

DOI: 10.25558/VOSTNII.2021.13.43.002

УДК 622.235.6

© А.А. Сысоев, И.Б. Катанов, С.А. Кондратьев, 2021

**А.А. СЫСОЕВ**

д-р техн. наук, профессор  
КузГТУ, г. Кемерово  
e-mail: ia\_sys@mail.ru



**И.Б. КАТАНОВ**

д-р техн. наук,  
профессор кафедры  
КузГТУ, г. Кемерово  
e-mail: noa-0025@yandex.ru



**С.А. КОНДРАТЬЕВ**

генеральный директор  
АО «НМЗ «Искра», г. Новосибирск  
e-mail: priem@nmz-iskra.ru



## УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ

*Изложены основные положения метода и описание соответствующего программного обеспечения для прогнозирования распределения моментов инициирования скважинных зарядов на полном промежутке времени действия взрыва при использовании неэлектрических и электронных систем инициирования. Отличительная особенность предложенного метода заключается в том, что при определении моментов времени инициирования устройств замедления неэлектрических систем, он учитывает случайный характер срабатывания пиротехнических составов. Дано описание программного обеспечения, позволяющего оперативно получать визуальную картину распределения моментов инициирования во времени, определять максимальное количество зарядов, которые могут взорваться в интервале 20 мс с учетом ожидаемого количества «наложений» срабатывания средств инициирования. Предложены рекомендации по выбору параметров короткозамедленного взрывания, которые будут способствовать как снижению сейсмического воздействия непосредственно при проведении массового взрыва, так и увеличению продолжительности периодов проявления наведенной сейсмичности, характерной для горнодобывающих территорий.*

Ключевые слова. КАРЬЕР, ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ, СЕЙСМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, СИСТЕМЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ, УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТОВ ИНИЦИИРОВАНИЯ, ПРОГРАММА РАСЧЕТА.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Расширение границ открытых горных работ обуславливает возрастание негативного сейсмического воздействия промышленных взрывов на промышленные и социальные объекты. В Кузбассе, например, в ряде случаев угольные разрезы располагаются в непосредственной близости от населенных пунктов, и поэтому возникает необходимость ведения взрывных работ на расстояниях 300 м и менее до охраняемых объектов, что предъявляет повышенные требования к обоснованности сейсмической безопасности массовых взрывов [1].

При большом разнообразии горнотехнических условий достаточно точное прогнозирование показателей интенсивности сейсмического воздействия практически невозможно. Наличие или отсутствие выработанного пространства, ориентация взрывного блока, физико-механические и структурные свойства пород, обводненность массива и другие факторы приносят существенный «шум» в результаты возможных теоретических расчетов. Поэтому проектирование массовых взрывов, обеспечивающих сейсмическую безопасность, осуществляется, как правило, в два этапа.

На первом этапе по результатам мониторинга показателей сейсмического воздействия ранее выполненных взрывов проводится обоснование максимально допустимой массы взрывчатых веществ (ВВ) в пределах взрываемого блока, которая устанавливается в зависимости от расстояния до охраняемого объекта из соображений гарантированной сейсмической безопасности. В этом случае подразумевается наличие самых неблагоприятных горнотехнических и технологических факторов, что с большой вероятностью гарантирует не превышение максимально допустимых показателей сейсмического воздействия промышленного взрыва.

На втором этапе в рамках проекта массового взрыва предусматривается выбор конкретных параметров буровзрывных работ, которые бы обеспечивали, в частности, минимизацию сейсмического воздействия в существующих горнотехнических условиях. При этом основным средством управления развитием взрыва являются параметры короткоза-

медленного взрывания — система инициирования, последовательность инициирования скважинных зарядов и время замедления между зарядами.

Обоснованный выбор параметров короткозамедленного взрывания не только окажет положительный эффект непосредственно при проведении массового взрыва, но будет способствовать увеличению продолжительности периодов проявления наведенной сейсмичности, которая характерна для горнодобывающих территорий.

## СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В настоящее время наиболее распространенными типами систем инициирования при открытой разработке месторождений являются неэлектрические системы инициирования (НЭСИ), такие как Rionel, Exel, Эделин, Искра, Коршун-М и др., включающие волноводы, пиротехнические устройства замедления на поверхности взрываемого блока и скважинные капсулы-детонаторы с пиротехническим замедлением.

С точки зрения управления сейсмическим воздействием данная система инициирования имеет существенный недостаток, который заключается в низкой точности проектных моментов инициирования в результате отклонений пиротехнических замедлений от номиналов. Например, для пиротехнических устройств замедлений системы «Искра» от 25 до 1000 мс максимальное отклонение от номиналов составляет соответственно от 8 до 40 мс [2]. Аналогичный разброс в ошибке срабатывания имеет место и для других НЭСИ [2]. Очевидно, что наибольшее влияние на отклонение моментов инициирования от номинала при использовании этих систем оказывают скважинные устройства замедления. НЭСИ, несмотря на отмеченные выше недостатки, получили наибольшее применение на разрезах Кузбасса ввиду того, что по сравнению с другими средствами инициирования скважинных зарядов они характеризуются относительной простотой монтажа взрывной сети и некоторой возможностью управления развитием взрыва.

Совершенствование системы управления процессом развития массового взрыва возможно на основе использования неэлектрических систем инициирования (НЭСИ+), отличающихся от традиционного типа НЭСИ тем, что внутрискважинные устройства имеют электронные модули замедления, которые программируются непосредственно на заводе-изготовителе. Примером (НЭСИ+) является устройство «Искра-Т», выпускаемое Новосибирским заводом «Искра». Электронные модули замедления обеспечивают при любых промышленно используемых номиналах отклонение в пределах 1 мс. Использование их исключает основной негативный фактор, влияющий на разброс моментов инициирования скважинных зарядов и, соответственно, снижает интенсивность сейсмического воздействия при сохранении технологичности монтажа взрывной сети. В связи с этим объемы взрывных работ с использованием устройств «Искра-Т» на разрезах Кузбасса имеют тенденцию к увеличению.

Электронными модулями замедления оснащены системы точного электронного взрывания (СЭВ), такие как ЭДЭЗ, DaveyTronic, I-KON и др., которые имеют программируемые электронные детонаторы, блоки программирования и тестирования сети. Использование систем электронного взрывания позволяет обеспечить в пределах аппаратных ограничений (максимально допустимая задержка инициирования и максимально допустимое количество зарядов) равномерное распределение моментов инициирования отдельных скважинных зарядов, что существенно снижает сейсмическое воздействие.

Объективным показателем интенсивности сейсмического воздействия промышленных взрывов является скорость смещения массива в основании охраняемых объектов. Удовлетворительная количественная оценка скорости смещения в зависимости от параметров буровзрывных работ, в частности, от параметров короткозамедленного взрывания, не представляется возможной в связи с большим числом влияющих горнотехнических факторов. Поэтому выбор времени замедления между зарядами базируется на положении правил безопасности при взрывных работах [3], в соответствии с

которым группу скважинных зарядов следует рассматривать как одновременно взрываемый заряд, если время замедления между ними не превышает 20 мс. В зависимости от максимальной массы ВВ в группе одновременности рекомендуется определять сейсмически безопасное расстояние до охраняемого объекта.

Как показал анализ проектов массовых взрывов, расчет количества зарядов в группе и, соответственно, массы ВВ в одновременно взрываемой группе зарядов устанавливается детерминированным методом без учета отклонений моментов инициирования от проектных значений. Если для электронных систем инициирования этот метод вполне оправдан, то при использовании неэлектрических систем инициирования с пиротехническими замедлителями он не соответствует фактической картине развития процесса инициирования системы скважинных зарядов.

