

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-5-102-107

УДК 622.235.6

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИНИЦИИРОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СЕЙСМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЗРЫВОВ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ

Катанов Игорь Борисович¹,
профессор, доктор техн. наук, noa-0025@yandex.ru

Сысоев Андрей Александрович¹,
профессор, доктор техн. наук, ia_sys@mail.ru

Кондратьев Сергей Александрович²,
исполнительный директор, priem@nmz-iskra.ru

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 650000,
Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

² АО «НМЗ «Искра», 630900 Россия, Новосибирск



Информация о статье

Поступила:
03 сентября 2021 г.

Рецензирование:
30 сентября 2021 г.

Принята к печати:
25 октября 2021 г.

Ключевые слова:
массовые взрывы,
электронные средства
инициирования, сейсмическое
воздействие, сейсмоопасное
расстояние.

Аннотация.

В статье сформулированы основные принципы управления сейсмическим воздействием взрыва скважинных зарядов при массовых взрывах на угольных разрезах путем выбора рациональных интервалов замедлений поверхностной и скважинной сети. Приводится анализ результатов расчета сейсмоопасного расстояния по методике, используемой производителями и вероятностной модели, учитывающей случайность срабатывания замедлителей системы инициирования с пиротехническими и электронными детонаторами, основанной на нормальном законе распределения времени срабатывания скважинных и поверхностных замедлителей. В качестве примера выполнен прогноз сейсмоопасного расстояния при использовании пиротехнических внутрискважинных замедлителей «ИСКРА-С» и электронных замедлителей «ИСКРА-Т». Показано, что использование электронных скважинных замедлителей «ИСКРА-Т» позволяет снизить количество зарядов, инициирующих в интервале замедления менее 20 мс, что позволяет уменьшить сейсмоопасное расстояние при проведении массовых взрывов на предприятиях, расположенных вблизи населенных пунктов и промышленных охраняемых объектах.

Для цитирования: Катанов И.Б., Сысоев А.А., Кондратьев С.А. Оценка эффективности применения неэлектрических систем инициирования при управлении сейсмическим воздействием взрывов на угольных разрезах // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2021. – № 5 (147). – С. 102-107 – DOI: 10.26730/1999-4125-2021-5-102-107

Управление сейсмическим воздействием взрывов на охраняемые объекты реализуется посредством управления параметрами буровзрывных работ, в частности, руководствуясь разработанной в работе [1] методикой выбора замедлений поверхностной и скважинной сети с учетом вариации параметров буровзрывных работ (количества групп замедлений в массовом взрыве, величины интервала замедления между группами зарядов, максимальной массы одновременно инициируемого взрывчатого вещества в группе одновременности).

Оценка сейсмического воздействия взрывов при открытой разработке месторождений может осуществляться на примере эффективности применения неэлектрических систем инициирования разрезе «Кедровский». На Кедровском угольном разрезе максимальная

