

# Совершенствование буровзрывных работ на Солнцевском угольном разрезе\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-7-45-52>

Вопрос снижения затрат времени на организацию проведения массовых взрывов особенно актуален при интенсивной разработке карьеров с подготовкой горной массы к выемке буровзрывным способом, где преимущественно эксплуатируется горное оборудование на электрическом приводе. Значительные потери времени связаны с организацией перемещения электрооборудования за пределы опасной зоны и обратно. В публикации рассмотрены основные методы снижения соответствующих временных издержек, в основе которых лежит снижение среднемесячного количества взрывных дней и обоснование уменьшения радиуса опасной зоны для горной техники по разлету отдельных кусков горной массы. В статье обосновываются мероприятия по снижению уровня риска негативных событий, связанных с потенциальной угрозой поражающих факторов при увеличении объема одновременно взрывающейся горной массы, включающие применение искусственных преград для снижения сейсмического воздействия взрыва и рациональных межскважинных замедлений.

**Ключевые слова:** снижение взрывных дней, объем взрывного блока, разлет кусков горной массы, искусственные антисейсмические преграды, межскважинные замедления.

**Для цитирования:** Черских О.И., Галимьянов А.А., Гевало К.В. Совершенствование буровзрывных работ на Солнцевском угольном разрезе // Уголь. 2022. № 7. С. 45-52. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-45-52.



## ЧЕРСКИХ О.И.

Канд. техн. наук,  
директор  
ООО «Солнцевский угольный разрез»,  
694910, г. Шахтерск, Россия,  
e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru



## ГАЛИМЬЯНОВ А.А.

Канд. техн. наук,  
руководитель сектора разрушения  
горных пород,  
ведущий научный сотрудник  
Института горного дела  
ХФИЦ ДВО РАН,  
680000, Хабаровск, Россия,  
e-mail: azot-1977@mail.ru



## ГЕВАЛО К.В.

Инженер  
Института горного дела  
ХФИЦ ДВО РАН,  
680000, Хабаровск, Россия,  
e-mail: igdvo@yandex.ru

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с интенсификацией горного производства в ООО «Солнцевский угольный разрез» (СУР), ориентированной на увеличение добычи угля до 20 млн т в год, большая роль отводится использованию энергии взрыва. На СУР, входящем в состав Восточной горнорудной компании и являющемся одним из ключевых работодателей Сахалинской области, только за 2021 г. добыто 10,2 млн т угля и произведено вскрыши 91,3 млн куб. м. Рост масштабов и производительности предъявляет жесткие требования к производству промышленных взрывов, обеспечивающих безопасность людей и сохранность горного оборудования, устойчивость бортов, а также охра-

\* Исследования проведены с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием «Центр обработки и хранения научных данных ДВО РАН», финансируемого Российской Федерацией в лице Минобрнауки России по соглашению № 075-15-2021-663.

ну окружающей среды, что требует постоянного совершенствования буровзрывных работ (БВР).

К числу основных проблем разработки СУР относится негативное влияние сейсмических волн на окружающий горный массив из-за обводненности мягких грунтов, а также разлета отдельных кусков горной массы, влияющего на значительный простой горного оборудования, особенно экскаваторов на электрическом приводе.

Для реализации соответствующих планов в условиях наращивания объемов одной из доминирующих целей является повышение уровня качества БВР посредством разработки методик, направленных на уменьшение сейсмического воздействия массовых взрывов и снижение степени влияния фактора дальности разлета кусков горной массы.

В горном деле БВР считаются наиболее экономичным способом подготовки горной массы к выемке. Однако только 20-30% [1] используемой энергии расходуется на полезную работу – дробление и смещение горных пород, а остальная часть тратится впустую в виде негативных последствий – сейсмика, ударно-воздушная волна и разлет кусков горной массы, оказывающих непосредственное влияние на снижение уровня производительности и безопасности ведения горных работ.

Физические процессы, связанные с воздействием взрыва на окружающую среду, рассматриваются в работах А.А. Кузьменко, И.И. Воробьева, М.А. Садовского, В.Н. Мосинца, Г.И. Покровского, Б.Н. Кутузова и других ученых. Тем не менее в настоящее время отсутствует всестороннее исследование геологического влияния на распространение взрывной волны [2], а также нет единого мнения о влиянии параметров БВР, в том числе межскважинных интервалов времени [3], на эффективность производства взрывных работ, что подчеркивает актуальность всесторонних исследований для решения задач повышения уровня безопасности и качества подготовки горной массы в условиях СУР.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В целях выработки соответствующих методик сотрудниками института горного дела ДВО РАН совместно со специалистами СУР и специализированных подрядных организаций в январе 2022 г. осуществлен предварительный анализ производства БВР в условиях СУР, где особое внимание было обращено на следующие основные проблемы:

- относительно большие затраты времени на организацию производства массовых взрывов, значение которых только за 2021 г. составило 612 ч, или 25,5 дня;
- неоднородная геофизическая среда и высокий уровень обводненности взрывааемых грунтов как потенциальный негативный фактор для проведения взрывных работ (ВР).

Для решения перечисленных проблем предложены следующие базовые мероприятия (табл.1).

