

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 26

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
17 – 18 мая 2022 г.*

ЧАСТЬ V

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2022**

ББК 74.48.288

Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,

д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.,

канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.,

канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.

канд. техн. наук, доцент Риб С.В.

канд. техн. наук, доцент Шевченко Р.А.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 17–18 мая 2022 г. Выпуск 26. Часть V. Технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2022. – 446 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Пятая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области новых информационных технологий и систем автоматизации управления, строительства, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2022

ДООЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ВЫСШИМИ РАСТЕНИЯМИ <i>Гашикова А.О., Панфилов В.Д., Баженова Н.Н., Водолеев А.С.</i>	339
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Панфилов В.Д., Гашикова А.О., Михайличенко Т.А.</i>	345
ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МЕТАЛЛУРГИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВОГО ГАЗА <i>Сидонова М. В., Михайличенко Т.А.</i>	352
ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ТЭС (ТЭЦ) И В КОТЕЛЬНЫХ <i>Сидонова М. В., Михайличенко Т.А.</i>	357
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ЭМУЛЬГАТОРА ДЛЯ ЗАРЯЖАНИЯ ОБВОДНЕННЫХ СКВАЖИН С ЛЮБОЙ СТЕПЕНЬЮ ОБВОДНЕННОСТИ <i>Ефремов С.Ю., Дудкин В.П., Тупицина Е.В., Чеботаренко С.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	363
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОСУШЕНИЯ КАРЬЕРНОГО ПОЛЯ НА РАЗРЕЗЕ КИЙЗАССКОМ МЕТОДОМ ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ <i>Сунегин Д.Н., Дудник С.А., Ткаченко Д.Ю., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	367
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ <i>Ефремов С.Ю., Дудкин В.П., Тупицина Е.В., Чеботаренко С.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	373
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ <i>Кибин А.А., Лобанова О.О., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	376
ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОТРАБОТКИ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ <i>Пудовкин И.А., Садыков А.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	382
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-20 В УСЛОВИЯХ РАЗРЕЗА «РАСПАДСКИЙ» <i>Миндов И.В., Курдюков М.О., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	386
ВЫБОР НОРМАТИВНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ И МЕТОДИКИ РАСЧЕТОВ <i>Зязина В.В., Лобанова О.О., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	389
РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ ПРИ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ ШАХТ ЮГА КУЗБАССА <i>Никитина А.М., Риб С.В.</i>	396

разрабатывать и реализовывать эффективные меры по предотвращению и лечению заболеваний, связанных с угольной пылью.

Исследования показывают, что на однотипных рабочих местах вариация запыленности воздуха может находиться в пределах классов 2-3.4. Это говорит о необходимости индивидуального подхода при рассмотрении каждого случая профессионального заболевания пылевой этиологии. Каждый работник угольного предприятия должен быть подвергнут персонифицированной оценке рисков и мер по их снижению.

Таким образом, введение автоматизированного контроля пылевой обстановки и идентификация показателей значимости вредных производственных факторов является важным шагом в обеспечении безопасности и здоровья работников угольных предприятий. Дальнейшие исследования и разработка мер по предотвращению пылевых взрывов и профессиональных заболеваний, связанных с угольной пылью, могут значительно улучшить условия труда и снизить риски для работников.

Библиографический список

1. Фомин А.И. Оценка условий труда при расследовании и регистрации случаев профзаболеваний в угольной отрасли. Кемерово: ФГУП «НЦ ВостНИИ», 2007. С. 202.
2. Государственный доклад Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Кемеровской области в 2017 году».

УДК 622.882

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ

Кибин А.А., Лобанова О.О., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

Проведен анализ методов взрыва, которые включают предотвращение высвобождения детонационного газа и избыточного звука, а также улучшение разрушения горных пород и создание точного межскважинного интервала задержки.

Ключевые слова: массовый взрыв, межскважинный интервал задержки, разрушение пород.

Организация буровзрывных работ (БВР) направлена на минимизацию времени простоя основного вскрышного оборудования и уменьшение негативного воздействия на окружающую среду. Существует несколько методов проведения взрывных работ в горных породах. Один из

эффективных способов заключается в использовании взрывных скважин, подрываемых последовательно с короткими временными интервалами. Длина такого интервала варьируется от 0,1 до 45 мс, что позволяет распределить напряжение внутри области напряжения, уже сформировавшегося от предыдущей соседней взрывной скважины.

Такой подход к установлению временных задержек усиливает эффективность процесса разрушения и предотвращает нежелательное высвобождение энергии и детонационных газов, что может негативно повлиять на окружающую среду и вызвать избыточный шум. Для достижения коротких временных интервалов между подрывами используется ударная трубка, обеспечивающая передачу сигналов инициирования во взрывные скважины.

