

УДК 622.235.5

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

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Приведен анализ состояния проведения горных выработок, показаны достоинства контурного взрывания, дана подробная классификация методов контурного взрывания, рассмотрен экономический эффект от применения контурного взрывания.

Ключевые слова: взрыв, переборы, контурное взрывание, предварительное щелеобразование, оконтуривающие шпурсы, экономический эффект, качество буровзрывных работ.

Уголь является одним из основных первичных энергоносителей, занимая в мировом балансе второе место (24 %) после нефти (39 %) и доминируя в выработке электроэнергии (34–40 %). Согласно прогнозам различных организаций, на протяжении 20–30 лет потребление угля будет возрастать со среднегодовыми темпами 1,4–1,6 %, уступая нефти (1,7 %) и природному газу (2,7–2,8 %), но оставаясь главным источником производства электроэнергии [1].

Практически все отрасли народного хозяйства, прежде всего промышленность и коммунально-бытовой сектор, используют уголь, и сфера его применения с каждым годом, причем не только как топлива, постепенно расширяется.

Увеличение добычи угля ведет за собой и увеличение объемов сооружаемых горных выработок.

В настоящее время проведение горных выработок осуществляется, как правило, буровзрывным способом. Так, например, за последние годы этим способом пройдено около 80 % общего объема основных подготовительных выработок [2–3]. Такое положение объясняется тем, что для проведения выработок по породам с прочностью свыше 60 МПа еще не созданы экономически эффективные механические способы разрушения горных пород, которые могли бы заменить буровзрывные работы. Поэтому в ближайшие годы буровзрывные работы будут преобладать при сооружении горных выработок, а совер-

шенствование их технологии и повышение эффективности представляет собой актуальную задачу горной промышленности.

В сравнении с комбайновой технологией буровзрывная имеет ряд преимуществ: универсальность, простоту, незначительную энергоемкость, возможность быстрого приспособления к резко меняющимся горно-геологическим условиям, в том числе к существенному увеличению крепости пород.

Однако при её применении ставятся две противоречивые задачи: с одной стороны, для создания благоприятных условий работы погрузочных механизмов необходимо добиться хорошего дробления вынимаемой породы, а с другой — требуется ограничить чрезмерное превышение проектного сечения, не допустить нарушение законтурного массива и получить более-менее гладкую поверхность стенок выработки.

Согласно СНиПу на горнопроходческие работы [4] допускается (за исключением прохождения с применением комбайнов и забивной крепи) увеличение размеров с каждой стороны периметра проводимой горной выработки в результате перебора породы:

$f = 0,4 - 1,5$ менее 50 мм;

$f = 1,5 - 8$ менее 75 мм;

$f = 8 - 20$ менее 100 мм.

Однако на практике в связи с применением обычных способов буровзрывных работ эти нормы не соблюдаются, и требуется внедрение новых способов ведения работ, которые позволят разрушать породу

с заданной интенсивностью, с соблюдением контура выработки и не будут нарушать законтурный массив.

Проведенные исследования показали возможность более точного оконтуривания горных выработок при взрывных работах [5–6]. Предложенный метод принято назы-

вать «контурное», «профильное», «гладкое» или «гладкостенное» взрывание (в Германии — schonendes sprengen, в Англии — controlled blasting; далее по тексту — контурное взрывание).

Приведем краткую характеристику способов контурного взрывания (рис. 1).

