

УДК 622.235.213

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ИНТЕРВАЛОВ ЗАМЕДЛЕНИЙ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕТКИ СКВАЖИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ВЗРЫВАНИЯ «DAVEYTRONIC»

Меньшиков П.В., Сеницын В.А., Шеменов В.Г.

ФГБУН «Институт горного дела» Уральского отделения Российской академии наук,
Екатеринбург, e-mail: menshikovpv@mail.ru

Проведен анализ фактических интервалов замедления электронной системы взрывания «Daveytronic», определенных опытным путем в сравнении с ожидаемыми программируемыми значениями. Методика определения опытным путем фактических интервалов замедлений для рациональных параметров сетки скважин основана на реостатном методе измерения скорости детонации ВВ с использованием измерителя скорости детонации «Data Trap II Data/VOD Recorder». Наибольшая задержка инициирующего импульса возникла при минимальных параметрах сетки скважин при расстояниях между скважинами 3 и 2 м. Опережение инициирующего импульса произошло при расстоянии между скважинами 5 м. При максимальных параметрах сетки скважин 5,5–5,8 м заметна стабильная задержка инициирующего импульса. Установлено, что ожидаемые интервалы замедления при электронном взрывании могут значительно отличаться от реальных фактических между первым и вторым рядами скважин.

Ключевые слова: взрывные работы, средства инициирования, электронное взрывание, интервал замедления, сетка скважин

METHOD FOR DETERMINING ACTUAL RANGE OF DELAY INTERVALS FOR RATIONAL PARAMETERS OF BLAST HOLES GRID WITH THE USE OF ELECTRONIC BLASTING «DAVEYTRONIC»

Menshikov P.V., Sinitsyn V.A., Shemenov V.G.

Institute of Mining Engineering of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg,
e-mail: menshikovpv@mail.ru

The analysis of the actual delay intervals of the electronic blasting system «Daveytronic», that are defined empirically compared with the expected value programmable. Methods of determining empirically the actual delay intervals for rational parameters of blast holes grid based on the rheostat method of measuring the velocity of detonation of explosives using «Data Trap II Data / VOD Recorder» detonation velocity recorder. The greatest delay initiating pulse occurred at the minimum parameters of blast holes grid for distances between holes 3 and 2 meters. Advance initiating pulse occurred when the distance between the holes 5 meters. At maximum parameters of blast holes grid of 5,5–5,8 meters, noticeable stable delay in initiating pulse. It was found that the expected delay intervals in the electronic blasting may differ materially from actual evidence between the first and second rows of holes.

Keywords: blasting, electronic blasting, delay interval, blast holes grid

Используемый в течение последних лет метод короткозамедленного взрывания на горных предприятиях, производящих добычу полезных ископаемых открытым способом при ведении взрывных работ с применением неэлектрических систем инициирования (НСИ), имеет некоторые недостатки. Одним из них является отклонение фактического времени замедления детонаторов от номинального. Среднеквадратическое относительное отклонение времени замедления составляет, согласно инструкции по монтажу и эксплуатации НСИ отечественного производства, до 12% от номинального значения. По данным ряда исследований, проведенных российскими учеными, установлено, что приводимые в инструкциях допуски на замедление могут не соответствовать действительности. На практике при использовании НСИ ре-

альное время замедления взрывной сети неизвестно, что приводит к ошибкам в расчетах схем взрывания и, соответственно, к увеличению сейсмического воздействия от массовых взрывов и ухудшению качества подготовки горной массы к выемке [1].

Встречающиеся в забоях экскаваторов недостаточно проработанные массовым взрывом участки массива горных пород в верхней части забоя, маслянистые пятна, являются первым признаком сработавших не в штатном режиме частей скважинных зарядов и недостаточной точности (по времени срабатывания) пиротехнических реле неэлектрических систем инициирования (НСИ) [4].