Создание распределения задержек внутри взрывных скважин представляет собой важный аспект, имеющий значительное значение для контроля взрывных процессов. Это распределение задержек играет ключевую роль в усилении эффекта разрушения и в предотвращении нежелательного высвобождения энергии и детонационного газа, что может оказать негативное воздействие на окружающую среду и вызвать излишний уровень акустического шума.

Для достижения сокращения времени между соседними скважинами в использовании взрывных материалов, применяется ударная трубка, которая служит для эффективной передачи сигналов инициирования внутри взрывных скважин. Одной из передовых систем, использующих данную технологию, является система PULKKOT.

Ударная трубка, внедренная в систему PULKKOT, представляет собой надежное устройство для инициирования взрыва и позволяет достичь минимального интервала задержки между соседними скважинами при сравнительно низких издержках на ее производство. Такой подход существенно снижает экономический ущерб, который мог бы возникнуть при использовании детонаторов с межскважинными задержками в 9, 17, 25 и 42 миллисекунды. Кроме того, применение ударной трубки позволяет повысить эффективность энергии взрыва на более чем 1,5 раза, что делает этот метод более эффективным и экологически безопасным для применения во взрывной деятельности.

В настоящей работе рассматривается вопрос об эффективности системы инициирования при проведении взрывных работ в горнодобывающей промышленности. В частности, рассматривается применение электронной системы инициирования, которая способна обеспечивать короткий межскважинный интервал задержки. Тем не менее, следует отметить, что использование такой системы значительно увеличивает стоимость процесса более чем в пять раз.

Следует подчеркнуть, что настоящее изобретение основано на более чем 50-летнем опыте и уже более 20 лет применяется в практике взрывных работ. В обычных методах взрыва горных пород взрывные скважины бурят в

самой горной породе. При этом, по меньшей мере, часть взрывных скважин снаряжается взрывчаткой, и каждому взрывному заряду присоединяют одно или несколько средств инициирования. Сигналы инициирования передаются одному или нескольким средствам инициирования, находящимся внутри взрывных скважин, что позволяет инициировать взрыв и вызвать разрушение горных пород на месте проведения взрывных работ.

В настоящее время активно исследуются различные методы взрыва с целью увеличения эффективности разрушения горных пород. Однако при проведении взрывных работ существует проблема, связанная с выпуском детонационного газа и излишним шумом, что влечет потерю энергии взрывчатки и вызывает опасения среди окружающих.

Одним из перспективных методов, направленных на решение этой проблемы, является применение способа замедленного взрыва. При данном методе замедление взрыва осуществляется с определенными временными интервалами в процессе взрыва в забое. Этот подход предлагает несколько преимуществ:

Улучшение качества разрушения горной породы: Замедление взрыва позволяет более эффективно распространить энергию взрыва, что способствует более полному и равномерному разрушению горных пород.

Снижение вибрационных разрушений строений: поскольку взрыв происходит с меньшей интенсивностью, этот метод способствует уменьшению вибраций, что снижает риск повреждения близлежащих строений.

Повышение эффективности взрыва: Замедленный взрыв позволяет лучше контролировать процесс разрушения, что в конечном итоге способствует повышению общей эффективности взрывных работ.

С учетом вышеперечисленных преимуществ, способ замедленного взрыва представляет собой многообещающий метод для улучшения разрушения горных пород при взрывных работах. Дальнейшие исследования и эксперименты могут помочь более подробно определить оптимальные параметры и условия применения данного метода, что в свою очередь способствует повышению эффективности и безопасности взрывных работ.

Методы межрядного замедленного взрыва имеют широкое применение в области инженерных технологий, в то время как исследования, связанные с межскважинными взрывами с коротким интервалом задержки, находятся на стадии активного изучения. Для достижения оптимального межскважинного интервала задержки проводится значительное количество экспериментов и научных исследований.

Ключевым фактором в данном контексте является определение оптимального межскважинного интервала задержки на основе геометрии скважин при проведении взрывов в забое. Этот интервал влияет на взаимодействие полей напряжения, исходящих из каждой из взрывных скважин. Понимание этой динамики является важным для обеспечения эффективного контроля и оптимизации процесса.

Важной задачей также является определение оптимальных интервалов задержки как для межрядных, так и для межскважинных взрывов, чтобы обеспечить максимальное качество разрушения породных массивов. Кроме того, необходимо разработать эффективные замедляющие устройства и точные средства взрыва, которые позволят управлять интервалами задержки с высокой точностью.

В области техники существует множество методов, описывающих размещение взрывных зарядов и регулирование времени задержки их подрыва. Эти методы направлены на оптимизацию процесса разрушения горной породы с минимальным использованием взрывчатых материалов.

