

УДК 622.235.5

к.т.н., доц. Шульгин П. Н.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ОБОСНОВАНИЕ НОВОЙ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАСПОРТОВ БВР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ

Приведены рекомендации по составлению паспортов буровзрывных работ с отдельным расчетом групп шпуров в зависимости от их действия, представлена программа для ЭВМ для расчета этих параметров.

Ключевые слова: взрыв, вруб, отбойные шпуры, контурное взрывание, паспорт буровзрывных работ, заряд, линия наименьшего сопротивления.

При сооружении выработок буровзрывным способом ежегодно тратится значительное количество взрывчатых веществ (ВВ), а показатели технико-экономической эффективности проведения выработок по крепким породам нуждаются в существенном улучшении. Об этом свидетельствуют низкие темпы проведения выработок (так, в настоящее время они составляют 25 м/мес., что значительно ниже нормативной скорости - 70 м/мес.), переход на многоприемное взрывание, низкие показатели коэффициента использования шпуров [1-4]. Одной из причин этого является недостаточная обоснованность методик расчета параметров шпуровых зарядов, врубов, обеспечивающих образование второй открытой поверхности, оконтуривающих зарядов.

Одним из перспективных направлений повышения технико-экономической эффективности буровзрывной технологии сооружения горных выработок следует считать создание новых паспортов буровзрывных работ (БВР), которые базируются на использовании эффективных конструкций вруба и обосновании их параметров с учетом конкретных горно-геологических и технических условий.

В настоящее время общепринятой методикой составления паспортов БВР является расчет удельного расхода и параметров зарядов на всю выработку в целом [5, 6]. Однако с применением высокоэффективной конструкции вруба, в частности прямого цилиндрического вруба с центральным опережающим шпуром [7, 8],

возможно использовать отдельный подход к расчету каждой группы шпуров – врубовых, отбойных и оконтуривающих.

Это необходимо производить по той причине, что разные группы шпуров работают по своим особым, значительно различающимся схемам. В частности, врубовые шпуры работают в условиях лишь одной открытой поверхности, расположенной перпендикулярно их направлению, тогда как отбойные шпуры работают уже на две открытые поверхности. Оконтуривающие шпуры должны обеспечить выполнение других требований: создавать ровный контур выработки (требуемого сечения) с минимальными нарушениями сплошности законтурного массива.

При применении врубов, направленных на высокоэффективное образование дополнительной открытой поверхности (например, прямого цилиндрического вруба), необходимо пересмотреть и подходы к расчету остальных параметров шпуров. Отбойные шпуры должны работать на плоскость забоя и плоскость образованную врубом. В связи с этим могут возникнуть различные случаи работы отбойных шпуров. На рисунке 1 показаны два возможных варианта взаимодействия зарядов. В первом случае (рис. 1, а) между зарядами не происходит взаимодействия и каждый из них работает отдельно на выброс участка породы в середину врубовой полости. Во втором же случае (рис. 1, б) между шпурами зарядов образовались сквозные трещины отрыва.

