


УДК: 622.235:550.8(043.3)

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.35

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ПОЛНОТЫ ОТРАБОТКИ ШПУРОВ ПРИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ



**Заиров Шерзод
Шарипович**

Доктор технических наук,
профессор кафедры «Горное
дело», филиал НИТУ «МИСИС»
в г. Алматы, Алматы,
Узбекистан
E-mail: sher-z@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-1513-5683
Science ID: DNV-0525-0001



**Нутфуллоев Гафур
Субхонович**

Доктор технических наук,
доцент, начальник управления
делами, филиал НИТУ
«МИСИС» в г. Алматы,
Алматы, Узбекистан
E-mail: gafurcom@mail.ru
ORCID ID: 0009-0004-0241-1273
Science ID: DBX-0825-0004



**Гаибназаров Бахром
Абдаалиевич**

PhD, доцент, заместитель
декана факультета «Горное
дело», Алмакыкский
государственный технический
институт, Алматы,
Узбекистан
E-mail:
baxromalmaliq@gmail.com
ORCID ID: 0009-0004-3390-0520
Science ID: FFC-0326-0014



**Исматиллаев Наврузбек
Абдужаббарович**

Ассистент кафедры «Горное дело»,
Алмакыкский государственный
технический институт, Алматы,
Узбекистан
E-mail:
navrozbekismatillayev2021@gmail.com
ORCID ID: 0009-0006-0726-9936
Science ID: MTV-0525-0134

Аннотация. В работе рассматриваются современные технологические способы повышения полноты отработки шпуров и предотвращения образования неразрушенных донных участков («стаканов») при буровзрывных работах в подземных горных выработках. Проанализированы физические механизмы формирования «стаканов», связанные с неравномерным распределением энергии взрыва, дефицитом свободной поверхности и особенностями взаимодействия детонационной волны с породным массивом. Рассмотрены и научно обоснованы методы обратного инициирования шпуровых зарядов, преднамеренного удлинения шпуров, применения воздушных промежутков, комбинированной забойки, а также предварительного физико-химического ослабления массива с использованием поверхностно-активных веществ. Показано, что комплексное применение указанных решений позволяет повысить коэффициент использования шпуров до 0,90–0,95, снизить удельный расход взрывчатых веществ и улучшить качество оформления забоя при одновременном уменьшении сейсмического и экологического воздействия.

Ключевые слова: буровзрывные работы, шпуровые заряды, коэффициент использования шпуров, «стаканы», обратное инициирование, воздушные промежутки, комбинированная забойка, поверхностно-активные вещества, подземные горные выработки.

YER OSTI KON LAHIMLARIDA BURG‘ILASH-PORTLATISH ISHLARI JARAYONIDA SHPURLARNI TO‘LIQ O‘ZLASHTIRISHNI OSHIRISHNING TEKNOLOGIK USULLARINI TAHLIL QILISH

**Zairov Sherzod
Sharipovich**

Texnika fanlari doktori, professor,
“Konchilik ishi” kafedrasi, NITU
“MISIS” Olmaliq filiali, Olmaliq,
O‘zbekiston

**Nutfulloyev G‘afur
Subxonovich**

Texnika fanlari doktori, dotsent,
ishlar boshqarmasi boshlig‘i, NITU
“MISIS” Olmaliq filiali, Olmaliq,
O‘zbekiston

**G‘oyibnazarov Bahrom
Abdaliyevich**

PhD, dotsent, Konchilik fakulteti
dekan o‘rinbosari, Olmaliq davlat
texnika instituti, Olmaliq,
O‘zbekiston

**Ismatillayev Navro‘zbek
Abdujabborovich**

Assistent, “Konchilik ishi”
kafedrasi, Olmaliq davlat texnika
instituti, Olmaliq, O‘zbekiston