Сотрудниками ИГД УрО РАН совместно с работниками предприятия ООО «АВТ-Урал» при проведении массового взрыва 11 ноября 2015 года на Северном карьере

ОАО «ЕВРАЗ Качканарский ГОК» на взрывае­мом блоке № 2444, гор. +190 м. были проведены инструментальные замеры фак­тических интервалов замедлений с целью определения их соответствия запрограмми­рованным значениям для различных пара­метров сетки скважин. Монтаж взрывае­мого блока с использованием системы элект­ронного взрыва «Daveytronic» и установка измерительного кабеля в исследуемые сква­жины проводились 6 и 7 ноября 2015 года. Для заряжания скважин применялось эмуль­сионное взрывчатое вещество (ЭВВ) нитро­нит Э-70. В качестве промежуточных дето­наторов применялись шашки ПТ-П-750 [3].

Одним из главных преимуществ систе­мы электронного инициирования взрыва яв­ляется минимальное воздействие взрыва на окружающую среду. Возможность програм­мировать взрывную сеть с оптимальными интервалами замедления между скважи­нами позволяет снизить сейсмическое воз­действие на наземные сооружения до двух раз, существенно сократить разлет породы и практически полностью исключить обра­зование пылегазового облака [2].

Система электронного взрыва Daveytronic состоит из следующих элемен­тов: электронные детонаторы Daveytronic, один или несколько программных модулей, взрывная машинка, магистральные линии и соединители проводов. Система Daveytronic III обеспечивает интервалы замедления от 1 до 14 000 мс, программируемые с шагом в 1 мс, обеспечивая в конечном итоге высокую гибкость при планировании крупномасштаб­ных, сложных взрывов с комбинированными сетками скважин. Система Daveytronic 2D, отличающаяся усовершенствованным про­токолом связи и уникальными идентифика­ционными номерами детонаторов, обеспечи­вает сокращение времени программирования детонаторов и ускоренную диагностику по­следовательности срабатывания детонаторов и позволяет проектировать и моделировать схемы взрыва на любом компьютере для того, чтобы обеспечивались нужные конеч­ные результаты взрыва. Как только про­граммирование схемы взрыва оказыва­ется завершенным, эта схема загружается в Программный модуль. Взрывная машинка (рис. 1) выполняет проверку функциональ­ности каждого детонатора цепи и после это­го передает безопасные команды для ини­цирования каждого детонатора. Она может инициировать максимум 1500 детонаторов Daveytronic и имеет систему управления ба­тарей с индикатором заряда [2].



Рис. 1. Взрывная машинка и Программный модуль системы электронного взрыва Daveytronic

Методика определения опытным пу­тем фактических интервалов замедлений для рациональных параметров сетки сква­жин основана на реостатном методе из­мерения скорости детонации ВВ с исполь­зованием измерителя скорости детонации «DataTrap II Data/VOD Recorder» (рис. 2).



Рис. 2. Измеритель скорости детонации DataTrap II Data/VOD Recorder, позволяющий определять временные интервалы замедления между скважинами

Суть измерений заключается в определении временного интервала между взрывами скважинных зарядов. В каждом скважинном заряде ВВ исследуемой группы по всей его длине от промежуточного детонатора (начало инициирования) до устья скважины размещается измерительный кабель, который присоединяется к регистрирующему прибору посредством коаксиального кабеля РК. При взрыве по мере прохождения детонационной волны длина измерительного кабеля уменьшается и, соответственно, изменяется сопротивление кабеля. Регистрирующий прибор непрерывно измеряет изменение величины сопротивления электрической цепи и записывает во встроенную память.

Регистрирующий прибор фиксирует событие (взрыв одного скважинного заряда) в виде цифрового файла – таблицы «время – величина сопротивления» с возможностью расшифровки на персональном компьютере в виде диаграммы «длина заряда – время» с автоматическим вычислением скорости

детонации, определением временного интервала между событиями, места и продолжительности события [6].

На рис. 3 указаны запрограммированные интервалы замедления системы электронного взрывания Daveytronic для каждого скважинного заряда исследуемых групп скважин. Между скважинами в исследуемых группах программируемый интервал замедления составляет 67 мс. Технологические скважины во второй части взрываемого блока № 2444 инициировались с использованием НСИ «Rionel».

