УДК 622.235.213.42

DOI: 10.18454/2313-1586.2016.02.112

Шеменев Валерий Геннадиевич
кандидат технических наук,
заведующий лабораторией разрушения горных пород,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: rgp@igduran.ru

Жариков Сергей Николаевич
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: 333vista@mail.ru

Меньшиков Павел Владимирович
младший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: menshikovpv@mail.ru

Синицын Виктор Александрович
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: sinicynva52@gmail.com

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ДЕТОНАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЭМУЛЬСИОННОГО ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА НИТРОНИТ

Аннотация:

Взаимосвязь между детонационными характеристиками эмульсионных взрывчатых веществ в настоящее время не выражается в общей закономерности, поэтому соотношение указанных характеристик определяется экспериментально. В статье представлена сущность реостатного метода измерения скорости детонации и подход к экспериментальному определению взаимосвязи между плотностью эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ), скоростью детонации и диаметром заряда для ЭВВ на примере нитронита. В результате исследований детонационных характеристик ЭВВ предложен графоаналитический метод для определения взаимосвязи между этими тремя параметрами, позволяющий на начальном этапе прогнозировать скорость детонации по измеряемой плотности при заряжании взрывной полости известного диаметра.

Ключевые слова: эмульсионные взрывчатые вещества, нитронит, скорость детонации, реостатный метод, плотность ВВ, диаметр заряда, графоаналитический метод

Shemenev Valery G.
candidate of technical sciences,
the chief of the laboratory of rocks break down,
The Institute of Mining UB RAS
620075, Yekaterinburg, 58 Mamin-Sibiryak st.,
e-mail: rgp@igduran.ru

Zharikov Sergey N.
candidate of technical sciences,
senior researcher,
The Institute of Mining UB RAS,
e-mail: 333vista@mail.ru

Menshikov Pavel V.
junior researcher,
The Institute of Mining UB RAS
e-mail: menshikovpv@mail.ru

Sinitsyn Victor A.
candidate of technical sciences,
senior researcher,
The Institute of Mining UB RAS,
e-mail: sinicynva52@gmail.com

THE RELATIONSHIP BETWEEN DETONATION CHARACTERISTICS OF NITRONIT EMULSION EXPLOSIVE

Abstract:

The relationship between the detonation characteristics of emulsion explosives is not currently expressed in a general law, thus the ratio of these characteristics is determined experimentally. The article presents the essence of the rheostat method of measurement both the detonation velocity and approach to experimental determination the relationship between explosives (EE) density, detonation velocity and charge diameter for the emulsion explosives, nitronit being an example. As a result of studies the detonation characteristics of EE graphic and analytical method for determining the relationship between these three parameters is set forth, allowing to predict the detonation velocity according to the measured density when the explosive cavity of known diameter is charged.

Key words: emulsion explosives, nitronit, velocity of detonation, rheostat method, explosives density, diameter of charge, graphic and analytical method

Эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ) имеют ряд полезных свойств: обладают хорошими взрывчатыми характеристиками, низкой чувствительностью к тепловым и механическим воздействиям, возможностью изменения скорости детонации в широких пределах за счет технологии изготовления и компонентного состава. Получение основных характеристик ЭВВ, необходимых для решения задач по оптимизации параметров буровзрывных работ, возможно с помощью экспериментальных методов. Замеры скорости детонации ЭВВ Нитронит Э-70 и Э-100 проводились реостатным методом с помощью прибора VODMate (“Instantel”, Канада).

Сущность реостатного метода измерения скорости детонации ВВ с использованием прибора VODMate состояла в следующем: в скважинном заряде ВВ по всей его длине размещался измерительный кабель Instantel, который подсоединялся к коаксиальному радиочастотному кабелю типа РК. При массовом взрыве по мере прохождения детонационной волны длина измерительного кабеля в скважине уменьшалась и, соответственно, изменялось сопротивление кабеля. Регистрирующий прибор VODMate непрерывно измерял изменение величины сопротивления электрической цепи и записывал его во встроенную память. Регистрирующий прибор VODMate фиксировал событие (взрыв одного заряда) в виде цифрового файла – таблицы «величина сопротивления – время» с возможностью расшифровки на персональном компьютере в виде диаграммы «длина заряда – время» с автоматическим вычислением скорости детонации.

