

Фактор опережающего срабатывания скважинных зарядов

Казарина Е. Н., Мишнев В. И.,
Шевкун Е. Б., Галимьянов А. А.

Институт горного дела ДВО РАН,
г. Хабаровск

kazarinaen@mail.ru
mishnev.vl@mail.ru
azot-1977@mail.ru

Аннотация

В настоящее время на открытых горных работах уникальным и практически единственным высокоэффективным способом подготовки скальных пород к выемке является их разрушение энергией взрыва. Однако при производстве буровзрывных работ существует проблема опережающего срабатывания скважинных зарядов, данная проблема приводит к нарушению очередности срабатывания зарядов, что негативно влияет на эффективность взрывных работ, экологическую и сейсмическую безопасность и ухудшает проработку массива, приводя к увеличению выхода негабаритов, тем самым увеличивая финансовые потери производства. В статье приводится исследование фактов опережающего срабатывания скважинных зарядов при применении эмульсионных промежуточных детонаторов в конструкции заряда из эмульсионного взрывчатого вещества в процессе подготовки горной массы к выемке буровзрывным способом, а также первичные факторы, влияющие на опережающее срабатывание скважинных зарядов и методы исключения данной проблемы в ходе подготовки горной массы к выемке буровзрывным способом. В ходе исследования фактов опережающего срабатывания скважинных зарядов были предложены мероприятия для предотвращения воздействия взрывной волны на эмульсионные боевики и их преждевременного срабатывания. Данные исследования производились на карьерах и разрезах Дальнего Востока. При проведении экспериментальных взрывов с использованием разработанных конструкций и мероприятий, при ускоренной видеофиксации взрыва, опережающего срабатывания скважинных зарядов не выявлено.

Ключевые слова:

угольный разрез, карьер, эмульсионный промежуточный детонатор, опережающее срабатывание зарядов, взрыв, взрывная волна

Введение

Внедрение усовершенствований в буровзрывные работы, несмотря на их явные технологические выгоды, влечет за собой ряд существенных отрицательных аспектов [1, 2].

Factor of advanced operation of borehole charges

Kazarina E. N., Mishnev V. I.,
Shevkun E. B., Galimyanov A. A.

Mining Institute of the Far Eastern Branch RAS,
Khabarovsk

kazarinaen@mail.ru
mishnev.vl@mail.ru
azot-1977@mail.ru

Abstract

Currently, in open-pit mining, a unique and practically the only one highly efficient way to prepare rocks for excavation is to destroy them with explosive energy. However, during drilling and blasting operations, there appears a problem of anticipating the firing of borehole charges. This problem leads to a violation of the sequence of firing charges, which negatively affects the efficiency of blasting, environmental and seismic safety and worsens the development of the array, leading to an increase in the yield of oversized materials, thereby avoiding financial losses of production. The article analyses the facts of anticipatory firing of borehole charges when using emulsion intermediate detonators in the design of an emulsion explosive charge during the preparation of rock mass for excavation by the drilling and blasting method, as well as the primary factors influencing the anticipatory firing of borehole charges and methods for eliminating this problem during the preparation of rock mass for excavation by the drilling and blasting method. By the analysis of the facts of anticipatory firing of borehole charges, the authors have proposed measures to prevent the effects of an explosive wave on emulsion militants and their premature firing. These works were carried out in the quarries and sections of the Far East. When conducting experimental explosions using the developed constructions and measures, the accelerated video fixation of explosions has not detected any signs of anticipatory firing of borehole charges.