Annotatsiya. Mazkur ishda yer osti kon lahimlarida burg'ilash-portlatish ishlari jarayonida shpurlarni to'liq o'zlashtirish darajasini oshirish hamda portlatilmay qolgan pastki qism uchastkalari ("stakanlar") hosil bo'lishining oldini olishning zamonaviy texnologik usullari ko'rib chiqilgan. "Stakanlar" hosil bo'lishining fizik mexanizmlari tahlil qilinib, ular portlash energiyasining notekis taqsimlanishi, erkin yuzaning yetishmasligi va detonatsiya to'liqining jins massivi bilan o'zaro ta'siri xususiyatlari bilan bog'liqligi asoslab berilgan. Shpurlarda zaryadlarni teskari (obrat) initsiyalash, shpurlarni ataylab uzaytirish, havo bo'shliqlaridan foydalanish, kombinatsiyalangan zaboyka qo'llash, shuningdek, yuzaki-faol moddalar yordamida jins massivini oldindan fizik-kimyoviy zaiflashtirish usullari ko'rib chiqilib, ilmiy asoslangan. Ko'rsatilishicha, ushbu yechimlarni kompleks qo'llash shpurlardan foydalanish koeffitsiyentini 0,90–0,95 gacha oshirish, portlovchi moddalarning solishtirma sarfini kamaytirish hamda zaboy shakllanish sifatini yaxshilash bilan birga seysmik va ekologik ta'sirni kamaytirishga imkon beradi.

Kalit so'zlar: burg'ilash-portlatish ishlari, shpurlardagi zaryadlar, shpurlardan foydalanish koeffitsiyenti, "stakanlar", teskari initsiyalash, havo bo'shliqlari, kombinatsiyalangan zaboyka, yuzaki-faol moddalar, yer osti kon lahimlari.

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL METHODS FOR IMPROVING THE COMPLETENESS OF BLASTHOLE UTILIZATION IN DRILLING AND BLASTING OPERATIONS IN UNDERGROUND MINE WORKINGS

**Zairov Sherzod
Sharipovich**

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of
Mining Engineering, Almalik
branch of NUST "MISIS", Almalik,
Uzbekistan

**Nutfulloyev Gafur
Subxonovich**

Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor, Head of
Administration, Almalik branch of
NUST "MISIS", Almalik,
Uzbekistan

**Gaibnazarov Bakhrom
Abdaalievich**

PhD, Associate Professor, Deputy
Dean of the Faculty of Mining,
Almalik State Technical Institute,
Almalik, Uzbekistan

**Ismatillayev Navrozbek
Abdujabborovich**

Assistant, Department of Mining
Engineering, Almalik State
Technical Institute, Almalik,
Uzbekistan

Abstract. The paper addresses modern technological approaches aimed at improving blasthole utilization and preventing the formation of unbroken bottom zones ("cups") during drilling and blasting operations in underground mine workings. The physical mechanisms responsible for cup formation, including non-uniform explosive energy distribution, lack of free surfaces, and specific features of detonation wave interaction with the rock mass, are analyzed. Scientifically substantiated methods such as reverse initiation of blasthole charges, intentional overdrilling, application of air gaps, combined stemming, and preliminary physico-chemical weakening of the rock mass using surfactants are considered. It is shown that the integrated application of these methods makes it possible to increase the blasthole utilization coefficient to 0.90–0.95, reduce the specific explosive consumption, and improve face quality while simultaneously decreasing seismic and environmental impacts.

Keywords: drilling and blasting operations, blasthole charges, blasthole utilization coefficient, bootlegs, reverse initiation, air gaps, combined stemming, surfactants, underground mine workings.

Введение. Совершенствование буровзрывных работ при проходке подземных горных выработок является одной из приоритетных задач современной геотехнологии. В условиях увеличения глубины горных работ, роста крепости и структурной неоднородности пород особую актуальность приобретает проблема повышения полноты отработки шпуров и предотвращения образо-

вания неразрушенных донных участков («стаканов»), существенно снижающих коэффициент использования шпуров и качество оформления забоя.

Образование «стаканов» обусловлено неблагоприятными условиями разрушения в донной зоне шпура, связанными с дефицитом свободной поверхности, неравномерным распределением энергии взрыва и прежде-

временной разгерметизацией устьевой части заряда. Традиционные схемы прямого инициирования и однородной забойки в ряде случаев не обеспечивают требуемой эффективности взрывного воздействия, особенно в породах средней и высокой крепости и при большом удлинении шпуров.

Анализ научных исследований и производственного опыта показывает, что повышение полноты отработки шпуров достигается за счёт целенаправленного перераспределения энергии взрыва и интенсификации трещинообразования в донной зоне. К наиболее эффективным технологическим решениям относятся обратная схема инициирования шпуровых зарядов, преднамеренное удлинение шпуров, применение воздушных промежутков и комбинированной забойки, а также методы предварительного физико-химического ослабления горного массива.

