

Методика обеспечения качества заряда наливного эмульсионного взрывчатого вещества в обводненных скважинах*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-100-108>

ГАЛИМЬЯНОВ Ал.А.

Канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, руководитель сектора разрушения горных пород Института горного дела ДВО РАН, обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН, 680000, г. Хабаровск, Россия, e-mail: azot-1977@mail.ru

ЧЕРСКИХ О.И.

Канд. техн. наук, директор ООО «Солнцевский угольный разрез», 694910, г. Шахтерск, Россия, e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru

РАССКАЗОВА А.В.

Канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, лаборатории обогащения полезных ископаемых Института горного дела ДВО РАН, обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН, 680000, г. Хабаровск, Россия, e-mail: annbot87@mail.ru

БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ Д.А.

Начальник Межрегионального отдела государственного горного надзора и надзора в угольной промышленности Дальневосточного управления Ростехнадзора, 680000, г. Хабаровск, Россия, e-mail: d.belotserkovskiy@dvost.gosnadzor.ru

ГАЛИМЬЯНОВ Анд.А.

Ведущий инженер сектора разрушения горных пород Института горного дела ДВО РАН, обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН, 680000, г. Хабаровск, Россия, e-mail: stanxii1@mail.ru

Проблема увеличения, взрываемого за один прием горного массива, является актуальной со времен начала ведения буровзрывных работ. При переходе от индивидуальных к смешевым взрывчатым веществам, с увеличением потребления промышленных взрывчатых веществ и, в связи с этим, с необходимостью механизации взрывных работ обострились проблемы с качеством взорванной горной массы. Особенно при механизированном зарядании обводненных скважин наливным эмульсионным взрывчатым веществом. Это в первую очередь обусловлено человеческим фактором, так как, во-первых, эмульсионное взрывчатое вещество является многокомпонентным, во-вторых, в рамках механизации данное взрывчатое вещество необходимо изготавливать на местах ведения работ и, в-третьих, вопрос с острым дефицитом квалифицированных кадров. Для решения указанной проблемы в статье приводится методика обеспечения качества заряда наливного эмульсионного взрывчатого вещества в обводненных скважинах, где обосновывается актуальность измерений скорости детонации скважинных зарядов и включения данной процедуры в рамках проведения испытаний в обязательные требования технических условий на применение взрывчатых веществ.

Ключевые слова: объем взрывного блока, эмульсионные взрывчатые вещества, устойчивая детонация заряда ВВ, глубина скважин, массовый взрыв, параметры БВР, проектирование, планирование.

Для цитирования: Методика обеспечения качества заряда наливного эмульсионного взрывчатого вещества в обводненных скважинах / Ал.А. Галимьянов, О.И. Черских, А.В. Рассказова и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 100-108. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-100-108.

* Исследования проводились с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием «Центр обработки и хранения научных данных Дальневосточного отделения Российской академии наук», финансируемого Российской Федерацией в лице Министерства науки и высшего образования РФ по проекту № 075-15-2021-663.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из актуальных стратегических направлений повышения уровня безопасности и производительности труда при подготовке горной массы к выемке буровзрывным способом является увеличение объема массива, взрываемого за один прием [1, 2, 3, 4, 5, 6]. В качестве основного фактора увеличения геометрических параметров взрыва фигурируют правильный выбор и применение взрывчатых веществ при обеспечении их высокого качества в современных условиях производства буровзрывных работ (БВР).

В XX веке основной объем потребления промышленных взрывчатых веществ (ПВВ) в мире приходился на гомотенные ПВВ, в том числе на индивидуальные и простейшие (АС-ДТ, для сухих скважин) взрывчатые вещества (ВВ), главным преимуществом которых является стабильная детонация по колонке заряда, а основным недостатком – высокая стоимость и риски, связанные с безопасностью обращения индивидуальных ПВВ, а относительно ПВВ типа «Игданит, AN-FO» – проблемы водоустойчивости.

В течение последних 70 лет произошел переход в разработке ПВВ от нитровзрывных веществ к водосодержащим, состоящим главным образом из аммиачной селитры [7]. Возникновение и быстрая разработка эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ), особенно за последние 50 лет, вызвали широкий интерес и привлекли внимание инженеров, занимающихся ПВВ и взрывными работами в России и за ее пределами. Согласно современным воззрениям ЭВВ представляет собой сенсibilизированную высококонцентрированную обратную эмульсию (эмульсию типа «вода в масле»), где окислительная фаза явля-

ется дисперсной фазой, а топливная фаза – дисперсной средой [8, 9]. Динамика потребления ПВВ в России [10, 11], представленная на рис. 1, показывает феноменальный относительный (с 5 до 58% от общего объема) и абсолютный 3833% рост потребления ЭВВ за последние четверть века.