Keywords:

coal mine, quarry, emulsion intermediate detonator, pre-firing charges, explosion, blast wave

Одной из ключевых проблем в технологии буровзрывных работ остается нарушение очередности срабатывания скважинных зарядов. При этом основной причиной считается отклонение фактического времени срабатыва-

ния неэлектрических систем инициирования от номинальных значений [3, 4]. Однако исследования [5–10] демонстрируют, что на очередность срабатывания скважинных зарядов могут существенно повлиять также другие факторы, а именно: воздействие волн напряжений от соседних скважинных зарядов (деформируют среду изменяя условия инициирования); наличие водоносных горизонтов (вызывают гидравлические удары, кавитацию). Указанные факторы в большей степени относятся к эмульсионным взрывчатым веществам (ЭВВ), так как, согласно исследованиям [11–14], ЭВВ проявляют повышенную чувствительность ко внешним механическим воздействиям по сравнению с простейшими взрывчатыми веществами, что обусловлено особенностями их физикохимической структуры.

Все перечисленные факторы могут приводить к нарушению заданной последовательности инициирования скважинных зарядов, что, в свою очередь, обуславливает снижение эффективности дробления горной массы,

увеличение разлета осколков взорванной горной массы и усиление сейсмического воздействия на окружающие объекты [15–19].

В процессе анализа литературных источников и результатов наблюдений массовых взрывов на угольных разрезах Хабаровского края были выявлены факты существенных нарушений последовательности срабатывания скважинных зарядов и предложены мероприятия по снижению рисков соответствующего негативного явления.

Материалы и методы

За период 2023–2024 гг. сотрудниками ИГД ДВО РАН зафиксирован ряд взрывов с нарушением очередности установленной схемой монтажа взрывной сети, при ведении взрывных работ с применением неэлектрических систем инициирования (НСИ) на разрезах Буреинский и Правобережный (фото 1), а также на разных карьерах Дальнего Востока (фото 2), с конструкцией заряда, вклю-



Фото 1. Динамика взрыва блока № 37, гор. 385 на разрезе Буреинский, июль 2023 года.

Photo 1. The explosion dynamics of block № 37, mountain 385 at the Bureinsky section, July 2023.



Фото 2. Динамика взрыва блока № 38, гор. 520 на Маломырском руднике, май 2024 года.

Photo 2. The explosion dynamics of block № 38, mountain 520 at the Malomyrsky rudnik section, May 2024.

чающей ЭВВ и эмульсионный промежуточный детонатор (ПД).

Для фиксации опережающего срабатывания скважинных зарядов применяли квадрокоптер Autel Robotics Evo II Pro V3 (рис. 1). Съемка ускоренного видео производится с разрешением 1920 x 1080 с частотой 120 к/сек.



Рисунок 1. Квадрокоптер Autel Robotics Evo II Pro V3.
Figure 1. Autel Robotics Evo II Pro V3 quadcopter.

По факту видеофиксации массового взрыва производили обработку видеоматериала с помощью программы MovaviVideoSuit-22, где время между стоп-кадрами составило 8,33 мс.

Одним из факторов опережающего срабатывания скважинных зарядов предположительно может являться погрешность во времени срабатывания капсулей детонаторов [15]. Для проверки данного фактора были произведены измерения времени срабатывания капсулей детонаторов НСИ, использованных при производствах массовых взрывов.

Измерения производили при помощи прибора ИВИ-4 производства КТБ «Интервал» г. Новосибирска. На испытательном полигоне карьера (разреза) устанавливали финишный (световой) датчик (фото 3) в коробку, исключающую проникновение света, с одной стороны, и стартовый датчик (фото 4) – с другой. Далее отходили на безопасное расстояние и производили инициирование посредством стартового устройства.

Анализ данных, представленных в таблице, указывает на потенциальную корреляцию между погрешностью

времени срабатывания детонаторов НСИ и нарушением последовательности инициирования скважинных зарядов. В целях нивелирования влияния погрешности времени срабатывания детонаторов на последующих экспериментах были применены электронные детонаторы. Тем не менее данная мера не способствовала устранению выявленного негативного эффекта нарушения последовательности взрывания зарядов. Поэтому на основании проведенных исследований выдвинута гипотеза о том, что возможной причиной нарушения очередности взрывания скважинных зарядов является воздействие взрывной волны на эмульсионный ПД, через определенный горизонт массива горных пород (прослойки угля, водоносные горизонты и др.), приводящее к инициированию заряда ЭВВ, до момента срабатывания детонатора скважинной сети [6–10].

