных параметров. Совокупность этих отклонений и приводит к столь значительным отличиям запирающей способности в разных опытах с одинаковой конструкцией забойки.

Определим необходимое количество повторных опытов n, необходимых для получения показателя достоверности t, равного 1,97, и показателя точности опытов δ, равного 0,05. Например, для скважин *5* и *6* высота газопылевых выбросов и забоечного материала через 200 мс после взрыва составляет 3,74 и 11,2 м.

Количество повторений каждого опыта определяется по известной зависимости:

$$n = \frac{v^2 t^2}{\delta^2},$$

где v – коэффициент вариации, определяемый по формуле: $v = \sigma/x$, где, в свою очередь σ – средняя квадратичная ошибка одного измерения серии повторяемых опытов, x – среднеарифметическое значение искомого параметра, определяемое в зависимости от результатов отдельных испытаний:

$$\overline{x} = \frac{\sum x_i}{n},$$

для рассматриваемого случая

$$\overline{x} = \frac{3,74 + 11,20}{2} = 7,47.$$

Средняя квадратичная ошибка одного измерения серии повторяемых опытов определяется:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \left(x_i - \overline{x}\right)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\left(3,74 - 7,47\right)^2 + \left(11,2 - 7,47\right)^2}{2-1}} = 5,27.$$

Тогда коэффициент вариации равен:

$$v = \frac{5,27}{7,47} = 0,7.$$

Количество повторений каждого опыта определится:

$$n = \frac{0,7^2\ 1,97^2}{0,05^2} = 761.$$

Таким образом, для получения достаточной достоверности результатов при испытаниях в карьере необходимо выполнять не менее 761 опыта с одной и той же конструкцией забойки, что практически невозможно.

Для уменьшения количества опытов, необходимых для достижения достаточной достоверности, требуется уменьшить отклонения исходных параметров. Этого возможно достичь при проведении исследований на лабораторных стендах. Для исследования запирающей способности забоек взрывных скважин был спроектирован ряд конструкций лабораторных стендов, один из которых представлен на рис. 3.

За прототип выбран Стенд для исследования воздействия продуктов взрыва на забойку взрывных скважин (Патент Российской Федерации № 2493546, МПК G01L 5/14, G09B 25/00). Разработанный лабораторный стенд представляет собой камеру высокого давления *1*, выполненную из толстостенной стальной трубы, к нижнему торцу которой приварен фланец *2*, соединенный болтами *3* с рамой *4* (рис. 3). На верхнюю часть камеры высокого давления навинчена с помощью резьбы пусковая секция *5* с фланцем *6*. Пусковая секция имеет проточку *7* под регулировочное кольцо *8* и мембрану *9*, а сверху на нее через герметичную прокладку *10* устанавливают имитатор

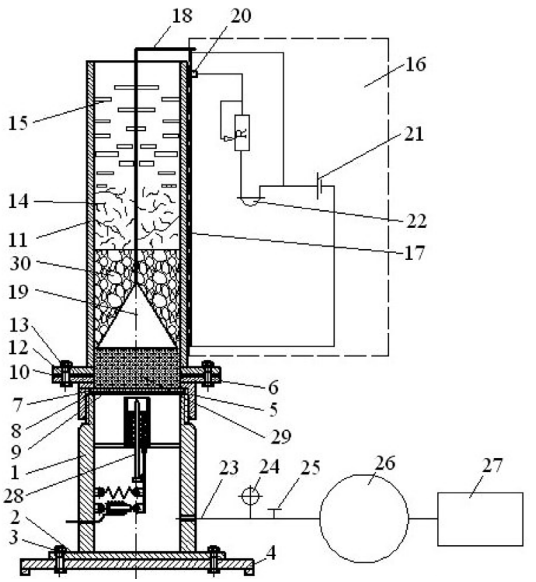

Рис. 3. Схема стенда для исследования конструкций скважинных зарядов

взрывной скважины *11*, выполненный в виде трубы с фланцем *12*, который болтами *13* крепится к фланцу *6*. В нижней части имитатора взрывной скважины выполнены насечки *14*, имитирующие трещины в горной породе, а в верхней части имеются прорези *15*, имитирующие разрушенный массив горных пород.

Имитатор взрывной скважины снабжен измерительным устройством *16*, состоящим из потенциометрического датчика из нихромовой проволоки *17*, закрепленной одним концом на металлическом штыре *18* запорного конуса *19*, и проходящей сквозь скользящий контакт *20*, установленный на имитаторе взрывной скважины. Питание потенциометра осуществляется от аккумуляторной батареи *21*, в измерительную цепь потенциометра подключен шлейф осциллографа *22*.

К камере высокого давления присоединена пневматическая магистраль *23*, снабженная манометром *24* и краном *25*, соединяющим магистраль *23* с ресивером *26*. Сжатый воздух в ресивер нагнетает компрессор высокого давления *27*.

В камере высокого давления под мембраной *8* установлено электромагнитное пусковое устройство *28*, состоящее из ударника, пружины сжатия и катушки постоянного тока. Питающие катушку провода проходят через загерметизированное отверстие в корпусе камеры высокого давления.

Рассмотрим работу электромагнитного пускового устройства взрывного стенда на примере исследований по определению запирающей способности забоек взрывных скважин различных конструкций.