Измерительный кабель Instantel представляет собой одножильный кабель с внешним диаметром 1,5 мм. Центральная жила – проволока диаметром 0,2 – 0,3 мм из материала с большим удельным сопротивлением. Она окружена полимерным покрытием (внутренней изоляцией), которое, в свою очередь, - оплеткой из тонкой стальной проволоки. От внешних воздействий, в основном от влаги, стальная оплетка защищена внешней изоляцией в виде тонкой полимерной пленки [1, 2].

Таблица 1

Скорость детонации эмульсионного ВВ нитронит Э-70

Плотность ВВ, г/см^3	Диаметр заряда, мм									
	90	**120**	**130**	**140**	**150**	**160**	**180**	**200**	**250**	**270**
1,100	3819	4164	4236	4308	4380	4452	4596	4740	5100	5151
1,110	3805	4067	4098	4128	4159	4258	4456	4654	5194	5260
1,150	2971	3392	3575	3726	3877	4028	4330	4868	5387	5358
1,180	2137	2717	3296	3327	3407	3639	3648	3871	4094	4838
1,183	2824	3492	3715	3938	4161	4384	4450	4516	4680	4766
1,190	3510	3900	4030	4160	4290	4420	4521	4622	4875	4599
1,200	2887	3142	3227	3312	3397	3482	3652	3822	4106	4360
1,225	2755	3208	3359	3510	3661	4130	4273	4416	4773	4423
1,250	3193	3497	3599	3700	3802	3903	4106	3192	4817	4486
1,260	3630	4188	4374	4560	4747	4933	5305	5677	6090	5797
1,270	3310	3512	3580	3647	3715	3782	3917	4052	4420	4677
1,277	3284	3425	3460	3496	3545	3575	3636	3697	3848	3594
1,280	3789	3907	3946	3985	4025	4064	4142	4221	4778	5677
1,330	3219	3584	3706	3827	4307	4357	4457	4557	4675	4848
1,340	2885	3229	3370	3469	3573	3714	3868	3974	4248	4542

	Измеренные значения
	Интерполяция и экстраполяция

На горном предприятии ОАО «ЕВРАЗ Качканарский ГОК» на полигоне сотрудниками ИГД УрО РАН совместно с представителями ООО «АВТ-Урал» проводились измерения детонационных характеристик нитронита Э-70 и Э-100 на протяжении нескольких лет при разных диаметрах зарядов и разной плотности ВВ в полигонных условиях. Непосредственное участие в организации и проведении исследований принимали руководители и специалисты: Котяшов В. С., Синцов С. Е., Федосеев В. А., Мальберг С. Л., Шамин В. В., Шеменев В. Г., Синицын В. А., Меньшиков П. В., Жариков С. Н., Кутуев В. А.

Заряды испытуемых ВВ размещались в картонных гильзах диаметром 90 – 270 мм и длиной 1000 мм. Учитывая, что измерения проведены не во всех диапазонах плотности и диаметров зарядов, то для более углубленного анализа недостающие значения получены интерполяцией и экстраполяцией. В табл. 1 приведены соответствующие данные.

На основании данных табл. 1 были построены отдельные графики зависимости скорости детонации от плотности ВВ, некоторые из них представлены на рис. 1.