В целях нейтрализации указанного выше негативного фактора предложены следующие мероприятия:

- использование в качестве промежуточных детонаторов тротильных или пентолит-тротильных шашек;
- применение эмульсионного ПД, установленного в защитный корпус (рис. 2) [20], который также служит для точного позиционирования промежуточного детонатора по центру скважины, а инициирующего детонатора, в свою очередь, – по центру ПД;
- использование патронированного эмульсионного промежуточного детонатора в специальном пластиковом корпусе по аналогии с ПД «Сибирит».

В результате реализации предложенных мероприятий на практике и соответствующих наблюдений за производством массовых взрывов (фото 5) на указанных выше разрезах явных нарушений в последовательности инициирования взрывной сети не выявлено.

Выводы

На основании проведенных исследований предложенные мероприятия представляются эффективными для предотвращения опережающего срабатывания скважинных зарядов. Вместе с тем, для более детального анализа причин отклонений фактической последовательности взрывов от проектной, предусмотренной буровзрывными работами, рекомендуется дальнейшее более углубленное проведение исследований в этой области.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



Фото 3. Финишный датчик.
Photo 3. Finishing sensor.



Фото 4. Стартовый датчик.
Photo 4. Starting sensor.

**Результаты измерений погрешности времени срабатывания
детонаторов НСИ**
Measurement results of the blasting time error of NSI detonators

Наименование устройств НСИ	Номинальное время замедления, мс	Фактическое значение замедления детонаторов, мс						Количество измерений	Среднее значение	Среднее значение отклонения замедления от номинала	
		Измерение, №								абсолютное, мс	относительное, %
		1	2	3	4	5	6				
Скважинные № 1	500	536	532	538				3	535,3	35,3	7,1
		650	669	660	668	665	662	6	662,3	162,3	32,5
		644	653	649	657	647	656	6	651,0	151,0	30,2
Скважинные № 2	1000	1003	1002	1020				3	1008,3	8,3	0,8
		1082	1039	1085	1143	1124		5	1094,6	94,6	9,5
		1020	1020	1010	1039	982	1002	6	1012,2	12,2	1,2
		1026	1052					2	1039,0	39,0	3,9
		1040	1148	1162				3	1116,7	116,7	11,7
Поверхностные № 1, 2	25	25	24	22	22	24	24	6	23,5	1,5	6,0
	42	44	45	43	44	45	46	6	44,5	2,5	6,0

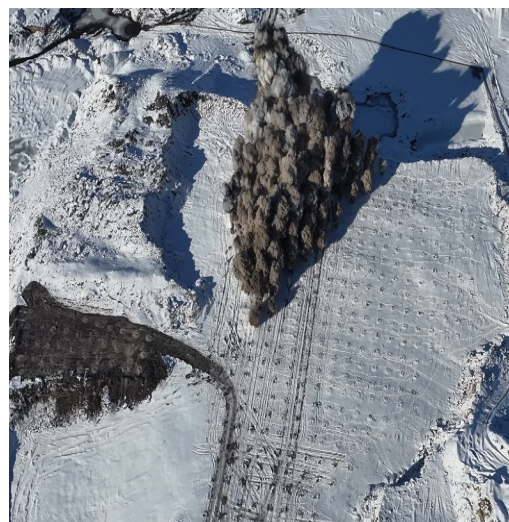


Фото 5. Работа скважинных зарядов по факту применения мероприятия.

Photo 5. Operation of borehole charges upon application of the measure.