### Уменьшение среднемесячного количества массовых взрывов

Из опыта производства БВР известно, что наибольшее количество несчастных случаев происходит в день организации массовых взрывов [4, 5, 6], и в основном опасные производственные ситуации (ОПС) связаны с человеческим фактором при осуществлении передвижения электрооборудования и нарушении границ опасных зон. Поэтому реализация мероприятий по снижению среднемесячного количества МВ с уменьшением уровня негативного воздействия колебаний грунта на устойчивость бортов и прилегающий жилой массив в условиях наращивания объемов добычи и вскрыши дает возможность решения очень важной научно-технической задачи, заключающейся в повышении производительности горнотранспортного оборудования посредством снижения потерь времени, затрачиваемого на перегон техники и оборудования от взрыва, с одновременным снижением уровня риска ОПС, образующихся при производстве массового

Таблица 1

Базовые мероприятия по совершенствованию БВР на СУР

Проблема	Возможные причины возникновения проблемы	Мероприятия по совершенствованию БВР
Большие затраты времени на организацию массового взрыва (МВ)	Относительно высокая частота проведения МВ – в среднем 17 взрывов за месяц в 2021 г.	Планомерное снижение среднего количества взрывов в месяц до 4-5
	Относительно большое фактическое расстояние отгона техники от взрывного блока (ВБ) – 300 м	Обоснование снижения отгона техники от границ ВБ до 100 м с проведением экспериментальных взрывов
	Относительно небольшое среднее значение величины объема взорванной горной массы (ВГМ) за один МВ – 285 тыс. куб. м при удельном расходе ВМ – 0,31 кг/м <sup>3</sup>	Планомерное увеличение средней величины объема ВГМ за один МВ до 1400 куб. м
Сложные горно-геологические условия месторождения как фактор негативного влияния на производство ВР	Горный массив, состоящий из преимущественно мягких пород с высоким уровнем обводненности (согласно типовому проекту БВР – 80%)	Снижение частоты взрывов при одновременной реализации мер по снижению уровня сейсмического воздействия на прилегающий к ВБ массив. Проведение систематических экспериментальных взрывов с производством инструментальных замеров в разных горно-геологических условиях с разными параметрами БВР. Обоснование рациональных («щадящих») параметров БВР

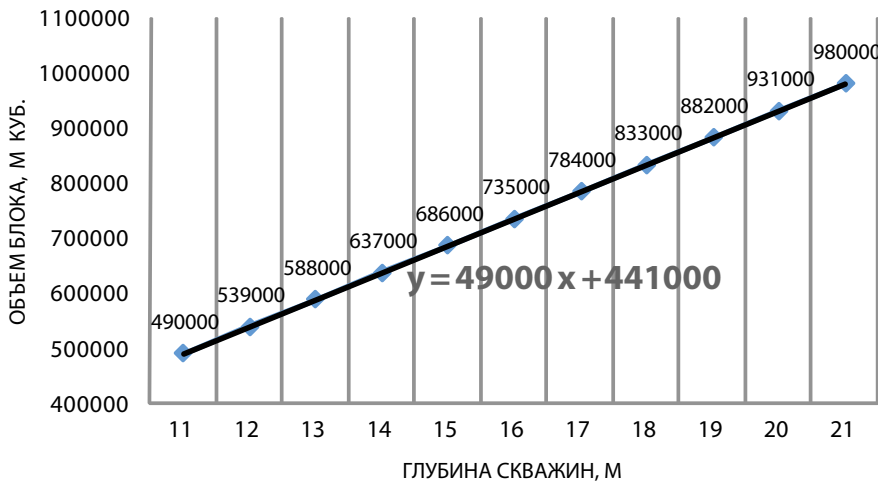


Рис. 1. График линейной зависимости увеличения объема взрывающегося блока от увеличения глубины скважины при  $S_{\text{бл}} = \text{const}$ ,  $N_{\text{скв}} = \text{const}$  и  $d_{\text{скв}} = \text{const}$ .

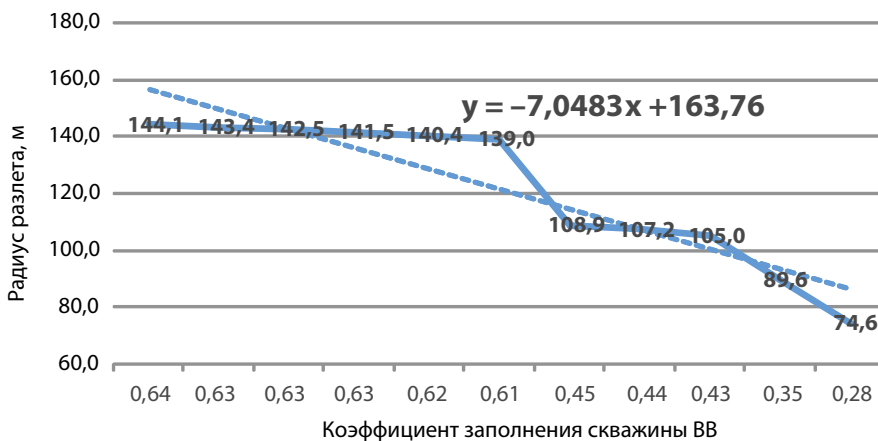


Рис. 2. График зависимости радиуса разлета кусков горной массы от коэффициента заполнения скважины ВВ при изменении глубины скважины

взрыва (разлет отдельных кусков горной массы, вибрация грунтов и другое).