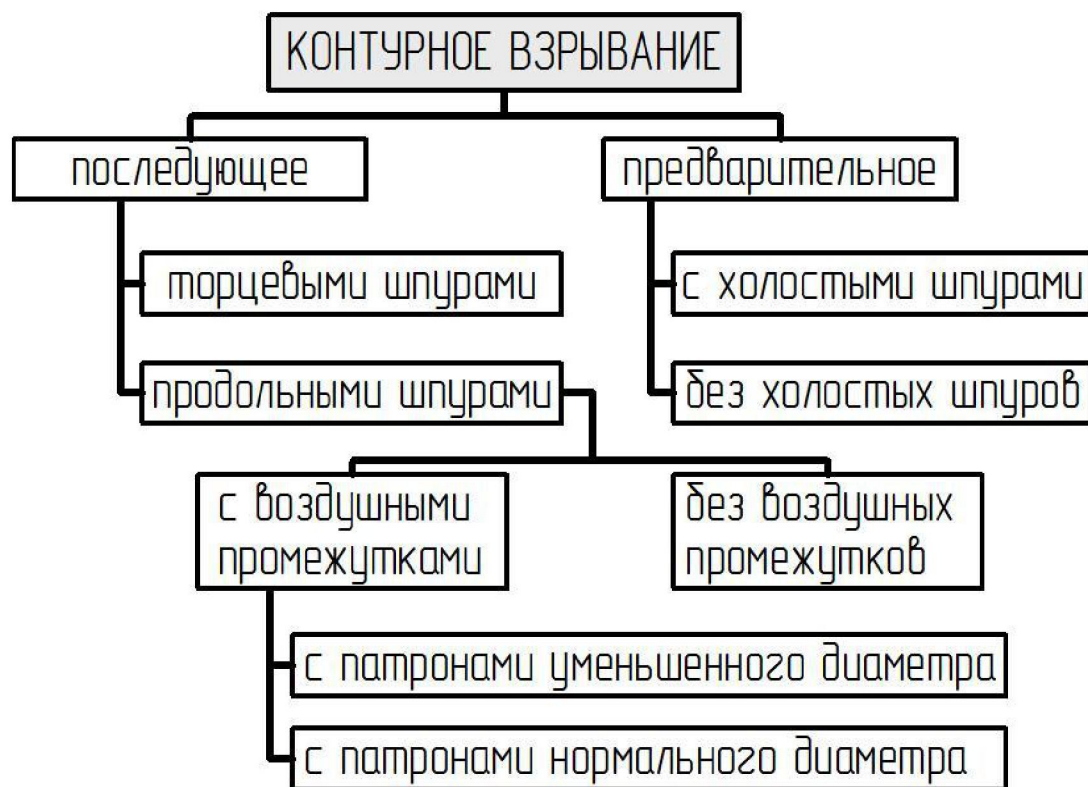


Рисунок 1 Классификация методов контурного взрывания

Метод контурного взрывания с предварительным оконтуриванием (метод предварительного щелеобразования — ПЩО) получил распространение при прохождении открытых выработок — каналов, траншей, котлованов, а также, в последнее время, на открытых разработках. На подземных разработках ПЩО применяется, главным образом, при прохождении водосборников. Рассмотрим данный метод на примере прохождения (сверху — вниз) выработки узкого и длинного сечения (рис. 2). В первую очередь взрываются оконтуривающие шпуры 1 одновременно с применением детонационного шнура, в результате чего вдоль контура образуется

щель; внутренние шпуры 2, предназначенные для дробления оконтуренного участка горного массива, взрываются во вторую очередь.

Принципиальная схема последующего оконтуривания продольными шпурами (на примере горизонтальной выработки) представлена на рисунке 3: разрушение центральной части забоя 1 производится в первую очередь, а затем формируется контур выработки путем взрывания оконтуривающих шпуров 3, расположенных вдоль контура выработки.

При проведении подземных горных выработок наибольшее распространение получил метод контурного взрывания с по-

следующим оконтуриванием. Характерным для этого способа является стремление уменьшить энергию взрыва оконтуривающих шпуров для сохранения контура выработки.

Это достигается различными методами: использованием патронов взрывчатого вещества (ВВ) уменьшенного диаметра, применением низко бризантных ВВ пониженной плотности, рассредоточением зарядов при помощи воздушных промежутков.

Для использования контурного взрывания при проведении горных выработок следует выполнять следующие условия:

1) точная разметка шпуров, с обязательной выдержкой всех размеров и местоположения шпуров, контроль за углами наклона шпуров и их глубины при бурении;

2) снижение энергии взрыва в оконтуривающих шпурах путем использования менее мощного ВВ или за счет конструкции заряда (рассредоточенные, направленного действия и т. д.);

