Оригинальная статья

Original Paper

УДК 622.235.4 © А.А. Фадеев[1], О.Е. Багдасарян✉[2], 2024

UDC 622.235.4 © A.A. Fadeev[1], O.E. Bagdasaryan✉[2], 2024

[1] АО «УК «Кузбассразрезуголь», 650054, г. Кемерово, Россия
[2] ООО «КРУ-Взрывпром», 650054, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: bagdasaryan@kruvp.kru.ru

[1] JSC "Management Company "Kuzbassrazrezugol", Kemerovo, 650054, Russian Federation
[2] LLC "KRU-Vzryvprom", Kemerovo, 650054, Russian Federation
✉ e-mail: bagdasaryan@kruvp.kru.ru

Использование электронных систем инициирования для снижения влияния промышленных взрывов на окружающую среду и охраняемые объекты вблизи населенных пунктов*

The use of electronic blasting systems to reduce the impact of industrial explosions on the environment and guarded objects near human settlements

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-12-122-126

ФАДЕЕВ А.А.
Технический директор
АО «УК «Кузбассразрезуголь»,
650054, г. Кемерово, Россия,
e-mail: fadeevaa@k.kru.ru

БАГДАСАРЯН О.Е.
Главный технолог ООО «КРУ-Взрывпром»,
650054, г. Кемерово, Россия,
e-mail: bagdasaryan@kruvp.kru.ru

Для снижения влияния массовых взрывов на населенные пункты, объекты третьих лиц, охраняемые здания и сооружения, а также на окружающую природную среду необходимо контролировать количество взрывчатого вещества, взрываемого в группе одновременно. Одним из способов такого контроля является использование систем электронного инициирования. Приведены результаты производства экспериментальных массовых взрывов на угольном разрезе в Кузбассе с использованием системы электронного инициирования «Нефрит». Полученные данные подтвердили, что наиболее эффективной с точки зрения равномерности дробления взорванной горной массы и управления сейсмическим эффектом от массового взрыва является полностью электронная система инициирования, обеспечивающая возможность программирования времени инициирования каждого отдельного заряда ВВ в скважине и времени производства взрывных работ на блоках. Подтверждено, что опробованная система позволяет уменьшить относительно предельно допустимых значений, регламентированных нормативной документацией, основные показатели воздействия промышленных взрывов на окружающую среду.

Ключевые слова: *система электронного инициирования, точность срабатывания, магнитуда взрыва, уменьшение сейсмического действия, угольный разрез, качество дробления взорванной массы, безопасность взрывных работ, улучшение окружающей среды.*

* *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.*

Для цитирования: Фадеев А.А., Багдасарян О.Е. Использование электронных систем инициирования для снижения влияния промышленных взрывов на окружающую среду и охраняемые объекты вблизи населенных пунктов // Уголь. 2024;(12):122-126. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-12-122-126.

Abstract

In order to reduce the impact of mass explosions on settlements, third-party facilities, protected buildings and structures, as well as on the environment, it is necessary to control the amount of explosive detonated in a group at the same time. One of the ways of such control is the use of electronic blasting system. The results of a series experimental mass explosions at a coal opencast in Kuzbass using the Russian electronic blasting system "Nefrit" are presented. The data obtained confirmed that the most effective in terms of uniformity of crushing of the exploded rock mass and control of the seismic effect of a mass explosion is a fully electronic blasting system that provides the ability to program the initiation time of each individual explosive charge in the blast hole and the time of blasting on blocks. It is confirmed that the tested system makes it possible to slash out reduce the main indicators of the impact of industrial explosions on the environment relative to the maximum permissible values regulated by regulatory documentation.

Keywords

Electronic blasting system, electronic detonator, slackening accuracy, explosion magnitude, reduction of seismic action, coal mine, crushing quality of the exploded mass, safety of blasting, environmental improvement

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.

For citation

Fadeev A.A., Bagdasaryan O.E. The use of electronic blasting systems to reduce the impact of industrial explosions on the environment and guarded objects near human settlements. *Ugol'*. 2024;(12):122-126. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-12-122-126.