Одним из возможных рациональных вариантов решений по увеличению объема взрывного блока в условиях СУР является увеличение глубины взрывных скважин до 21 м и более относительно применяемой 11-метровой глубины. На рис. 1 приведен пример линейной зависимости изменения объема блока ( $V_{\text{бл}}$ ) от увеличения глубины скважин ( $L_{\text{скв}}$ ), при условии неизменных параметров: площади блока ( $S_{\text{бл}}$ ), количества скважин ( $N_{\text{скв}}$ ) на блоке и их диаметра ( $d_{\text{скв}} = 160$  мм).

Динамика рекомендуемого среднего объема ВГМ, подготавливаемого за один массовый взрыв представлена в табл. 2.

**Уменьшение величины опасной зоны по разлету отдельных кусков горной массы**

В качестве обоснования минимизации опасного расстояния ( $r_{\text{разл}}$ ) по разлету отдельных кусков породы для техники и оборудования при взрывании скважинных зарядов, рассчитанных на разрыхляющее (дробящее) действие в условиях СУР произведен показательный расчет по формуле [7]:

$$r_{\text{разл}} = 1250 \times \eta_3 \sqrt{\frac{f}{1 + \eta_{\text{заб}}} \times \frac{d}{a}} \quad (1)$$

где  $\eta_3$  – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом;  $\eta_{\text{заб}}$  – коэффициент заполнения скважин забойкой;  $f$  – коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протоdjяконова;  $d$  – диаметр взрывающейся скважины, м;  $a$  – расстояние между скважинами в ряду, м.

В противовес эмпирическим данным, увеличение  $r_{\text{разл}}$  по мере увеличения глубины скважин,  $\eta_3$  (рис. 2) длины забойки при  $\eta_{\text{заб}} = 1$  (рис. 3) и сохранении удельного расхода ВМ подтверждается расчетом по формуле (1).

В подтверждение вышесказанного, руководствуясь пунктом 779 (2 абзац) правил безопасности [7], 2 и 12 марта 2022 г. на СУР произведены экспериментальные массовые взрывы с глубинами скважин от 13 до 15 м, при этом зафиксировано значение разлета кусков взорванной горной массы, равное 50-70 м, тогда как проектами взрывов, на основании известных формул, были приняты соответствующие значения для техники и оборудования, равные 300 м. Отсюда следует, что на блоках с применением относительно глубоких скважин, при определенных параметрах и условиях, фактическое

Таблица 2

**Рекомендуемый средний объем ВГМ за один массовый взрыв по годам**

Наименование показателя	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.
ВГМ, тыс. куб. м	55816	66225,6	82585,5	82745,145	83924,064	81834,48	84420
Удельный расход ВВ, кг/м <sup>3</sup>	0,31	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Расход ВВ, т	17100,0	19868	24776	24824	25177	24550	25326
Средний объем ВГМ за один взрыв, тыс. куб. м	285	552	860	985	1166	1364	1407
Количество взрывных дней в месяц, шт.	17	10	8	7	6	5	5
Средний расход ВВ за один массовый взрыв, т	88	171	267	305	361	423	436

значение  $r_{\text{разл}}$  для техники и оборудования можно применять меньше расчетного (по формулам нормативных документов) примерно в два раза и более. Целесообразно в контексте безопасности подчеркнуть, что имеется в виду  $r_{\text{разл}}$  исключительно для техники и оборудования (не для людей). К примеру, в работе Б.Н. Кутузова [8] радиус опасной зоны для горнотранспортного оборудования принимается в два раза меньше, чем для людей.

Расхождение расчетных данных с фактическими связано не только с параметрами БВР, но и с отличающимися горно-геологическими условиями на разных месторождениях и уступах [9], соответственно, вопрос определения безопасных расстояний следует решать с учетом конкретных условий и на основании проведения систематических опытно-промышленных испытаний (ОПИ) с фиксацией полученных результатов и накоплением статистических данных.

На основании произведенного анализа, в целях снижения безопасного расстояния по разлету кусков горной массы до 100 м, предлагается: постепенное осуществление перехода на взрывание блоков с применением более глубоких скважин; проведение экспериментальных взрывов с замедлениями от 17 до 200 мс и более для подбора наиболее подходящих межскважинных замедлений и большего понимания физики процесса взаимодействия отдельных зарядов [10]; вывод формулы для условий СУР по расчету  $r_{\text{разл}}$  для техники и оборудования на основе ОПИ, проводимых в течение года.

Преимущества относительно больших замедлений (109-400 мс) достаточно широко раскрыты в работах Е.Б. Шевкуна и А.Ю. Плотникова, а также в трудах других исследователей [11, 12, 13, 14], из работ которых в том числе следует, что эффект снижения разлета отдельных кусков горной массы при увеличенных межскважинных интервалах достигается посредством поскважинного взрывания не на раскрытые трещины, как при замедлениях в 40-80 мс, а на свободную поверхность. Эффект соответствующих замедлений позволяет сформировать развал с относительно ровной поверхностью и уменьшить его высоту при сохранении качества дробления. В процессе многолетней практики применения увеличенных интервалов замедления на предприятиях ООО «АВТ-Амур» и АО «Ургалуголь» зафиксирован минимальный (до 100 м) разброс горной массы за пределы блока.