Литература

1. Комащенко, В. И. Разработка технологии взрывных работ, уменьшающей вредное воздействие на окружающую среду / В. И. Комащенко, Е. Д. Воробьев, В. Г. Лукьянов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328, № 8. – С. 33–40.
2. Аверин, А. П. Критерии оценки негативного воздействия при проведении массовых взрывов на окружающую среду / А. П. Аверин, А. В. Харченко // Уголь. – 2022. – № S12(1162). – С. 44–48.
3. Жуликов, В. В. Обоснование эффективности взрывных работ с использованием электронных систем в сравнении с неэлектрическими средствами инициирования / В. В. Жуликов, К. А. Князев, С. С. Назаров // Горная промышленность. – 2022. – № 5. – С. 64–68. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-64-68.
4. Новые технологии ведения взрывных работ / В. А. Белин, М. Г. Горбонос, С. К. Мангуш, Б. В. Эквист // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № S 1. – С. 87–102.
5. Ермолаев, А. И. Экспериментальный метод оценки времени подбоя скважинной сети детонирующего шнура / А. И. Ермолаев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003. – № 4. – С. 74–76.
6. Гордеев, В. Е. Возбуждение взрыва жидких взрывчатых веществ кавитацией / В. Е. Гордеев, А. И. Сербинов, Я. К. Трошин // Прикладная механика и техническая физика. – 1967. – № 1. – С. 45–53.
7. Димза, Г. В. Влияние давления на возбуждение детонации жидких взрывчатых веществ / Г. В. Димза // Прикладная механика и техническая физика. – 1962. – № 6. – С. 132–133.
8. Роль кавитационных эффектов в механизмах разрушения и в крупномасштабных взрывных процессах / В. К. Кедринский, В. А. Вшивков, Г. И. Дудникова,

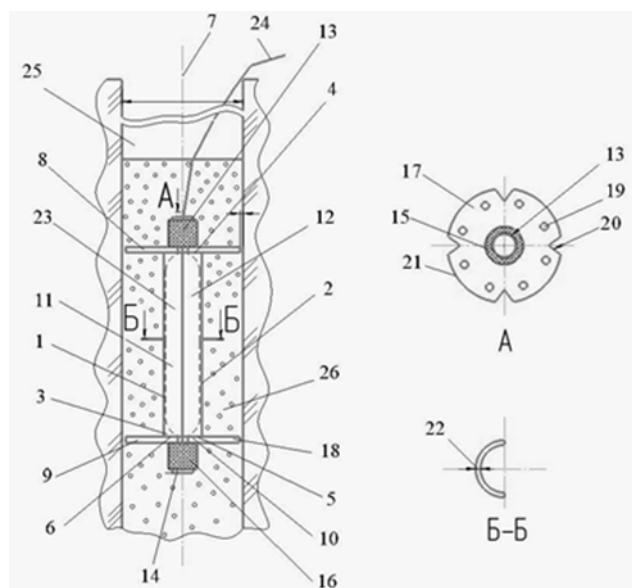


Рисунок 2. Контейнер для защиты эмульсионного боевика.

Условные обозначения. 1 – контейнер; 2 – защитный корпус; 3 – полый цилиндр; 4, 5 – выступы; 6 – торец цилиндра; 7 – перпендикулярная ось; 8, 9 – центрирующие элементы; 10 – наружная сторона; 11, 12 – вертикальные части; 13, 14 – элементы меньшего радиуса; 15, 16 – упругие элементы; 17, 18 – диски; 19 – отверстия; 20 – пазы; 21 – периметр дисков; 22 – толщина стенок; 23 – эмульсионный боевик; 24 – ударно-волновая трубка; 25 – скважина; 26 – скважинный заряд.

Figure 2. Container for protection of emulsion fighter.

Keys. 1 – container; 2 – protective housing; 3 – hollow cylinder; 4, 5 – protrusions; 6 – cylinder end; 7 – perpendicular axis; 8, 9 – centering elements; 10 – outer side; 11, 12 – vertical parts; 13, 14 – smaller radius elements; 15, 16 – elastic elements; 17, 18 – discs; 19 – holes; 20 – grooves; 21 – perimeter of discs; 22 – wall thickness; 23 – emulsion fighter; 24 – shock wave tube; 25 – borehole; 26 – borehole charge.