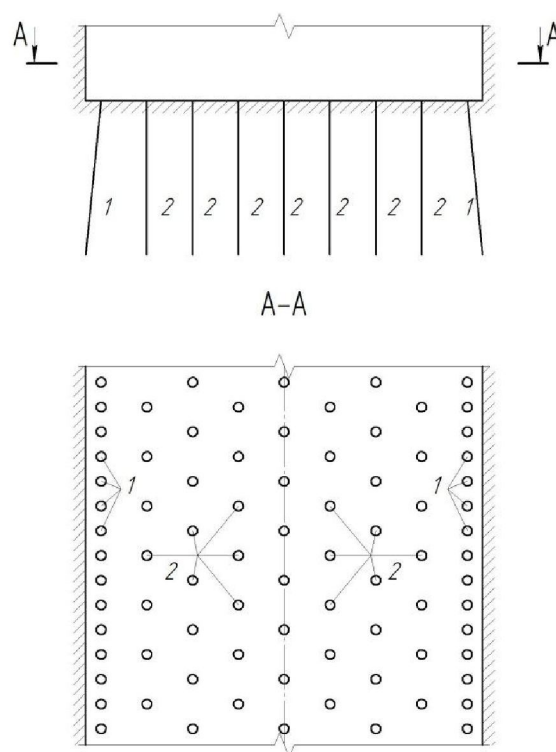


Рисунок 2 Метод предварительного щелеобразования

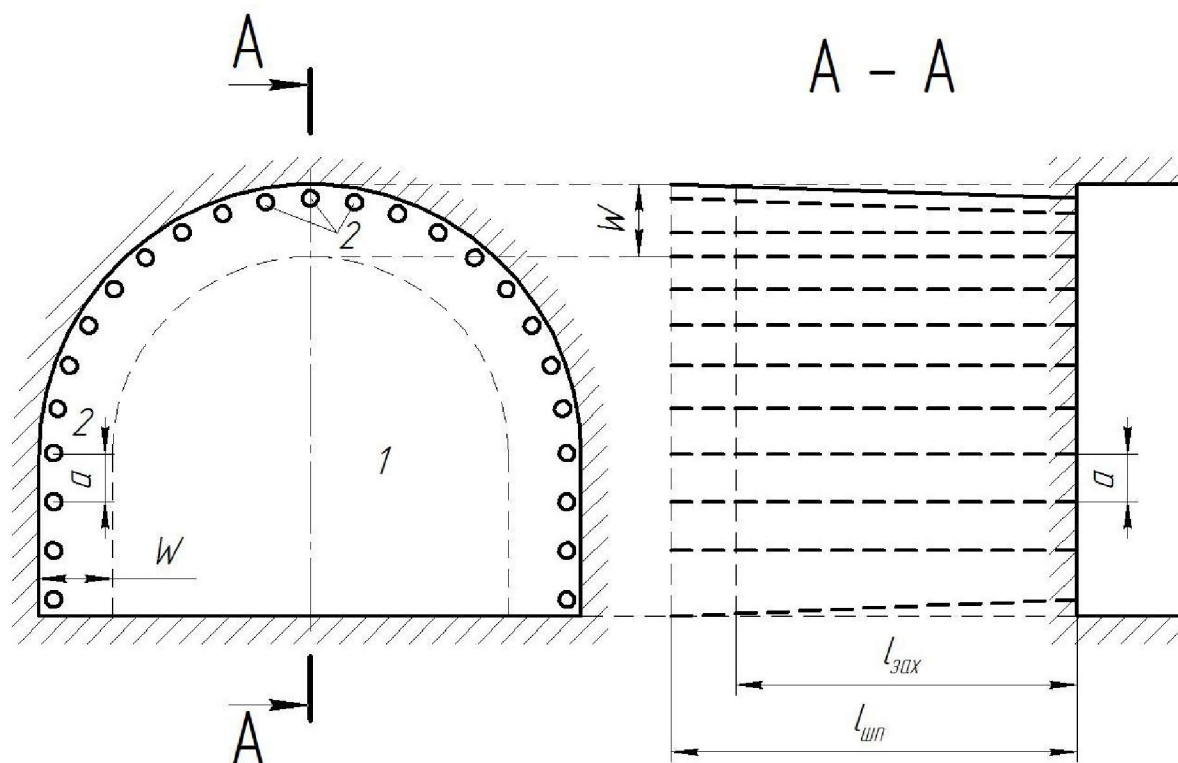


Рисунок 3 Метод последующего оконтуривания

3) применение особых методик по расчету параметров оконтуривающих шпуров (между шпурами должна образовываться сплошная трещина, обеспечивающая требуемый контур выработки [7]).

Весьма важным моментом при ведении буровзрывных работ с использованием контурного взрывания является точность соблюдения параметров размещения шпуров в забое выработки. В настоящее время для соблюдения этих параметров разработан ряд приспособлений, которые позволяют производить разметку и бурение шпуров в забоях горизонтальных горных выработок. Более детально рассмотрим устройство для разметки и бурения шпуров — УРБ [8].