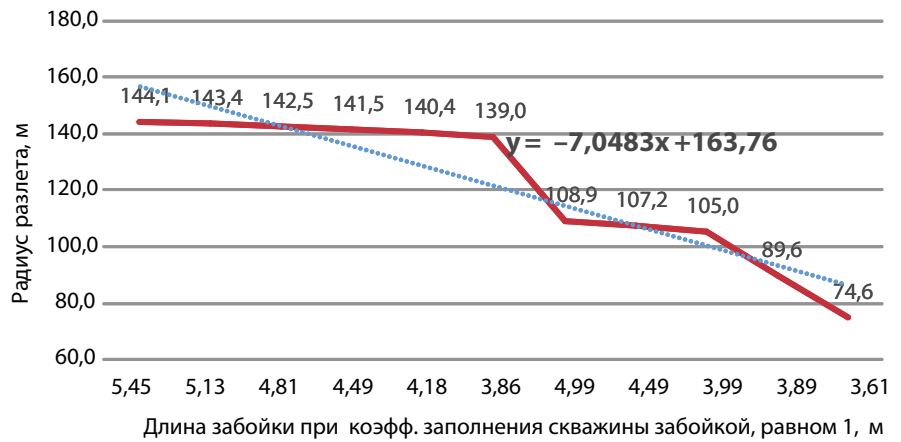


Рис. 3. График зависимости радиуса разлета кусков горной массы от длины забойки при изменении глубины скважины и  $\eta_{\text{заб}} = 1$

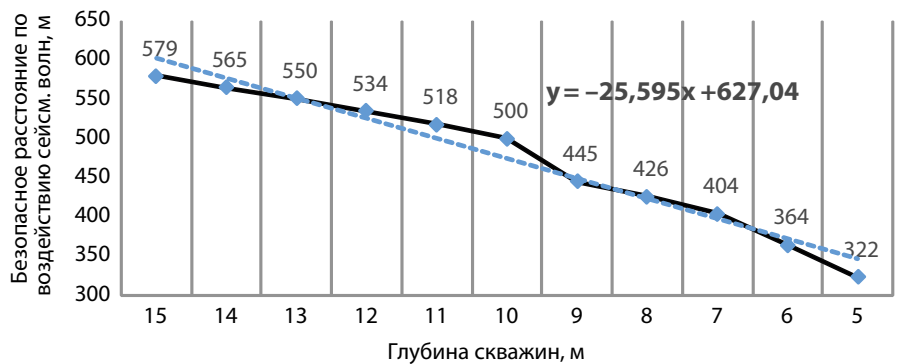


Рис. 4. График зависимости безопасного расстояния по сейсмике от увеличения количества взрывных скважин одинаковой глубины и массы зарядов

### Снижение уровня сейсмического воздействия массового взрыва

Расстояния ( $r_c$ , м), на которых колебания грунта, вызываемые при одновременном взрывании  $N$  зарядов взрывчатых веществ общей массой  $Q$  с временем замедления между взрывами каждого заряда не менее 20 мс, становятся безопасными для зданий и сооружений, определяются по формуле:

$$r_c = \frac{K_r \times K_c \times \alpha}{N^{1/4}} \times Q^{1/3}. \quad (2)$$

Условия взрывания, не предусмотренные формулой (2), и такие факторы, как направленность сейсмического действия большой протяженности, следует определять с привлечением специализированных (научных, экспертных) организаций [7].

Из аналитического расчета радиуса опасной зоны по воздействию сейсмике, выполненного по формуле (2), следует:

–  $r_c$  – увеличивается незначительно с увеличением количества зарядов на блоке при одинаковой глубине скважин и массе заряда (рис. 4);

–  $r_c$  – увеличивается с увеличением глубины скважин при постоянном объеме ВГМ и общей массе взрывчатых веществ на взрывном блоке (рис. 5).

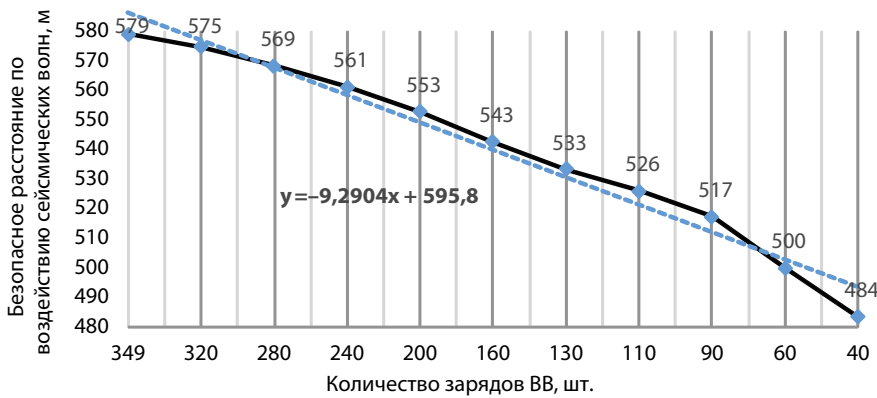


Рис. 5. График зависимости безопасного расстояния по сейсмике от глубины взрывных скважин при постоянном объеме ВГМ и общей массе взрывчатых веществ на блоке

Учитывая результаты предварительных расчетов по формуле (2), 12 марта 2022 г. на СУР произведен замер уровня сейсмического воздействия от массового взрыва (глубина скважин – 15 м, удельный расход ВВ – 0,3 кг/м<sup>3</sup>, межскважинное замедление – 109/176 мс, сетка скважин – 7·7 м) на жилой массив с использованием двух трехкомпонентных сейсмоприемников СК-1П и аналогово-цифрового преобразователя Е14-440. Из результатов замера следует, что максимальная величина модуля скорости смещения при массовом взрыве на рассто-

янии 1346,8 м от взрываемого блока до места установки сейсмоприемников СК-1П составила 11,08 мм/с, а зафиксированная максимальная частота колебаний грунта 3,8 Гц очень близка к диапазону собственных колебаний (4-15 Гц) зданий и сооружений [15].

