

Исследование техногенного воздействия взрывных работ при открытой разработке месторождений угля*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-12-73-79>

Приведены краткая характеристика горнотехнических условий на открытых горных работах АО «УК «Кузбассразрезуголь», зависимости показателей техногенного воздействия взрывных работ от влияющих факторов. Полученные зависимости могут быть использованы для формирования цифровой многофакторной модели управления техногенным воздействием взрывных работ на окружающую среду. Рассмотрены пути безопасного увеличения объемов одновременно взрываваемой горной массы. В статье приведены зависимости изменения нагрузки на атмосферу при увеличении расстояния от эпицентра взрыва, массы одновременно взрываваемого ВВ на открытых горных работах, зависимость выхода мелких фракций от величины зазора между зарядом и зарядной полостью. Снижение удельного расхода ВВ, энергоёмкости добычи, техногенного воздействия взрывных работ на окружающую среду, уменьшение радиуса опасной зоны могут быть достигнуты за счет применения для дробления обводненных и необводненных массивов зарядов, размещенных в рукавах с переменным диаметром, обеспечивающим зазор между стенкой скважины и зарядом. Установлено, что одним из путей безопасного увеличения объемов одновременно взрываваемой горной массы является внедрение энергосберегающих экологически безопасных технологий производства и применения ПВВ, обеспечивающих повышение полноты химических преобразований и КПД взрыва за счет применения в составах гранулированных промышленных взрывчатых веществ топливных смесей, содержащих поверхностно-активные вещества, а также изменяющих реологические свойства, морфологию компонентов ПВВ, стабильность и энергоёмкость зарядов ВВ при нулевом кислородном балансе за счет увеличения на несколько порядков площади контакта топлива и окислителя.

Ключевые слова: буровзрывные работы, режимы выделения энергии, образование и распространение пылегазового облака, выход мелких фракций, открытые горные работы, производительность оборудования, техногенное воздействие взрывного разрушения, горные породы, конструкция зарядов и забойки.

ЗАХАРОВ В.Н.

Доктор техн. наук, академик РАН, профессор, директор Института проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова РАН, 111020, г. Москва, Россия, e-mail: ipkon-dir@ipkonran.ru

ФЕДОТЕНКО В.С.

Доктор техн. наук, заместитель директора по научной работе Института проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова РАН, 111020, г. Москва, Россия, e-mail: victorfedotenko@gmail.com

ЕФРЕМОВЦЕВ Н.Н.

Канд. техн. наук, действительный член АГН, старший научный сотрудник отдела № 5 геомеханики и разрушения горных пород Института проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова РАН, 111020, г. Москва, Россия, e-mail: noee7@mail.ru

* Исследования проведены в рамках мероприятия № 1 комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 года № 1144-р, и соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации № 075-15-2022-1185 от 28 сентября 2022 года.



Для цитирования: Захаров В.Н., Федотенко В.С., Ефремовцев Н.Н. Исследование техногенного воздействия взрывных работ при открытой разработке месторождений угля // Уголь. 2023. № 12. С. 73-79. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-12-73-79>.

ВВЕДЕНИЕ

Современные условия развития горнодобывающей промышленности характеризуются необходимостью увеличения объемов исследований, направленных на цифровизацию процессов горного производства и все более широкое применение методов численного моделирования разрушения горного массива, в том числе техногенного воздействия взрывных работ при открытой разработке месторождений угля. Условия развития горных работ на предприятиях АО «УК «Кузбассразрезуголь» характеризуются увеличением объемов горных работ вблизи производственной инфраструктуры и населенных пунктов, интенсивным ростом единичной мощности выемочного оборудования и объемов одновременно взрываваемой и подготовленной к выемке горной массы. Актуальность проводимых исследований неуклонно возрастает в связи с ростом масштабов и интенсивности горных работ открытым способом, увеличением объемов добычи полезных ископаемых на большой глубине и вблизи населенных пунктов. Кроме того, неполное химическое превращение современных гранулированных и эмульсионных взрывчатых веществ в скважинных зарядах в реальных горнотехнических условиях приводит к выгоранию части скважин при переходе от нормальной детонации к конвективному горению и существенному изменению химического состава продуктов взрыва.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Из исследований кинетики развития скорости детонации, проведенных ИПКОН РАН, установлено, что в скважинных зарядах прослеживается устойчивая тенденция замедления скорости детонации в устье скважины на контакте с забойкой, в результате которого происходит изменение режима выделения энергии и полноты взрывчатого превращения нормальной высокоскоростной детонации на низкоскоростную и конвективное горение. Этот процесс сопровождается изменением состава и объемов ядовитых газов и снижением КПД и дробящего действия энергии взрыва при использовании как эмульсионных, так и гранулированных промышленных ВВ. Поэтому повышение полноты химических превращений промышленных взрывчатых веществ является одним из действенных способов увеличения допустимых объемов одновременно взрываваемой горной массы с учетом экологической безопасности ведения горных работ при открытой разработке полезных ископаемых.