УРБ (рис. 4) состоит из базовой трубы 1, которая вставлена и расклинена в подбурке 2. На ней, с возможностью поворота на необходимый угол, установлен оголовок 3, оснащенный лимбом 4 с фиксатором 5 и отвесом 6. На оголовке 3 при помощи зажима 7 зафиксирована подвижная рейка 8 с линейной шкалой, которая может вра-

щаться вокруг своей оси и радиально двигаться относительно оголовка 3 базовой трубы 1. На конце рейки 8 при помощи шарнира-фиксатора с возможностью поворота закреплен люнет 10, оснащенный угломерной шкалой 11 и указателем направления 12.

Устройство работает следующим образом (рис. 5). В центре забоя горной выработки бурят подбурок 2, глубина которого 100–300 мм. В него вставляют и расклинивают базовую трубу 1. На эту трубу накручивают оголовок 3, в который вставляют подвижную рейку 8 с люнетом 10.

Предложенная конструкция устройства для разметки и бурения шпуров позволяет: производить разметку и бурение всего комплекса шпуров из одного положения устройства, что снижает трудоемкость работ; снизить материалоемкость работ за счет отказа от подмостей; повысить точность разметки места положения шпура и угла его наклона.

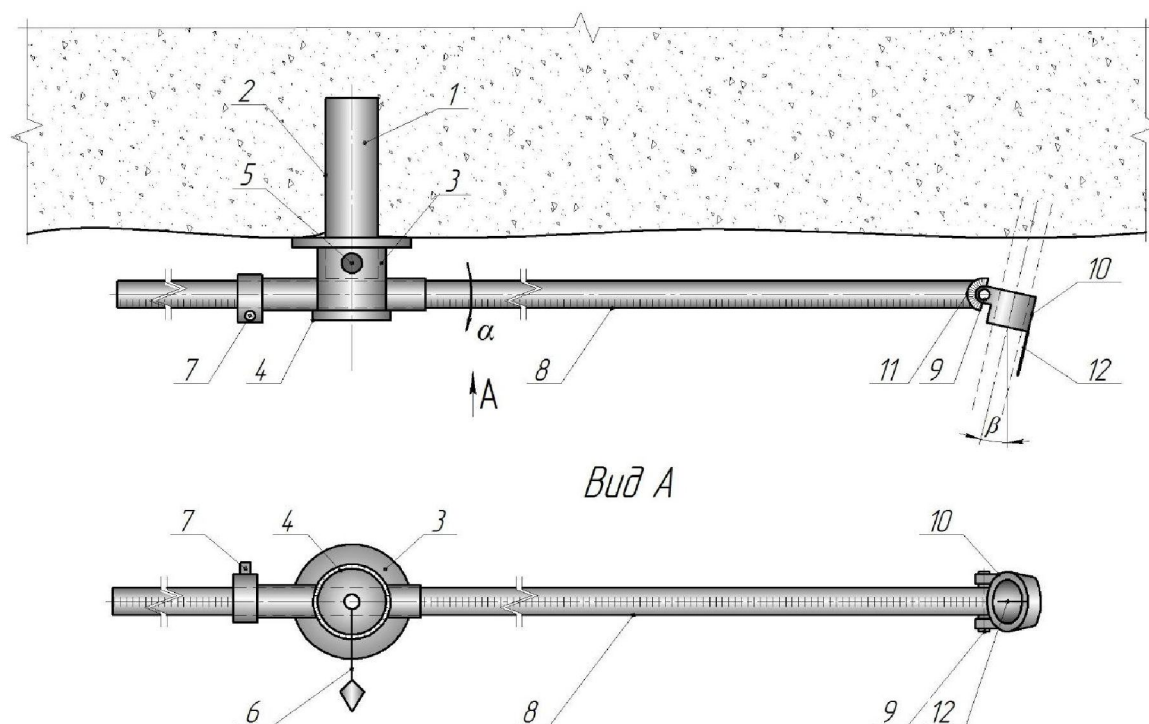


Рисунок 4 Конструкция устройства для разметки шпуров

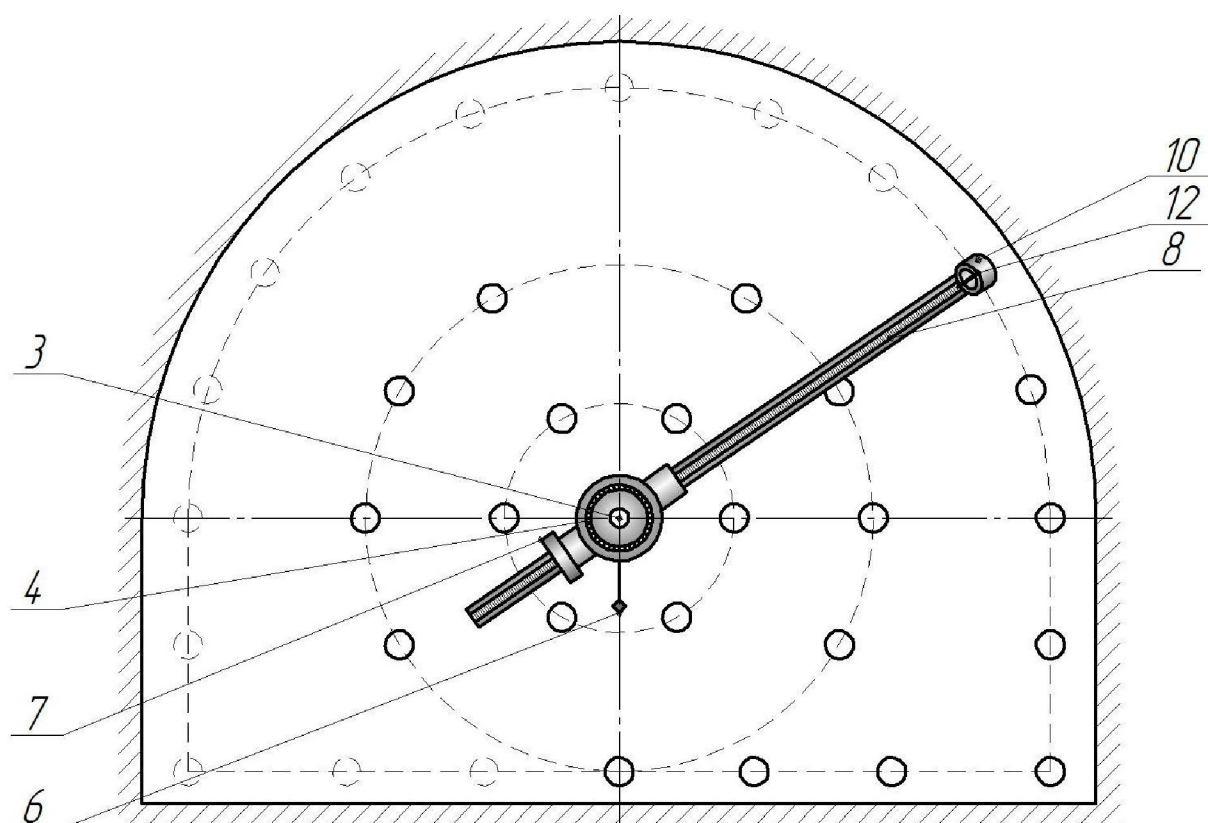


Рисунок 5 Устройство для разметки и бурения шпуров, установленное в рабочее положение в забое выработки