Результаты экспериментальных измерений фактических интервалов замедления между скважинными зарядами ЭВВ в исследуемых группах для различных параметров сетки скважин при монтаже взрываемого блока с использованием системы электронного взрывания Daveytronic представлены в таблице. Схематические разрезы исследуемых групп скважин [5] при определении фактических интервалов замедлений между скважинами и скорости детонации ВВ представлены на рис. 4, а и б.

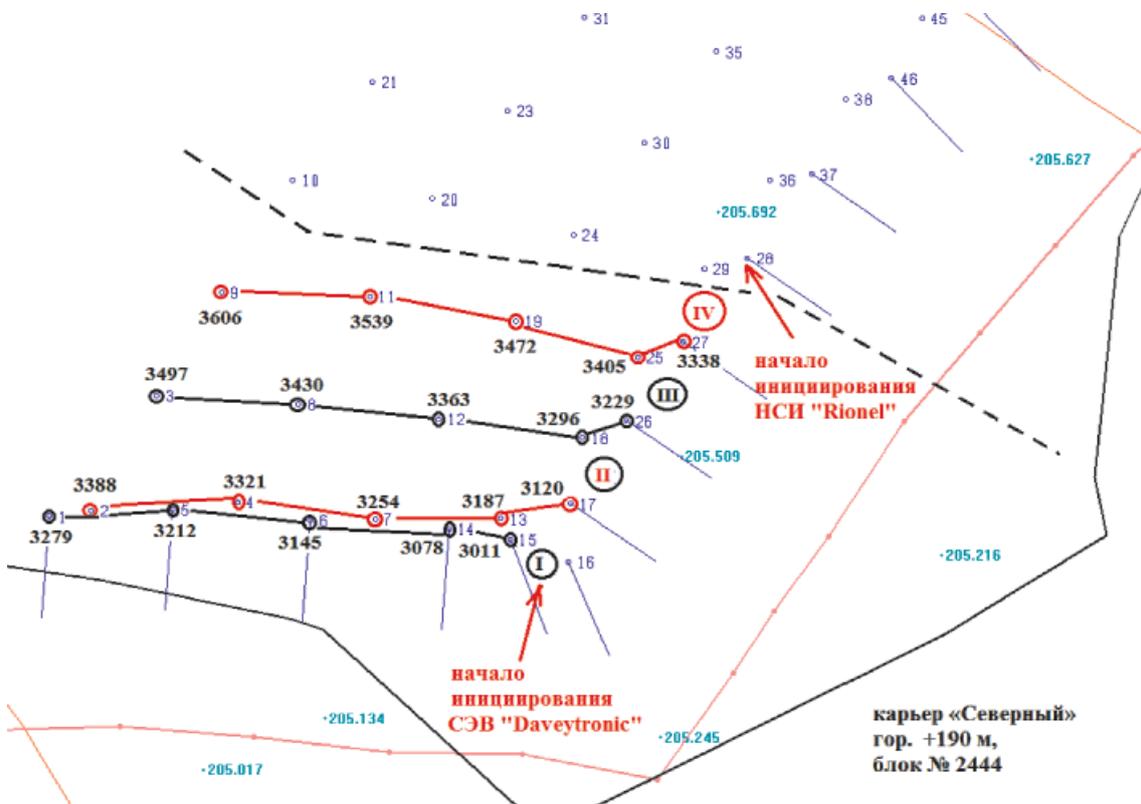


Рис. 3. Схема расположения исследуемых скважин во взрываемом блоке и монтажа взрывной сети с использованием системы электронного взрывания Daveytronic с программируемыми интервалами замедления (I, II, III, IV – исследуемые группы скважин)

Результаты измерений фактических интервалов замедления
между скважинами и скорости детонации ЭВВ «Нитронит Э-70»
в технологических экспериментальных скважинах