Из приведенного выше аналитического расчета проведения экспериментальных массовых взрывов в сопровождении инструментальных замеров следует, что с увеличением объема взрывного блока при традиционных параметрах БВР постоянно увеличивается уровень сейсмического воздействия на законтурный массив, указывая на актуальность создания специальных мероприятий по минимизации сейсмического проявления взрыва для разных горно-геологических условий.

Известны два основных метода направленного снижения разрушающего действия взрыва в желаемом направлении [16], применяемые для устойчивости откосов и бортов карьеров – это метод предварительного щелеобразования и метод завершающего контурного взрывания. Представленные методы весьма трудоемкие и дорогостоящие, больше подходят для массивов с крепкими горными породами. Поэтому для условий СУР, где преимущественно мягкие породы, целесообразно применять рациональный метод оконтуривающих скважин, когда соответствующие скважины взрываются с опережением относительно скважин последующих рядов в составе основного блока с диаметром и сеткой скважин, приближенными к основным параметрам БВР данного блока. Суть предлагаемого метода заключается в создании искусственной преграды (контурного ряда) из разрушенной части массива по периметру взрывного блока, сформированной как в составе основного блока (рис. 6), так и с его опережением (рис. 7).

При подходе сейсмической волны к образованной преграде часть ее энергии отразится благодаря наличию области разряжения из разрушенных пород. При этом количество отраженной энергии зависит от коэффициента разрыхления в границах отрезной щели и размера ее зоны регулируемого дробления. «Оконтуривающими рядами» условно следует считать ряды, пробуренные по контуру взрывного блока с тыльной стороны массива.

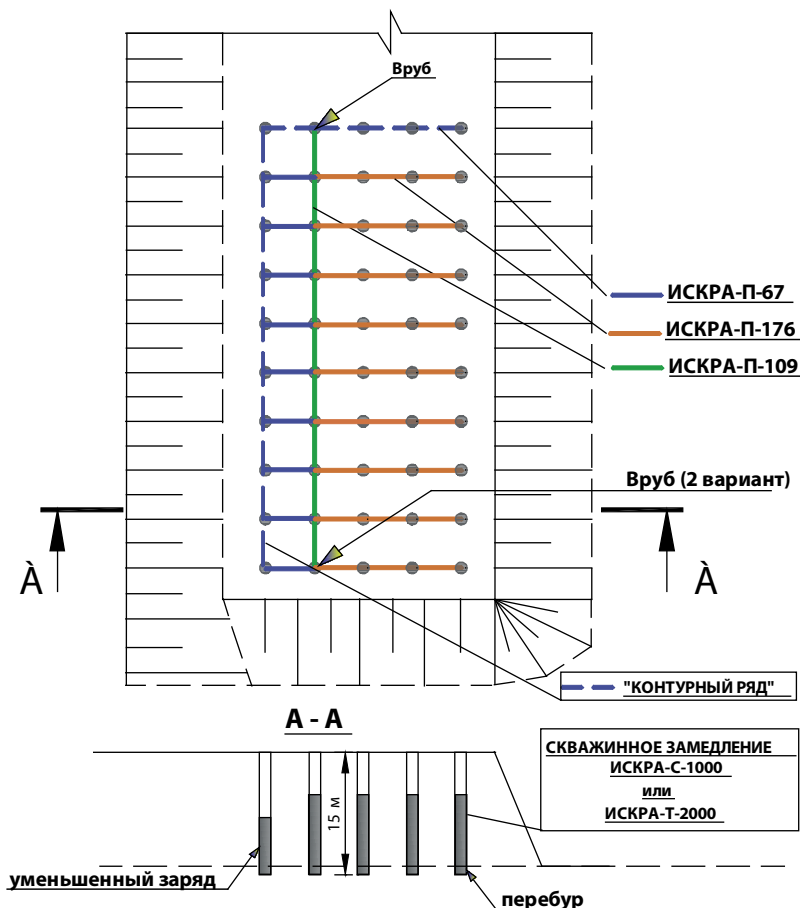


Рис. 6. Образец схемы взрывания с применением «контурного ряда» (искусственной преграды), совмещенного с основным блоком