Тенденции изменения горнотехнических условий разработки и особенностей технического перевооружения на открытых горных работах АО «УК «Кузбассразрезуголь» за 15 лет с учетом данных, приведенных в работе [1, 2], характеризуются следующими показателями. Глубина разработки возросла в среднем на 2,7 м

в год. Кроме того, увеличиваются крепость вскрышных пород и дальность транспортирования. Сформировались объективные причины ускоренного технического перевооружения выемочно-погрузочного оборудования и горнотранспортной техники. Средняя вместимость ковша экскаваторов возросла в 3,7 раза, до 13,2 куб. м. Соответственно увеличилась средняя годовая производительность экскаваторов на 26,7%.

Прослеживается тенденция роста объемов работ, выполняемых гидравлическими экскаваторами на вскрышных и добычных работах соответственно на 12,7% и 27,6%. Доказано, что эффективная работа гидравлических экскаваторов требует более интенсивного дробления горной массы с увеличенным на 4-15% удельным расходом ПВВ по сравнению с требованиями к подготовке горной массы для экскавации с применением прямых механических лопат. Однако следует отметить, что рост удельного расхода ВВ приводит к увеличению выхода мелких и пылевидных фракций.

Академиком В.В. Адушкиным изучены закономерности и объемы образования и распространения пыли различной крупности при разработке месторождений полезных ископаемых на железорудных предприятиях.

В ИПКОН РАН под руководством академика К.Н. Трубецкого, Ю.П. Галченко, Н.Н. Чаплыгиным и В.И. Папичевым рассмотрены вопросы экологической безопасности природно-технических систем освоения недр, особенности их воздействия на природные ресурсы при разработке месторождений, примеры и методика расчета интегральных нагрузок на компоненты природной среды, особенности применения ресурсного подхода к экологическим оценкам. Разработаны ресурсный подход к оценке воздействия взрывных работ и в целом горного производства на окружающую среду, методология расчета интегральной нагрузки в результате техногенного воздействия на основные компоненты природной среды, учитывающие непосредственное и опосредованное потребление природных ресурсов [3, 4, 5, 6].

На основе исследований, проведенных в ИПКОН РАН, получены зависимости нагрузки на атмосферу от расстояния до эпицентра взрыва. Характер зависимостей – нелинейно убывающий (рис. 1) и может быть описан полиномиальной функцией третьего порядка с коэффициентом корреляции 0,98.

Установлено, что при удалении до 1500 м индекс снижения нагрузки, исчисленный как отношение изменения нагрузки к приросту расстояния, составляет 61,5 %/км, а на удалении от 1500 до 3500 м снижается в пять раз. Значительное влияние на выбор масштабов ведения добычных работ оказывают экологические последствия увеличения масштабов взрывных работ. Установлено, что нагрузка на атмосферу при росте массы одновременно взрываваемого ПВВ нелинейно возрастает и может быть описана полиномиальной функцией второго порядка. Проведено исследование характера изменения концентрации пыли в процессе распространения пылегазового облака по результатам применения модели, приведенной в работе [7]. Установлено, что характер изменения концентрации пыли с увеличением расстояния от источника так же

может быть описан полиномиальными функциями второго и третьего порядка в зависимости от времени с момента взрыва.

Проведенные ИПКОН РАН в 2022 и 2023 гг. совместно с сотрудниками ИПХФ РАН полигонные испытания аммиачноселитренных ПВВ и высокобризантных индивидуальных ВВ с различной плотностью и зарядов с воздушными зазорами между стенкой шпура и зарядом позволили провести калибровку моделей SPH-оценки их дробящего действия и установить зависимости характеризующие влияние плотности, удельного расхода ВВ и величины воздушного промежутка на выход мелких фракций и, соответственно, содержание пылевидных фракций в продуктах детонации (рис. 3, 4). Одним из способов увеличения объемов единовременного взрывания является применение специальных конструкций за-

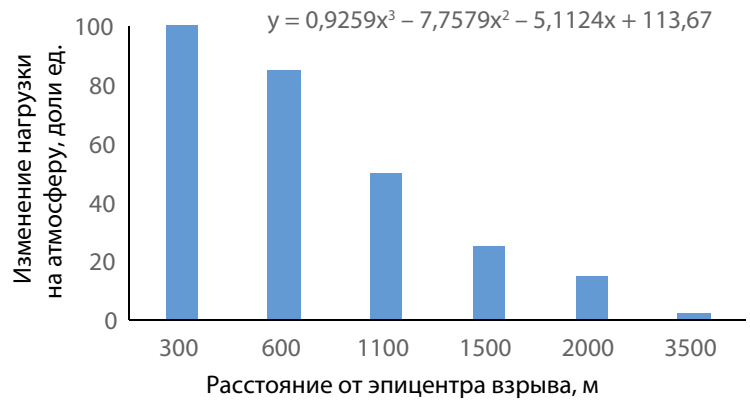


Рис. 1. Влияние расстояния от эпицентра взрыва на изменение нагрузки на атмосферу в относительных единицах