Теоретически высокоточные электронные системы инициирования являются наиболее предпочтительными при короткозамедленном взрывании. Несмотря на это, на разрезах Кузбасса они не получили пока достаточно широкого применения по нескольким причинам. Во-первых, включение СЭВ в производственный процесс требует дополнительных разовых затрат на оборудование, программное обеспечение и обучение персонала, а также значительно более высоких, по сравнению с неэлектрическими системами инициирования, затрат на расходные материалы. Во-вторых, использующиеся в настоящее время на разрезах конфигурации аппаратной части систем электронного взрывания имеют ограничения по максимальной задержке инициирования капсюлей-детонаторов и количеству взрываемых зарядов. Кроме того, нельзя не учитывать тот факт, что существуют горнотехнические условия, при которых модернизированная система НЭСИ+ со скважинными устройствами «Искра-Т» по результатам инструментального сейсмологического мониторинга [4] не уступает СЭВ.

Таким образом, задача заключается в разработке инструмента, позволяющего прогнозировать распределение моментов инициирования зарядов на полном промежутке времени действия взрыва при использовании различных систем инициирования и различных до-

ступных для предприятия систем инициирования.

**Метод решения задачи** заключается в расчете массива чисел, каждое из которых соответствует случайному времени инициирования зарядов в результате отклонения времени срабатывания устройств замедления от их номиналов и определении показателей распределения моментов инициирования на полном промежутке времени действия взрыва при различных параметрах короткозамедленного взрыва с последующим выбором целесообразного варианта.

**Доказательная база** возможности применения метода по выбору параметров короткозамедленного взрыва, способствующего снижению сейсмического воздействия промышленных взрывов, представлена в виде следующих результатов теоретических и экспериментальных исследований:

- анализ технологических свойств неэлектрических систем инициирования скважинных зарядов на карьерах, по результатам которого выполнено обоснование общих принципов вероятностной модели инициирования скважинных зарядов при использовании неэлектрических систем инициирования [5, 6];

- анализ заводских испытаний устройств «Искра» для инициирования скважинных зарядов [1], по результатам которого установ-

лены параметры нормального распределения отклонения времени срабатывания от номиналов.

- опытно-промышленная проверка вероятностной модели короткозамедленного инициирования системы скважинных зарядов при различных системах инициирования, времени замедления и конфигурации взрывных блоков [7, 8] показала, что расчетное распределение общей масса ВВ на интервале времени действия взрыва качественно отражает фактическую динамику изменения локальных пиков скоростей смещений на соответствующих сейсмограммах массовых взрывов.

Оценка максимальной плотности моментов инициирования на отдельных интервалах полного времени действия взрыва и показателей равномерности их распределения могут служить основанием для выбора системы инициирования и комбинации скважинных и поверхностных замедлений для снижения сейсмического воздействия массового взрыва.

**Инструмент реализации** метода по выбору параметров короткозамедленного взрыва представлен в виде компьютерной программы для ЭВМ [9]. Программа разработана на основе формализации результатов теоретических и экспериментальных исследований. Фрагмент пользовательского интерфейса программы показан на рис. 1.