ВВЕДЕНИЕ

Проведенные исследования в 2023-2024 гг. показали необходимость системного подхода на основе комплексирования методов управления негативным воздействием взрыва, что напрямую связано с оптимизацией моделирования процессов прогноза и управления негативым воздействием на этапе проектирования комплекса буровзрывной подготовки.

В настоящее время на территории Кемеровской области функционируют 124 объекта открытой угледобычи, ведущие взрывные работы. Суммарный объем взорванной горной массы превышает 1,3 млрд м^3/г. Общее число массовых взрывов, производимых в регионе за год, оценивается в 9000 и более. Ежегодно в Кузбассе для производства массовых взрывов расходуется более 800 тыс. т взрывчатых материалов промышленного назначения. При этом последствия взрывных работ оказывают значительное негативное влияние на население, охраняемые объекты и окружающую среду.

АО УК «Кузбассразрезуголь» – лидер по объемам открытой угледобычи в России. Компания ведет разработку 16 месторождений в Кузбассе с балансовыми запасами более 2,7 млрд т угля и входит в число лучших работодателей страны в рейтинге Forbes. Стабильно реализуется программа устойчивого развития.

ООО «КРУ-Взрывпром» является дочерним обществом АО «УК «Кузбассразрезуголь» и одним из крупнейших в России и самым крупным в Кузбассе предприятием, ведущим взрывные работы. Производственная деятельность компании насчитывает более 22 лет. За это время подготовлено к выемке более 6,5 млрд м^3 взорванной горной массы. В среднем КРУ-Взрывпром ежегодно производит более 3000 промышленных взрывов различного объема, что составляет 40% от общего числа массовых взрывов, выполняемых в Кузбассе. С учетом того, что взрывные работы ведутся только в будние дни, ежедневно КРУ-Взрывпром в среднем производит 12 массовых взрывов, применяя при этом шесть видов промышленных взрывчатых веществ (ВВ) собственного запатентованного производства (РПГМ-100(100-С), РПГМ-70(70-С), РПГМ-ПС-СХ, Гранулит-МК), а также используя современные системы электронного инициирования.

Кузбасс является сейсмоактивным регионом, а производство массовых взрывов осуществляется вблизи населенных пунктов, что требует особого внимания к ведению взрывных работ в части снижения их воздействия на объекты третьих лиц, охраняемые здания и сооружения, а также на окружающую природную среду.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основании результатов опытно-промышленных взрывов, произведенных в рамках программ с 2013 г., можно сделать вывод, что сейсмическое воздействие зависит от количества взрывчатого вещества, взрываемого в группе одновременно. Контролировать это количество можно путем уменьшения диаметра взрывных скважин, применения инновационных систем инициирования совместно с вспомогательными устройствами.

Из анализа проектных решений по обоснованию снижения влияния взрывных работ на население, охраняемые объекты и окружающую среду установлено, что основой для их принятия является производственный опыт. Однако в изменяющихся горно-геологических и горнотехнических условиях, при широком диапазоне типоразмеров применяемого технологического оборудования возникает необходимость корректировки принятых проектных решений.

Исследованиями по оптимизации параметров подготовки взрывных работ с учетом типа ВВ, снижения сейсмического действия при производстве взрывов на обнаженные плоскости горного массива установлено, что вопросы обеспечения устойчивости уступов и бортов являются актуальными в настоящее время [1].

Методы регулирования действия взрыва характеризуются управляемыми параметрами, обеспечивающими уменьшение относительно упругих деформаций за счет изменения параметров буровзрывных работ и применения специальных приемов снижения их влияния на массив.

Анализ промышленных взрывов показывает, что безопасное расстояние от места взрывания до охраняемого объекта, обеспечивающее его устойчивость, зависит от таких параметров, как условная масса ВВ в скважинах на блоке; скорость детонации ВВ; диаметр заряда ВВ; показатели усиления действия взрыва при одновременном взрывании группы зарядов перпендикулярно линии зарядов и при их короткозамедленном взрывании; величина линии наименьшего сопротивления; расстояние между скважинами; ориентация взрываемых блоков относительно охраняемых объектов; естественное или искусственное экранирование сейсмовзрывных волн; трещиноватость массива [2].