На проточку *7* укладывают регулировочное кольцо *8*, соответствующее заданной толщине устанавливаемой на него мембраны. После этого пусковую секцию навинчивают по резьбе на камеру высокого давления. Затем на пусковой секции закрепляют болтами имитатор взрывной скважины, в имитаторе взрывной скважины размещают элементы модели комбинированной забойки заряда ВВ, например, подсыпку *29* из песка или бурового шлама, запорный конус *19*, выполненный из модельного материала, например, из обожженной глины, гипса, бетона и т.п., и засыпку из крупнокускового модельного материала в виде щебня *30*.

Затем открывают кран, и воздух, сжатый компрессором высокого давления и накопленный ресивером, поступает в камеру высокого давления. Величина давления фиксируется манометром.

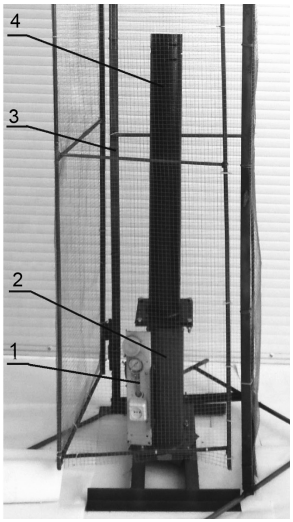

Рис. 4. Стенд для исследования конструкций скважинных зарядов: 1 – панель приборов; 2 – камера высокого давления; 3 – защитное ограждение; 4 – имитатор взрывной скважины

Предварительно экспериментальным путем определяют толщину мембраны, при которой под заданной величиной давления воздуха, находящегося в камере высокого давления, мембрана разрушится. Поскольку мембраны одинаковой толщины и выполненные из одного и того же материала, имеют разброс величин прочности и разрушаются при разном давлении воздуха, экспериментально определяется диапазон давления воздуха, при котором происходит разрушение. Включение пружинного пускового устройства осуществляют при достижении 95% от величины минимального разрушающего мембрану давления.

При достижении заданной величины давления воздуха в камере высокого давления на катушку подается постоянный ток, под действием электромагнитного поля упор, удерживающий ударник, перемещается и отпускает ударник, который под действием силы сжатой пружины бьет по мембране, которая разрушается, и воздух устремляется в имитатор взрывной скважины, воздействуя на модель комбинированной забойки. Давление сжатого воздуха через подсыпку, смягчающую ударную нагрузку, передается на запорный конус, перемещая его вверх по имитатору взрывной скважины. При этом запорный конус заклинивается в засыпке из щебня, разрушая в ней отдельные куски щебня, далее поднимается вверх, заклинивая новые куски щебня их гранями в насечки. Этот процесс постепенно замедляет передвижение запорного конуса вплоть до полной его остановки или разрушения. Отработавший воздух через прорези выходит из имитатора взрывной скважины наружу.

Запирающая способность забоек взрывных скважин различных конструкций оценивается величиной перемещения запорного конуса, которое регистрируется измерительным устройством. По величине смещения запорного конуса, замеренной измерительным устройством, оценивают запирающую способность забойки данной конструкции – чем меньше величина смещения, тем запирающая способность забойки выше.

Данный лабораторный стенд изготовлен (рис. 4) и готов к эксплуатации.

В настоящее время ведутся исследования по определению критериев подобия для моделирования зарядов взрывных скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лещинский А.В., Шевкун Е.Б.* Забойка взрывных скважин на карьерах. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2008. – 224 с.

2. *Шевкун Е.Б., Лещинский А.В.* Укороченная твердеющая забойка: Патент РФ № 2338152 МПК F 42 D 1/08. 2006.

3. *Шевкун Е.Б., Лещинский А.В., Рудницкий К.А., Николаев А.С.* Комбинированная засыпная забойка скважин. Патент РФ № 2462688 МПК F 42 D 1/08. 2006. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Лещинский Александр Валентинович – доктор технических наук, профессор, e-mail: lesch@sdm.khstu.ru,
Шевкун Евгений Борисович – доктор технических наук, профессор, e-mail: ev.shevkun@yandex.ru,
Комков Вячеслав Григорьевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: SL166@rambler.ru,
Тихоокеанский государственный университет.

UDC 622.235.5

A.V. Leschinsky, E.B. Shevkun, V.G. Komkov

LABORATORY STAND FOR RESEARCH DESIGN TAMPING BLAST

Proposed research laboratory stand for locking ability tamping blast holes with spring starting device. The release device has a drive and provides a predetermined amount of air pressure applied to the simulated blast hole.

Key words: laboratory stand; rock mass destruction; combined tamping.

AUTHORS

Leschinsky A.V.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: lesch@sdm.khstu.ru,
Shevkun E.B.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: ev.shevkun@yandex.ru,
Komkov V.G.[1], Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, e-mail: SL166@rambler.ru,
[1] Pacific National University, 680035, Khabarovsk, Russia.

REFERENCES

1. Leshchinskiy A.V., Shevkun E.B. *Zaboyka vzryvnykh skvazhin na kar'erakh* (Tamping blast holes in quarries), Khabarovsk, Izd-vo Tikhookean. gos. un-ta, 2008, 224 p.

2. Shevkun E.B., Leshchinskiy A.V. *Patent RU 2338152 MPK F 42 D* 1/08. 2006.

3. Shevkun E.B., Leshchinskiy A.V., Rudnitskiy K.A., Nikolaev A.S. *Patent RU 2462688 MPK F 42 D* 1/08. 2006.