Fig. 1. Effect of the distance from the blast center on the change of the atmosphere load in relative units

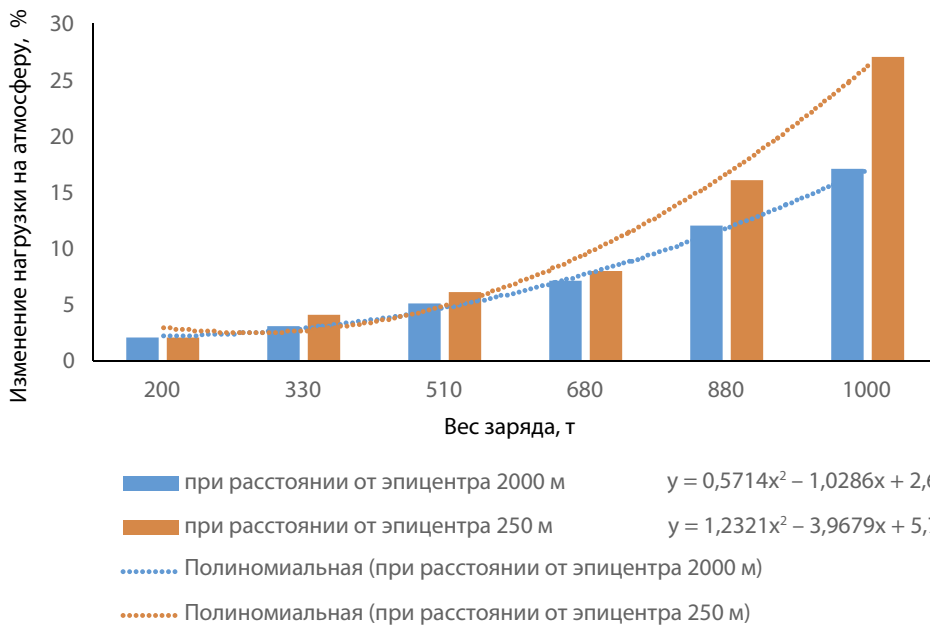


Рис. 2. Влияние веса единовременно взрываемого на блоке ПВВ на изменение нагрузки на атмосферу на различном расстоянии от эпицентра взрыва

Fig. 2. Effect of the industrial explosion weight simultaneously blasted within the block on the change in the atmosphere load at different distances from the blast center

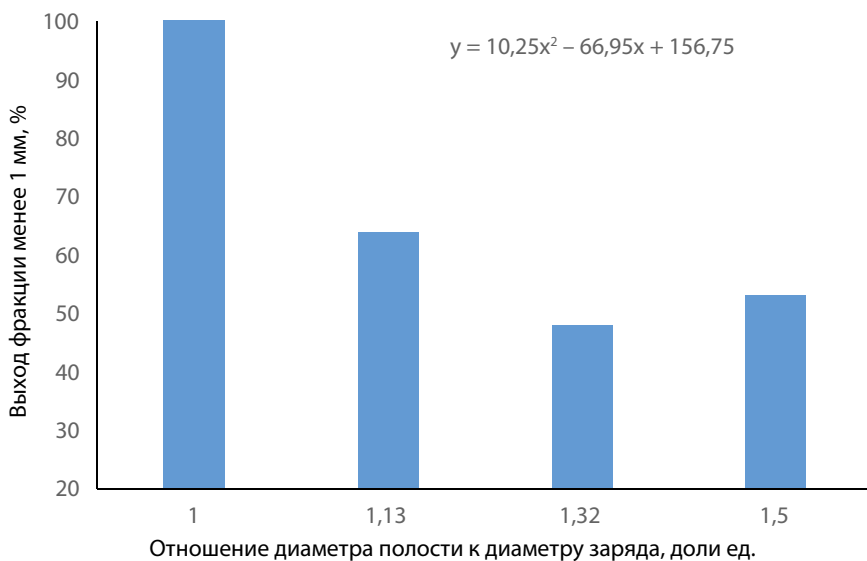


Рис. 3. Влияние на выход мелких фракций размера зазора между полостью скважины и зарядом

Fig. 3. Effect of the gap size between the borehole walls and the charge on the yield of fines

рядов, обеспечивающих снижение выхода мелких и пылевидных фракций.

