

DOI: 10.25558/VOSTNII.2023.34.31.003

УДК 622.235

© А.И. Басарнов, Д.Н. Батраков, 2023

А.И. БАСАРНОВ

научный сотрудник лаборатории
безопасности взрывных работ
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: vostnii-bvr@yandex.ru



Д.Н. БАТРАКОВ

заведующий лабораторией безопасности
взрывных работ,
старший научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: vostnii-bvr@yandex.ru



ИСПЫТАНИЯ УСТРОЙСТВ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ НА ВРЕМЯ СРАБАТЫВАНИЯ В ПОЛИГОННЫХ УСЛОВИЯХ

Предложена методика проведения испытаний устройств неэлектрической системы инициирования на время срабатывания в полигонных условиях. В статье изложены результаты проведенных испытаний согласно изложенной методике, приведены результаты измерений.

Ключевые слова: ПРОМЫШЛЕННЫЕ МАССОВЫЕ ВЗРЫВЫ, ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ, НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ, ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ.

ВВЕДЕНИЕ

Применение неэлектрических систем инициирования (НСИ) при производстве взрывных работ на открытых горных работах на территории РФ имеет короткую историю (не более 30 лет).

Внедрение НСИ при производстве массовых взрывов позволило решить несколько основных задач:

1. Повышение надежности срабатывания средств инициирования (СИ) за счет применения больших внутрискважинных замедлений (уменьшение вероятности подбоя поверхностной взрывной сети);

2. Повышение безопасности, технологичности и удобства монтажа взрывных сетей для взрывперсонала;

3. Снижение интенсивности воздействия ударной воздушной волны (УВВ), образующейся при массовом взрыве, на людей и охраняемые объекты;

4. Снижение сейсмического воздействия промышленных массовых взрывов на окружающий горный массив и охраняемые объекты.

Если решение первых трех задач можно считать неоспоримым, то фактическое снижение сейсмических проявлений при производстве массовых взрывов на открытых горных работах за счет технических возможностей НСИ, способных обеспечить взрывание не более одной скважины в серию, не всегда соответствует проектному.

Неэлектрические системы инициирования (НСИ) как отечественных, так и зару-

бежных производителей, ввиду применения в них пиротехнического состава для задержки срабатывания капсуль-детонаторов, имеют существенные абсолютные отклонения времени замедлений от установленных техническими условиями номинальных значений. Однако стоит отметить, что для подбора времен замедлений (скважинных и поверхностных) капсуль-детонаторов необходимо пользоваться приведенными в технических условиях на НСИ средними квадратическими значениями отклонений от номинальных времен замедлений. При неверном подборе времен замедлений капсуль-детонаторов НСИ возможно нарушение порядка срабатывания взрывааемых скважин, предусмотренного проектом.

Ввиду указанной выше причины при некоторых схемах поверхностной взрывной сети (подбор номиналов времен замедлений скважинных и поверхностных устройств НСИ) происходит отклонение фактической работы взрывааемых блоков от проектных схем за счет одновременного взрывания нескольких смежных скважинных зарядов, что влечет за собой увеличение сейсмической нагрузки на окружающий горный массив, образованию заколов, ухудшению устойчивости бортов карьеров, увеличению зоны разлета кусков горной породы при производстве массового взрыва, а также ухудшению качества взорванной горной массы (ВГМ).

По этой же причине при применении на взрываемом блоке рассредоточенных скважинных зарядов, инициируемых НСИ, возникает высокая вероятность срабатывания в штатном режиме только одной части рассредоточенного скважинного заряда ВВ (один

из зарядов, не успевая сдетонировать, переуплотняется и срабатывает в режиме скоростного горения), следовательно, происходит ухудшение качества ВГМ, а также возможна непроработка подошвы уступа.

Исходя из вышесказанного, считаем необходимым проведение испытаний устройств НСИ по показателю «время срабатывания» не только в условиях заводов-изготовителей НСИ, в рамках приемо-сдаточных, периодических или сертификационных испытаний, но и в условиях предприятий-потребителей, организаций, выполняющих взрывные работы (при проведении входного контроля).