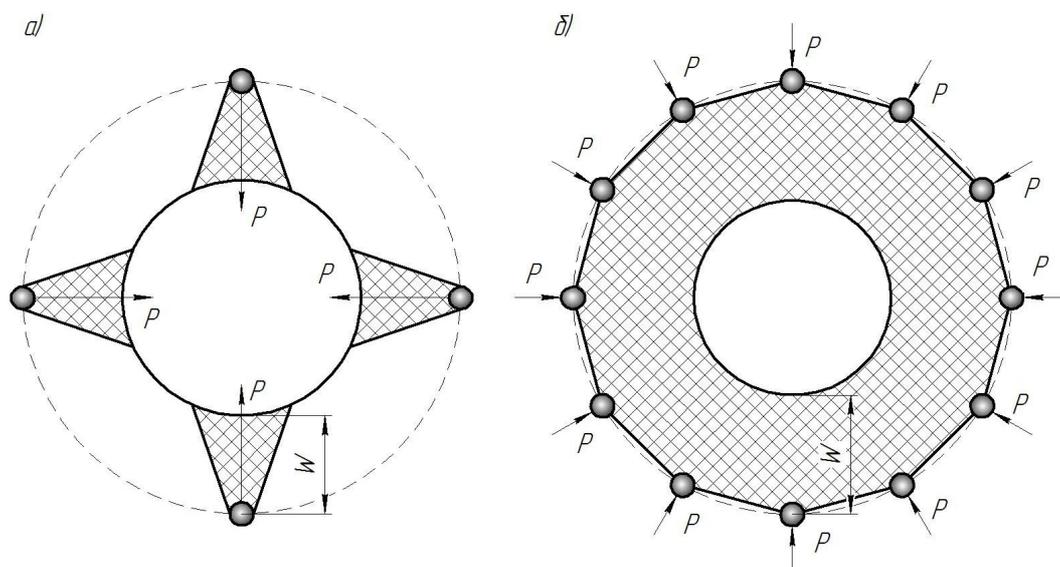


Рисунок 1 Схема работы отбойных шпуров, параллельных врубовой полости: а) без образования сквозных трещин между зарядами; б) с образования сквозных трещин между зарядами

Таким образом, образуется кольцо из породы (породная оболочка), которое может быть разрушено давлением газообразных продуктов взрыва, если напряжения в оболочке превысят прочность породы.

Следовательно, всегда необходимо располагать шпуры так, чтобы между ними образовывалась соединяющая их трещина. Рассмотрим, каким образом необходимо располагать шпуры для выполнения поставленного условия. Практическое значение имеет случай, когда заряды расположены по замкнутой линии, повторяющей контур поперечного сечения полости внутри линии шпуров.

Следовательно, исходя из конструкции вруба, отбойные шпуры следует располагать по окружности с радиусом r^* , который должен быть больше радиуса вруба на некоторую величину W . Расстояние между зарядами расположенными по окружности a должно быть меньше значения W и равно радиусу радиальных трещин. Радиус радиальных трещин можно определить исходя из геомеханики взрыва [9, 10] по формуле:

$$R_{tr} = r_0 \sqrt{\frac{P}{[\sigma_P]}}, \quad (1)$$

где $[\sigma_P]$ – предел прочности породы на растяжение;

P – давление газообразных продуктов взрыва.

Если $R_{tr} > a$, то трещины становятся сквозными, соединяющими соседние шпуры. Эти трещины отделяют от породного массива часть, близкую по форме к цилиндру радиусом r_0 , ось которого перпендикулярна поверхности обнажения. Если по этой оси также производится взрывание цилиндрического заряда, то на глубине w_0 может произойти отрыв этой части массива.

При проектировании паспорта БВР необходимо производить расчет так, чтобы обеспечить последовательное «раздавливание» породных колец одного за другим, не допуская разрушения породы от линейного заряда в виде конусов выброса.

Рассмотрим задачу работы отбойных шпуров после взрыва прямого цилиндрического вруба. Предположим, что после взрыва вруба в породном массиве образовалась цилиндрическая полость радиусом r_0 и длиной L_3 . Так как отбойные шпуры располагаем по окружности с радиусом r^* , то объем породы, приходящийся на отбойные шпуры, определим по формуле:

$$V_* = \pi(r_*^2 - r_0^2) \cdot L_3. \quad (2)$$

В то же время должно выполняться условие:

$$r_* - r_0 = W \geq a. \quad (3)$$

Принимаем $W = 1,2 \cdot a$, получаем:

$$r_* = r_0 + 1,2a; \quad (4)$$

$$V_* = \pi \cdot 1,2a(2,4r_0 + 1,2a) \cdot L_3. \quad (5)$$

Число отбойных шпуров на окружности необходимо определять по формуле:

$$N = \frac{2\pi(r_0 + 1,2a)}{a}. \quad (6)$$

С целью избегания переуплотнения породы, взорванной отбойными шпурами, необходимо, чтобы ее объем был меньше объема полости, образованной предыдущим взрывом. Т. е. должно выполняться равенство:

$$V_0 \geq V_* \cdot k_p \cdot (1 - k_g), \quad (7)$$

где k_p – коэффициент разрыхления;

k_g – коэффициент выброса, равный 0,7 – 0,8 (зависит от конструкции заряда, для клинового и конусного врубов равен 0,9 – 1,0, для прямого – 1,0).

На рисунке 2 показано, как необходимо располагать отбойные шпуры при применении прямого цилиндрического вруба. Взрывание врубовых шпуров образует врубовую полость 1 и частично разрушит породный массив в зоне 2, что поможет работе отбойных шпуров. При последующем взрывании отбойных шпуров, расположенных по предложенной методике, между ними образуется радиальная трещина и давление газообразных продуктов взрыва раздавит породу, находящуюся в зонах 2 и 3. Также образуется зона 4, в которой порода будет разрушена действием отбойных шпуров.