Особый интерес представляет использование поверхностно-активных веществ, обеспечивающих снижение прочностных связей в породе и повышение направленности разрушения. Комплексное применение указанных методов позволяет повысить коэффициент использования шпуров до 0,90–0,95, снизить удельный расход взрывчатых веществ и уменьшить объём переизмельчения горной массы.

Таким образом, научное обоснование и развитие технологий повышения полноты отработки шпуров является актуальной задачей, решение которой направлено на повышение эффективности, безопасности и экологичности буровзрывных работ при проходке подземных горных выработок.

Результаты и обсуждения. Одним из технологических способов повышения полноты отработки шпуров и предотвращения образования «стаканов» является применение обратной схемы инициирования шпуровых зарядов, при которой подрыв заряда осуществляется со стороны дна шпура (рис. 1). В отличие от прямой схемы инициирования, при которой детонатор размещается в устьевой части заряда, обратная схема обеспечивает направленное распространение детонационной волны и продуктов взрыва в сторону свободной

поверхности забоя [1].

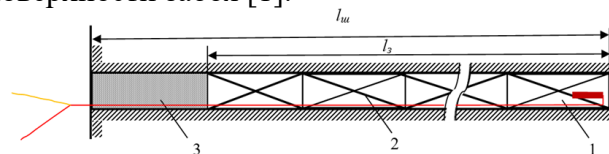


Рис.1. Способ повышения полноты отработки шпуров и предотвращения образования «стаканов» с использованием обратной схемы инициирования шпуровых зарядов:

1 – патрон-боевик; 2 – патрон ВВ; 3 – забойка; l – длина шпура; l_3 – длина заряда.

Физическая сущность данного способа заключается в изменении характера взаимодействия детонационной волны с породным массивом. При инициировании заряда от донной части шпура детонационная волна распространяется вдоль оси шпура к устью, последовательно вовлекая в процесс разрушения весь объём заряда. При этом максимальные давления и импульсы ударно-волнового воздействия формируются непосредственно в донной зоне шпура, что обеспечивает интенсивное дробление породы в наиболее трудноразрушаемой области забоя [1].

В результате такого режима взрывания создаются благоприятные условия для формирования радиальных и концентрических трещин в призабойной зоне, а также для эффективного воздействия газодинамического давления на нижнюю часть шпура. Продукты детонации, расширяясь в направлении свободной поверхности, способствуют дополнительному раскрытию трещин и отрыву породы от массива. Это существенно снижает вероятность сохранения неразрушенных участков в донной части шпура и способствует увеличению фактически отработанной длины шпура.

Практика ведения буровзрывных работ показывает, что применение обратной схемы инициирования позволяет повысить коэффициент использования шпуров (КИШ) в среднем на 5-15% по сравнению с прямым инициированием, особенно в породах средней и высокой крепости, а также в условиях ограниченного количества свободных поверхностей. Наиболее выраженный эффект наблюдается при взрывании шпуров большого

удлинения, где вероятность образования «стаканов» при традиционных схемах подрыва является максимальной [1]. Дополнительным преимуществом обратной схемы инициирования является более равномерное распределение энергии взрыва по длине шпура, что снижает локальные перенапряжения в устьевой зоне и уменьшает вероятность выброса забойки. Это, в свою очередь, повышает безопасность взрывных работ и стабильность технологического процесса.

Следует отметить, что эффективность применения обратной схемы инициирования во многом определяется качеством установки средств инициирования, надёжностью их фиксации в донной части шпура, а также правильным подбором длины и плотности забойки. Нарушение этих условий может привести к снижению положительного эффекта или к нестабильной работе заряда.

Одним из широко применяемых и технологически обоснованных способов повышения полноты отработки шпуров при буровзрывных работах является преднамеренное удлинение шпуров по сравнению с проектной глубиной выработки (рис. 2) [2]. Данный приём основан на создании дополнительного запаса длины шпура, компенсирующего неизбежные потери эффективности взрывного воздействия в донной части заряда и обеспечивающего полное разрушение массива в зоне проектного контура забоя.