Сотрудниками лаборатории безопасности взрывных работ АО «НЦ ВостНИИ» совместно с ООО «Лаборатория ВР» (г. Новосибирск) разработана методика испытаний образцов устройств неэлектрической системы инициирования на время срабатывания в полевых условиях.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ НА ВРЕМЯ СРАБАТЫВАНИЯ

Суть методики заключается в измерении (расчете) интервала времени между срабатыванием стартового (рис. 1) и финишного (рис. 2) фотодиодных датчиков, что и является временем срабатывания устройства НСИ.

Стартовый датчик фиксирует излучение фронта детонационной волны (вспышку), проходящего внутри ударно-волновой трубки (УВТ) после ее инициирования. Стартовый датчик устанавливается в месте подсоединения УВТ к капсуль-детонатору, как показано на рис. 3.



Рис. 1. Внешний вид стартового фотодиодного датчика



Рис. 2. Внешний вид финишного фотодиодного датчика

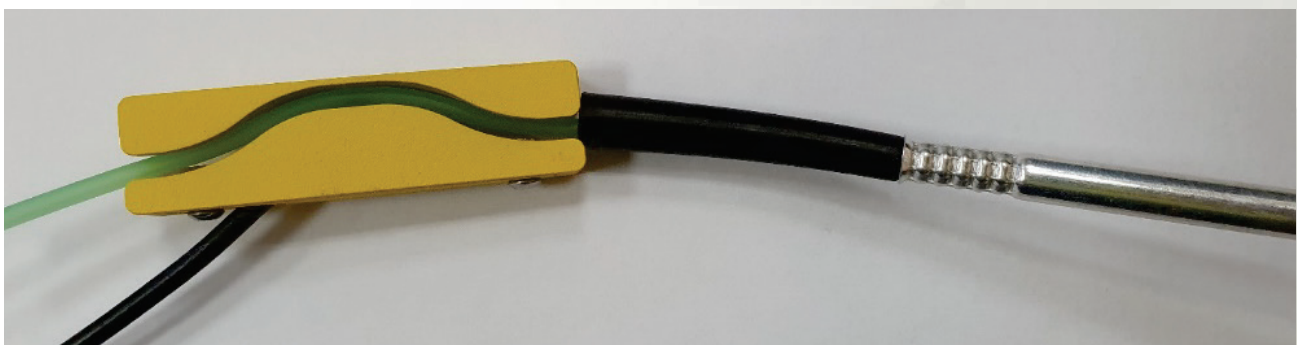


Рис. 3. Место установки стартового датчика

Финишный датчик фиксирует срабатывание вторичного ВВ капсуль-детонатора устройства НСИ (вспышку). Финишный датчик размещается в пространстве напротив капсуль-детонатора НСИ.

При проведении испытаний по показателю «время срабатывания» в полигонных усло-

виях размещение в пространстве относительно друг друга датчиков и капсуль-детонатора НСИ возможно выполнить за счет применения различных коробок из гофрокартона (рис. 4) или более надежной для многоразового использования металлической бочки на 200 л (рис. 5).



Рис. 4. Полигонная модель испытаний образцов устройств НСИ: 1 — коробка из гофрокартона для размещения в пространстве относительно друг друга датчиков и капсуль-детонатора НСИ при испытании в полигонных условиях; 2 — ударно-волновая трубка (УВТ) НСИ; 3 — капсуль-детонатор устройства НСИ; 4 — стартовый фотодиодный датчик; 5 — финишный фотодиодный датчик





Рис. 5. Полигонная модель испытаний образцов устройств НСИ: 1 — металлическая бочка (200 л) для размещения в пространстве относительно друг друга датчиков и капсуль-детонатора НСИ при испытании в полигонных условиях; 2 — ударно-волновая трубка (УВТ) НСИ; 3 — стартовый фотодиодный датчик; 4 — финишный фотодиодный датчик

Для измерения интервала времени между срабатыванием фотодиодных датчиков могут быть применены следующие средства измерения, внесенные в Госреестр средств измерения:

1. Быстродействующий модуль АЦП совместно с программным обеспечением;
2. Измеритель микросекундных интервалов времени (ИВИ-4 ТУ 26.51.43-001-32567346-2021).