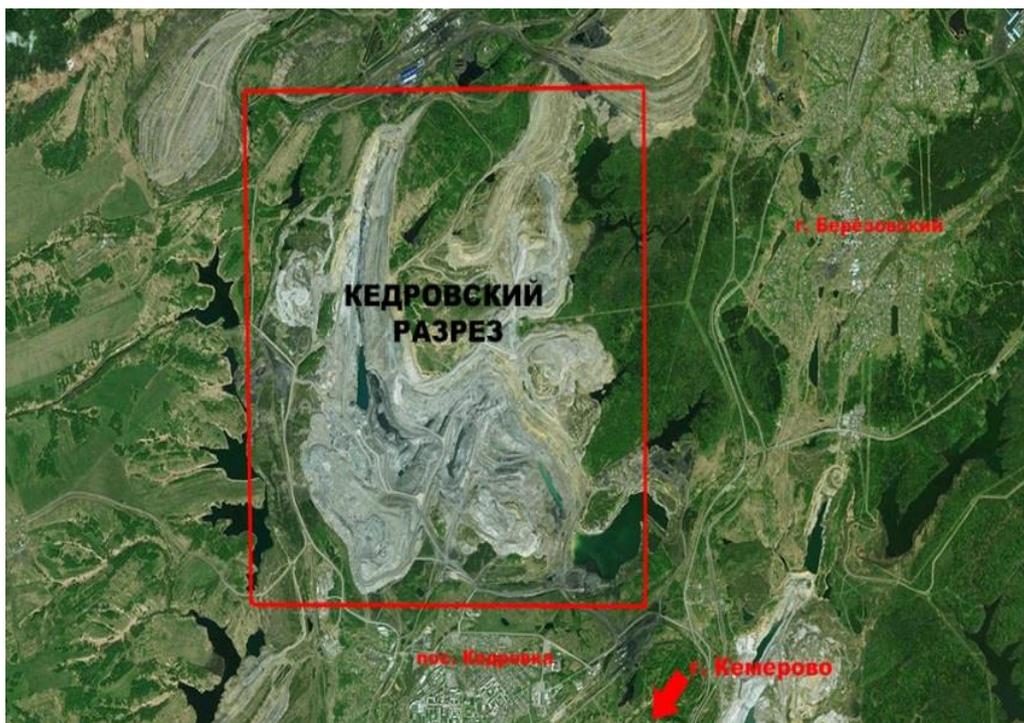


Рис. 1. Сводный план разреза «Кедровский»
Fig. 1. Summary plan of the «Kedrovsky» section

проектная глубина отработки разреза составляет 320 м. Предусмотрена реконструкция действующих и строительство новых объектов Кедровского угольного разреза для обеспечения его производственной мощности, которая до конца отработки первой очереди составит 5,0 млн тонн угля в год. В ходе реализации проекта реконструкции предусмотрено вскрытие угольных пластов лицензионного участка «Пихтовский», который является продолжением участка «Кедровское поле», на более глубокие горизонты. Запасы участка «Пихтовский» оцениваются в 39 млн тонн, в том числе 11% – коксующихся марок КО и ГЖО, 89% – энергетических СС и КСН. Развитие разреза в глубину очевидно потребует увеличение его площади на уровне дневной поверхности, в результате чего границы горного отвода приблизятся к жилому массиву и охраняемым объектам (рис. 1).

Расстояние от границы горного отвода до ближайших строений поселка «Кедровский» составляет всего несколько сот метров. Следовательно, в ближайшее время возникнет необходимость проведения взрывных работ, учитывающих снижение сейсмического воздействия.

Сравнение проводилось по двум вариантам применения пиротехнических и гибридных систем инициирования [2, 3]. Расчет расстояний, на которых могут быть расположены охраняемые объекты без угрозы их повреждения, проведен по данным опытно-промышленных взрывов с использованием прогноза по вероятностной модели [1] в сравнении с расчетами по проектам массовых взрывов, результаты которых представлены в таблице.

Рекомендации по выбору параметров замедлений [1] разработаны для типовых взрывных блоков, имеющих на всем протяжении равное количество продольных рядов. Тем не менее, в качестве следствия этих результатов можно сформулировать и рекомендации для нетиповых блоков, одним из признаков которых является существенно изменяющееся количество в продольных (дочерних) рядах сети инициирования (рис. 2).

Для сложно структурных угольных месторождений такая конфигурация взрывных блоков наиболее характерна.

Из **Ошибка! Источник ссылки не найден.**(с учетом вероятностной модели) видно, что на максимальное количество зарядов в группе оказывает влияние количество продольных рядов скважин или, что то же самое, количество зарядов в дочерних рядах. Поэтому естественным решением является использование капсулей детонаторов с электронным замедлением только в

Таблица. Сравнительные результаты расчетов
 Table. Comparative results of calculations

Показатели	Дата взрыва и номер блока							
	19.08. 2019 г.	22.08. 2019 г.		28.08. 2019 г.	05.09. 2019 г.		29.12. 2019 г.	
	№ 89	№ 87	№ 90	№ 92	№ 93	№ 96	№147	
Скважинные замедлители	Искра-Т 1000	Искра-Т 2000	Искра-Т 2000	Искра-С 1000	Искра-С 1000	Искра-Т 2000	Искра-Т 2000	Искра-С 2000
Искра-П: магистральные поперечные	176 109	176 109	176 109	176 109	176 109	176 109	176 67	200 109
Количество продольных рядов, шт.	от 4 до 14	7	6	6	от 4 до 16	11	8	8
Количество зарядов в группе								
n_{\max} , шт.:	2	3	1	1	3	3	2	2
по проекту	5	3	2	4	6	5	3	5
по модели [1]								
Рекомендуемое по [1] замедление Искра-П, мс:								
магистральные поперечные	176 25	200 25	200 25	176 67	176 67	350 25	350 25	350 67
Прогнозируемое по [1] количество зарядов в группе	3	2	2	3	6	1	1	4
n_{\max} , шт.:								
Максимальная масса скважинного заряда Q_3 , кг	571,4	541,4	502	551,4	461,4	581	862	867
Сейсмоопасное расстояние r_c , м								
по проекту:								
- для промышленных;	411	558	532	412	507	375	536	536
- для жилых	730	993	947	732	901	667	954	954
по модели [1]:								
- для промышленных;	825	633	494	730	850	823	739	951
- для жилых	1466	1223	879	1298	1512	1476	1315	1691
прогнозируемое по модели [1]:								
- для промышленных;	644	553	494	636	850	373	427	849
- для жилых	1142	907	879	1132	1512	664	760	1509

наиболее широкой зоне взрывного блока, где наиболее вероятно наложение взрыва зарядов в случае использования пиротехнических скважинных капсулей детонаторов.