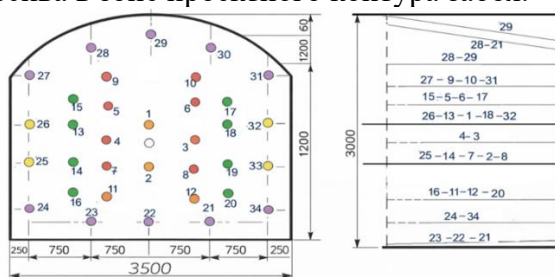


Рис.2. Способ преднамеренного удлинения шпуров по сравнению с проектной глубиной выработки:

1-34 – номера шпуров.

Сущность метода заключается в бурении шпуров на глубину, превышающую проектную длину заходки на величину Δl , которая, в зависимости от горно-геологических условий и параметров взрывной схемы, обычно составляет

0,1-0,3 м, а в крепких и трещиноватых породах может достигать 0,4-0,5 м. Удлиненная часть шпура располагается за проектной линией отрыва и предназначена для компенсации возможного образования неразрушенных донных участков («стаканов») после взрыва [3].

Физико-механическая обоснованность данного способа связана с особенностями распределения энергии взрыва вдоль оси шпура. В донной части заряда условия разрушения наиболее неблагоприятны, поскольку в этой зоне отсутствует свободная поверхность, а отражённые волны напряжений и газодинамический поток частично экранируются массивом. В результате напряжённое состояние породы вблизи дна шпура может оказаться недостаточным для формирования развитой системы трещин и полного отделения горной массы. Удлинение шпура позволяет сместить зону максимального энерговыделения и интенсивного трещинообразования за пределы проектного контура, обеспечивая тем самым полное разрушение массива в расчётной глубине заходки [4].

Технологически удлинение шпуров реализуется без изменения конструкции заряда и схемы инициирования, что является важным преимуществом данного способа. Зарядание шпура осуществляется по стандартной схеме: взрывчатым веществом заполняют 2/3-3/4 общей длины шпура, а оставшуюся часть занимают забойкой. При этом донная часть удлиненного шпура фактически выполняет роль энергетического компенсатора, в котором возможно образование остаточного «стакана» без негативных последствий для геометрии забоя [4].

Практика ведения буровзрывных работ [5] показывает, что применение удлиненных шпуров способствует увеличению КИШ до значений 0,90-0,95, даже в условиях высокой крепости и неоднородности массива. Одновременно улучшается качество дробления породы в приконтурной зоне, уменьшается количество негабаритных кусков и снижается потребность во вторичном дроблении. Особенно эффективно удлинение шпуров проявляет себя при проходке выработок в породах с выраженной анизотропией прочностных

свойств, слоистостью и развитой трещиноватостью.

Еще одним из способов повышения полноты отработки шпуров и снижения вероятности образования неразрушенных донных участков («стаканов») является применение воздушных промежутков в конструкции шпуровых зарядов (рис. 3). Данный метод основан на целенаправленном изменении распределения энергии взрыва вдоль оси шпура за счёт введения в зарядную колонку участков, заполненных воздухом или инертной газовой средой [6].

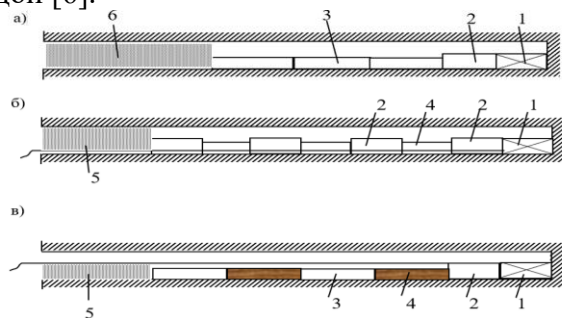


Рис.3. Способ повышения полноты отработки шпуров и снижения вероятности образования неразрушенных донных участков с применением воздушных промежутков в конструкции шпуровых зарядов:

а – с радиальным зазором; б – с осевым зазором; в – с радиально-осевым зазором. 1-2 – донный заряд; 1 – боевик; 2 – патрон ВВ нормального диаметра; 3 – патрон ВВ уменьшенного диаметра; 4 – деревянный вкладыш; 5 – провода; 6 – забойка.

