

УДК 622.235**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЙСМОБЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ПРИ
ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ ДЛЯ РАЗНЫХ СИСТЕМ ИНИЦИИРОВАНИЯ**

Борцов А.Е. студент гр. ГОсз-181, VI курс

Научные руководители:

Марков С.О., к.т.н., доцент; Тюленев М.А., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева**Введение**

С 2022 г. на разрезах Кузбасса количество взрывов с использованием детонирующего шнура (ДШ) возросло более чем в 5 раз из-за дефицита повсеместно применявшихся неэлектрических систем инициирования (НСИ) типа «Коршун-М» [1] и «ИСКРА».

На российском рынке остались две крупные компании, производящие неэлектрические системы инициирования: АО «Азот-Взрыв» (г. Москва) и АО НМЗ «ИСКРА» (г. Новосибирск). Однако и эти компании ограничили объем выпускаемой продукции из-за ввода ограничений на поставки отдельных импортных компонентов сырья.

В 2022 году остро встал вопрос о замещении ранее применявшихся неэлектрических систем инициирования на детонирующий шнур и электронные системы инициирования (ЭСИ) и влияние их замены на сейсмическую безопасность при взрывных работах. Дефицит НСИ сохраняется до сих пор.

Бурение и взрывная подготовка вмещающих скальных пород являются неотъемлемыми процессами добычи угля при открытой разработке полезных ископаемых. Исключение этого этапа из производственного процесса невозможно. Отсутствие повсеместно применявшихся НСИ приведет к остановке взрывных работ и, в конечном итоге, к прекращению деятельности горнодобывающих предприятий. Чтобы избежать остановки производства, предприятия вынуждены возвращаться к использованию устаревших систем инициирования, в частности детонирующего шнура. При этом стоит отметить, что опыт применения детонирующего шнура за последние 20 лет значительно сократился. Подобная ситуация наблюдается и с применением ЭСИ, которые имеют свои особенности. В связи с этим, необходимы научно обоснованные рекомендации по использованию различных систем инициирования для обеспечения сейсмобезопасности охраняемых объектов [2].

Методы прогнозирования сейсмического воздействия взрывных работ, основанные на использовании справочных данных [3-4], дают противоречивые прогнозы, когда прогнозируемые сейсмические эффекты значительно отличаются от наблюдаемых [5-8]. Так как при их использовании необходимо учитывать параметры, которые могут значительно меняться даже в пределах одной

промышленной площадки или эти параметры неизвестны. Более того, такие справочные методы не принимают во внимание особенности систем инициирования, применяемых при проведении взрывных работ на конкретном предприятии.

Методические подходы к определению сейсмобезопасных расстояний при взрывных работах по ФНП [9]

В настоящее время сейсмобезопасные расстояния при межскважинных замедлениях определяются по ФНП «Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения» [9].

Уровень сейсмического действия массового взрыва зависит от большого количества факторов – тип и масса ВВ, конструкция заряда, схемы инициирования зарядов, замедления между взрывами скважин, а также свойств массива взрывааемых пород [14] и расположение блока в этом массиве (наличие свободных поверхностей, линия наименьшего сопротивления и т.п.).

При короткозамедленном взрывании на сейсмическое действие взрыва согласно [9] основное влияние оказывает масса ВВ в группе зарядов.

В п. 794 Федеральных норм и правилах [9] приводятся указания по определению сейсмобезопасных расстояний при одновременном взрывании N зарядов взрывчатых веществ (количество групп) общей массой Q , при этом замедления между взрывами каждого заряда должно быть не менее 20 мс.

$$r_c = \frac{K_r \times K_c \times \alpha}{\sqrt[4]{N}} \times \sqrt[3]{Q}, \quad (1)$$

где r_c - расстояние от места взрыва до охраняемого здания (сооружения), м; K_r - коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания (сооружения); K_c - коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки; α - коэффициент, зависящий от условий взрывания; N - количество зарядов взрывчатого вещества (количество групп); Q - общая масса всех зарядов, кг.

Согласно [9] при взрывании групп зарядов с замедлениями между взрывами в отдельной группе менее 20 мс каждую такую группу следует рассматривать как отдельный заряд с общей массой для группы.

Расчет сейсмобезопасных расстояний по формуле (1) применяется в основном при порядном взрывании с использованием детонирующего шнура. Формула (1) впервые появилась в 1992 г. в Единых правилах безопасности при взрывных работах [10]. Неэлектрические системы инициирования начали интенсивно внедряться для производства взрывных работ с 1998 г. При применении неэлектрических систем инициирования с межскважинными замедлениями, использование формулы (1) из Правил [9] затруднительно.