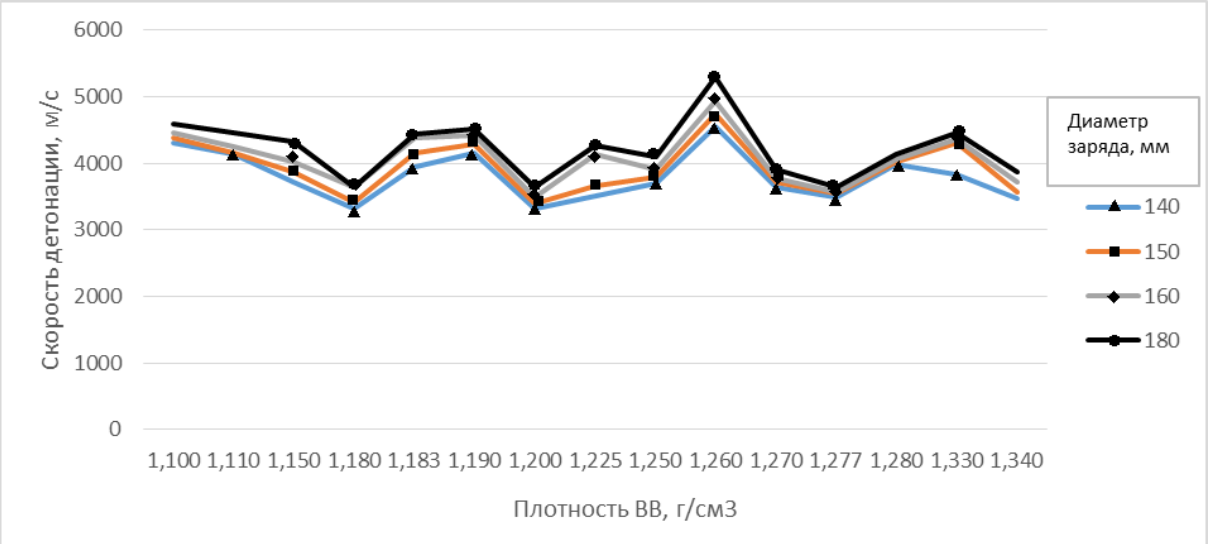

Рис. 1 – Зависимость скорости детонации нитронита Э-70 от плотности ВВ при диаметрах заряда 140, 150, 160 и 180 мм

Анализируя рис. 1, можно увидеть, что скорость детонации в зависимости от плотности подвержена достаточно большим колебаниям, при этом по всему диапазону значений, представленных в табл. 1, характер этих колебаний на большинстве диаметров зарядов отмечен похожий. Следовательно, если построить графики зависимости скорости детонации от диаметра заряда по разным плотностям, то пересечение графиков разных плотностей при определенном диаметре будет отражать взаимосвязь скорости детонации, плотности ВВ и диаметра заряда. При этом появляется возможность при заряжании скважин конкретного диаметра, измеряя плотность эмульсии, предположить скорость детонации. В соответствии с данной идеей были построены графики по всему диапазону значений. Один вариант такого графического выражения связей представлен на рис. 2.

Согласно рис. 2, при плотности 1,10 – 1,11 г/см^3 происходит пересечение графиков между диаметрами 200 – 250 мм, при этом разброс по скорости детонации составляет 4850 – 5150 м/с, следовательно, при значении плотности заряжания в этом интервале 1,10 – 1,11 г/см^3 и зарядах диаметром 200 – 250 мм можно ожидать указанную скорость детонации. При плотности 1,10 – 1,15 г/см^3 пересечение трех графиков напротив диаметра заряда 180 –200 мм, соответственно, при данной плотности и диаметре заряда можно ожидать скорость детонации 4300 – 4750 м/с. В результате построения и анализа графиков всего диапазона значений составлена табл. 2.