Сущность способа заключается в размещении между отдельными частями заряда или между зарядом и забойкой воздушного промежутка заданной длины, который выполняет функцию своеобразного энергетического трансформатора. При детонации заряда наличие воздушного зазора приводит к отражению и многократному переотражению ударных волн на границе «ВВ – воздух – порода», в результате чего возрастает амплитуда напряжений, действующих на донную часть шпура и прилегающий участок массива [7].

Физический механизм повышения эффективности взрывного воздействия при наличии воздушного промежутка обусловлен различием акустических сопротивлений среды взрывчатого вещества, воздуха и горной породы. Воздушный

промежуток обладает существенно меньшим волновым сопротивлением по сравнению с ВВ и породой, что вызывает отражение детонационной волны с инверсией фазы и формирование зоны повышенных растягивающих напряжений в породе. Эти напряжения являются наиболее опасными для горных пород и способствуют интенсивному раскрытию существующих микротрещин и формированию новых трещин в донной зоне шпура [8].

Технологически воздушные промежутки могут располагаться в различных частях шпура [9]:

- в донной части между дном шпура и зарядом;
- внутри зарядной колонки (между двумя участками ВВ);
- в верхней части шпура между зарядом и забойкой.

Наиболее эффективным с точки зрения предотвращения образования «стаканов» является расположение воздушного промежутка в нижней части шпура, так как именно в этой зоне традиционно наблюдается дефицит свободной поверхности и недостаточность напряжений разрушения [10].

Длина воздушного промежутка выбирается в зависимости от диаметра шпура, типа применяемого ВВ и прочностных свойств пород и, как правило, составляет 5–15 диаметров шпура. При оптимальном подборе параметров воздушного промежутка достигается увеличение коэффициента использования шпура (КИШ) до значений 0,90–0,95, а также более равномерное разрушение массива по всей длине шпура [11].

Практика применения воздушных промежутков показывает [12], что данный способ позволяет не только повысить полноту отработки шпуров, но и снизить удельный расход взрывчатого вещества за счёт более рационального использования энергии детонации. Одновременно уменьшается количество негабаритных кусков в отбитой горной массе и улучшается качество оформления забоя и приконтурной зоны выработки.

Следует отметить, что внедрение воздушных промежутков требует строгого соблюдения технологии заряжания и применения специаль-

ных разделительных элементов (пластиковых дистанционных втулок, гильз, пакеров или жёстких контейнеров), обеспечивающих стабильность геометрии воздушного зазора в процессе заряжания и взрывания. Нарушение размеров воздушного промежутка или его смещение может привести к снижению эффективности взрыва и нестабильности результатов.

Также одним из способов повышения полноты отработки шпуровых зарядов и снижения вероятности образования неразрушенных донных участков («стаканов») является применение комбинированной забойки, предусматривающей послойное или функционально-раздельное использование материалов различной плотности, упругости и газопроницаемости в верхней части шпура (рис. 4) [13].

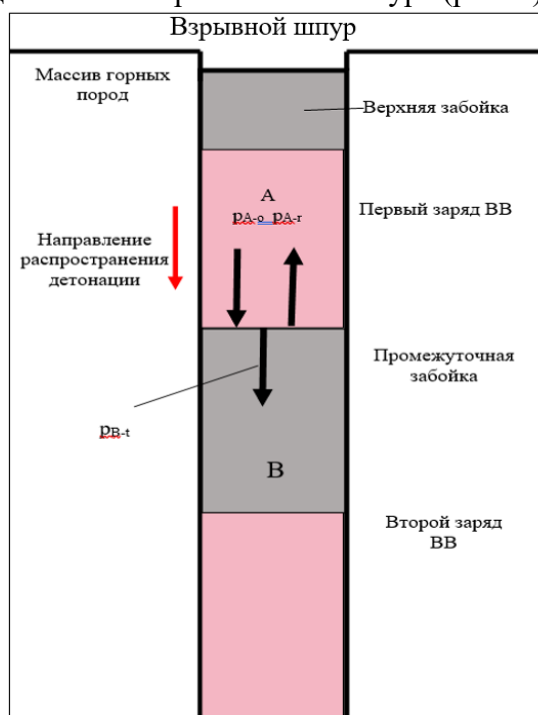


Рис.4. Способ повышения полноты отработки шпуров и снижения вероятности образования неразрушенных донных участков с применением комбинированной забойки.