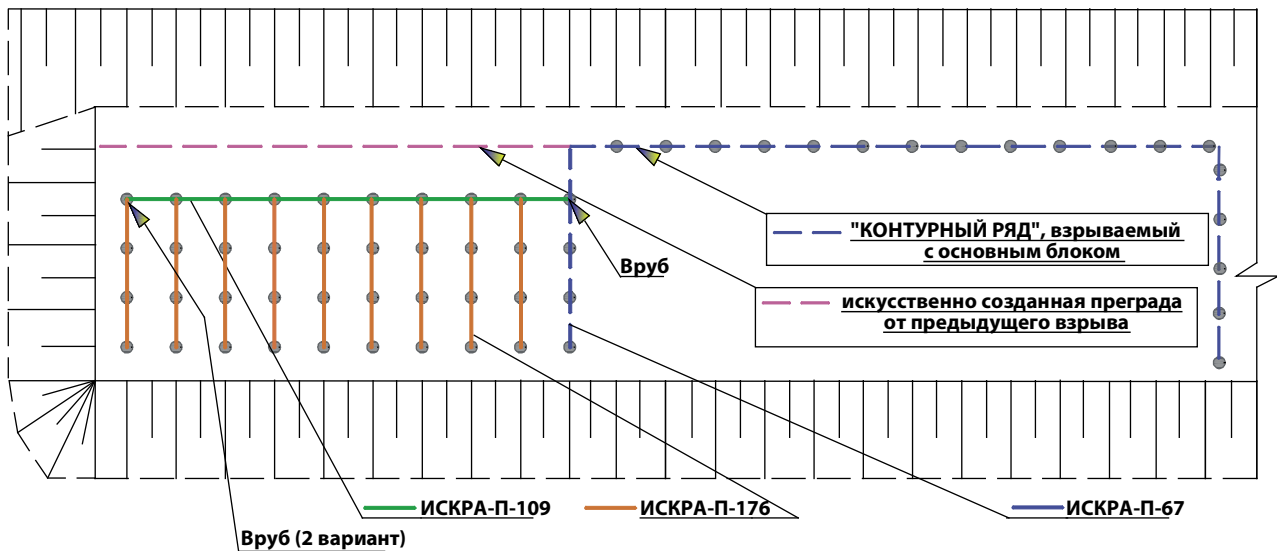


Рис. 7. Образец схемы взрывания с применением «контурного ряда» (искусственной преграды) на опережение основного блока

В работе под руководством А.А. Кузьменко [17] методом лабораторного моделирования авторы исследовали снижение интенсивности упругой волны за преградой в зависимости от изменения диаметра полостей, шага полостей в ряду, расстояния между преградой и источником колебания или охраняемым объектом. Модельные эксперименты подтвердили возможность снижения интенсивности колебаний в волне посредством устройства на пути ее распространения искусственных преград.

Искусственная преграда позволяет снизить воздействие знакопеременных нагрузок, прежде всего растягивающих напряжений, на законтурный массив горных пород от взрывания последующих рядов скважин, уменьшая зону предразрушения за контуром взрыва.

Как известно, размер зоны регулируемого дробления [18] равен 40 радиусам заряда ( $R_{зар}$ ), а размер зоны нерегулируемого дробления равен  $250 R_{зар}$ , поэтому при диаметре 160 мм радиусы соответствующих зон дробления будут равны 3,2 м и 20 м. Таким образом, на оконтуривающих – крайних рядах блока (рис. 8, б) при проведении первых экспериментальных взрывов, длину свободной от заряда верхней части скважины целесообразно принимать изначально равной половине длины скважины в целях увеличения угла откоса уступа следующего ВБ посредством уменьшения длины возможной призмы обрушения за счет эффекта уменьшения зоны дробления в верхней части уступа по мере уменьшения коэффициента заполнения скважины ВВ. Это также повлечет за собой снижение длины линии сопротивления по подошве последующего взрывного блока и увеличение угла откоса уступа. Далее величина заряда контурного ряда нивелируется по результатам экспериментов. Уменьшенный скважинный заряд контурных скважин, кроме снижения уровня сейсмического

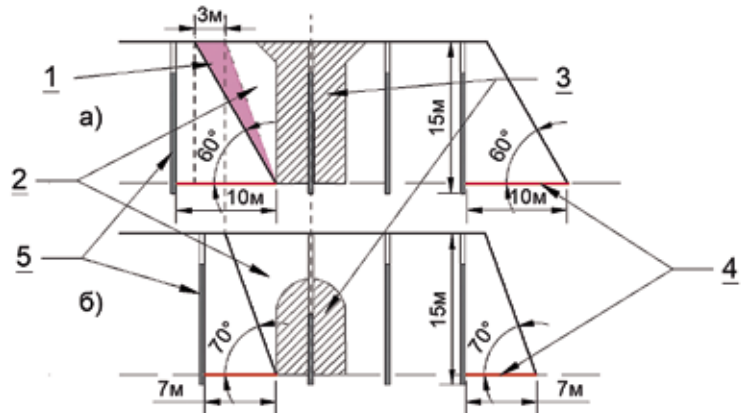


Рис. 8. Традиционная (а) и рациональная (б) схемы взрывания: 1 – возможная призма обрушения; 2 – законтурный массив; 3 – регулируемая зона дробления; 4 – линия сопротивления по подошве; 5 – скважины последующего взрывного блока

действия, также препятствует разлету кусков породы из-за его большего удаления от открытой поверхности относительно стандартного заряда, обеспечивая при этом целостность межскважинной сети, что является важным аспектом буровзрывных работ. Дополнительным эффектом применения искусственной преграды может быть частичное осушение последующего ВБ посредством усиления дренажа через нарушенный отрезок горного массива.

Выбор схем взрывания целесообразно проводить после оперативной обработки результатов реальных взрывов. Для получения оперативной информации необходимо использование мобильного сейсмического регистратора (сейсмографа). На основе получаемой информации возможно принятие объективных решений, позволяющих минимизировать сейсмическое действие взрыва на законтурный массив горных пород, повысить безопасность работ, устойчивость бортов, а также в целом сохранность окружающей инфраструктуры.