Дата массового взрыва и инструментальных замеров	11.11.2015 г.										
Карьер, номер гор., номер блока	«Северный», гор. +190 м, блок № 2444										
Тип ВВ	Нитронит Э-70										
Промежуточный детонатор	ПТ-П750/2										
Система инициирования	DaveyTronic										
Диаметр скважины, мм	250										
Масса ВВ в скважине, кг	820		885		820						
Плотность ВВ, г/см ³	1,112		1,116		1,124		1,112				
Группы скважин	II					IV					
Номера скважин	17	13	7	4	2	27	25	19	11	9	
Расстояние между скважинами в измеряем. группе, м	2,8		5,47				1,9		5,86		
			4,98		5,67				5,84		
Сопротивление измерительного кабеля в скважине, Ом	66,5	125,7	131,8	133,4	134,1	61,5	122,7	132,5	134,7	134,7	
Глубина скважины, м	17,5	17,2	17			18	17,2	17,1	17		
Длина заряда ВВ в скважине, м	12	12,7	12,5	11,7	12,5	13,5	12,7	12,6	12,2	12,7	
Длина забойки в скважине, м	5,5	4,5		5,3		4,5			4,8	4,3	
Скорость детонации ВВ, м/с	–	–	5538	5594	5419	–	5208	–	–	4218	
Время детонации основного заряда ВВ в скважине, мс	–	–	2,35	2,2	2,25	–	0,35	–	–	0,75	
Интервал замедления между скважинами, мс	программируемый	3120	3187	3254	3321	3388	3338	3405	3472	3539	3606
		67		67		67		67		67	
	фактический	3120	3228	3250	3314	3378	3338	3525	3560	3654	3721
		108,389		63,8				187,018		93,975	
		21,765		64,437				35,299		67,042	

Графики результатов измерений фактических интервалов замедлений между скважинами в исследуемых группах и скорости детонации ВВ в скважинах представлены на рис. 5 а и б.

В результате проведенных исследований из таблицы и графиков замеров фактических интервалов замедления видно, что для исследуемых скважин группы IV произошла большая задержка инициирующего импульса уже между первым и вторым рядом скважин на 120 мс. Для исследуемых скважин группы II фактические интервалы замедления почти совпали с ожидаемыми запрограммированными интервалами замедления и отличаются от них на 4–10 мс. Большое отклонение временного интервала возникло между скважинами первого и второго ряда на 108 и 187 мс для скважин группы II и IV соответственно. Между скважинами второго и третьего ряда произошло опережение инициирующего импульса и составляет 22 и 35 мс для скважин группы II и IV соответственно.

Фактически, для скважин № 13 и 7 случилось одновременное инициирование скважинных зарядов. Затем для последних рядов скважин произошло нивелирование отклонений временных интервалов. Нормальное срабатывание инициирующего импульса возникло для последних рядов скважин для группы II между скважинами № 7 и 4, 4 и 2, интервал замедления составил 64 мс, максимальные отклонения – 3 мс. Для группы IV между скважинами № 11 и 9 произошло идеальное совпадение фактических и ожидаемых интервалов замедления – 67 мс.

При анализе графиков результатов измерения скорости детонации из рис. 5, а и б видно, что произошел подбой измерительного кабеля в исследуемых скважинах № 17 и 13 группы II и в исследуемых скважинах № 27, 19 и 11 группы IV. Это может свидетельствовать о неправильной работе скважинных зарядов, в частности об опережении и задержке инициирующего импульса между скважинными зарядами № 17 и 13, 13

и 7, 27 и 25, 25 и 19. Следует обратить внимание, что в исследуемых скважинах № 7, 4, 2 и 9, в которых была зарегистрирована скорость детонации, фактические интервалы замедле-

ния подтверждают ожидаемые, следовательно можно судить, что подбор измерительного кабеля в других исследуемых скважинах связан с неправильной работой скважинных зарядов.