С использованием метода сглаженных частиц и осесимметричной модели воздействия взрыва зарядов с воздушными промежутками установлены степень влияния диаметра скважин и величины зазора между зарядом и зарядной полостью на выход фракций менее 1 мм, а также изменение выхода мелочи при замене взрывчатых материалов с высокой скоростью детонации на смесевые составы, содержащие модифицированную аммиачную селитру и многокомпонентные топливные смеси, обеспечивающие увеличение продолжительности импульса напряжений в разрушаемой среде. Использование зарядов, обеспечивающих зазор между ВВ и стенкой скважины, и специальных конструкций забойки позволит перераспределить кинетику выделения энергии во времени и пространстве взрываемого массива, увеличить время выброса материалов забойки, сократить выход мелких фракций в товарной продукции и содержание пыли в продуктах детонации [8, 9, 10, 11, 12, 13]. С применением расчетов методом SPH откалиброванных в процессе полигонных испытаний осесимметричных моделей установлены зависимости кинетики и величины выхода мелких фракций от величины зазора между удлиненным зарядом, зарядной полостью и плотностью ВВ при применении зарядов с различной энергетической насыщенностью щадящего и дробящего действия [14, 15, 16, 17].

Изменение выхода фракций менее 1 мм в относительных единицах в результате увеличения осевого зазора между зарядом и стенкой зарядной полости характеризуется полиномиальной функцией второго порядка (см. рис. 3). Результаты расчетов влияния плотности аммиачноселитренных эмульсионного и гранулированного ПВВ на выход в относительных единицах мелких фракций методом SPH откалиброванных моделей, с учетом влияния изменения скорости детонации и теплоты взрыва, представлены на рис. 4.

Результаты применения специальных эмульсий топливных смесей взамен дизельного топлива, обеспечивающих многократное увеличение площади соприкосновения топлива и окислителя рассмотрены нами ранее в работе [18]. Разработана методика комбинированного физико-химического воздействия на твердые и жидкие компоненты ПВВ, обеспечивающая изменение морфологии компонентов ПВВ и увеличение площади соприкосновения гранул аммиачной селитры и топливной смеси в 125-328 раз. В результате существенно возрастают устойчивость и скорость детонации удлиненных зарядов, кинетика выделения энергии, дробящая способность скважинных и шпуровых зарядов.

Проводимые ИПКОН РАН исследования эффективности инновационных решений в области буровзрывных работ при проведении массовых взрывов в условиях горного производства на предприятиях АО «УК «Кузбассразрезуголь» предполагают: инструментальные замеры скорости дето-

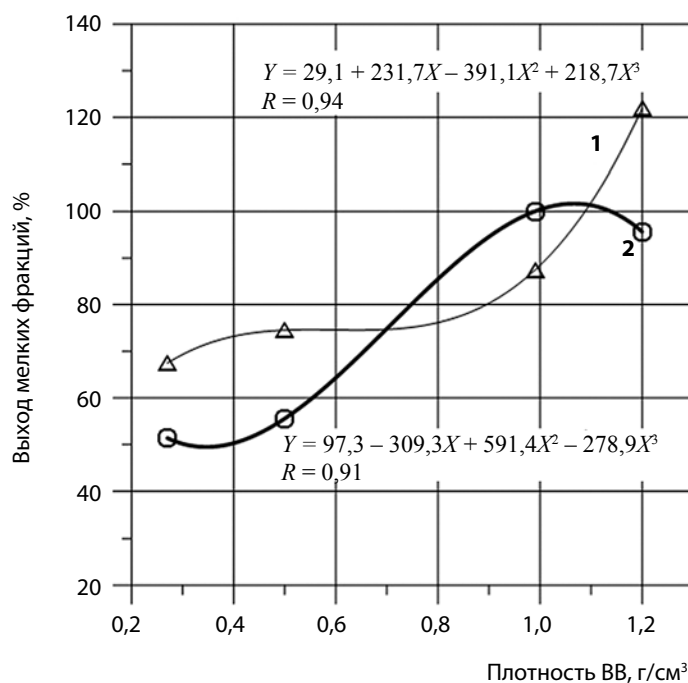


Рис. 4. Влияние плотности аммиачноселитренных эмульсионного (1) и гранулированного (2) ПВВ на выход мелких фракций

Fig. 4. Effect of the density of ammonium nitrate emulsion (1) and granulated (2) industrial explosives on the yield of fines

нации взрывчатых веществ в скважинах; сейсмических колебаний в ближней и дальней зонах; ударной воздушной волны; фракционного состава взорванной горной массы; изменения во времени и пространстве вещественного состава пылегазового облака и их компьютерное моделирование, а также отработку элементов системы удаленного мониторинга буровзрывных работ. С этой целью сформирована методика комплексной оценки дробящего и техногенного воздействия взрывных работ в производственных условиях на открытых горных работах при применении различных составов ПВВ и конструкций скважинных зарядов.