## Сравнительный анализ параметров БВР

Показатели	I кв.2022 г.	2021 г.
Объем ВГМ, млн куб. м	10,2	55,8
Количество затраченного времени на организацию проведения массового взрыва, ч	87	612
Удельный расход времени на организацию проведения массового взрыва, ч/млн куб. м	8,53	10,97
Средний объем ВГМ за один массовый взрыв, тыс. куб. м	353	285

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В ходе исследований на СУР с начала 2022 г. были получены следующие основные результаты:

- средний объем ВГМ за один массовый взрыв по результатам 1 квартала 2022 г. вырос на 24% относительно всего 2021 г. (табл. 3), а удельный расход времени на организацию соответствующего взрыва за аналогичный период времени снижен на 22%;
- обоснован переход к снижению радиуса безопасного расстояния по разлету отдельных кусков породы для техники и оборудования в условиях СУР с 300 до 100 м посредством рационализации параметров БВР, в том числе увеличения средней глубины взрывных скважин и подбора максимально больших межскважинных замедлений;
- предложены мероприятия по снижению сейсмического воздействия взрыва, основанные на буферном эффекте искусственных преград, создаваемых посредством опережающего взрывания рядов скважин с уменьшенными зарядами по периметру как в составе взрывного блока, так и на его опережение. Дополнительно возможным эффектом от внедрения «оконтуривающих рядов» является уменьшение призм обрушения и длины линии сопротивления по подошве при увеличении угла откоса уступа.

**ВЫВОДЫ**

Реализация мероприятий, направленных на повышение среднего размера объема взрывного блока при снижении уровня сейсмического воздействия на законтурный массив, включая рационализацию параметров бурения и взрывания зарядов, дифференцированный выбор времени замедления между взрывами зарядов, создание экранирующих щелей в массиве, место расположения и способ создания которых определяется геологическими условиями разработки разреза, способствует совершенствованию способов повышения безопасности и производительности технологических процессов Солнцевского угольного разреза и других карьеров.

**Список литературы**

1. Evaluation of ground vibrations and the effect of air blast in open-pit phosphate mines / M. Aloui, Y. Bleuzen, E. Essefi et al. // Arabian Journal of Geosciences. 2018. Vol. 11. P. 686.
2. Blast wave induced spatial variation of ground vibration considering field geological conditions / Y.L. Gui, Z.Y. Zhao, L.B. Jayasinghe et al. // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2018. Vol. 101. P. 63-68.
3. Assessment of induced vibrations derived from the wave superposition in time-delay blasts / Gou Yonggang, Shi Xiuzhi, Qiu Xianyang et al. // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2021. Vol. 144. 104814.
4. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2011 году. С. 238.
5. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2012 году. С. 230.
6. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2013 году. С. 219-220.
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения». Зарегистрированы в Минюсте России 25 декабря 2020 г., № 61824.
8. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. М.: Горная книга, 2009. С. 338.
9. Галимьянов А.А., Соболев А.А. Оценка влияния глубины разработки угольных месторождений на основные показатели буровзрывных работ на предприятии «Ургалуголь» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 12-1. С. 69-75.
10. Сейсмическая безопасность при ведении взрывных работ / В.К. Соьмен, Б.Н. Кутузов, А.А. Марьясов и др. М.: Горная книга, 2012. С. 5.
11. Особенности взрывного рыхления при увеличенных интервалах замедления / Е.Б. Шевкун, А.В. Лещинский, Ю.А. Лысак и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 4. С. 272-282.
12. Александрова В.Е., Кочанов А.Н., Левин Б.В. О взаимосвязи прочностных и акустических свойств пород в зоне предварительного действия взрыва // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 1987. № 4. С. 24-32.
13. Мосинец В.Н. Дробление и сейсмическое действие взрыва в горных породах. М.: Недра, 1976. 271 с.
14. Графоаналитический метод определения интенсивности предварительного разрушения окрестностей взрывных скважин / Е.Б. Шевкун, А.В. Лещинский, Е.А. Шишкин и др. // Взрывное дело. 2018. № 127/78. С. 33-47.
15. ГОСТ Р 52892 «Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию» от 01.10.2008.
16. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. М.: Горная книга, 2008. С.153-157.
17. Сейсмическое действие взрыва в горных породах / А.А. Кузьменко, В.Д. Воробьев, И.И. Денисюк и др. М.: Недра, 1990. 171 с.
18. Шевкун Е.Б., Плотников А.Ю. Влияние схем взрывания на процессы в зоне предварительного разрушения // Маркшейдерия и недропользование. 2021. № 4. С. 24.