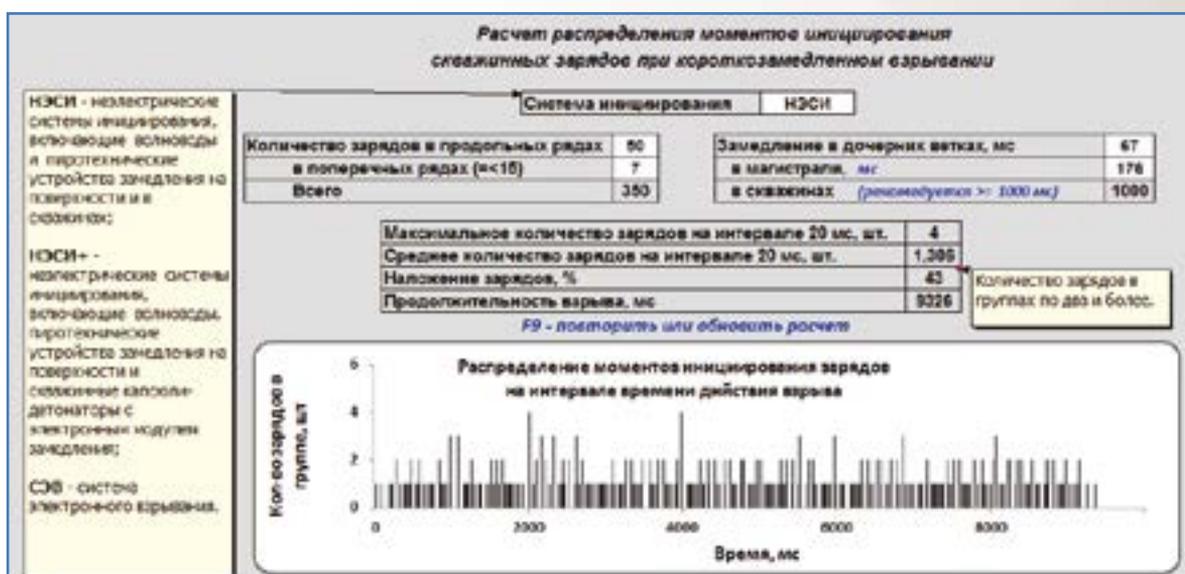


Рис. 1. Фрагмент интерфейса программы расчета распределения моментов инициирования скважинных зарядов

Программа позволяет выполнять расчет распределения моментов инициирования скважинных зарядов на полном интервале времени действия взрыва при различных системах инициирования, оценивать полученный результат по максимальному количеству зарядов, взрывающихся в интервале времени 20 мс и общему количеству зарядов в группах не менее двух, производить выбор системы инициирования и интервалов межскважинного замедления для конкретных горнотехнических условий с целью снижения сейсмического воздействия.

Исходная информация включает:

- тип системы инициирования;
- геометрические размеры взрывного блока;
- любые практически применяемые номиналы замедлений.

Расчетные данные:

- визуальное представление распределения моментов инициирования по интервалам 20 мс на полном промежутке времени действия взрыва;
- максимальное количество моментов инициирования на интервале 20 мс;
- среднее количество моментов инициирования на интервалах 20 мс;
- показатель наложения взрыва зарядов;
- общая продолжительность взрыва.

Для систем инициирования НЭСИ и НЭСИ+ в результатах расчета будет присутствовать элемент случайности, который имеет место и в реальных условиях. Поэтому рекомендуется при неизменных исходных данных несколько раз обновить расчет (клавиша F9), чтобы оценить степень влияния фактора случайности.

Критерием выбора параметров короткозамедленного взрывания является, в первую очередь, максимальное количество зарядов на интервале [10]. Остальные показатели, определяемые при расчете варианта, имеют вспомогательную роль и характеризуют равномерность распределения моментов инициирования во времени.

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБОБЩЕННОЙ ОЦЕНКИ СИСТЕМ ИНИЦИИРОВАНИЯ

1. При использовании неэлектрических систем инициирования вероятность наложения взрывов отдельных скважинных зарядов

увеличивается по мере увеличения количества продольных рядов независимо от соотношения замедлений в поверхностной сети. В связи с этим буровзрывные работы рекомендуется вести по возможности узкими заходками, что будет способствовать снижению сейсмического воздействия взрывов.

Кроме того, переход на более узкие заходки повлечет за собой уменьшение ширины рабочей площадки и, как следствие, снижение текущего коэффициента вскрыши и снижение затрат на вскрышные работы.

2. Сравнительная оценка неэлектрических систем инициирования НЭСИ и НЭСИ+ при использовании устройств замедления, выпускаемых Новосибирским заводом «Искра», показала, что применение капсулей-детонаторов с электронным модулем замедления «Искра-Т» практически при любых комбинациях поверхностных замедлений снижает вероятность одновременного взрыва скважинных зарядов по сравнению пиротехническими капсулями-детонаторами [8, 11–13].