При применении НСИ интервал между взрывами скважинных зарядов зависит от схемы монтажа и применяемых номиналов замедлений НСИ, что требует значительного времени на обработку принятых для блока замедлений для расчета количества групп зарядов N , взрываемых в интервале более 20 мс.

Особенности определение массы ВВ в группе для разных систем инициирования

Кратко рассмотрим используемые на взрывных работах системы инициирования.

В Кузбассе на участках открытых горных работ в основном используются три типа средств инициирования: НСИ – неэлектрические системы инициирования; ЭСИ – электронные системы инициирования; ДШ – детонирующий шнур, а также их сочетания [2].

ФНП «Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения» [9] при короткозамедленном взрывании предписывают определять сейсмобезопасное расстояние по формуле (1) с учетом Q – массы ВВ на блоке и N – количество зарядов взрывчатых веществ (время замедления между взрывами зарядов не менее 20 мс). Также в расчетах сейсмобезопасных расстояний используются различные коэффициенты: грунтовых условий; характера застройки; условий взрывания.

Общепринято, что при короткозамедленном взрывании на сейсмическое действие взрыва основное влияние оказывает масса ВВ в группе. Анализируя формулу (1) видно, что это утверждение верно т.к. масса ВВ на блоке Q распределяется по зарядам взрывчатого вещества N .

У каждой из систем инициирования масса ВВ в группе при одинаковых массах скважинных зарядов будет разной из-за технологии монтажа этих систем. Далее рассмотрим, как формируется масса ВВ в группе для разных систем инициирования.

При использовании ДШ масса ВВ в группе, как правило, будет зависеть от количества скважин в ряду, которые взрываются одновременно без замедлений между ними. Замедления между группами зарядов (рядами скважин) определяются номиналом пиротехнических замедлений, например, 109 мс, как показано на рис. 1.

При применении ЭСИ каждой скважине назначается свое индивидуальное время взрыва (рис. 2), и масса ВВ в группе будет зачастую равна массе ВВ в скважине при номиналах замедлений больше 21 мс. При этом как отмечено в [2] в настоящее время нет обоснованных рекомендаций по снижению сейсмического действия массовых взрывов при применении электронных систем инициирования.

Для НСИ масса ВВ в группе будет зависеть от применяемых замедлений (рис. 3). Зачастую при увеличении времени замедлений в магистрали и в рядах, масса ВВ в группе будет меньше.