В отличие от традиционной однородной забойки, как правило, выполненной из бурового шлама или песчано-глинистой смеси, комбинированная забойка формируется из нескольких последовательно расположенных слоёв, каждый из которых выполняет строго определённую

функцию в процессе взрыва. Наиболее распространённой является схема, включающая [14]:

- нижний уплотнённый слой (глинистый, песчано-глинистый или полимерный);
- промежуточный демпфирующий слой (мелкодисперсный материал, гранулированный наполнитель или специальный амортизирующий элемент);
- верхний удерживающий слой (буровой шлам, песок, отсев).

Физический механизм эффективности комбинированной забойки заключается в оптимизации условий газодинамического воздействия продуктов детонации на породный массив. Уплотнённый нижний слой обеспечивает надёжное запирающее действие шпура, препятствуя преждевременному выбросу газов и повышая давление в зарядной камере. Это способствует более глубокой передаче энергии взрыва в донную часть шпура и интенсификации процессов трещинообразования в зоне забоя [15].

Промежуточный демпфирующий слой выполняет функцию регулирования скорости разгерметизации шпура, снижая вероятность мгновенного разрушения забойки и обеспечивая пролонгированное воздействие газов взрыва на массив. В результате повышается степень вовлечения донной зоны шпура в процесс разрушения, что существенно снижает вероятность образования «стаканов» [16].

Верхний слой комбинированной забойки обеспечивает механическую устойчивость всей конструкции, снижает разлёт продуктов взрыва и способствует формированию более равномерного фронта разрушения породы.

Наиболее высокая эффективность комбинированной забойки достигается при проходке подземных выработок в породах средней и высокой крепости, а также в условиях повышенной трещиноватости массива, когда традиционные схемы забойки не обеспечивают необходимого уровня газодинамического воздействия в донной зоне шпура [17].

В последние годы развиваются технологии предварительного физико-химического ослабления массива [18], в том числе:

- обработка шпуров поверхностно-актив-

ными веществами (ПАВ);

– микровзрывы или импульсное воздействие;

– применение теплового нагрева и гидравлического разрыва перед основным взрывом;

– инъекционное разрушение по ослабленным зонам.

Данные методы позволяют повысить направленность разрушения, сократить объём переизмельчения и снизить удельный расход ВВ до 15-25% [19].

Применение физико-химических методов ослабления массива позволяет повысить эффективность БВР и сократить побочные эффекты. Наиболее перспективной технологией признано введение ПАВ в зону будущего взрыва [19].

Таблица 1.

Сравнительная таблица параметров взрывной проходки [19]

№	Показатель	Без ПАВ (традиц.)	С ПАВ (модиф.)
1.	Тип ВВ	Аммонит 6ЖВ	Эмульсионный с ПАВ
2.	Скорость детонации, м/с	3200	4300
3.	Удельный расход ВВ, кг/м ³	2.8	2.2
4.	Объём переизмельчения, %	38	22
5.	Радиус зоны разрушения, м	1.5	2.1
6	Сейсмическое воздействие, мм/с	12.5	7.8

ПАВ, обладая способностью снижать поверхностное натяжение и проникать в микротрещины породы, обеспечивают снижение сцепления между минеральными зёрнами, разрушение капиллярной структуры и увеличение общей трещиноватости массива.

В табл. 1 приведена сравнительная таблица параметров взрывной проходки с использованием и без использования ПАВ [19].

Заключение. Результаты исследования показали, что образование неразрушенных донных участков («стаканов») при буровзрывных работах в подземных горных выработках обусловлено совокупным воздействием геомеханических и технологических факторов, прежде всего дефицитом свободной поверхности и неравномерным распределением энергии взрыва в донной зоне шпура. Установлено, что традиционные схемы зарядания и инициирования не всегда обеспечивают достаточную эффективность разрушения в наиболее трудноразрушаемой части забоя.

Показано, что применение обратной схемы инициирования, преднамеренного удлинения шпуров, воздушных промежутков и комбинированной забойки обеспечивает интенсификацию трещинообразования и повышение коэффициента использования шпуров до 0,90–0,95, особенно в породах средней и высокой крепости и при большом удлинении шпуров.