Разработка ЭВВ, тесно связанная с проблемами межфазных границ и коллоидной химией, а также с теорией и практикой проведения взрывных работ и разработкой ВВ, представляет собой интересное и очень перспективное для дальнейших исследований научное направление. Это объясняется высокими потребительскими свойствами ЭВВ, обусловленными их водоустойчивостью, относительной безопасностью, экономичностью, экологичностью и способностью разрушать даже крепкие горные породы. Однако ЭВВ являются сложными многокомпонентными веществами, что предъявляет высокие требования к научному обеспечению технологий их приготовления и применения [12]. Поэтому исследования в этом направлении остаются очень актуальными в настоящее время. К примеру, в практике БВР многими исследователями отмечено возникновение неожиданных обрывов (или переходов на низкоскоростные режимы) детонации в начале (рис. 2) и в процессе (рис. 3) ее распространения по скважинному заряду ЭВВ, сенсibilизированному газовыми порами.

Внедрение ЭВВ, помимо перечисленных преимуществ, актуальных на долгие годы вперед, позволило значительно повысить уровень механизации взрывных работ (ВР). Однако технологический прогресс во взрывном деле, как и любом другом, требует более высокой подготовки инженерных и рабочих кадров, в частности понимания ими сути изготовления и применения ЭВВ. Это связано в первую очередь с изготовлением ЭВВ непосредственно на местах работ и многокомпонентностью состава водоустойчивого ПВВ. Указанные сложности процесса изготовления наливных ЭВВ на местах работ могут приводить к нарушениям технологии производства ЭВВ и в следствии этого к низкому качеству взорванной горной массы (ВГМ). Поэтому в целях минимизации уровня риска снижения качества ВГМ при увеличении объема взрываемого блока целесообразны разработка и дальнейшие уточнения методики предупреждения снижения качества заряда ЭВВ в обводненных скважинах, связанного с человеческим фактором.

В настоящей работе не рассматриваются исследования качества зарядов ЭВВ с газодерживающими твердыми материалами (стеклянные или полимерные полые микросферы) вследствие их относительной дороговизны и, соответственно, меньшим процентом применения в РФ.

МЕТОДИКА

Затухающие взрывные процессы в скважинных зарядах ЭВВ зафиксированы сотрудниками ИПХФ РАН К.К. Шведовым и В.В. Лавровым,

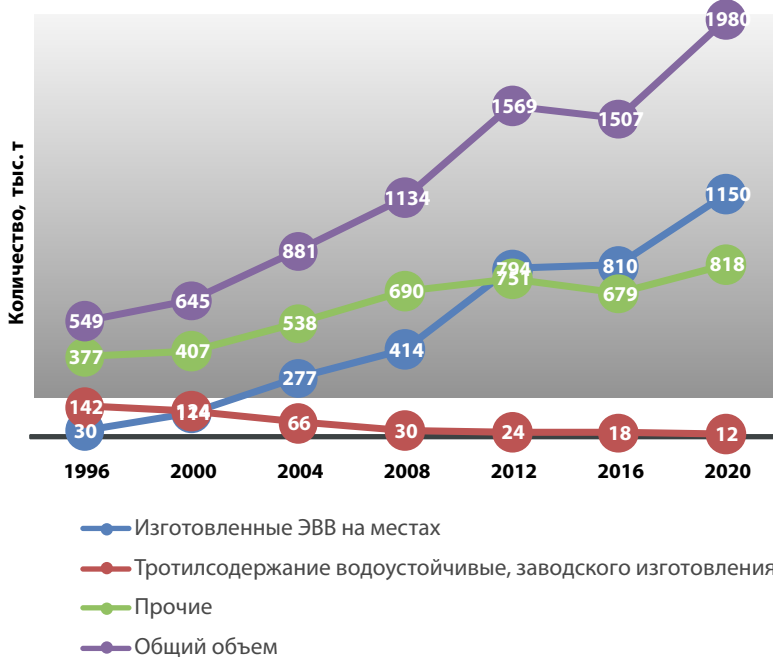


Рис. 1. Динамика потребления ПВВ (изготовленные ЭВВ на местах, тротилсодержащие водоустойчивые заводского изготовления) в России в период 1996–2020 гг. (Ростехнадзор РФ)

Fig. 1. Dynamics of industrial explosives consumption (locally manufactured emulsion explosives, factory-made TNT-containing water-resistant) in the Russian Federation in 1996–2020 (Rostekhnadzor of the Russian Federation)

а также исследователями под руководством Е.И. Журченко [12]. С.А. Гориновым данному вопросу посвящено много трудов, в которых представлены закономерности возникновения и распространения детонации в ЭВВ с учетом рецептурно-технологических, энергетических и микроструктурных характеристик ЭВВ и параметров возбуждающего импульса.