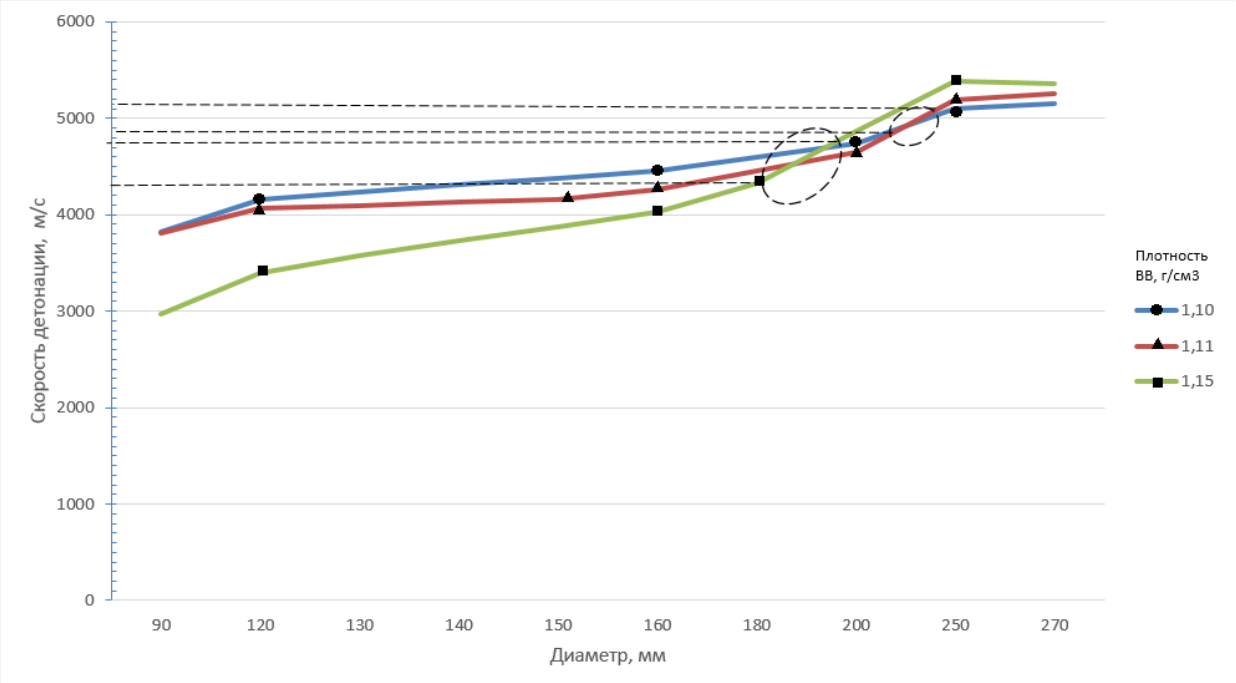

Рис. 2 – Зависимость скорости детонации нитронита Э-70 от диаметра заряда при плотности 1,10, 1,11, 1,15 г/см^3

Данные табл. 2 позволяют при заряжании скважины определенного диаметра и измерении при этом плотности ЭВВ предполагать скорость детонации каждого заряда в выемочном блоке. При этом открывается возможность рассчитать радиус зоны разрушения и трещинообразования согласно [3] и соответствующим образом скорректировать схему инициирования зарядов. Это имеет высокое практическое значение и существенно может влиять на качество подготовки горной массы к выемке.

Таблица 2

Изменение скорости детонации ЭВВ нитронит Э-70 в зависимости от его плотности и диаметра заряда

Плотность ВВ, г/см3	Диаметр заряда, мм	Скорость детонации, м/с
1,10÷1,11	200÷250	4850÷5150
1,10÷1,15	180÷200	4300÷4750
1,18÷1,19	250÷270	4700÷4800
1,20÷1,23	90÷120	3100÷3200
1,20÷1,25	180÷250	3200÷4000
1,23÷1,25	150÷160	3750÷3850
	250÷270	4300÷4800
1,27÷1,277	90÷120	3200÷3500
1,28÷1,33	140÷250	4000÷4600

Таким образом, в результате исследований детонационных характеристик ЭВВ предложен графоаналитический метод для определения взаимосвязи между скоростью детонации, плотностью ЭВВ и диаметром заряда, позволяющий на начальном этапе про-

гнозировать скорость детонации по измеряемой плотности при заряжании взрывной полости известного диаметра. Практическое значение указанного метода заключается в возможности корректировки схем взрывания в зависимости от предполагаемых энергетических характеристик работы каждого заряда выемочного блока.

Литература

1. Руководство оператора VODMate Operator Manual / Instantel. – Canada, 1998 – 1999. – 99 p.

2. Шеменев В.Г. Методика экспериментального определения основных характеристик взрывчатых веществ / В.Г. Шеменев, В.А. Синицын, П.В. Меньшиков // Горный журнал Казахстана. - 2014. - № 2. - С. 44 - 46.

3. Жариков С.Н. О влиянии взрывных работ на устойчивость бортов карьеров / С.Н. Жариков, В.Г. Шеменев // Известия вузов. Горный журнал. - 2013. - № 2. - С. 80 – 83.