Методика позволяет в производственных условиях для каждого варианта технологических решений, конструкций скважинных зарядов и забойки, объемов применяемых ВВ, схем инициирования и применяемых ПВВ в одинаковых горнотехнических условиях производить системный анализ следующих результатов исследований:

- показателей развития фронта детонации с применением рефлектометрических измерителей скорости детонации, а также времени раскрытия устья скважин;
- параметров зоны контролируемого дробления, сейсмического действия взрыва и ударной воздушной волны группы скважинных зарядов в ближней и дальней зонах;
- granulометрического состава взорванной горной массы, качества взрыва и радиуса разлета фрагментов взорванной горной массы;
- содержания на различной высоте и удалении от эпицентра взрыва в пылегазовом облаке различных фракций пыли и вредных газов, кинетики их изменения во времени и пространстве, установленных с учетом требований следующих нормативных документов [19, 20, 21, 22, 23, 24].

Для оценки последовательности срабатывания средств инициирования зарядов, кинетики выброса фрагментов материала забойки и разрушенной взрывом горной массы, продуктов детонации скважинных зарядов и оценки параметров развала производится видеосъемка. Экспертная оценка относительного изменения во времени содержания пыли в пылегазовом облаке, размеров пылегазового облака и цвета продуктов детонации производится по результатам анализа плотности фото- и видеозаписей. Может быть использована камера высокоскоростной съемки Canon Exilim F1 со скоростью съемки 60-1200 кадров/с, которая устанавливается на штативе на безопасном расстоянии по разлету осколков породы.

Для измерения режима детонации скважинных зарядов может быть использован рефлектометрический измеритель скорости детонации марки TLC SpeedVOD производства компании Vibronics Inc., США. Этот измеритель использует датчик в виде радиочастотного коаксиального кабеля. Общая длина кабеля может достигать до 700-1000 м, что позволяет проводить измерения во многих скважинах за один взрыв.

Для регистрации сейсмических колебаний и ударной воздушной волны при производстве экспериментальных массовых взрывов применяется автономный микропроцессорный прибор – сейсмограф Instantel Micromate в комплекте с сейсмоприемником и микрофоном для регистрации УВВ. Прибор Instantel Micromate при подключении линейного микрофона позволяет определять уровень избыточного давления воздуха ударной воздушной волны (УВВ), (рабочий диапазон – до 148 дБ, максимум – 500 МПа). Сейсмоприемник Geophone в составе сейсмографа Instantel Micromate используется для регистрации колебаний грунта. Данные, полученные от сейсмоприемника, передаются в блок Instantel Micromate через кабель. Программное обеспечение THOR или Blastware, поставляемое совместно с приборами, позволяет вычислять все необходимые характеристики сейсмического действия взрыва.

Гранулометрический состав взорванной горной массы после каждого взрыва определяется с применением фото-планометрического метода или приборного и программного обеспечения PortaMetrics.

ВЫВОДЫ

Современные условия развития промышленности характеризуются необходимостью увеличения объемов исследований, направленных на цифровизацию процессов горного производства и все более широкое применение методов численного моделирования разрушения горного массива, в том числе техногенного воздействия взрывных работ при открытой разработке месторождений угля. Условия развития горных работ на предприятиях АО «УК «Кузбассразрезуголь» характеризуются увеличением объемов горных работ вблизи производственной инфраструктуры и населенных пунктов, интенсивным ростом единичной мощности выемочного оборудования и объемов единовременно взрываваемой и подготовленной к выемке горной массы. Методология формирования рациональной стратегии снижения техногенной

нагрузки на окружающую среду при разработке полезных ископаемых требует системного подхода на основе классификаций методов управления экологической нагрузкой и связана прежде всего с вопросами совершенствования и разработкой новых составов промышленных взрывчатых веществ (ПВВ), технологий их применения, оптимизацией параметров кинетики выделения энергии и последовательности во времени и пространстве их инициирования, конструкций забойки и других элементов детонационных систем, масштабами и режимом взрывных работ.

Из проведенных в ИПКОН РАН исследований установлено, что одним из способов безопасного увеличения объемов единовременного взрывания для окружающей среды и объектов жилого и промышленного назначения является применение инновационных составов взрывчатых веществ на основе поризующих эмульсий топливных смесей, а также специальных конструкций зарядов, обеспечивающих многократное увеличение площади соприкосновения топлива и окислителя, а также увеличение числа импульсов и времени разрушающего массив нагружения [25].

Изучены закономерности влияния масштабов взрывных работ, расстояния от эпицентра взрыва на относительное изменение нагрузки на окружающую среду. Установлено, что зависимость изменения нагрузки на атмосферу от расстояния до эпицентра взрыва нелинейно убывающая и может быть описана полиномиальной функцией третьего порядка с коэффициентом корреляции 0,98. Влияние веса единовременно взрываваемого на блоке ПВВ на изменение нагрузки на атмосферу в относительных единицах в ближней зоне на расстоянии 250 м и дальней зоне (2000 м) характеризуется полиномиальными функциями второго порядка. Выход фракций менее 1 мм в относительных единицах в результате увеличения осевого зазора между зарядом и стенкой зарядной полости снижается. При этом изменение в относительных величинах характеризуется полиномиальной функцией второго порядка. Установлено, что характер изменения концентрации пыли с увеличением расстояния от источника может быть описан полиномиальными функциями второго и третьего порядка в зависимости от времени с момента взрыва. Полученные зависимости могут быть использованы для формирования цифровой многофакторной модели управления техногенным воздействием взрывных работ на окружающую среду для корректировки параметров буровзрывных работ в карьерах.