- Ю. И. Шокин // Вычислительные технологии. – 1997. – Т. 2, № 2. – С. 63–77. – EDN KYSAFH.
9. Камянский, В. Н. Повышение эффективности скважинной отбойки на карьерах при одновременном взрывании скважинных зарядов: специальность 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»: дис. ... канд. техн. наук / Виктор Николаевич Камянский; Ин-т проблем комплекс. освоения недр. – М., 2019. – 123 с.
10. Христофоров, Б. Д. Подводный взрыв в воздушной полости / Б. Д. Христофоров // Прикладная механика и техническая физика. – 1962. – № 6. – С. 128–132.
11. Кутузов, Б. Н. Физико-технические основы создания эмульсионных и гранулированных ВВ и средств их инициирования / Б. Н. Кутузов, С. А. Горин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № S3-1. – С. 34–52.
12. Dam T.T., Tran V.D., Tran D.V., To D.T. Study on the reasonable parameters of the cylinder-shaped charge with tapered liner funnel to destroy stone. In: International symposium on rock mechanics and engineering. The 35th VSRM anniversary ISRM 2019 specialized conference, 22–24 Nov. 2019. Hanoi; 2019, pp. 118–130.
13. Gui Y.L., Zhao Z.Y., Jayasinghe L.B., Zhou H.Y., Goh A.T.C., Tao M. Blast wave induced spatial variation of ground vibration considering field geological conditions. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2018;101:63–68. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2017.11.016>
14. Белин, В. А. Исследования детонационных характеристик эмульсионных взрывчатых веществ, применяемых на железорудных карьерах / В. А. Белин, Ю. Н. Болотова, М. Г. Горбонос // Горная промышленность. – 2022. – № 1. – С. 52–56. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-1-52-56. – EDN SQHZHQ.
15. Басарнов, А. И. Испытания устройств неэлектрической системы инициирования на время срабатывания в полигонных условиях / А. И. Басарнов, Д. Н. Батраков // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. – 2023. – № 1. – С. 27–37. – DOI 10.25558/VOSTNII.2023.34.31.003.
16. Должиков, В. В. Влияние интервалов замедления на амплитуды волн напряжений при изучении модели взрыва системы скважинных зарядов / В. В. Должиков, Д. Э. Рядинский, А. А. Яковлев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – № 6-2. – С. 18–32. – DOI 10.25018/0236_1493_2022_62_0_18.
17. Костюнина, О. А. Влияние интервалов замедлений на разлет осколков горных пород / О. А. Костюнина, Е. Б. Шевкун, А. В. Лещинский // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021. – № 12-1. – С. 107–120. – DOI 10.25018/0236_1493_2021_121_0_107.
18. Effect of Inter-Hole Delays on Seismic Safety with Regard to Firing Time Deviation / Al. A. Galim'yanov, A. V. Rasskazova, I. V. Korneev [et al.] // Journal of Mining Science. – 2024. – Vol. 60, No. 3. – P. 416–425. – DOI 10.1134/S1062739124030074. – EDN WNKJNT.
19. Совершенствование методики сейсмобезопасного производства БВР с учетом фактора сезонности / В. А. Кутуев, С. Н. Жариков, П. В. Меньшиков, А. С. Флягин // Взрывное дело. – 2025. – № 146–103. – С. 151–166. – EDN TQYMON.
20. Патент на полезную модель № 214622 U1 Российская Федерация, МПК F42D 1/08, F42D 1/22. Контейнер для защиты эмульсионного боевика: № 2022112846 : заявл. 12.05.2022; опубл. 08.11.2022 / А. А. Галимьянов, К. В. Гевало, В. И. Мишнев [и др.]; заявитель: ФГБУН Хабаровский ФИЦ ДВО РАН.