При изменении параметров паспорта буровзрывных работ можно определить данные об изменении затрат на ту или иную операцию либо по той или иной статье расходов в результате перехода на новый метод. Однако по одной операции или по одной статье расходов, как правило, нельзя судить об экономической целесообразности применения новых способов и средств горной технологии. Для этой цели необходимо дать комплексную оценку, предусматривающую детальный учет основных расходов, прямо или косвенно связанных с изменением техники и технологии.

Согласно этому методу экономический эффект \mathcal{E} от применения паспорта буровзрывных работ с контурным взрыванием можно определить из выражения

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4 + \mathcal{E}_5 + \mathcal{E}_6,$$

где \mathcal{E}_1 — экономия от повышения скорости проходки;

\mathcal{E}_2 — экономия от снижения времени на погрузочно-транспортные работы;

\mathcal{E}_3 — экономия от снижения объема бурения шпуров и расхода ВВ;

\mathcal{E}_4 — экономия от сохранения крепи после взрыва;

\mathcal{E}_5 — экономия от улучшения условий работы крепи;

\mathcal{E}_6 — экономия от снижения объемов забутовки закрепного пространства.

Рассмотрим эти слагаемые экономического эффекта более детально.

При правильном и обоснованном расположении шпуров вблизи контура выработки будет достигнуто снижение коэффициента излишек сечения (к.и.с.). Уменьшение объема породы приводит к уменьшению затрат на погрузочные работы, а также на транспортирование отбитой породы (от забоя до навала, по горизонтальным и наклонным выработкам, стволам).