Испытания образцов НСИ были проведены в условиях полигонов для испытаний СИ и ВВ в составе базисных складов ВВ на АО «Лебединский ГОК» (г. Губкин), ООО «КРУ-Взрывпром» (г. Кемерово), АО «Базовые металлы» (Чукотский автономный округ).

Рассмотрим несколько примеров проведенных испытаний устройств шпуровых НСИ одного производителя с одинаковым номинальным значением времени замедления (10 000 мс).

Пример № 1.

Производится инициирование испытываемого по показателю «время срабатывания» устройства шпурового НСИ согласно полигонной модели, приведенной на рис. 5.

Регистрация времен срабатывания стартового и финишного датчиков выполняется с помощью преобразователя напряжения измерительного L-CARD-E14-440 (АЦП).

Стартовый и финишный датчики подключаются к АЦП соответственно к каналам № 1 и № 2.

Поступающие с АЦП цифровые сигналы записываются с помощью программного обеспечения «LGraph2» на подключенный к нему ноутбук (ПК). Дальнейшая обработка полученных значений цифровых сигналов производится программой «PowerGraph» (рис. 6–8).

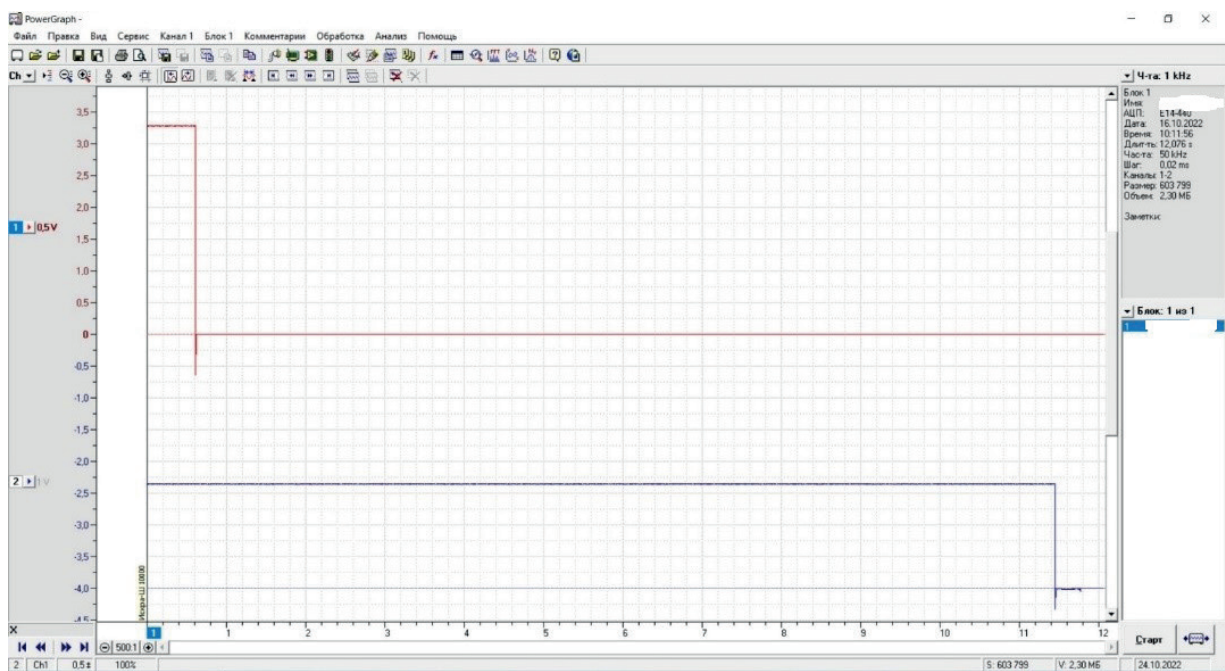


Рис. 6. Осциллограмма срабатывания стартового и финишного фотодиодных датчиков (1 и 2 канал АЦП).