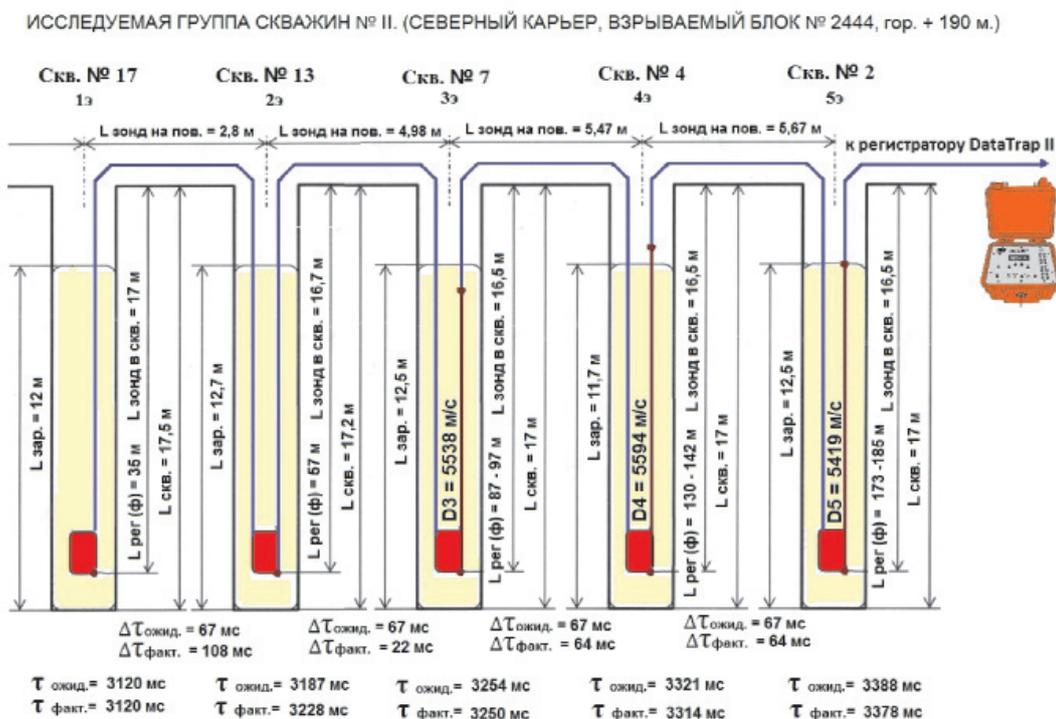


Рис. 4а. Схематический разрез исследуемой группы скважин № II при определении фактических интервалов замедлений между скважинами и скорости детонации ВВ