Следовательно, при расчете параметров отбойных шпуров необходимо пользоваться следующими рекомендациями: определять удельный расход в отбойных шпурах по формулам, которые учитывают две свободные плоскости (врубную полость и плоскость забоя); располагать отбойные шпуры по окружности вокруг врубовой полости с центром, находящимся в центре вруба; выбирать расстояния от отбойных шпуров до врубовой полости и между собой таким образом, чтобы при их взрывании между ними могли образоваться трещины отрыва, т. е. $W \geq a$, что приведет к разрушению путем раздавливания породного кольца давлением газообразных продуктов взрыва.

Для упрощения и автоматизации расчета параметров буровзрывных работ была разработана компьютерная программа, позволяющая проектировать паспорта БВР в горизонтальных и наклонных горных выработках с применением прямого цилиндрического вруба.

В этой программе расчет параметров паспорта буровзрывных работ производится по новой методике, в которой, наряду с учетом горно-геологических (прочность, текстура пород, категория шахты по газу метану) и технических (площадь выработки, глубина заходки) условий сооружения горной выработки, используется отдельный подход к расчету каждой группы шпуров – врубовых, отбойных и оконтуривающих.

Разработанная программа состоит из блоков: ввода данных, расчета, анализа и вывода результатов расчета. Программа также содержит библиотеку рекомендуемых к применению ВВ и правила безопасности, требуемые для выбора всех необходимых параметров БВР [11].

Расчет параметров буровзрывных работ следует производить в такой последовательности:

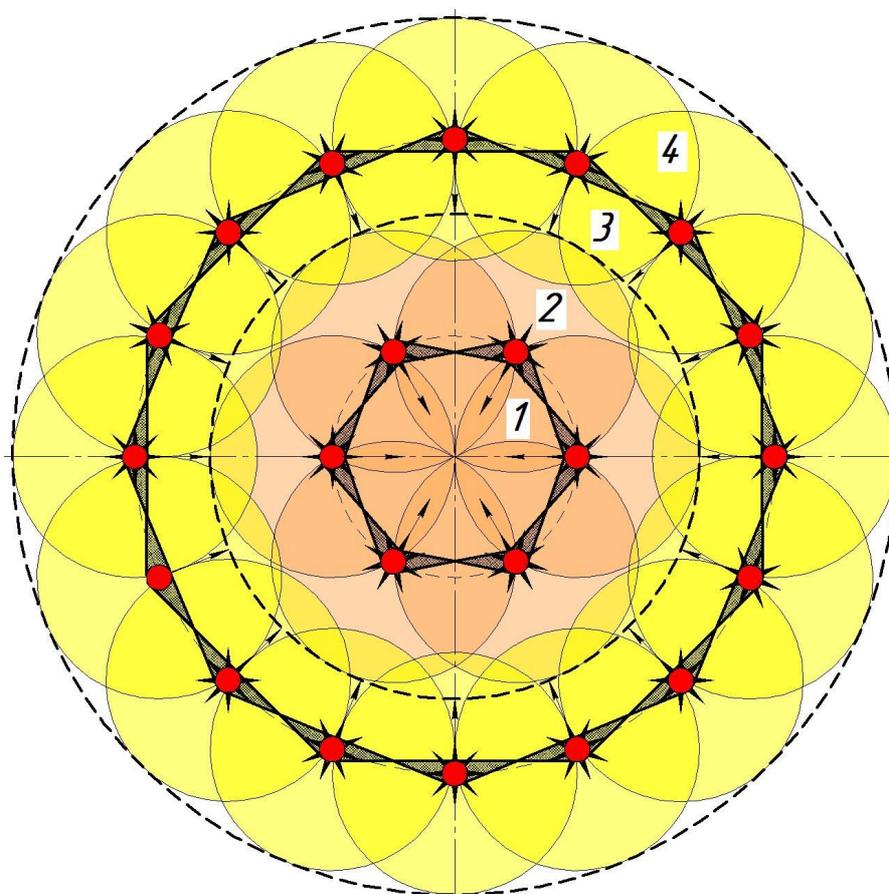


Рисунок 2 Схема взаимодействия врубовых и отбойных шпуров

- на основании исходных данных принять тип ВВ, длину и диаметр патронов (рекомендации по выбору прилагаются в сопроводительном тексте программы);
- рассчитать параметры прямого цилиндрического вруба: радиус вруба, длину центрального шпура, заряд в этом шпуре и остальных шпурах вруба. Все значения принять в соответствии с прилагаемыми требованиями правил безопасности;
- произвести расчет параметров контурного взрывания по методике, разработанной в ДонГТУ (принять диаметр патронов в оконтуривающих шпурах, определить их число, расстояние между ними и заряд в каждом шпуре);
- произвести расчет отбойных шпуров. Для этого используют стандартную

методику расчета: определить удельный расход и расход ВВ на весь цикл, количество отбойных шпуров и массу заряда в них с учетом двух открытых поверхностей.