3. Системы электронного инициирования наиболее приспособлены для управления параметрами короткозамедленного взрывания, поскольку позволяют запрограммировать постоянный промежуток времени между отдельными зарядами. Как правило, он принимается не многим более 20 мс, обеспечивая минимально возможную массу ВВ в серии. Как отмечалось выше, более высокие затраты на средства инициирования при использовании этих систем являются одним из факторов относительно небольших масштабов их применения.

Альтернативным по отношению к СЭВ методом инициирования без взаимного наложения взрывов отдельных зарядов является увеличение общей продолжительности взрыва за счет поверхностных замедлений «Искра-П» с одновременным использованием капсулей-детонаторов с электронным модулем замедления «Искра-Т». На разрезах Кузбасса имеется опыт проектирования и взрывания при замедлении в поверхностной сети до 350 мс без подбоя скважинных зарядов [14].

Выполненные расчеты по разработанной

программе подтверждают возможность использование системы НЭСИ+ для минимизации одновременно взрывающейся массы ВВ и полное исключение наложения взрывов зарядов. На рис. 2 показано расчетное распределение моментов инициирования при следующих параметрах: количество продольных рядов в блоке – 7; поверхностные замедления 42 и 350 мс; капсули-детонаторы «Искра-Т-2000».

При увеличении количества продольных рядов возможно наложение взрыва зарядов.

Таким образом, использование системы НЭСИ+ в сходных условиях позволит не только обеспечить наилучшее распределение моментов инициирования на полном промежутке времени действия взрыва, но и снизить затраты на средства инициирования по сравнению с СЭВ.

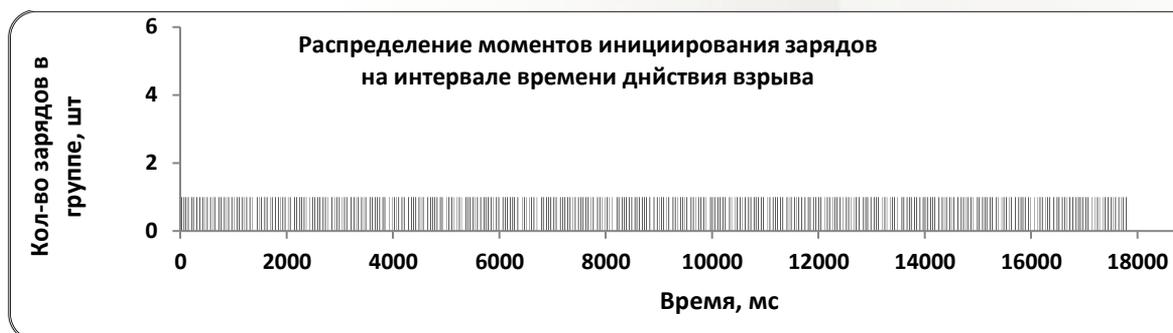


Рис. 2. Расчетное распределение моментов инициирования при использовании НЭСИ+

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зыков В.С. Состояние вопроса по проблеме влияния промышленных взрывов при открытой разработке угольных месторождений на охраняемые объекты и окружающую среду // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2018. № 3. С. 51–55.
2. Кондратьев С.А., Сысоев А.А., Катанов И.Б. Анализ результатов заводских испытаний устройств «Искра» для инициирования скважинных зарядов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2019. № 6. С. 2–78.
3. Правила безопасности при взрывных работах: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Сер. 13. Вып. 14. М.: ЗАО НТЦ АБ, 2014. 332 с.
4. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Бах А.А., Дураченко А.В., Шевкунова Е.В., Серёжников Н.А., Ворона У.Ю. Методические основы совместного инструментального сейсмологического мониторинга геосреды и особо ответственных зданий и сооружений // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2019. № 3. С. 14–44.
5. Сысоев А.А. Анализ систем инициирования скважинных зарядов на карьерах // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2016. № 4. С. 60–67.
6. Сысоев А.А. Технологические свойства неэлектрических систем инициирования скважинных зарядов на карьерах // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2016. № 1. С. 34–38.
7. Сысоев А.А., Катанов И.Б., Кондратьев С.А. Опыт-промышленная проверка вероятностной модели короткозамедленного инициирования системы скважинных зарядов // Взрывное дело. 2019. № 125/8. С. 5–16.
8. Сысоев А.А., Кондратьев С.А., Катанов И.Б. Сравнительная оценка пиротехнических и электронных капсулей-детонаторов на основе вероятностной модели инициирования системы скважинных зарядов // Взрывное дело. 2020. № 126/83. С. 85–99.

9. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021616191. Программа расчета параметров распределения моментов инициирования скважинных зарядов, оценки и оптимизации интервалов замедления при массовых взрывах на карьерах / Сысоев А.А., Катанов И.Б., Сысоев И.А. — № 2021615360; заявл. 12.04.2021.

10. Патент 2734651С1 Российская Федерация, МПК F42D 1/05. Способ многорядного короткозамедленного взрывания / Катанов И.Б., Сысоев А.А., Кондратьев С.А.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» — № 2020109445; заявл. 03.03.2020; опубликовано 22.10.2020. Бюл. № 30.

11. Вандакуров К.А., Гуськов Л.Н., Иванов А.С., Кондратьев С.А., Поникарев И.Д. Система инициирования с электронным замедлением Искра-Т. Перспективы применения // Вестник Балтийского ГТУ. 2017. № 52.

12. Кондратьев С.А. Развитие короткозамедленного взрывания скважинных зарядов с неэлектрическими системами инициирования // Сборник материалов XII Всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием Кемерово. 2020. С. 10602.1.

13. Кондратьев С.А., Поздняков С.А., Иванов А.С., Вандакуров К.А. Современные средства инициирования АО «НМЗ «ИСКРА» // Взрывное дело. 2019. № 123/80. С. 136–144.

14. Кокин С.В., Пархоменко Д.М., Бервин А.В. Опыт ООО «Кузбассразрезуголь–Взрывпром» по снижению воздействия массовых взрывов в Кузбассе на охраняемые объекты и окружающую среду // Горная промышленность. 2019. № 5 (147). С. 72.

---

**DOI: 10.25558/VOSTNII.2021.13.43.002**

**UDC 622.235.6**

© А.А. Sysoev, I.B. Katanov, S.A. Kondratiev, 2021

**A.A. SYSOEV**

Doctor of Engineering Sciences, Professor

KuzSTU, Kemerovo

e-mail: ia\_sys@mail.ru

**I.B. KATANOV**

Doctor of Engineering Sciences,

Professor of the Department

KuzSTU, Kemerovo

e-mail: noa-0025@yandex.ru

**S.A. KONDRATYEV**

General Director

JSC «NMZ «Iskra», Novosibirsk

e-mail: priem@nmz-iskra.ru

#### **CONTROL OF PARAMETERS OF SEISMIC SAFETY OF BLASTING WORKS AT QUARRIES**

*The article describes the main provisions of the method and the description of the corresponding software for predicting the distribution of the initiation moments of downhole charges at the full duration of the explosion when using non-electric and electronic initiation systems. A distinctive feature of the proposed method is that when determining the timing of initiation of devices for deceleration of non-*

*electric systems, it takes into account the random nature of actuation of pyrotechnic compositions. A description is given of software that allows to quickly obtain a visual picture of the distribution of initiation moments over time, to determine the maximum number of charges that can explode in the interval of 20 ms, taking into account the expected number of «overlaps» of triggers. Recommendations on selection of parameters of short-slow explosion are proposed, which will contribute both to reduction of seismic impact directly during mass explosion, and to increase the duration of periods of induced seismicity characteristic of mining territories.*

Keywords. QUARRY, BLASTING, SEISMIC IMPACT, INITIATION SYSTEMS, PARAMETER CONTROL, INITIATION MOMENT DISTRIBUTION, CALCULATION PROGRAM.