Сформирована методика комплексной оценки дробящего и техногенного воздействия взрывных работ в производственных условиях на открытых горных работах при применении различных составов ПВВ и конструкций скважинных зарядов, позволяющая определять и прогнозировать фракционный состав взорванной горной массы, производительность выемочно-транспортного оборудования, размеры опасных зон, концентрацию пыли на различной высоте от поверхности уступа и расстоянии от эпицентра взрыва во взаимосвязи с технологическими решениями и масштабами взрывных работ и физико-механическими свойствами взрывааемых пород.

Список литературы

1. Совершенствование способов буровзрывной подготовки пород на предприятиях ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» / С.В. Матва, С.В. Кокин, Ю.И. Литвин и др. // Уголь. 2015. № 12. С. 24-32. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/042013pdf> (дата обращения: 15.11.2023).
2. Экологические проблемы геотехнологий: новые идеи, методы и решения / Н.Н. Чаплыгин, Ю.П. Галченко, В.И. Папичев и др. М.: Научтехлитиздат, 2009. 320 с.
3. Новые методы оценки воздействия горного производства на окружающую среду / Н.Н. Чаплыгин, В.И. Папичев, Г.И. Бризняк и др. / Горные науки на рубеже XXI века: материалы Международной конференции 1997 г. Екатеринбург: Горный ин-т, 1998. С. 468-477.4. Папичев В.И. Методология комплексной оценки техногенного воздействия горного производства на окружающую среду: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 2004. 41 с.
5. Папичев В.И., Прошняков А.Н. Об оценке техногенной нагрузки горного производства на породный массив в результате производства взрывных работ в карьере // Экологические системы и приборы. 2002. № 9. С. 24-28.
6. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Бурцев Л.И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. М.: Научтехлитиздат, 2003. 261 с.
7. Викторов С.Д., Буслевич В.С. Образование и распространение пылегазового облака при массовом взрыве на карьере // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 1996. № 6. С. 119-123.
8. Катанов И.Б., Федотенко В.С. Низкоплотные материалы в конструкции скважинных зарядов на карьерах. Кемерово: Кузбассвуиздат, 2012. 124 с.
9. Борьба с пылью в рудных карьерах / В.А. Михайлов, А.И. Лобода, П.В. Бересневич и др. М.: Недра, 1981. 262 с.
10. Гурин А.А., Яценко С.С. Применение гидрогелевой забойки взрывных скважин // Безопасность труда в промышленности. 1986. № 7. С. 38-40.
11. Пат. 2401416 Российская Федерация. Подвесная скважинная забойка / Федотенко С.М., Федотенко В.С., Федотенко Н.А.; заявл. 22.07.09; опубл. 20.01.2010, Бюл. № 28. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2401416C1/ru> (дата обращения: 15.11.2023).
12. Пат. 2379621 Российская Федерация. Способ рассредоточения заряда в скважине / Федотенко С.М., Федотенко В.С., Федотенко Н.А.; заявл. 28.07.08; опубл. 20.01.2010, Бюл. № 25.; ил. 2. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2379621C1/> (дата обращения: 15.11.2023).
13. Берсеневич П.В., Михайлов В.А., Филатов С.С. Аэрология карьеров: Справочник. М.: Недра, 1990. 280 с.
14. Ефремовцев Н.Н., Ефремовцев П.Н. Результаты исследования в производственных условиях влияния кинетики выделения энергии взрыва на дробимость горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 558. С. 17–25.
15. Ефремовцев Н.Н., Трофимов В.А., Шиповский И.Е. Локализация деформаций в волновом поле, наведенном взрывом удлиненного заряда // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 8. С. 73-85.
16. Ефремовцев Н.Н., Шиповский И.Е. Исследование закономерностей дробления удлиненными зарядами с применением композиционных моделей и численного моделирования методом сглаженных частиц // Взрывное дело. 2020. № 128/85. С. 20-37.
17. Результаты численных исследований фрагментации горных пород в пределах взрываемого блока с применением бессеточного метода сглаженных частиц / Н.Н. Ефремовцев, П.Н. Ефремовцев, В.А. Трофимов и др. // Взрывное дело. 2021. № 130/87. С. 29-45.
18. Захаров В.Н., Ефремовцев Н.Н., Федотенко В.С. Исследование техногенного воздействия взрывного разрушения горных пород при освоении месторождений полезных ископаемых открытым способом // Горная промышленность. 2022. № 6. С. 61-68.
19. ГОСТ 59667-2021 Качество атмосферного воздуха. Методика определения фракционного состава пыли оптическим методом. Расчет концентрации взвешенных частиц PM2.5, PM10 в атмосферном воздухе на основе фракционного состава.
20. ГОСТ Р 58196-2018. Национальный стандарт Российской Федерации. Горное дело. Борьба с пылью на угольных предприятиях. Термины и определения. 2019-01-01.
21. ГОСТ Р 70230-2022. Национальный стандарт Российской Федерации. Качество воздуха. Методика определения массовой концентрации взвешенных частиц PM2.5, PM10 в воздухе рабочей зоны на основе анализа фракционного состава пыли.
22. ГОСТ 12.1.018 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.
23. ГОСТ 12.1.019 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
24. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.
25. Использование многокомпонентных смесей для забойки скважин / А.А. Силкин, П.А. Шеметов, И.П. Бибики и др. // Горный вестник Узбекистана. 2005. № 1. С. 23–25.