References

1. Komashchenko, V. I. Razrabotka tekhnologii vzryvnykh rabot, umenshayushchej vrednoe vozdejstvie na okruzhayushchuyu sredu [Development of blasting technology that reduces harmful effects on the environment] / V. I. Komashchenko, E. D. Vorobyov, V. G. Lukyanov // Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. Georesources Engineering. – 2017. – Vol. 328, № 8. – P. 33–40.
2. Averin, A. P. Kriterii ocenki negativnogo vozdejstviya pri provedenii massovykh vzryvov na okruzhayushchuyu sredu [Criteria for assessing the negative impact of mass explosions on the environment] / A. P. Averin, A.V. Kharchenko // Ugol' [Coal]. – 2022. – № S12(1162). – P. 44–48.
3. Zhulikov, V. V. Obosnovanie effektivnosti vzryvnykh rabot s ispolzovaniem elektronnykh sistem v sravnenii s neelektricheskimi sredstvami iniciirovaniya [Substantiation of the efficiency of blasting operations using electronic systems in comparison with non-electrical means of initiation] / V. V. Zhulikov, K. A. Knyazev, S. S. Nazarov // Gornaya promyshlennost' [Mining Industry]. – 2022. – № 5. – P. 64–68. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-64-68.
4. Novye tekhnologii vedeniya vzryvnykh rabot [New technologies for blasting operations] / V. A. Belin, M. G. Gorbonos, S. K. Mangush, B. V. Equist // Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). – 2015. – № S1. – P. 87–102.
5. Ermolaev, A. I. Eksperimentalnyj metod ocenki vremeni podboya skvazhinnoj seti detoniruyushchego shnura [Experimental method for estimating the cutting time of downhole network detonation cord] / A. I. Ermolaev // Mining Information and Analytical Bulletin. – 2003. – № 4. – P. 74–76.
6. Gordeev, V. E. Vozbuzhdenie vzryva zhidkikh vzryvchatykh veshchestv kavitaciej [Excitation of an explosion of liquid explosives by cavitation] / V. E. Gordeev, A. I. Serbinov, Ya. K. Troshin // Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika [Applied Mechanics and Technical Physics]. – 1967. – № 1. – P. 45–53.
7. Dimza, G. V. Vliyanie davleniya na vozbuzhdenie detonacii zhidkikh vzryvchatykh veshchestv [Effect of pressure on detonation excitation of liquid explosives] / G. V. Dimza // Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika [Applied Mechanics and Technical Physics]. – 1962. – № 6. – P. 132–133.