Время срабатывания стартового фотодиодного датчика (1-й канал АЦП) $t_1 = 0,62$ с. (рис. 7).

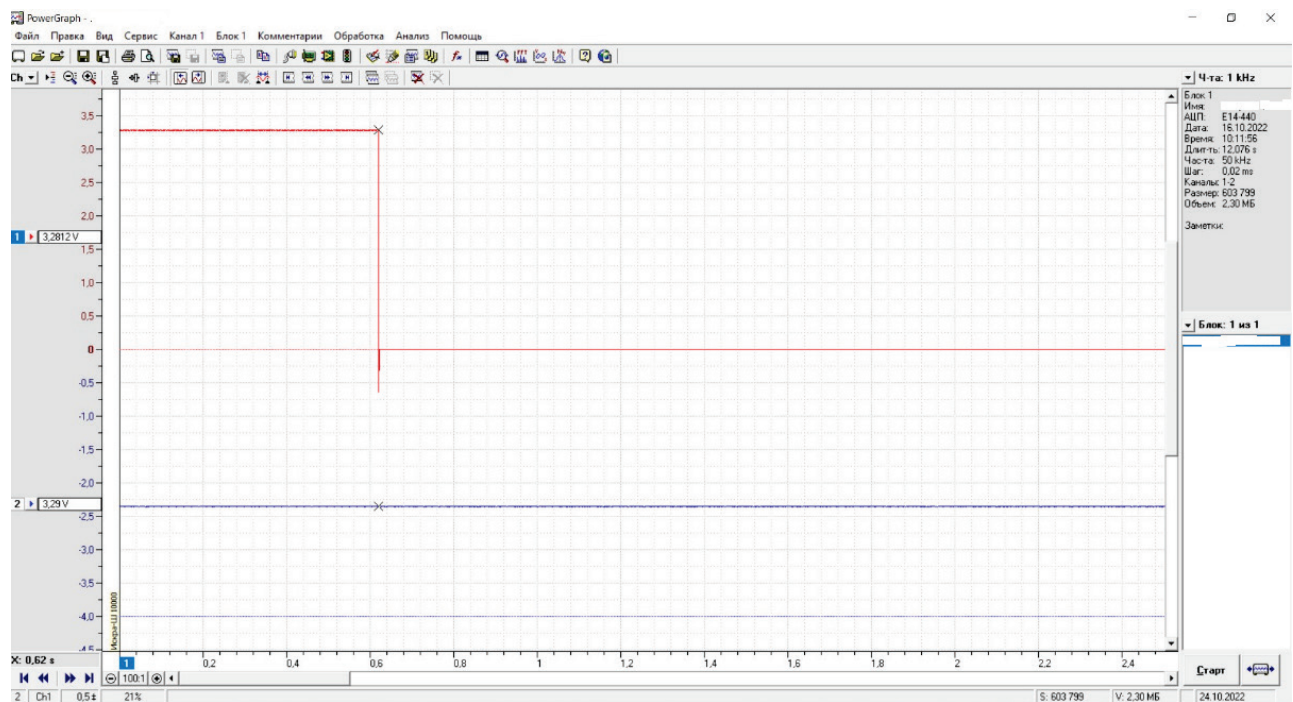


Рис. 7. Осциллограмма с указанием времени срабатывания стартового датчика (1 канал АЦП).

Время срабатывания финишного фотодиодного датчика (2-ой канал АЦП) $t_2 = 11,456$ с. (рис. 8).



Рис. 8. Осциллограмма с указанием времени срабатывания финишного датчика (2 канал АЦП).

Интервал времени между срабатыванием стартового и финишного датчика (время срабатывания) рассчитывается по формуле:

$$\Delta t = 11,456 \text{ с} - 0,62 \text{ с} = 10,836 \text{ с} = 10\,836 \text{ мс.}$$

Абсолютное отклонение времени замедления от номинального значения испытанного устройства шпурового НСИ в данном случае составило:

$$10\,836 \text{ мс} - 10\,000 \text{ мс} = 836 \text{ мс.}$$

Пример № 2.