Original Paper

SURFACE MINING

UDC 622.85:622.235 © V.N. Zakharov, V.S. Fedotenko, N.N. Efremovtsev, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 12, pp. 73-79
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-12-73-79>

Title
RESEARCH OF TECHNOGENIC IMPACT OF EXPLOSIVE WORKS DURING OPEN-PIT MINING OF COAL DEPOSITS

AuthorsZakharov V.N.¹, Fedotenko V.S.¹, Efremovtsev N.N.¹¹ N.V. Melnikov Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 111020, Russian Federation

Authors Information

Zakharov V.N., Doctor of Engineering Sciences,

Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Director,
e-mail: ipkon-dir@ipkonran.ru

Fedotenko V.S., Doctor of Engineering Sciences, Deputy director for research,
e-mail: victorfedotenko@gmail.com

Efremovtsev N.N., PhD (Engineering), a Full-Fledged Member
of the Academy of Mining Sciences, Senior Research Associate
at Department No. 5 of Geomechanics and Rock Disintegration,
e-mail: noee7@mail.ru

Abstract

The paper briefly characterizes mining conditions at open-pit mining operations of UK Kuzbassrazrezugol JSC, as well as dependences of the man-made impact of blasting operations depending on the influencing factors. The obtained dependencies can be used in formation of a digital multifactor model of man-made environmental impact of blasting operations. The ways are considered to safely increase the volume of simultaneously blasted rock mass. The article shows the dependence of changes in the load on the atmosphere with from the blast center, the weight of simultaneously blasted explosives in surface mining operations, as well as the dependence between the yield of fines and the size of the gap between the charge and the charging chamber. Reducing the specific consumption of explosives, energy intensity of mining, the man-made impact of blasting operations on the environment, as well as increasing the hazardous zone range – all of this can be achieved by using charges placed in hoses of variable diameter that would ensure a gap between the charge the the borehole wall when blasting wet and dry rock masses. It was established that one of the ways to safely increase the volume of simultaneously blasted rock mass is the introduction of energy-saving environmentally friendly technologies in production and use of industrial explosives, which would ensure higher completeness of chemical transformations and the efficiency of the blast through the use of special fuel mixtures containing surfactants instead of diesel fuel in the compositions of granular industrial explosives, as well as changing the rheological properties, morphology of the industrial explosive components, stability and energy intensity of explosive charges at zero oxygen balance due to increasing the contact area of the fuel and oxidizer by several orders of magnitude.

Keywords

Drilling and blasting operations, Energy release modes, Formation and propagation of dust and gas clouds, Yield of fines, Open pit mining, Equipment performance, Anthropogenic effects of blast breaking, Rocks, Charge and stemming design.

References

1. Matva S.V., Kokin S.V., Litvin Yu.I. et al. Enhancement of drilling and blasting methods of rock preparation at the operations of UK Kuzbassrazrezugol JSC. *Ugol'*, 2015, (12), P. 24-32. Available at: <http://www.ugolino.ru/Free/042013pdf> (accessed 15.11.2023). (In Russ.).
2. Chaplygin N.N., Galchenko Yu.P., Papichev V.I. et al. Environmental challenges of geotechnologies: new insights, methods and solutions. Moscow, Nauchtekhlitizdat Publ., 2009, 320 p. (In Russ.).
3. Chaplygin N.N., Papichev V.I., Briznyuk G.I. et al. New methods to assess the impact of mining operations on the environment. Mining Sciences at the Turn of the XXI Century: Proceedings of the International Conference, 1997, Yekaterinburg, Gorniy Institute Publ., 1998, pp. 468-477. (In Russ.).
4. Papichev V.I. Methodology of integrated assessment of man-made impact of mining operations on the environment: Dr. Sci. (Eng.) diss. Moscow, 2004. 41 p. (In Russ.).
5. Papichev V.I. & Proshnyakov A.N. On assessment of the man-made load of mining operations on the rock mass as the result of blasting activities in the open pit. *Ekologicheskie sistemy i pribory*, 2002, (9), pp. 24-28. (In Russ.).
6. Trubetskoy K.N., Galchenko Yu.P. & Burtsev L.I. Environmental challenges of mining in conditions of sustainable development of the nature and society. Moscow, Nauchtekhlitizdat Publ., 2003, 261 p. (In Russ.).
7. Viktorov S.D. & Buslovich V.S. Formation and propagation of a dust and gas cloud during large-scale blasts in a coal open-cast mine. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 1996, (6), pp. 119-123. (In Russ.).
8. Katanov I.B. & Fedotenko V.S. Low-density materials in design of blasthole charges in surface mines. Kemerovo, Kuzbassvuzizdat Publ., 2012, 124 p. (In Russ.).