Производственниками для расчета сейсмоопасного расстояния в проектах массовых взрывов была использована формула по п. 843 [4], которая должна применяться при одновременном взрывании N групп зарядов с общей массой ВВ на блоке со временем замедления между взрывами каждой группы зарядов не менее 20 мс. Как видно из таблицы, при поверхностных замедлениях, используемых на практике, в группу одновременности инициирования попадает от 1 до 3 зарядов. Учитывая вероятностную модель срабатывания замедлителей, фактическое количество зарядов в группе увеличивается в 2-3 раза.



Рис. 2. Пример нетипового взрывного блока
Fig. 2. Example of an atypical explosive block

г. Коркино

г. Киселевск

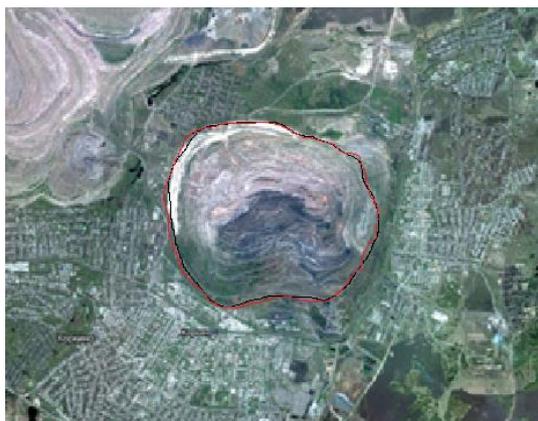


Рис. 3. Угольные разрезы вблизи населенных пунктов (красным цветом выделены границы горных выработок)
Fig. 3. Coal mines near localities (the boundaries of mine workings are highlighted in red)

На наш взгляд, более правильно использовать формулу по п. 842 [4] при одновременном (без замедления) взрывании группы из N зарядов взрывчатых веществ общей массой Q в группе.

При расчете приняты значения коэффициентов, входящих в указанные формулы, в соответствии с проектами массовых взрывов, в т. ч.: K_g – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания (сооружения): для промышленных объектов – 15, а жилых – 20; K_c – коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки: для промышленных объектов – 1,5; жилых объектов – 2; α – коэффициент, зависящий от условий взрывания (на рыхление при размещении заряда в воде или в водонасыщенных грунтах: для промышленных и жилых объектов – 2.

Анализ натуральных данных по применению детонаторов с различными номиналами замедлений при реализации поперечных схем взрывания на разрезе «Кедровский» и других разрезах [5] показал, что применение интервалов поверхностных замедлений 176 мс в магистральном ряду и 109 мс в поперечных рядах, а скважинных замедлений 1000-2000 мс при использовании пяти продольных рядов взрывания приводит к тому, что тип замедлителя не значительно влияет на максимальное количество зарядов в группе одновременности.

Увеличение числа продольных рядов до 16 приводит к увеличению количества зарядов в группе одновременности в 2-3 раза.

Анализ натуральных данных по влиянию количества групп замедлений на скорость колебаний проводился при сопоставлении массовых взрывов в сходных горнотехнических условиях (блоки № 90 и 92), а также взрыва с комбинированной схемой инициирования скважинных зарядов (блок № 147), который показал, что использование скважинных капсулей-детонаторов с электронным замедлением обеспечивает более равномерное распределение времени инициирования зарядов на полном промежутке его действия и меньшую скорость колебаний грунта по сравнению с пиротехническими капсулями-детонаторами.

Применение скважинных устройств с электронным замедлением «Искра-Т» снижает количество зарядов взрывающихся одновременно в 20 мс интервале с более равномерным распределением ВВ в группе и уменьшением опасного расстояния по сейсмическому действию взрыва на 200-350 м для промышленных объектов и на 350-450 м для жилых зданий. Такой вариант снижения сейсмоопасного расстояния приобретает особую актуальность для предприятий, горные выработки которых находятся в непосредственной близости от населенных пунктов (рис. 3).

Выбор рациональных интервалов замедлений с применением «гибридных» систем с пиротехническими и электронными скважинными детонаторами [2, 3] в условиях практики ведения взрывных работ на конкретном предприятии позволит реализовать эффективный инструмент управления сейсмобезопасностью.

Вывод.