По окончании расчетов результаты выводятся в итоговой таблице, которая включает в себя все параметры, необходимые для составления паспорта БВР: очередность взрывания зарядов, длины и заряды во всех шпурах, длина забойки, угол наклона шпуров к плоскости забоя.

Для удобства размещения шпуров в плоскости забоя в разработанной программе реализована возможность построения графической части паспорта БВР. Это позволяет по заранее рассчитанным параметрам паспорта равномерно распределить шпуры по плоскости забоя, учитывая необходимые правила ЕПБ.

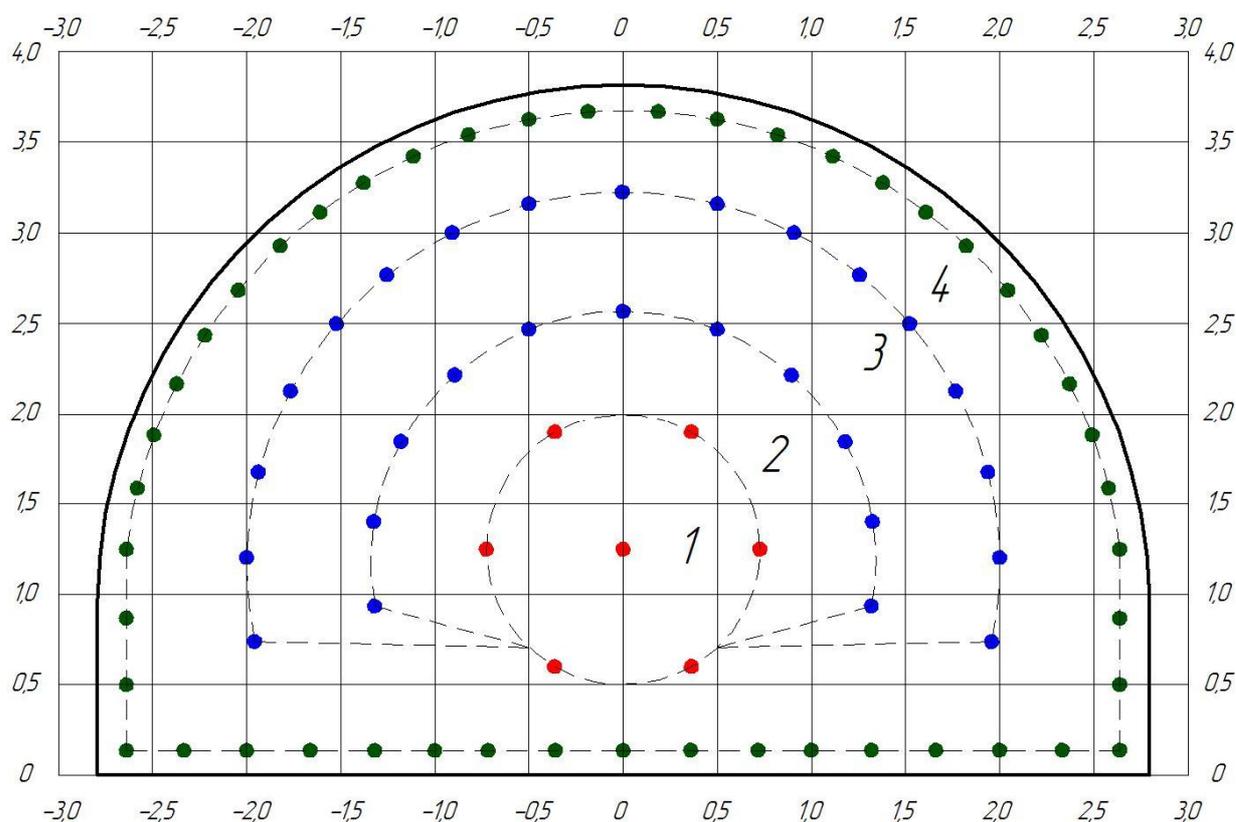


Рисунок 3 Демонстрационный пример работы программы по размещению шпуров в забое полевой горной выработки

Предложенная методика составления паспортов БВР базируется на раздельном расчете параметров шпуров в зависимости от условий их работы, что позволит повысить коэффициент использования шпура (к.и.ш.), уменьшить расход ВВ, повысить темпы сооружения горной выработки и снизить ее стоимость. Применение прямого цилиндрического вруба позволит: обеспечить высокую эффективность образова-

ния врубовой полости и работу взрыва с высоким к.и.ш., снизить вероятность повреждения крепи взрывом и уменьшить отброс породы от забоя. Использование предложенной программы позволит максимально упростить проектирование паспортов БВР в забоях полевых выработок и максимально автоматизировать заполнение таблиц с основными показателями БВР.