8. Rol kavitatsionnykh effektov v mekhanizmah razrusheniya i v krupnomasshtabnykh vzryvnykh processakh [The role of cavitation effects in destruction mechanisms and in large-scale explosion processes] / B. K. Kedrinsky, V. A. Vshivkov, G. I. Dudnikova, Yu. I. Shokin // *Vychislitelnye tekhnologii* [Computing Technologies]. – 1997. – Vol. 2, № 2. – P. 63–77. – EDN KYSAFH.
9. Kamyansky, V. N. Povyshenie effektivnosti skvazhinnoj otbojki na karyerah pri raznovremennom vzryvanii skvazhinnykh zaryadov [Improving the efficiency of borehole drilling in quarries by nonsimultaneous detonation of borehole charges] : specialty 25.00.20 “Geomekhanika, razrushenie gornyykh porod, rudnichnaya aerogazodinamika i gornaya teplofizika [Geomechanics, rock destruction, mine aerogasodynamics and thermophysics]”: Candidate’s thesis (Engineering) / Viktor Nikolaevich Kamyansky, 2019. – 123 p. – EDN PRLYPF.
10. Khristoforov, B. D. Podvodnyy vzryv v vozduшной polosti [Underwater explosion in an air cavity] / B. D. Khristoforov // *Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika* [Applied Mechanics and Technical Physics]. – 1962. – № 6. – P. 128–132.
11. Kutuzov, B. N. Fiziko-tekhnicheskie osnovy sozdaniya emulsiionnykh i granulirovannykh VV i sredstv ih iniciirovaniya [Physico-technical foundations of creating emulsion and granular explosives and means of their initiation] / B. N. Kutuzov, S. A. Gorinov // *Mining Information and Analytical Bulletin*. – 2011. – № 3. – P. 34–52.
12. Study on the reasonable parameters of the cylinder-shaped charge with tapered liner funnel to destroy stone / T. T. Dam, V. D. Tran, D. V. Tran, D. T. To // *International Symposium on Rock Mechanics and Engineering. The 35th VSRM Anniversary ISRM 2019 Specialized Conference*, 22–24 Nov. 2019. – Hanoi: 2019. – P. 118–130.
13. 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. – № 101. – P. 63–68. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2017.11.016>.
14. Belin, V. A. Issledovaniya detonatsionnykh harakteristik emulsiionnykh vzryvchatykh veshchestv, primenyaemykh na zhelezorudnykh karyerah [Studies on detonation characteristics of emulsion explosives used in iron ore quarries] / V. A. Belin, Yu. N. Bolotova, M. G. Gorbonos // *Gornaya promyshlennost* [Mining Industry]. – 2022. – № 1. – P. 52–56. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-1-52-56. – EDN SQHZHQ.
15. Basarnov, A. I. Ispytaniya ustroystv neelektricheskoy sistemy iniciirovaniya na vremya sratyvaniya v poligonnykh usloviyakh [Testing the devices of a non-electric initiation system for the firing time in field conditions] / A. I. Basarnov, D. N. Batrakov // *Bulletin of the VostNII Science Centre for Industrial and Environmental Safety*. – 2023. – № 1. – P. 27–37. – DOI 10.25558/VOSTNII.2023.34.31.003.
16. Dolzhikov, V. V. Vliyaniye intervalov zamedleniya na amplitudy voln napryazhenij pri izuchenii modeli vzryva sistemy skvazhinnykh zaryadov [The influence of deceleration intervals on the amplitudes of stress waves when studying the explosion model of a borehole charge system] / V. V. Dolzhikov, D. E. Ryadinsky, A. A. Yakovlev // *Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. – 2022. – № 6–2. – P. 18–32. – DOI 10.25018/0236_1493_2022_62_0_18.
17. Kostyunina, O. A. Vliyaniye intervalov zamedlenij na razlet oskolokov gornyykh porod [The influence of deceleration intervals on the scattering of rock fragments] / O. A. Kostyunina, E. B. Shevkun, A. V. Leshchinsky // *Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. – 2021. – № 12–1. – P. 107–120. – DOI 10.25018/0236_1493_2021_121_0_107.
18. Effect of inter-hole delays on seismic safety with regard to firing time deviation / Al. A. Galimyanov, A. V. Rasskazova, I. V. Korneev [et al.] // *Journal of Mining Science*. – 2024. – Vol. 60, № 3. – P. 416–425. – DOI 10.1134/S1062739124030074. – EDN WNKJNT.
19. Sovershenstvovanie metodiki sejsmbezopasnogo proizvodstva BVR s uchetom faktora sezonnosti [Improving the methods of seismic-safe realization of drilling and blasting operations with regard to seasons] / V. A. Kutuev, S. N. Zharikov, P. V. Menshikov, A. S. Flyagin // *Vzryvnoe delo* [Blasting Work]. – 2025. – № 146–103. – P. 151–166. – EDN TQYMOH.
20. Utility Model Patent № 214622 U1 Russian Federation, IPC F42D 1/08, F42D 1/22. Container for the protection of an emulsion militant: № 2022112846 : applied 05/12/2022: published 11/08/2022 / A. A. Galimyanov, K. V. Gavalo, V. I. Mishnev [et al.]; applicant Federal State Budgetary Institution of Science Khabarovsk Federal Research Centre of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

Благодарность (госзадание)

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-20036, <https://rscf.ru/project/24-27-20036/>, и финансирования со стороны Министерства образования и науки Хабаровского края.