Существуют поверхностные соединительные элементы, обеспечивающие задержку в 9, 17, 25, 33, 42, 50, 67, 72, 100, 150, 200 и 250 миллисекунд. Однако, поскольку эти соединительные элементы принадлежат к неэлектрической системе инициирования NONEL, они обеспечивают однонаправленное инициирование, что снижает надежность процесса.

В течение более чем 40 лет активно исследовались способы увеличения надежности соединительных элементов цепей в горных условиях. Множество научных работ было опубликовано, в которых было доказано, что энергию, затрачиваемую на разрушение горной породы, можно успешно контролировать путем оптимизации размещения скважин и, в частности, путем регулировки интервалов задержки инициирования между скважинами вдоль буримого ряда.

Несмотря на значительный прогресс, достигнутый в методах взрыва в последние годы, существует по-прежнему неотложная потребность в разработке более совершенных техник взрыва, которые обеспечивали бы эффективное разрушение горных пород без избыточного использования взрывчатых материалов.

Более того, возникает актуальная необходимость в разработке методов взрыва, которые позволили бы улучшить качество разрушения горной породы, минимизируя негативное воздействие на окружающую среду. Это включает в себя снижение выбросов газов, сокращение уровня шума от взрывов и ограничение избыточных вибраций земли.

Предлагаемое техническое решение является значительным прорывом в области взрывного разрушения горных пород. Оно обращает внимание на серьезные экономические и экологические проблемы, связанные с использованием детонаторов с миллисекундным замедлением для создания межскважинных интервалов задержки. Эти традиционные методы приводят к выпуску детонационного газа и избыточному звуковому загрязнению, что влечет за собой как значительные финансовые потери, так и негативное воздействие на окружающую среду.

Главной задачей нашего исследования является разработка способа взрыва горных пород, который эффективно предотвращает высвобождение энергии взрыва в виде детонационного газа и избыточного звука. Этот

способ призван решить проблемы, связанные с устранением лишних затрат и снижением негативного воздействия на окружающую среду.

Кроме того, второй значимой задачей нашего исследования является создание метода взрывного разрушения горных пород, который обеспечивает улучшенное разрушение горных массивов. Мы предлагаем использовать взрывные заряды с межскважинными интервалами задержки, которые позволяют максимально сосредотачивать энергию на целевом объекте, обеспечивая эффективное усталостное разрушение горных пород.

Наше изобретение представляет собой комплексный подход к решению этих задач и имеет потенциал существенно улучшить эффективность горнодобывающей промышленности и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Максимальное межскважинное замедление может быть ограничено временем, необходимым для перемещения горных пород после образования трещин. Если размер трещин внутри треснувшей горной породы превышает 10 мм, эти трещины могут быть рассмотрены как свободные поверхности, что на самом деле исключает возможность распространения взрывных волн внутри горных пород.

На основе результатов высокоскоростной фотографии и других данных, исследователи обнаружили, что в открытых карьерах каждые 17, 33 и 50 мс после взрыва взрывной скважины происходило перемещение 45 %, 70 % и 90 % горной породы соответственно. С учётом этих фактов авторы настоящего исследования установили максимальный интервал задержки на уровне 17 мс.

Следовательно, межскважинный интервал задержки, обеспечивающий наилучшее разрушение для большинства типов горных пород и при этом обеспечивающий минимальное выделение детонационного газа и звука, составляет $t = (0,182 \sim 0,334), (0,43 \sim 0,80)$ мс/м.

Множество авторов, занимающихся разработкой новых методов взрывного разрушения, высказывали предположение о потенциальных преимуществах внутрискважинных взрывов с замедлением. Они считали, что такой подход может значительно улучшить эффективность разрушения горных пород. Тем не менее, этот метод взрывных работ не получил широкого распространения, в основном из-за отсутствия практических и экономически-эффективных средств для подрыва, которые могли бы обеспечить точное управление задержкой взрыва и надежную взрывную цепь.

Однонаправленные неэлектрические системы инициирования, такие как системы NONEL, EXEL, SHOCKSTAR и SINB, которые используют детонаторы замедленного действия с межскважинным замедлением в интервалах времени 9, 17, 25, 42 и 67 миллисекунд, предоставляют определенные преимущества, но обладают недостаточной надежностью по сравнению с двунаправленными системами инициирования, которые используют детонирующий запал. Именно поэтому во многих случаях при проведении взрывных работ в открытых карьерах предпочтение отдается

последней категории систем инициирования.

Для повышения надежности взрывной цепи в условиях открытых карьеров предлагается использовать механизм, включающий 7-20 взрывных скважин, расположенных вдоль ряда и соединенных двунаправленными элементами задержки. Эти двунаправленные межрядные соединительные элементы задержки спроектированы для обеспечения противонаправленных и мгновенных действий, что позволяет эффективно передавать сигналы инициирования от заднего ряда скважин к переднему ряду.