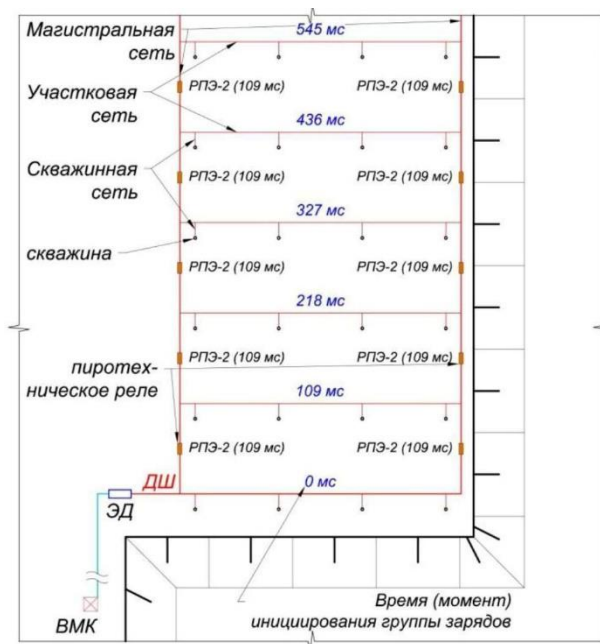


Рис. 1. Схема монтажа поверхностной взрывной сети при использовании ДШ

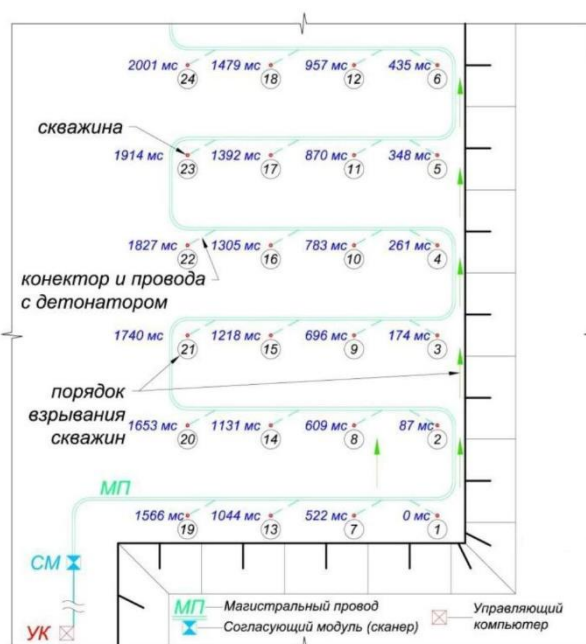


Рис. 2. Схема монтажа поверхностной взрывной сети при использовании ЭСИ

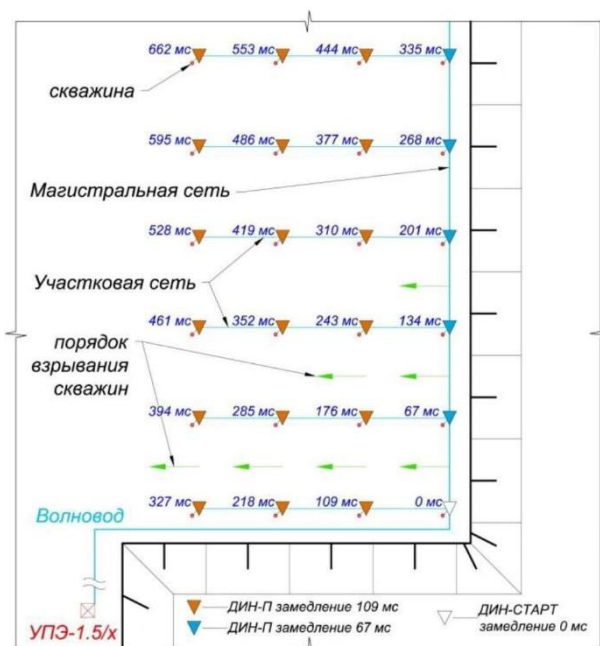


Рис. 3. Схема монтажа поверхностной взрывной сети при использовании НСИ

Расчет массы ВВ в группе для разных систем инициирования

Для схем монтажа взрывной сети, приведенных на рис. 1-3 рассчитаем массу ВВ в группе при следующих параметрах скважинного заряда для условий АО «Черниговец»: длина скважины - 15 м; длина заряда Гранулита РП - 12 м; длина забойки - 3 м; диаметр скважины - 0,2 м; масса скважинного заряда - 333 кг; количество скважин на блоке - 24 шт.; $Q = 7992$ кг - общая масса всех

зарядов на блоке. Коэффициенты, используемые в формуле (1), используем одинаковые для всех систем инициирования: $K_r = 20$ (водонасыщенные грунты) - коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания (сооружения); $K_c = 2$ (небольшие жилые поселки) - коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки; $\alpha = 1$ (взрыв на рыхление) - коэффициент, зависящий от условий взрывания.

Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Масса ВВ в группе для разных систем инициирования
 скважинных зарядов по методике [7]

Система инициирования	Номиналы замедлений, мс.	Масса ВВ в скважине, кг.	Максимальное кол-во скважин в группе, шт. / количество групп шт. *	Максимальная масса ВВ в группе, кг.	Расчетное сейсмобезопасное расстояние, м
ДШ	21	333	4 / 6	1332	511
ДШ	109	333	4 / 6	1332	511
ЭСИ	21	333	1 / 24	333	361
ЭСИ	109	333	1 / 24	333	361
НСИ	25×67	333	3 / 13	999	421
НСИ	42×67	333	3 / 14	999	413
НСИ	67×109	333	2 / 18	666	388
НСИ	109×176	333	2 / 23	666	365
НСИ	109×25	333	1 / 24	333	361
НСИ	176×109	333	1 / 24	333	361

* Примечание: расчет максимального количества скважин в группе и количество групп для НСИ выполнены по методическим подходам, изложенным [11-13]. При изменении количества рядов и количества скважин в ряду (рис. 1-3) количество скважин в группе и количество групп изменится.

Анализируя данные таблицы 1 следует отметить, что расчеты по методике [9], количества групп и массы ВВ в группе (взрываемых в интервале более 20 мс) различны для разных систем инициирования.

При количестве рядов скважин и скважин в ряду при применении ДШ масса ВВ в группе всегда одинакова для разных замедлений, при применении ЭСИ и замедлениях между взрывами зарядов более 21 мс, масса ВВ в группе всегда равна массе ВВ в скважине, а при применении НСИ масса ВВ в группе будет зависеть от применяемых замедлений.