Группой исследователей ИГД ДВО РАН под руководством А.А. Галимьянова, опираясь на труды ученых и инженеров, проведены в 2022-2023 гг. уточняющие исследования процесса детонации скважинных зарядов (табл. 1) в целях разработки и совершенствования методики рационального применения ЭВВ на горнодобывающих предприятиях. Для натурных измерений применялся измеритель скорости детонации VoD-305 (Австралия), принцип работы которого основан на методе импульсной рефлектометрии с частотой дискретизации 256 кГц (рис. 4, а). В целях чистоты эксперимента использовался измеритель микросекундных интервалов времени ИВИ-4 (КТБ «Интервал», г. Новосибирск), принцип действия которого заключается в измерении интервалов времени между сигналами, инициируемыми подключенными датчиками, устанавливаемыми по длине колонки заряда на заданном расстоянии друг от друга, срабатывающими на замыкание поочередно посредством воздействия ударной волны (рис. 4, б).

Результаты измерений скорости детонации (D) ПВВ (см. табл. 1) в систематизированном виде представлены в табл. 2 с указанием относительно характера воздействия ПВВ на горный массив [13]. Следует принять во внимание, что измерения проведены в разных горно-геологических условиях с отличающимися параметрами БВР и частотой экспериментов. В целях повышения чистоты эксперимента необходимо в дальнейшем увеличить количество измерений в схожих условиях.

В данной работе не отражен обзор измерений D поверхностных зарядов ПВВ, так как все результаты замеров положительные – выше нижней границы скорости детонации ПВВ по нормативу согласно ТУ.

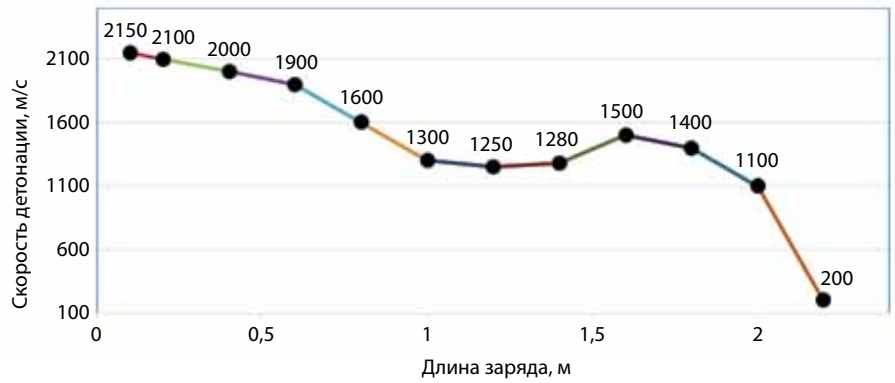


Рис. 2. График скорости детонации от точки инициирования скважинного заряда ЭВВ (измерительный прибор VoD-305)

Fig. 2. A dependance plot of detonation velocity on the point of initiation of a borehole emulsion explosive charge (VoD-305 measuring instrument)

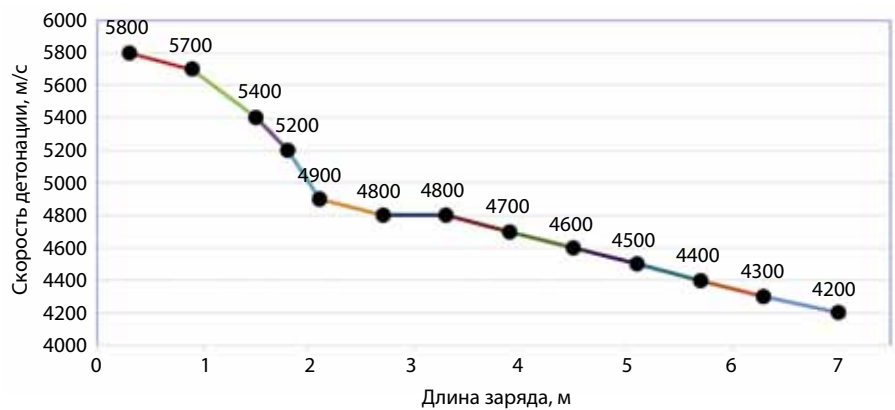


Рис. 3. График затухания скорости детонации скважинного заряда ЭВВ от точки инициирования (измерительный прибор VoD-305)