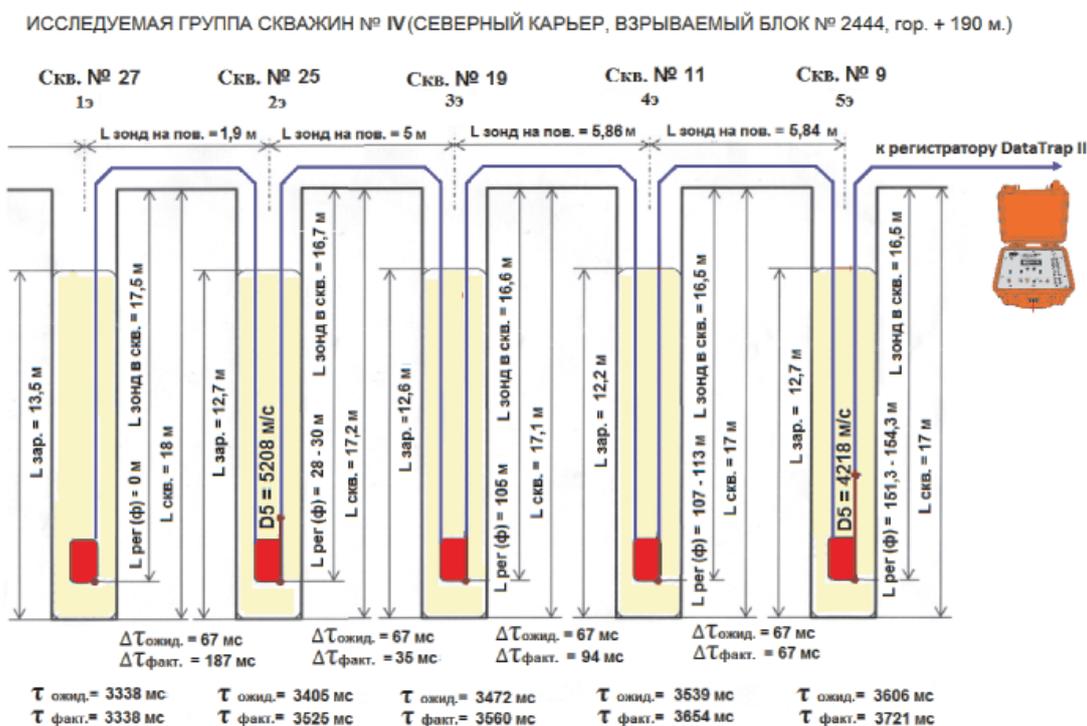


Рис. 4б. Схематический разрез исследуемой группы скважин № IV при определении фактических интервалов замедлений между скважинами и скорости детонации ВВ

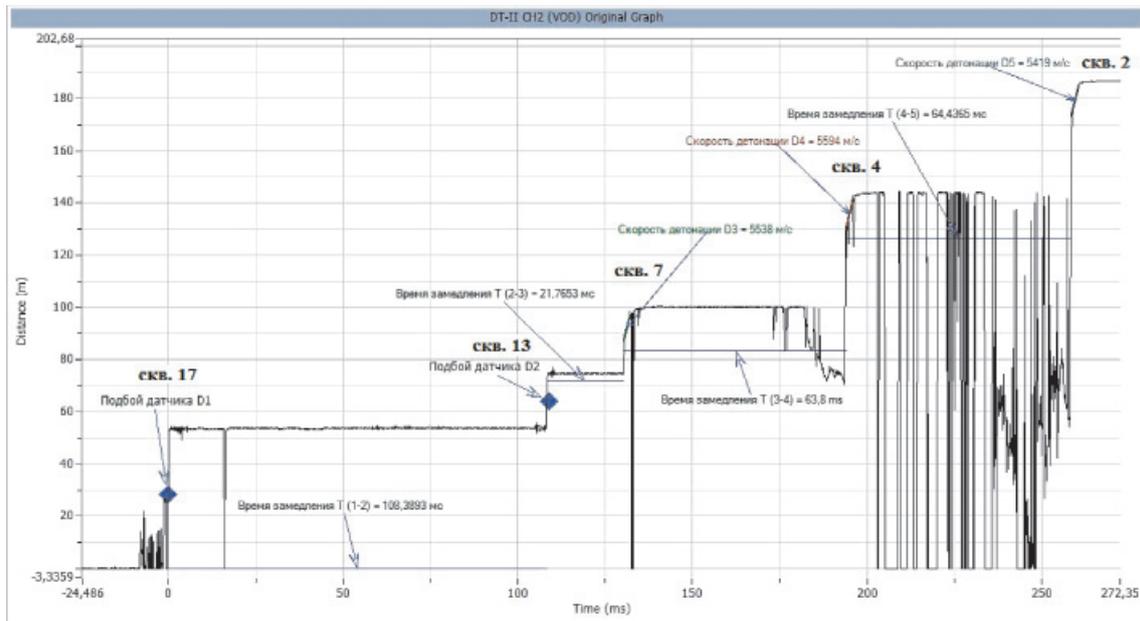


Рис. 5а. График результатов измерений фактических интервалов замедлений между скважинами исследуемой группы № II и скорости детонации ВВ в скважинах