Производится инициирование испытуемого по показателю «время срабатывания»

устройства шпурового НСИ согласно полигонной модели, приведенной на рис. 5.

Регистрация времен срабатывания стартового и финишного датчиков выполняется с помощью прибора ИВИ-4.

Стартовый и финишный датчики подключаются к ИВИ, соответственно к каналам № 1 и № 2.

После срабатывания стартового и финишного датчиков значение интервала времени между срабатыванием стартового и финишного датчиков (время срабатывания НСИ) без последующей обработки выводится на экран прибора (рис. 9).



Рис. 9. Вид панели прибора после проведения испытания на время срабатывания (показания прибора в микросекундах)

Абсолютное отклонение времени замедления от номинального значения испытанного устройства шпурового НСИ в данном случае составило:

$$10\ 835\ \text{мс} - 10\ 000\ \text{мс} = 835\ \text{мс}.$$

В табл. 1 приведены результаты испытаний по показателю «время срабатывания» различных неэлектрических систем инициирования как отечественного, так и зарубежного изготовления (образцы НСИ обезличены).

Таблица 1

Результаты испытаний по показателю «Время срабатывания»

Наименование образцов проверяемой продукции	Время замедления (номинальное значение), мс	Результаты испытаний		Абсолютное отклонение времени замедления от номинального значения изделия	
		Время замедления, мкс	Время замедления, мс	мс	%
Устройство скважинное НСИ № 1 отечественного изготовления	1 000	1 026 146,25	1 026,15	26,15	2,6
		1 052 381,00	1 052,38	52,38	5,2
		10 940 993,00	10 940,99	940,99	9,4
Устройство шпуровое НСИ № 1 отечественного изготовления	10 000	10 958 981,00	10 958,98	958,98	9,6
		10 838 706,00	10 838,71	838,71	8,4
Устройство поверхностного НСИ № 1 отечественного изготовления	25	21 804,78	21,81	3,19	12,8
		21 888,28	21,89	3,11	12,4
		23 746,08	23,75	1,25	5,0

Наименование образцов проверяемой продукции	Время замедления (номинальное значение), мс	Результаты испытаний		Абсолютное отклонение времени замедления от номинального значения изделия	
		Время замедления, мкс	Время замедления, мс	мс	%
Устройство поверхностного НСИ № 1 отечественного изготовления	42	45 507,90	45,51	3,51	8,4
		45 164,50	45,16	3,16	7,5
		45 119,94	45,12	3,12	7,4
Устройство скважинное НСИ № 2 отечественного изготовления	1000	1 139 586,37	1 139,59	139,59	14,0
		1 147 893,12	1 147,89	147,89	14,8
		1 162 489,50	1 162,49	162,49	16,3
Устройство скважинное НСИ № 3 зарубежного изготовления	750	795 157,63	795,16	45,16	6,0
		805 408,00	805,41	55,41	7,4
		798 111,18	798,11	48,11	6,4
Устройство скважинное НСИ № 4 зарубежного изготовления	500	512 361,18	512,36	12,36	2,5
		518 035,28	518,04	18,04	3,6
		514 227,75	514,23	14,23	2,8

Для испытанных образцов шпуровых НСИ показатель максимального абсолютного отклонения времени замедления от номинального значения времени срабатывания изделия (10 000 мс) составил 958,98 мс (9,6 %).

Для испытанных образцов скважинных НСИ показатель максимального абсолютного отклонения времени замедления от номинального значения времени срабатывания изделия (1 000 мс) составил 162,49 мс (16,3 %).

Для испытанных образцов поверхностных НСИ показатель максимального абсолютного отклонения времени замедления от номинального значения времени срабатывания изделия (25 мс) составил 3,19 мс (12,8 %).