#### REFERENCES

1. Zykov V.S. State of the issue on the problem of the impact of industrial explosions in the open development of coal deposits on protected objects and the environment // Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti]. 2018. No. 3. P. 51–55. [In Russ.].

2. Kondratyev S.A., Sysoev A.A., Katanov I.B. Analysis of the results of factory tests of Iskra devices for the initiation of borehole charges // Bulletin of the Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2019. No. 6. P. 2–78. [In Russ.].

3. Blasting safety rules: Federal codes and regulations in the field of industrial safety. Series 13. Issue 14. M.: CJS «Scientific and Technical Center for Research of Industrial Safety Problems», 2014. 332 p. [In Russ.].

4. Emanov A.F., Emanov A.A., Fateev A.V., Bach A.A., Durachenko A.V., Shevkunova E.V., Serezhnikov N.A., Vorona U.Yu. Methodological foundations of joint instrumental seismological monitoring of the geoenvironment and especially critical buildings and structures // Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti]. 2019. No. 3. P. 14–44. [In Russ.].

5. Sysoev A.A. Analysis of borehole charge initiation systems in open pits // Bulletin of higher educational institutions. Mining Journal [Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal]. 2016. No. 4. P. 60–67. [In Russ.].

6. Sysoev A.A. Technological properties of non-electric systems of initiation of borehole charges in open pits // Bulletin of Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2016. No. 1. P. 34–38. [In Russ.].

7. Sysoev A.A., Katanov I.B., Kondratyev S.A. Experimental-industrial verification of a probabilistic model of short-delayed initiation of a system of borehole charges // Blasting [Vzryvnoe delo]. 2019. No. 125/8. P. 5–16. [In Russ.].

8. Sysoev A.A., Kondratyev S.A., Katanov I.B. Comparative evaluation of pyrotechnic and electronic blasting caps based on a probabilistic model of initiation of a system of borehole charges // Blasting [Vzryvnoe delo]. 2020. No. 126/83. P. 85–99. [In Russ.].

9. Certificate of registration of the computer program No. 2021616191. Program for calculating the parameters of the distribution of the moments of initiation of borehole charges, assessment and optimization of deceleration intervals during massive explosions in open pits / Sysoev A.A., Katanov I.B., Sysoev I.A. — No. 2021615360; declared 04.12.2021. [In Russ.].

10. Patent 2734651C1 Russian Federation, IPC F42D 1/05. Method of multi-row short-delayed blasting / Katanov I.B., Sysoev A.A., Kondratyev S.A.; Patent holder of the FSEI HPE «Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev» — No. 2020109445; declared 03.03.2020; published on 10.22.2020. Bul. No. 30. [In Russ.].

11. Vandakurov K.A., Guskov L.N., Ivanov A.S., Kondratyev S.A., Ponikarev I.D. Iskra-T electronic deceleration initiation system. Application prospects // Bulletin of the Baltic State Technical University [Vestnik Baltiyskogo GTU]. 2017. No. 52. [In Russ.].

12. Kondratyev S.A. Development of short-delayed blasting of borehole charges with non-electric initiation systems // Collection of materials of the XII All-Russian scientific-practical conference of young scientists with international participation Kemerovo. 2020. P. 10602.1. [In Russ.].

13. Kondratyev S.A., Pozdnyakov S.A., Ivanov A.S., Vandakurov K.A. Modern means of initiation of JSC «NMZ» ISKRA» // Blasting [Vzryvnoe delo]. 2019. No. 123/80. P. 136–144. [In Russ.].

14. Kokin S.V., Parkhomenko D.M., Bervin A.V. Experience of LLC «Kuzbassrazrezugol-Vzryvprom» in reducing the impact of massive explosions in Kuzbass on protected objects and the environment // Mining [Gornaya promyshlennost]. 2019. No. 5 (147). P. 72. [In Russ.].