Рассмотрев влияние управляемых параметров, можно сделать вывод: при точности срабатывания средств инициирования, уменьшении количества ВВ и числа одновременно взрываемых скважин в интервале 20 мс, при регулировании расстояния межскважинного пространства или при оставлении его неизменным возможно снизить интенсивность действия сейсмовзрывных волн [3], поэтому такой подход необходимо использовать при ведении взрывных работ вблизи неустойчивых или охраняемых объектов, расположенных вблизи населенных пунктов.

Действенным инструментом уменьшения сейсмического действия взрыва, а также сохранения устойчивости открытых поверхностей трещиноватых горных массивов при производстве взрывных работ является применение современных систем инициирования. Самыми совершенными на сегодняшний день признаны электронные системы инициирования (ЭСИ). Одна из них– система электронного инициирования «Нефрит» производства АО «НМЗ «ИСКРА».

ЭСИ «НЕФРИТ»

Система электронного инициирования «Нефрит» состоит из программируемых электронных детонаторов и специальных устройств – сканера и бластера.

Электронный детонатор с электронным замедлением (ЭДЭЗ) системы «Нефрит» представляет собой средство инициирования нового поколения с встроенным электронным микромодулем. Основная область применения таких ЭДЭЗ – открытые горные работы. Детонатор содержит капсюль-детонатор мгновенного действия, воспламенитель с электронным замедлением, герметизирующую пробку и выводной провод с коннектором, защищающим его от возможного попадания влаги (*рис. 1*). Прочная изоляция провода детонатора позволяет использовать его в сложных горно-геологических условиях и применять забоечный материал. Электронный детонатор имеет высокую степень защиты от блуждающих токов статического электричества и электромагнитной индукции. При применении электронных детонаторов

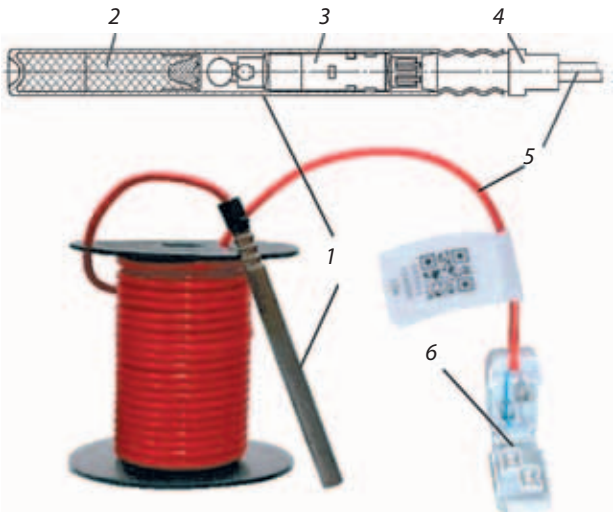

Рис. 1. Электронный детонатор ЭСИ «Нефрит»:
1 – внешний вид и конструкция детонатора НЕФРИТ-1;
2 – капсюль-детонатор мгновенного действия;
3 – воспламенитель с электронным замедлением;
4 – герметизирующая пробка; 5 – выводной провод;
6 – коннектор

Fig. 1. Electronic detonator of the electronic blasting system "Nefrit": 1 – appearance and design of the detonator NEFRIT-1; 2 – primer; 3 – igniter with electronic deceleration; 4 – sealing plug; 5 – lead-out wire; 6 – connector

снижается риск отказов системы за счет многоуровневой структуры тестирования, а импульсная система внутри каждого детонатора гарантирует взрывание всех элементов. Детонатор сертифицирован на соответствие ТР ЕАЭС (регистрационный номер сертификата C-RU.ЦЦ09. В.00602/22 от 17.03.2022).

НЕФРИТ-сканер используется во время монтажа сети для программирования последовательности замедления и тестирования сети, НЕФРИТ-бластер – для окончательного тестирования системы программирования и инициирования взрыва. С помощью этих устройств выполняют программирование необходимого времени замедления с точностью до 1 мс и тестирование взрывной сети в процессе ее монтажа и непосредственно перед взрывом. Сканер и бластер (*рис. 2*) оснащены быстрозажимными клеммами. Ввиду разницы напряжений при работе сканера и бластера первый не способен генерировать напряжение, необходимое для инициирования, поэтому сканирование и программирование можно выполнять непосредственно на взрываемом блоке, что обеспечивает безопасность взрывных работ.