Original Paper

UDC 622.233.016.25 © O.I. Cherskikh, A.A. Galimyanov, K.V. Gevalo, 2022

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 7, pp. 45-52

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-7-45-52>**Title****ENHANCING DRILLING AND BLASTING OPERATIONS AT THE SOLNTSEVO COAL STRIP MINE****Authors**Cherskikh O.I.<sup>1</sup>, Galimyanov A.A.<sup>2</sup>, Gevalo K.V.<sup>2</sup><sup>1</sup> "Solntsevsky Coal Mine" LLC, Shakhtersk, 694910, Russian Federation<sup>2</sup> Institute of Mining of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, 680000, Russian Federation**Authors information****Cherskikh O.I.**, PhD (Engineering), Director,e-mail: [cherskikhoi@eastmining.ru](mailto:cherskikhoi@eastmining.ru)**Galimyanov A.A.**, PhD (Engineering), Head of the Rock Destruction Sector,Leading Researcher, e-mail: [azot-1977@mail.ru](mailto:azot-1977@mail.ru)**Gevalo K.V.**, Engineer, e-mail: [igddvo@yandex.ru](mailto:igddvo@yandex.ru)**Abstract**

The issue of reducing the time spent on organizing mass explosions is especially relevant in the intensive development of quarries with the preparation of rock mass for excavation by drilling and blasting, where mining equipment is mainly operated by electric drive. Significant time losses are associated with the organization of the movement of electrical equipment outside the danger zone and back. The publication discusses the main methods of reducing the corresponding time costs, which are based on reducing the average monthly number of explosive days and justifying the reduction of the radius of the danger zone for mining equipment by the spread of individual pieces of rock mass. The article substantiates measures to reduce the risk of negative events associated with the potential threat of damaging factors with an increase in the volume of simultaneously exploding rock mass, including the use of artificial barriers to reduce the seismic impact of the explosion and rational inter-well decelerations.

**Keywords**

Reduction of explosive days, The volume of the explosive block, The scattering of pieces of rock mass, Artificial antiseismic barriers, Inter-well decelerations.

**References**

1. Aloui M., Bleuzen Y., Essefi E. et al.: Evaluation of ground vibrations and the effect of air blast in open-pit phosphate mines. *Arabian Journal of Geosciences*, 2018, (11), 686.
2. Gui Y.L., Zhao Z.Y., Jayasinghe L.B., Zhou H.Y., Goh A.T.G. & Tao M. Blast wave induced spatial variation of ground vibration considering field geological conditions. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2018, (101), pp. 63-68.
3. Gou Yonggang, Shi Xiuzhi, Qiu Xianyang, Huo Xiaofeng & Yu Zhi. Assessment of induced vibrations derived from the wave superposition in time-delay blasts. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2021, (144), 104814.
4. Annual report on the activities of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision in 2011, pp. 238. (In Russ.).
5. Annual report on the activities of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision in 2012, pp. 230. (In Russ.).
6. Annual report on the activities of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision in 2013, pp. 219-220. (In Russ.).
7. 'Safety rules for production, storage and use of explosive materials for industrial purposes' Federal Norms and Rules in Industrial Safety. Registered with the RF Ministry of Justice on December 25, 2020, 61824.

8. Kutuzov B.N. Methods of conducting blasting operations. Moscow, Gornaya kniga Publ., 2009, pp.338. (In Russ.).

9. Galimyanov A.A. & Sobolev A.A. Assessment of the impact of the depth of development of coal deposits on the main indicators of drilling and blasting operations at the enterprise "Urgalugol". *Gornyy informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2021, (12-1), pp. 69-75. (In Russ.).

10. Sovmen V.K., Kutuzov B.N., Maryasov A.A., Ekvist B.V. & Tokarenko A.V. Seismic safety during blasting operations. Moscow, Gornaya kniga Publ., 2012, p. 5. (In Russ.).

11. Shevkun E.B., Leshchinsky A.V., Lysak Yu.A. & Plotnikov A.Yu. Features of explosive loosening at increased deceleration intervals. *Gornyy informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2017, (4), pp. 272-282. (In Russ.).

12. Alexandrova V.E., Kochanov A.N. & Levin B.V. On the relationship of strength and acoustic properties of rocks in the zone of preliminary explosion action. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 1987, (4), pp. 24-32. (In Russ.).

13. Mosinets V.N. Crushing and seismic effect of explosion in rocks. Moscow, Nedra Publ., 1976, 271 p. (In Russ.).

14. Shevkun E.B., Leshchinsky A.V., Shishkin E.A. & Lysak Yu.A. Graphoanalytical method for determining the intensity of preliminary destruction of the vicinity of blast wells. *Vzryvnoe delo*, 2018, (127/78), pp. 33-47. (In Russ.).

15. GOST R 52892 "Measurement of vibration and assessment of its impact on the structure" from 01.10.2008. (In Russ.).

16. Kutuzov B.N. Methods of conducting blasting operations. Moscow, Mining Book Publ., 2008, pp. 153-157. (In Russ.).

17. Kuzmenko A.A., Vorobyev V.D., Denisuk I.I. & Dauetas A.A. Seismic effect of explosion in rocks. Moscow, Nedra Publ., 1990, 171 p. (In Russ.).

18. Shevkun E.B. & Plotnikov A.Yu. The influence of blasting schemes on processes in the zone of preliminary destruction. *Marksheideriya i nedropolzovanie*, 2021, (4), pp. 24. (In Russ.).

**Acknowledgments**

The studies were carried out using the resources of the Center for Shared Use of Scientific Equipment "Center for Processing and Storage of Scientific Data of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences", funded by the Russian Federation represented by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under project No. 075-15-2021-663.

**For citation**

Cherskikh O.I., Galimyanov A.A. & Gevalo K.V. Enhancing drilling and blasting operations at the Solntsevo coal strip mine. *Ugol'*, 2022, (7), pp. 45-52. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-45-52.

**Paper info**

Received May 13, 2022

Reviewed May 31, 2022

Accepted June 23, 2022