Исследования проведены с использованием ресурсов Центра коллективного пользования «Центр исследования минерального сырья», финансируемого Российской Федерацией в лице Минобрнауки России по соглашению № 075-15-2025-621.

Acknowledgements (state task)

The research was financially supported by the grant from the Russian Science Foundation № 24-27-20036, <https://rscf.ru/project/24-27-20036/>, and by the Ministry of Education and Science of the Khabarovsk Territory. The research was conducted using the resources of the Common Use Centre “Mineral Raw Materials Research Centre”, funded by the Russian Federation represented by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation under Agreement № 075-15-2025-621.

Информация об авторах:

Казарина Елизавета Николаевна – младший научный сотрудник Института горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук; Scopus ID: 58033952600; ORCID: 0009-0006-6701-0934; SPIN-код: 2372-7484 (680000, Российская Федерация, г. Хабаровск, ул. Тургенева, д. 51; e-mail: kazarinaen@mail.ru).

Мишнев Владимир Игоревич – младший научный сотрудник Института горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук; Scopus ID: 58030888800; ORCID: 0009-0004-7859-8572; SPIN-код: 7093-7742 (680000, Российская Федерация, г. Хабаровск, ул. Тургенева, д. 51; e-mail: mishnev.vl@mail.ru).

Шевкун Евгений Борисович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории обогащения полезных ископаемых Института горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук; Scopus ID: 6507713376; ORCID: 0000-0001-9002-4943; SPIN-код: 9111-9588 (680000, Российская Федерация, г. Хабаровск, ул. Тургенева, д. 51).

Галимьянов Алексей Алмазович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Института горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук; Scopus ID: 58034592900; ORCID: 0000-0002-8003-7502; SPIN-код: 1619-2870 (680000, Российская Федерация, г. Хабаровск, ул. Тургенева, д. 51; e-mail: azot-1977@mail.ru).

About the authors:

Elizaveta N. Kazarina – Junior Researcher, Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus ID: 58033952600; ORCID: 0009-0006-6701-0934; SPIN-code: 2372-7484 (51 Turgenev st., Khabarovsk, 680000, Russian Federation; e-mail: kazarinaen@mail.ru).

Vladimir I. Mishnev – Junior Researcher, Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus ID: 58030888800; ORCID: 0009-0004-7859-8572; SPIN-code: 7093-7742 (51 Turgenev st., Khabarovsk, 680000, Russian Federation; e-mail: mishnev.vl@mail.ru).

Evgeny B. Shevkun – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Chief Researcher at the Mineral Processing Laboratory of the Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus ID: 6507713376; ORCID: 0000-0001-9002-4943; SPIN-code: 9111-9588 (51 Turgenev st., Khabarovsk, 680000, Russian Federation).

Alexey A. Galimyanov – Candidate of Sciences (Engineering), Leading Researcher at the Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus ID: 58034592900; ORCID: 0000-0002-8003-7502; SPIN-code: 1619-2870 (51 Turgenev st., Khabarovsk, 680000, Russian Federation, e-mail: azot-1977@mail.ru).

Для цитирования:

Фактор опережающего срабатывания скважинных зарядов / Е. Н. Казарина, В. И. Мишнев, Е. Б. Шевкун, А. А. Галимьянов // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Науки о Земле». – 2026. – № 4 (89). – С. 155–161.

For citation:

Faktor operezhayushchego srbatyvaniya skvazhinnykh zaryadov [Factor of advances operation of borehole charges] / E. N. Kazarina, V. I. Mishnev, E. B. Shevkun, A. A. Galimyanov // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series “Earth Sciences”. – 2026. – № 4 (89). – P. 155–161.

Дата поступления рукописи: 28.11.2025

Прошла рецензирование: 02.02.2026

Принято решение о публикации: 15.04.2026

Received: 28.11.2025

Reviewed: 02.02.2026

Accepted: 15.04.2026