Цена капсулей детонаторов с электронным замедлением «Искра-Т» в 8-10 раз выше, чем цена соответствующих пиротехнических устройств «Искра-С» с замедляющим составом. В типовых условиях ведения взрывных работ при глубине скважин до 14 м использование электронных замедлителей сопровождается увеличением стоимости взрывной подготовки на 5-10 %. При глубине скважин более 14 м, когда требуется дублирование взрывной сети, соответствующим образом увеличиваются затраты. Это обстоятельство является основным фактором, который ограничивает использование капсулей детонаторов с электронным замедлением «Искра-Т» в любых горнотехнических условиях. Тем не менее, в условиях, когда речь идет о снижении сейсмоопасности промышленных взрывов вблизи населенных пунктов и охраняемых промышленных объектов, применение капсулей детонаторов с электронным замедлением «Искра-Т» является необходимым условием, позволяющим предотвратить возможные разрушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сысоев, А.А. Сравнительная оценка пиротехнических и электронных капсулей-детонаторов на основе вероятностной модели инициирования системы скважинных зарядов / А.А. Сысоев, С.А. Кондратьев, И.Б. Катанов // Взрывное дело. – 2020. № 126/83. – С.85–99.
2. Устройства инициирующие с замедлением скважинные «ИСКРА-С». Технические условия ТУ 7287-043-07513093-2006.
3. Устройства «ИСКРА-Т» с электронным замедлением инициирования. Технические условия ТУ 7275-031-07513903-2008.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Правила безопасности при взрывных работах: сборник документов. Серия 13. Выпуск 14. –М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности. – 2014. – 332 с. (с изменениями от 30 ноября 2017 г. № 518).
5. Кокин, С.В. Управление параметрами массового взрыва / С. В. Кокин, Д.М. Пархоменко, А.В. Бервин // Взрывное дело. – 2019. № 125/8. – С. 39–52.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2021 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-5-102-107

UDS 622.235.6

**EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF NON-ELECTRIC
INITIATION SYSTEMS IN CONTROLLING THE SEISMIC IMPACT OF
EXPLOSIONS AT COAL MINES**

Igor B. Katanov¹,
Professor, Dr. Sc. in Engineering, noa-0025@yandex.ru
Andrei A. Sysoev¹
Professor, Dr. Sc. in Engineering, ia_sys@mail.ru
Sergei A. Kondratyev²,
Chief Executive Officer, priem@nmz-iskra.ru

¹T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000,
Russian Federation

²JSC "NMZ "Iskra" Novosibirsk, Russia



Article info

Received:
06 June 2021

Revised:
30 September 2021

Accepted:
25 October 2021

Keywords: mass explosions,
electronic means of initiation,
seismic impact, earthquake-
hazardous distance

Abstract.

The article formulates the basic principles of controlling the seismic impact of the explosion of borehole charges during mass explosions at coal mines by choosing rational intervals of deceleration of the surface and borehole network. The analysis of the results of the calculation of the earthquake-hazardous distance according to the method used by production workers and a probabilistic model that takes into account the randomness of the triggering system retarders with pyrotechnic and electronic detonators, based on the normal law of the distribution of the response time of borehole and surface retarders, is presented. As an example, the forecast of the earthquake-hazardous distance is made when using pyrotechnic downhole moderators "ISKRA-S" and electronic moderators "ISKRA-T". It is shown that the use of electronic downhole decelerators "ISKRA-T" allows to reduce the number of charges that initiate in the deceleration interval of less than 20 ms, which allows to reduce the earthquake-hazardous distance when conducting.

For citation Katanov I.B., Sysoev A.A., Kondratyev S.A. Evaluation of the effectiveness of the use of non-electric initiation systems in controlling the seismic impact of explosions at coal mines. Bulletin of the Kuzbass State Technical University, 2021, no.5 (147), pp. 102-107. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-5-102-107

REFERENCES

1. Sysoev, A.A. Comparative evaluation of pyrotechnic and electronic caps-detonators on the basis of a probabilistic model of initiation of a system of borehole charges / A.A. Sysoev, S.A. Kondratyev, I.B. Katanov // Explosive business. – 2020. No. 126/83. – Pp. 85-99.
2. Devices initiating with deceleration borehole "ISKRA-S". Technical specifications of TU 7287-043-07513093-2006.
3. Devices "ISKRA-T" with electronic deceleration of initiation. Technical specifications of TU 7275-031-07513903-2008.
4. Federal norms and rules in the field of industrial safety. Safety rules for blasting operations: collection of documents. Series 13. Issue 14. – Moscow: CJSC " Scientific and Technical Center for Research on Industrial Safety Problems. – 2014. – 332 p. (with changes from November 30, 2017, No. 518).
5. Kokin, S.V. Control of mass explosion parameters / S. . Kokin, D.M. Parkhomenko, A.V. Berwin // Explosive business. – 2019. No. 125/8. – Pp. 39-52.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2021 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).