Следует отметить, что сейсмическое действие взрывов для разных систем инициирования и разных схем монтажа поверхностной взрывной сети точно можно определить только инструментальными замерами, а не теоретическими расчетами по массе ВВ в группе как в табл. 1.

Выводы

1. Использование ДШ дает резкое увеличение уровня сейсмического действия массовых взрывов из-за ограничений технологии формирования групп зарядов. При этом увеличение во взрывной сети пиротехнических реле для уменьшения массы ВВ в группе приводит к усложненным схемам монтажа взрывной сети блока и увеличению количества отказов.

ДШ допустимо применять только на больших расстояниях от охраняемых объектов.

2. Теоретически использование ЭСИ должно вести к снижению сейсмического действия массовых взрывов. Учитывая отсутствие обоснованных рекомендаций по применению ЭСИ их использование возможно только после проведения экспериментов в конкретных производственных условиях. Также следует учитывать, что ЭСИ в несколько раз дороже НСИ.

3. При применении НСИ снижения сейсмического действия массовых взрывов можно добиться применением схем монтажа взрывной сети с разными номиналами замедлений.

Список литературы

1. Каталог продукции AV GROUP 2022 // AV GROUP. – 2022. – 46 с.
2. Самусев П.А. Сравнительная оценка сейсмического действия массовых взрывов при применении различных систем инициирования / П.А. Самусев, А.Г. Новиньков, С.И. Протасов, А.Н. Завьялов // Взрывное дело, 2023. – № 141/98. – С.107-133.
3. Ганапольский М.И. Обоснование сейсмобезопасных условий производства взрывных работ / М.И. Ганапольский, В.В. Пупков, И.А. Ненахов, В.Е. Фоменкова // Взрывное дело, 2015. – № 113/70. – С.347-365.
4. Барон В.Л. Определение безопасных расстояний при производстве взрывных работ / В.Л. Барон, В.А. Белин, М.И. Ганапольский, И.Б. Строгий // Москва : Горное дело : Коммерийский центр, 2016. - 176 с.
5. Новиньков А.Г. Статистическая надежность прогнозирования пиковой скорости колебаний при массовых промышленных взрывах / А.Г. Новиньков, С.И. Протасов, П.А. Самусев, А.С. Гукин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2015. – №5. – С.50-58.
6. Новиньков А.Г. Практический метод учета преобладающей частоты колебаний при определении сейсмобезопасных расстояний при ведении взрывных работ на карьерах / А.Г. Новиньков, С.И. Протасов, П.А. Самусев // Взрывное дело, 2016. – №115/72. – С.214-225.
7. Новиньков А.Г. Сейсмическая безопасность подземных горных выработок при ведении взрывных работ на земной поверхности / А.Г. Новиньков, С.И. Протасов, П.А. Самусев // Безопасность труда в промышленности, 2018. – № 8. – С. 64-68.
8. Новиньков А.Г. Определение сейсмобезопасных расстояний при массовых промышленных взрывах с учетом преобладающей частоты колебаний /

А.Г. Новиньков, С.И. Протасов, П.А. Самусев, А.С. Ташкинов // Вестник КузГТУ. 2016. – №6 (118). – С.56-62.

9. ФНП «Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения» (утверждены приказом Ростехнадзора от 03.12.2020 г. № 494, зарегистрированы в Минюсте России 25.12.2020 г. № 61824).

10. Единые правила безопасности при взрывных работах / Редкол.: М.П. Васильчук, и др.; Утв. Госгортехнадзором России 1992 г. – М.: НПО ОБТ, 1992. – 239 с.

11. Новиньков А.Г. Опыт управления сейсмобезопасностью массовых взрывов / А.Г. Новиньков, С.И. Протасов, П.А. Самусев // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2019. № 3. С. 45-53.

12. Новиньков А.Г. Сейсмическая безопасность подземного газопровода при массовых промышленных взрывах на угольном карьере / А.Г. Новиньков, С.И. Протасов, П.А. Самусев, А.С. Гукин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2013. № 6 (100). С. 51-55.

13. Самусев П.А. Практические способы повышения точности прогноза пиковой скорости колебаний при оценке сейсмической безопасности взрывных работ / П.А. Самусев, А.Г. Новиньков, С.И. Протасов // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2021. № 4. С. 5-15.

14. Марков, С. О. Гранулометрический состав отвальных массивов разрезов Кузбасса / С. О. Марков, Е. В. Мурко, Ф. С. Непша // Горные науки и технологии. – 2021. – Т. 6, № 4. – С. 259-266. – DOI 10.17073/2500-0632-2021-4-259-266. – EDN EBGHLLA.