При ведении взрывных работ с использованием метода контурного взрывания создается ровный контур, что позволяет крепи работать в нормальном режиме, не подвергаясь сосредоточенным нагрузкам; позволяет применять более легкие конструкции крепи, а также прогрессивные её виды — анкерную, набрызг-бетонную, крепь «монолит». Также из-за уменьшения переборов породы в значительной мере уменьшается объем забутовки при креплении.

Применение контурного взрывания позволит снизить вероятность выбивания крепи, что сократит затраты на восстановление выработки после проведения взрывных работ.

Отсутствие пустот за крепью не даёт образовываться местным скоплениям газа метана, что в значительной мере повышает безопасность работ и позволяет отказаться от дегазации.

При приведении забоя в безопасное состояние (оборка забоя) также значительно упрощаются работы из-за ровности контура и отсутствия зависших кусков породы и её вывалов.

В различных горно-геологических условиях переход на применение контурного взрывания может по-разному влиять на ко-

личество шпуров и расход взрывчатых материалов. В одних случаях он будет больше, чем при обычном методе, в иных — меньше. Но, несмотря на это, применение контурного взрывания позволит уменьшить общую стоимость сооружения 1 погонного метра горной выработки на 5–10 %.

Вывод

Основным критерием качества буровзрывных работ при проходке горных выработок принято считать коэффициент использования шпуров (КИШ) и кусковатость отбитой взрывом породы. Качеству оконтуривания, к сожалению, все еще не уделяется должного внимания. Отсутствует и материальный стимул улучшения оконтуривания горных выработок при проходке. В результате перебор породы часто велик, что приносит большой материальный ущерб.

Решить данную проблему возможно внедрением контурного взрывания при сооружении горных выработок. Однако, несмотря на многочисленные исследования в данной области, до настоящего момента не создано единой методики по расчету параметров оконтуривающих шпуров, которая бы подходила для любых горно-геологических условий.

Библиографический список

1. *Key World Energy Statistics 2010–2016* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/key-world-energy-statistics.html>
2. *Итоги работы угольной промышленности России* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ugolinfo.ru/itogi.html>
3. *Официальный портал Министерства угольной промышленности Украины* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.mvp.gov.ua>.
4. СНиП 3.02.03-84. *Подземные горные выработки* [Текст] / Госстрой СССР. — М. : ЦИТИ Госстрой СССР, 1985. — 15 с.
5. Барон, Л. И. *Контурное взрывание при проходке выработок* [Текст] / Л. И. Барон, А. В. Ключников. — Л. : Наука, 1967. — 204 с.
6. Литвинский, Г. Г. *Контурное взрывание при проведении горных выработок* [Текст] / Г. Г. Литвинский, П. Н. Шульгин // *Сборник тезисов докладов международной студенческой конференции «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений»*. — Донецк : ДонНТУ, 2003. — С. 26–28.
7. Шульгин, П. Н. *Обоснование новой методики проектирования паспортов БВР с использованием ЭВМ* [Текст] / П. Н. Шульгин // *ДонГТУ : сб. науч. тр.* — Алчевск : ДонГТУ, 2016. — Вып. 47. — С. 7–32.

8. Пат. 20391 Украина, МПК E21D 9/00, F42D 3/04. Устройство для разметки расположения, направления и забуривания шпуров УРБ / Г. Г. Литвинский, П. Н. Шульгин; заявитель и патентообладатель ДонГТУ; заявл. 07.08.2006; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1. — 2 с.

© Шульгин П. Н.

Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав каф. СГ ДонГТУ Литвинским Г. Г., д.т.н., проф., зав. каф. ГД АФГТ ЛНУ им. В. Даля Рябичевым В. Д.

Статья поступила в редакцию 28.02.17.

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

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ КОНТУРНОГО ПІДРИВАННЯ ДЛЯ СПОРУДЖЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

Наведено аналіз стану проведення гірничих виробок, показані переваги контурного підривання, дана докладна класифікація методів контурного підривання, розглянуто економічний ефект від застосування контурного підривання.

Ключові слова: вибух, перебори, контурне підривання, попереднє щілиноутворення, оконтурювальні шпури, економічний ефект, якість буропідривних робіт.

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

ANALYSIS OF USING THE CONTOUR BLASTING FOR MINE WORKING ERECTION

Condition analysis of driving the mine workings is given, the advantages of contour blasting are presented, the detailed classification of methods is given, the effect of contour blasting is studied.

Key words: explosion, excess, contour blasting, presplit, edging holes, economic effect, blasting standards.