Система «Нефрит» обладает всеми преимуществами современных электронных систем инициирования, такими как:

– снижение сейсмического действия взрыва на охраняемые объекты, жилые и производственные здания;

– снижение ударного воздушного воздействия за счет отсутствия поверхностной сети, содержащей ВВ;

– точность срабатывания;

– исключение наложения и одновременного взрыва;

Таблица 1

Параметры систем и средств инициирования, применяемых при производстве массовых взрывов

Parameters of systems and means of initiation used in the production of mass explosions

Показатель	Система инициирования		Средства инициирования
	ЭСИ НЕФРИТ	НСИ ИСКРА-П	Реле пиротехническое РП-Д для детонирую-щего шнура ДШЭ-12
Диапазон времени замедления, мс	0-30000	0-200	20-100
Шаг программирования времени замедления (номинальное время замедления), мс	1	0; 17; 25; 42; 67; 109; 176	20; 30; 45; 60; 80; 100
Допустимое отклонение от заданного времени срабатывания, мс	±0,5	±1,9-5,5	±1,9-5,5
Температура эксплуатации, °С	От -40 до +85	От -50 до +50	От -50 до +65
Статическая растягивающая нагрузка, не менее, Н	80	60	60
Гарантийный срок хранения, мес	36	36	36

Рис. 2. Внешний вид сканера и бластера ЭСИ «Нефрит»: 1 – быстрозажимные клеммы; 2 – подпружиненные контакты; 3 – устройство считывания матричных штрих-кодов; 4 – интерразъем для подключения; 5 – клавиши «Подрыв» (в сканере не задействованы); 6 – клавиша «Питание»; 7 – клавиша «Ввод»; 8 – клавиша «Отмена»

Fig. 2. The appearance of the scanner and blaster of the Russian electronic blasting system "Nefrit"

– получение требуемой степени дробления взорванной горной массы за счет точности замедлений, обратного инициирования ВВ в скважинных зарядах. Качество дробления определяет эффективность добычи и переработки рудной массы, влияет на полноту извлечения полезных ископаемых и полезных компонентов (снижение потерь и разубоживания);

– повышение эффективности взрыва, в том числе за счет оптимизации затрат взрывных работ, экономии ВВ (например, путем увеличения сетки бурения при сохранении качества дробления с использованием меньшего количества ВВ), увеличения объема взорванной горной массы за один массовый взрыв;

– улучшение экологической ситуации в районе ведения взрывных работ за счет полной детонации ВВ в скважинных зарядах;

– высокая безопасность взрывных работ. Система «Нефрит» прошла испытания и применяется в нескольких регионах России.

При применении неэлектрических систем инициирования (НСИ) проявляется погрешность внутрискважинных и поверхностных замедлений. Это приводит к нарушению проектной схемы инициирования зарядов и темпа отбойки и, кроме того, к ухудшению качества дро-

Таблица 2

Результаты серии экспериментальных массовых взрывов в филиале АО УК «Кузбассразрезуголь» с мая по октябрь 2024 г.

The results of a series of experimental mass explosions in the branch of JSC Kuzbassrazrezugol from May to October 2024

Показатели	Величина
Магнитуда промышленных взрывов по шкале Рихтера при производстве взрывов (данные ГКУ «Агентство по защите населения и территории Кузбасса»):	
Май	2,2
Июнь	2,1
Июль	2,0
Август	2,1
Сентябрь	1,8
Октябрь	2,2
Средняя магнитуда:	
– при использовании электронных средств взрывания;	2,0
– при использовании неэлектрических средств взрывания	2,2
Средняя скорость смещения грунта (замеры сейсмографом Micramats nstantel):	
На расстоянии 800 м от взрываемого блока	1,3 мм/с
На расстоянии 1,5 км от взрываемого блока у здания АБК Бачатского угольного разреза	0,586 мм/с

бления горной массы. Если не учитывать разброс времени срабатывания детонаторов НСИ и произвольно принимать интервалы замедлений по номиналам (*табл. 1*), то может возникнуть ситуация, когда последующие ряды скважин (ступени замедления) взорвутся раньше предыдущего ряда или произойдет одновременный взрыв двух рядов, что приведет к значительному увеличению сейсмического воздействия от массового взрыва. Проверять отклонения фактических значений от номинальных можно методом регистрации сейсмических колебаний при подрыве поверхностных детонаторов различных систем [4].