9. Mikhailov V.A., Loboda A.I., Beresnevich P.V. et al. Dust control in surface ore mines. Moscow, Nedra Publ., 1981, 262 p. (In Russ.).
10. Gurin A.A. & Yashchenko S.S. Application of blasthole plugging with hydrogel. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 1986, (7), pp. 38-40. (In Russ.).
11. Fedotenko S.M., Fedotenko V.S., Fedotenko N.A. Suspended borehole tamping. 2401416 Russian Federation, claim 22.07.09, publ. 20.01.2010, Bulletin No. 28. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2401416C1/ru> (accessed 15.11.2023).
12. Fedotenko S.M., Fedotenko V.S. & Fedotenko N.A. Method for charge dispersal in hole. 2379621 Russian Federation, claim 28.07.08, publ. 20.01.2010, Bulletin No. 25.: Fig. 2. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2379621C1/> (accessed 15.11.2023).
13. Bersenevich P.V., Mikhailov V.A. & Filatov S.S. Aerology of open-pit mines. Reference Book. Moscow, Nedra Publ., 1990, 280 p. (In Russ.).
14. Efremovtsev N.N. & Efremovtsev P.N. The results of the study in production conditions of the influence of the kinetics of the release of explosive energy on the crushability of rocks. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2015, (S58), pp. 17-25. (In Russ.).
15. Efremovtsev N.N., Trofimov V.A. & Shipovskii I.E. Strain concentration in wave field generated by blasting in elongated boreholes. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2020, No. 8. pp. 73-85. (In Russ.).
16. Efremovtsev N.N. & Shipovskii I.E. Investigation of the dynamic working of long charges by composition models coupling with computer simulation by the smoothed particle hydrodynamics method. *Vzryvnoe delo*, 2020, (128/85), pp. 20-37. (In Russ.).
17. Efremovtsev N.N., Efremovtsev P.N., Trofimov V.A. et al. Investigation of the dynamic working of long charges by composition models coupling with computer simulation by the smoothed particle hydrodynamics method. *Vzryvnoe delo*, 2021, (130/87), pp. 29-45. (In Russ.).
18. Zakharov V.N., Yefremovtsev N.N. & Fedotenko V.S. Research into man-made impact of rock blasting in surface mining of mineral deposits. *Gornaya promyshlennost'*, 2022, No. 6. pp. 61-68. (In Russ.).
19. GOST 59667-2021 Atmospheric air quality. Methods for determining the fractional composition of dust by optical method. Calculation of suspended particle concentrations PM2.5. PM10 in atmospheric air based on fractional composition.
20. GOST R 58196-2018. National Standard of the Russian Federation. Mining. Fight against dust at the coal-mining enterprises. Terms and definitions. 1/1/2019.
21. GOST R 70230-2022. National Standard of the Russian Federation. Air quality. Method for determining mass concentration suspended particles PM2.5, PM10 in the air of the working area based on analysis of fractional dust composition
22. GOST 12.1.018 Occupational safety standards system. Fire and explosion safety of static electricity. General requirements.
23. GOST 12.1.019 Occupational safety standards system. Electrical safety. General requirements and nomenclature of types of protection.
24. GOST 17.2.3.01-86. Nature protection. Atmosphere. Gravimetric method for determination of suspended dust particles.
25. Silkin A.A., Shemetov P.A., Bibik I.P. et al. Use of multicomponent mixtures for borehole plugging. *O'zbekiston konchilik xabarnomasi*, 2005, (1), pp. 23-25. (In Russ.).

Acknowledgements

The research was performed as part of Activity No.1 of the Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No 1144-p of the Government of the Russian Federation as of May 11, 2022 and Agreement No 075-15-2022-1185 as of September 28, 2022, on providing grants from the federal budget in the form of subsidies in accordance with Item 4 of Article 78.1 of the Budget Code of the Russian Federation.

For citation

Zakharov V.N., Fedotenko V.S. & Efremovtsev N.N. Research of technogenic impact of explosive works during open-pit mining of coal deposits. *Ugol'*, 2023, (12), pp. 73-79. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-73-79.

Paper info

Received October 2, 2023

Reviewed November 10, 2023

Accepted November 27, 2023