Библиографический список

1. Плакиткина, Л. С. Анализ состояния и прогноз развития угольной промышленности России до 2035 г. [Текст] / Л. С. Плакиткина // Горный журнал. — 2015. — № 7.
2. Таразанов, И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2015 года. [Текст] / И. Г. Таразанов // Уголь. — 2013. — № 3.
3. Угольная промышленность Украины: факты, цифры, перспективы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ukrcoal.com/node/31>
4. Информационно-аналитические отчеты о развитии угольной промышленности Украины (за 2004-2014 гг.) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.mvr.gov.ua>.
5. Суханов, А. Ф. Разрушение горных пород взрывом [Текст] / А. Ф. Суханов, Б. Н. Кутузов. — М. : Недра, 1983.

6. Шевцов Н. Р. Разрушение горных пород взрывом [Текст]: учебник для вузов / Н. Р. Шевцов, П. Я. Таранов, В. В. Левит, А. Г. Гудзь. — Донецк : ООО „Лебедь”, 2003.

7. Пат. 6624 Украина, МПК E21D 9/00, F42D 3/04. Прямой цилиндрический вруб / Г. Г. Литвинский, В. А. Яковенко, П. Н. Шульгин; заявитель и патентообладатель ДонГТУ; заявл. 19.10.2004; опубл. 16.05.2005, Бюл. № 5.

8. Литвинский, Г. Г. Расчет основных параметров прямого цилиндрического вруба для сооружения полевых горных выработок [Текст] / Г. Г. Литвинский, П. Н. Шульгин // Разработка рудных месторождений : сб. науч. тр. — Кривой Рог : КТУ, 2005. — С. 104–108.

9. Литвинский, Г. Г. Геомеханика взрыва на выброс [Текст] / Г. Г. Литвинский // Материалы международной конференции «Форум горняков-2006». — Днепропетровск : НГУ, 2006. — С. 54–65.

10. Литвинский, Г. Г. Обоснование расчетных схем геомеханики подземного взрыва [Текст] / Литвинский Г. Г. // ДонГТУ : сб. науч. тр. — Алчевск : ДонГТУ, 2007. — Вып. 24. — С. 24–34.

11. Шульгин П. Н. Разработка программы для автоматизации расчетов паспортов буровзрывных работ [Текст] / П. Н. Шульгин // Вестник. Прогрессивные технологии строительства, реконструкции, реструктуризации и безопасности в капитальном строительстве предприятий угольной промышленности. — Донецк : Норд-Пресс, 2008. — Вып. 9. — С. 245–248.

© Шульгин П. Н.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. строительных геотехнологий
ДонГТУ Литвинским Г. Г.,
д.т.н., проф., зав. каф. строительство зданий, подземных сооружений и геомеханики
ДонНТУ Борщевским С. В.*

Статья поступила в редакцию 11.11.16.

к.т.н. Шульгин П. М. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ОБГРУНТУВАННЯ НОВОЇ МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАННЯ ПАСПОРТІВ БПР З ВИКОРИСТАННЯМ ЕОМ

Наведено рекомендації щодо складання паспортів буропідривних робіт з роздільним розрахунком груп шпурів в залежності від їх дії, представлена програма для ЕОМ для розрахунку цих параметрів

Ключові слова: вибух, вруб, відбійні шпури, контурне підривання, паспорт буропідривних робіт, заряд, лінія найменшого опору.

PhD Shulgin P. N. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

SUBSTANTIATION OF A NEW DESIGN TECHNIQUE FOR PASSPORTS ON DRILLING-AND-BLASTING OPERATIONS USING COMPUTER

The recommendations on making up passports on drilling-and-blasting operations with separate calculation of the blasthole groups, depending on their operation are given, a computer program to calculate these parameters is presented.

Keywords: explosion, kerf, rock holes, contour blasting, drilling-and-blasting passport, charge, line of least resistance.