Электронные системы инициирования за счет высокой точности срабатывания обеспечивают полный контроль производства массового взрыва, снижают его негативное влияние на жилые массивы вблизи открытых горных выработок, повышают качество дробления взорванной горной массы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

С мая по октябрь 2024 г. в филиале АО «УК «Кузбассразрезуголь» была проведена серия экспериментальных массовых взрывов с применением электронной системы «Нефрит». Из полученных результатов (*табл. 2*) установлено, что при применении ЭСИ снижается магнитуда промышленного взрыва. Так, если при взрывании с использованием НСИ среднегодовое значение магнитуды взрывов в условиях филиала составляет 2,2 по шкале Рихтера, то при применении ЭСИ средняя магнитуда промышленного взрыва составила 2,0, а в нескольких случаях вообще не зафиксирована. Средняя скорость смещения грунта на расстоянии 0,8 км от взрываемого блока составила 1,3 мм/с, на расстоянии 1,5 км от взрываемого блока, у здания АБК – 0,586 мм/с при предельно допустимой скорости колебаний для жилых зданий, по заключению Кузбасс-НИОГР, 5,0 мм/с. При проведении экспериментальных взрывов также фиксировались сила воздушной ударной волны, показатели вредных выбросов на границах опасной зоны по разлету кусков горной массы. В ходе цикла натурных исследований при выполнении прямых измерений воздействия взрыва по факторам сейсмического, ударно-волнового (акустического) и пылегазового воздействия отклонений от действующих требований нормативной документации не зафиксировано.

ВЫВОДЫ

На современном этапе из промежуточного результата взрывных работ установлено, что уже опробованные технологии позволяют кратно снизить относительно предельно допустимых значений, регламентированных нормативной документацией, основные показатели влияния промышленных взрывов на окружающую среду.

Список литературы • References

1. Тюпин В.Н., Анисимов В.Н. Разработка методов сохранения устойчивости открытых поверхностей трещиноватых горных массивов при проведении массовых взрывов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 4. С. 53-62. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-53-62.
   Tyupin V.N., Anisimov V.N. Methods of stability retention of exposed rock surfaces in fractured rock mass under large-scale blasting. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019;(4):53-62. (In Russ). DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-53-62.
2. Ганопольский М.И., Смолий Н.И. Руководство по определению радиусов опасных зон сейсмического действия взрывов, проводимых на земной поверхности: Приложение 1. Вредные эффекты промышленных взрывов. Сейсмическое действие взрывов. М.: Спутник, 2021. 247 с.
3. Новиньков А.Г., Протасов С.И., Гукин А.С. Оценка сейсмобезопасности массовых промышленных взрывов // Безопасность труда в промышленности. 2013. № 6. С. 40-48.
   Novin'kov A.G., Protasov S.I., Gukin A.S. Assessment of seismic safety of mass industrial explosions. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2013;(6):40-48. (In Russ).
4. Меньшиков П.В., Синицын В.А. Сравнительный анализ фактических и номинальных интервалов неэлектрических систем инициирования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. №. 2. С. 277-282.
   Menshikov P.V., Sinitsin V.A. A comparative analysis of actual and nominal intervals of delays of non-electrical systems of trigger charge. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2011;(2): 277-282. (In Russ).

Authors Information
Fadeev A.A. – Chief Engineer,
JSC "Management Company "Kuzbassrazrezugol",
Kemerovo, 650054, Russian Federation,
e-mail: fadeevaa@k.kru.ru

Bagdasaryan O.E. – Chief Technologist,
LLC "KRU-Vzryvprom", Kemerovo,
650054, Russian Federation,
e-mail: bagdasaryan@kruvp.kru.ru

Информация о статье
Поступила в редакцию: 1.11.2024
Поступила после рецензирования: 15.11.2024
Принята к публикации: 28.11.2024

Paper info
Received November 1, 2024
Reviewed November 15, 2024
Accepted November 28, 2024