Отмечено, что перспективным направлением повышения эффективности буровзрывных работ является предварительное физико-химическое ослабление горного массива с использованием поверхностно-активных веществ, позволяющее снизить удельный расход взрывчатых веществ на 15–25 %, уменьшить переизмельчение и сейсмическое воздействие. В целом результаты исследования подтверждают целесообразность комплексного применения рассмотренных технологических решений с учётом горно-геологических условий, что обеспечивает повышение эффективности, безопасности и экологичности проходки подземных горных выработок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Баранов Е. Г., Оберемок О. Н. (1998). Взрывные работы на подземных рудниках. М.: Недра. – 544 с.
- [2] Покровский Н. М. *Технология строительных и проходческих работ в горном деле*. URL: <https://edu.utu-ranch.uz/media/files/2024/08/30/...pdf>

- [3] Yang, R., Zhang, Z., An, C., et al. (2020). Discussion on ultra-deep depth problem of slot hole in blasting excavation of rock roadway in coal mine. *Coal Science and Technology*, 48(1), 10–23. <https://doi.org/10.13199/j.cnki.cst.2020.01.002>
- [4] Alansary, M. S. Why Subdrill Matters in Blasting. *Zvenia.com*.
- [5] Zheng, C., Yang, R., Chenxi, D., Songlin, H., Bo, W., Yongzhong, Y. (2025). Experimental and numerical study on the influence of extra-depth on cut blasting postblast damage. *Preprints.org*, Manuscript 202412.1962.
- [6] Jhanwar, J. C. (2011). Theory and practice of air-deck blasting in mines and surface excavations: A review. *Geotechnical and Geological Engineering*, 29(4), 651–663.
- [7] Rommayawes, S., Leelasukseree, C. (2013). Influence of air deck length on fragmentation in quarry blasting. *European Scientific Journal, Special Issue*, 45–58.
- [8] Saqib, S., Qureshi, M. U., Rashid, H. M. A., Ali, D., Rasool, A. M. (2024). A field-scale investigation into the strategic location of air decks for improved blasting performance. *Archives of Mining Sciences*, 69(2), 123–137.
- [9] Rajak, M. K., Subramanian, K. S. S., Prince, M. J. A. (2018). Air deck blasting technique in surface mine: A brief review. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 5(9), 210–218.
- [10] Air-Deck Behavior During Rock Blasting (2025). *ResearchGate*. URL: <https://www.researchgate.net/publication/390729284>
- [11] Yang, R., Preece, D. S. (2017). Shock physics theory of air deck behavior during rock blasting. *Fragblast*, 19(1), 87–101.
- [12] Hayat, M. B., Alagha, L. (2024). Air decks in surface blasting operations. *Archives of Mining Sciences*, 69(1), 15–27.
- [13] Шевкун Е. Б., Лещинский А. В., Галимьянов А. А. (2015). Короткая комбинированная забойка взрывных скважин высокой запирающей способности. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, №4.
- [14] Заиров Ш. Ш., Нутфуллоев Г. С., Кобилов Ш. Б. (2023). Исследование образования врубовых полостей при буровзрывных работах и разработка эффективной забойки. *Горный вестник Узбекистана*, №1.
- [15] Мислибаев И. Т., Назаров З. С., Гиязов О. М., Солиев Б. З. (2021). Исследование запирающего действия забойки как фактор повышения эффективности и безопасности взрывных работ. *Горный вестник Узбекистана*, №3.
- [16] Друкованный М. Ф., Ильин В. И., Ефремов Э. И. (1978). *Буровзрывные работы на карьерах*. М.: Недра. – 390 с.
- [17] Друкованный М. Ф. (1973). *Методы управления взрывом на карьерах*. М.: Недра. – 415 с.
- [18] Юсупов Н. Н., Эргашев Р. К. (2022). Интенсификация проходки с применением химических реагентов. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, №11, 82–88.
- [19] Khalilov, A. R., Mamatkulov, U. N. (2023). Application of surfactants in blasting operations: Field testing and efficiency assessment. *Journal of Mining Science*, 59(2), 134–145.
- [20] Хасанов А. А. (2024). Система разработки объединенного месторождения «Ёшлик I и Кальмакыр». *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 2(4-1), 57–61.
- [21] Ne'Mato'g'li, S. A., Amankulovich, X. A., Erkinjon, I. (2025). Qalmoqqir va Yoshlik I karerlarining geologik-texnik xususiyatlari va qazib olish sharoitlarini tahlil qilish. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 3(1), 20–25.