В случае внезапного разрыва передней части цепи в результате взрыва, межрядные соединительные элементы задержки размещены таким образом, что последний сигнал инициирования достигает последней взрывной скважины переднего ряда в течение времени, не превышающего 100 миллисекунд. Этот механизм обеспечивает надежное и быстрое распространение сигнала инициирования по всей цепи, даже при частичном разрушении ее структуры. Такая система увеличивает безопасность и эффективность взрывных операций в открытых карьерах и других аналогичных сценариях.

На рисунке 1 показана взрывная цепь с коротким межскважинным интервалом задержки в открытых карьерах с межскважинным интервалом задержки в 2мс и межрядным интервалом задержки в 45 мс.

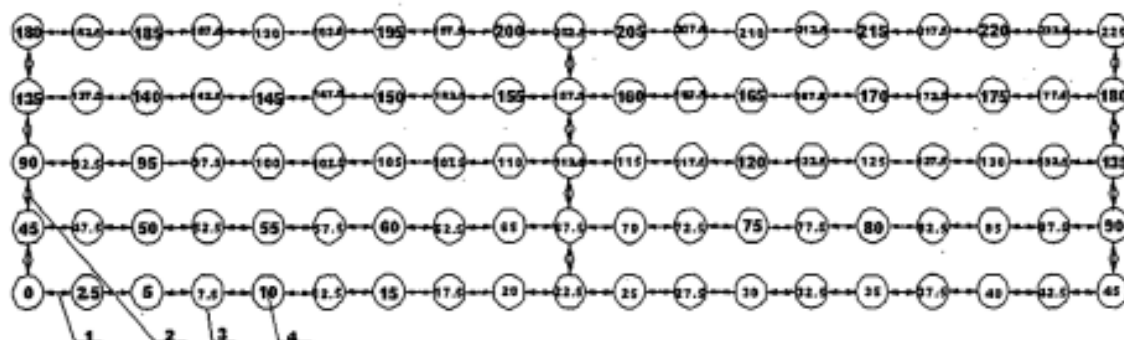


Рисунок 1 - Взрывная цепь с коротким межскважинным интервалом задержки в 2 мс и межрядным интервалом задержки в 45 мс.

В настоящей работе представлен Рисунок 1, иллюстрирующий структуру и компоненты взрывной цепи с определенными параметрами задержки. Эта цепь предназначена для совершения контролируемых взрывов с высокой точностью и синхронизацией между отдельными зарядами. Важной характеристикой данной цепи является короткий межскважинный интервал задержки в 2 миллисекунды, а также межрядный интервал задержки в 45 миллисекунд.

На рисунке 1 указаны следующие позиционные обозначения:

1 - Двунаправленная ударная трубка: Этот элемент выполняет функцию инициирования взрыва и обеспечивает передачу импульса по цепи.

2 - Двунаправленный межрядный соединительный элемент задержки: Этот компонент используется для связи между различными участками цепи

и обеспечивает синхронизацию взрывов между ними.

3 - Параллельный соединительный элемент: Данный элемент обеспечивает параллельное соединение различных ветвей цепи и позволяет управлять интервалом задержки.

4 - Интервал задержки в миллисекундах: Этот параметр определяет временной интервал задержки между соседними зарядами в миллисекундах и имеет критическое значение для точности синхронизации взрывов.

Система инициирования является эффективным и экономически выгодным способом проведения взрывных работ в открытых карьерах.

Исследования, проведенные с использованием данной взрывной цепи, могут быть полезными для различных приложений, включая горнодобывающую промышленность, строительство и оборонные технологии, где контролируемые взрывы и точная синхронизация играют важную роль.

Библиографический список

1. Ржевский, В.В. Открытые горные работы: Технология и комплексная механизация: Учебник / В.В. Ржевский. - М.: ЛИБРОКОМ, 2013. - 552 с.
2. Dindarioo S.R, Siami-Irdemoosa E., Frimpong S. Measuring the effectiveness of mining shovels // Mining Engineering. – 2016. - № 68(3). pp. 45-50.
3. Викторов С.Д., Еременко А.А., Закалинский В.М., Машуков И.В. Технология крупномасштабной взрывной отбойки на удароопасных рудных месторождениях Сибири. Новосибирск: Наука, 2005. 212 с.

УДК 622.882

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОТРАБОТКИ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Пудовкин И.А., Садыков А.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

Постоянное совершенствование и инновационный подход к выбору горного оборудования и технологии выемки угля являются необходимыми условиями для конкурентоспособности угледобывающих предприятий на рынке. Они позволяют не только снизить себестоимость производства, но и повысить качество и эффективность добычи угля. В условиях всё более жестких требований, угледобывающие предприятия должны постоянно искать инновационные решения для достижения оптимальных результатов в своей деятельности.

Ключевые слова: снижение потерь угля, технология добычи угля.

Обоснование оптимальной технологической схемы отработки