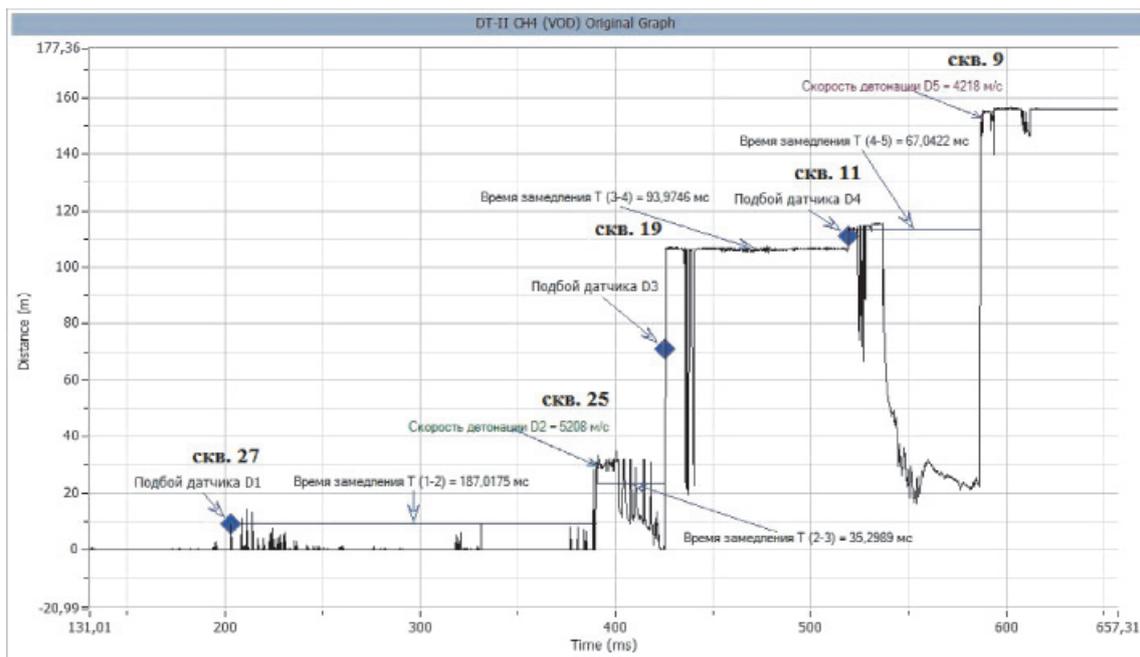


Рис. 5б. График результатов измерений фактических интервалов замедлений между скважинами исследуемой группы № IV и скорости детонации ВВ в скважинах

В результате проведенных инструментальных замеров скорость детонации ВВ «Нитронит Э-70» в исследуемых скважинах лежит в диапазоне от 4218 до 5594 м/с, что свидетельствует о ра-

боте скважинных зарядов в нормальном (штатном) режиме.

Фактические интервалы замедления между скважинами в исследуемых группах I и III определить невозможно, т.к.

произошло повреждение измерительной цепи в этих группах.

Наибольшая задержка инициирующего импульса возникла при минимальных параметрах сетки скважин при расстояниях между скважинами 3 и 2 м. Опережение инициирующего импульса случилось при расстоянии между скважинами 5 м. При максимальных параметрах сетки скважин 5,5–5,8 м заметна стабильная задержка инициирующего импульса.

В результате проведенных исследований установлено, что большая задержка инициирующего импульса произошла между скважинами первого и второго ряда, затем возникло опережение инициирующего импульса по отношению к программируемому времени срабатывания между скважинами второго и третьего ряда, и далее случилось нивелирование интервалов замедления между скважинами третьего, четвертого и пятого рядов.

Для того чтобы более точно оценить запаздывание или опережение инициирующего импульса и правильную работу соседних зарядов, требуется дальнейшее исследование фактических интервалов замедлений в смежных исследуемых группах скважинных зарядов.

Список литературы

1. Ежемесячный научно-технический и производственно-экономический журнал «Уголь». – 2013. – № 4. – С. 4–6.
2. Новые глобальные передовые технологические решения системы Daveytronic® III, Davey Bickford SNC, Эри – Франция, 25 с.
3. Типовой проект производства буровзрывных работ в карьерах рудоуправления ОАО «Ванадий». – Качканар, 2011. – С. 111.
4. Экспресс-отчет о результатах испытаний промышленных ВВ в скважинных зарядах на карьерах ООО «АВТ-Урал». – ЗАО «Институт взрыва», 2011. – 37 с.
5. DataTrap II DATA/VOD Recorder. Operator Manual/MREL Group of Companies Limited. Edition 3.0. – Canada, 2013 – 102 p.
6. VODMate Operator Manual/InstanTel. – Canada, 1998. – 99 p.