Полученные числовые значения абсолютных отклонений различных устройств НСИ позволяют судить, что при определенном подборе, при проектировании массовых взрывов, номинальных времен замедлений устройств НСИ возникает перекрытие временных отклонений от номинального значения времен

срабатывания, в частности скважинных и поверхностных капсуль-детонаторов НСИ, что приводит к непланируемому одновременному срабатыванию нескольких скважин на взрываеом блоке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Основываясь на результатах измерений, проведенных сотрудниками лаборатории безопасности взрывных работ АО «НЦ ВостНИИ» в период с 2019 г. по 2023 г., можно сделать следующие выводы:

1. При использовании скважинных НСИ с замедлением 750 и более миллисекунд применение поверхностных НСИ с замедлением менее 42 мс недопустимо;

2. Номинальные времена поверхностных устройств НСИ, монтируемых в ряду, должны быть всегда меньше, чем времена поверхностных устройств НСИ, устанавливаемых между рядами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности (утверждены Приказом Ростехнадзора от 03.12.2020 г. № 494). Доступ из справочной системы «Техэксперт» (дата обращения: 03.02.2023 г.).
2. ВСН 178-91 «Нормы проектирования и производства буровзрывных работ при сооружении земляного полотна. Ведомственные строительные нормы» от 09.12.1991 № 178-91. Применяется с 01.07.1992 г. Доступ из справочной системы «Техэксперт» (дата обращения: 03.02.2023 г.).
3. ГОСТ Р 52892-2007 «Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию». Доступ из справочной системы «Техэксперт» (дата обращения: 14.02.2023 г.).
4. ГОСТ 9089-75 «Электродетонаторы мгновенного действия. Технические условия». Доступ из справочной системы «Техэксперт» (дата обращения: 14.02.2023 г.).
5. ГОСТ 21806-76 «Электродетонаторы предохранительные короткозамедленного действия. Технические условия». Доступ из справочной системы «Техэксперт» (дата обращения: 17.02.2023 г.).
6. Эткин М.Б., Азаркович А.Е. Взрывные работы в энергетическом и промышленном строительстве: Научно-практическое руководство. М., 2004. 317 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2023.34.31.003

UDC 622.235

© A.I. Basarnov, D.N. Batrakov, 2023

A.I. BASARNOV

Researcher at the Explosive Safety Laboratory

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: vostnii-bvr@yandex.ru

D.N. BATRAKOV

Head of the Explosion Safety Laboratory,

Senior Researcher

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: vostnii-bvr@yandex.ru

TESTING OF NON-ELECTRIC INITIATION SYSTEM DEVICES FOR RESPONSE TIME UNDER POLYGON CONDITIONS

Proposed procedure for testing devices of non-electric initiation system for the time of actuation in polygon conditions. The article describes the results of the tests, according to the above procedure, the results of measurements are given.

Keywords: INDUSTRIAL MASS EXPLOSIONS, OPEN MINING, NON-ELECTRIC INITIATION SYSTEMS, BLASTING.

REFERENCES

1. Safety rules for the production, storage and use of industrial explosives: Federal norms and rules in the field of industrial safety (approved by Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision Order No. 494 dated 03.12.2020). Access from the Technical Expert Help System (date of application 03.02.2023). [In Russ.].

2. DBC 178-91 «Standards for the design and production of drilling and blasting operations during the construction of the roadbed. Departmental building regulations» dated 09.12.1991 No. 178-91. It has been used since 01.07.1992. Access from the Technical Expert Help System (date of application: 03.02.2023). [In Russ.].

3. GOST R 52892-2007 «Vibration and shock. Vibration of buildings. Measurement of vibration and assessment of its impact on the structure». Access from the Technical Expert Help System (date of application: 14.02.2023). [In Russ.].

4. GOST 9089-75 «Instantaneous electric detonators. Technical conditions». Access from the Technical Expert Help System (date of application: 14.02.2023). [In Russ.].

5. GOST 21806-76 «Safety short-acting electric detonators. Technical conditions». Access from the Technical Expert Help System (date of application: 17.02.2023). [In Russ.].

6. Etkin M.B., Azarkovich A.E. Blasting operations in energy and industrial construction: Scientific and practical guide. M., 2004. 317 p. [In Russ.].