Fig. 3. A dependance plot of the detonation velocity decay of a borehole emulsion explosive charge from the point of initiation (VoD-305 measuring instrument)



Рис. 4. Измерительный прибор VoD-305 (Австралия) – а; измеритель микросекундных интервалов времени ИВИ-4 (КТБ «Интервал», г. Новосибирск) – б

Fig. 4. The VoD-305 measuring instrument (Australia) – а; the IVI-4 microsecond time interval meter (Design and Engineering Bureau “INTERVAL”, Novosibirsk) – б



В результате исследований подтверждены основные гипотезы, связанные с устойчивостью детонации скважинного заряда ПВВ:

- затухание и нестабильная детонация заряда наливных ЭВВ зафиксированы именно на сильнообводненных блоках преимущественно в горных массивах рудных зон;
- устойчивость детонации ЭВВ в обводненных скважинах снижается с увеличением времени пребывания заряда ЭВВ в обводненной скважине по мере увеличения времени заряжания скважин взрывного блока;
- патронированные ЭВВ в обводненных скважинах показывают устойчивую детонацию (значение скоростей детонации в пределах нормы и местами выше нормы) при массе боевика не менее указанной в технических условиях и диаметре заряда 150 мм и более;
- поверхностные заряды (АС-ДТ, наливных и патронированных ЭВВ) и заряды аналогичных ПВВ в сухих скважинах показывают относительно устойчивую детонацию (значение скоростей детонации в пределах нормы и местами выше нормы);
- обрыв детонации или ее переход на низкоскоростной режим при распространении детонации по ненарушенному заряду ЭВВ обусловлены ликвидацией нейтральной устойчивости детонационного фронта посредством уменьшения плотности и увеличения газовых пор вследствие

изменения гидродинамического давления по колонке заряда;

- при распространении детонации в направлении уменьшения газовых пор гидродинамические ограничения на устойчивость детонационной волны не возникают (определено опосредованно по факту проработки подошвы уступа, так как при прямом инициировании заряда измерить скорость детонации не представляется возможным);
- промежуточные детонаторы (ПД) из высокоплотных индивидуальных ВВ (смесей и сплавов индивидуальных ВВ), а также из конверсионных ВВ обладают высокой инициирующей способностью;
- характерные параметры ПД (длина, диаметр, масса) влияют на эффективность возбуждения детонации и зависят от рецептурного состава, плотности и структуры ЭВВ;
- на стабильность детонации заряда ЭВВ существенно влияют рецептурный состав, плотность эмульсии, плотность ЭВВ, радиус сенсibiliзирующих пор, размер частиц дисперсной фазы, диаметр заряда, степень обводненности скважины.

Ниже сформулированы основные причины эффекта нестабильной детонации заряда ЭВВ в обводненных скважинах, связанные с человеческим фактором.

1. Отсутствие нормативной базы, регламентирующей систематические измерения скорости детонации сква-

Таблица 1

Результаты измерений скорости детонации

Results of measuring detonation velocity

Место проведения измерений	Кол-во измерений	Скорость детонации ВВ по ТУ, м/с	Диаметр скв., мм	Глубина скв., м	Длина заряда, м	Плотность ВВ, кг/м³	Масса заряда, кг	Наименование ПД	Масса ПД, кг	Фактическая средняя скорость детонации заряда скважины №, м/с						
										№1	№2	№3	№4 /№5			
Патронированные эмульсионные ВВ – Эмуласт АС-30ФП																
Карьер «Краснореченский»	1	4400-4600	115	6,5	2,8	1,275	32	Аммонит 6ЖВ	1	2438	–	–	–			
	1								2	–	3084	–	–			
	1								3	–	–	3636	–			
Карьер «Таежное»	1			6,5	2,8		1,275		32	Аммонит 6ЖВ	1	2449	–	–	–	
	1										2	–	3448	–	–	
	1										3	–	–	4219	–	
Некрасовский карьер	4		115	4	1,275	36	Аммонит 6ЖВ	0,4	2700	1694	1215	3078				
	1							0,8	–	3453	–	–				
	1							0,8	–	–	3289	–				
	1							1	–	–	–	3568				
	1							0,6	–	3873	–	–				
Маломырский рудник	1		215	12	7	1,28	384	ПТ-П 750	0,75	4918	–	–	–			
	1	11,5							7	384	ПТ-П 750	0,75	–	–	4921	–
	1	6							4	168	Сибирит ПД-80/1,0	1	5097	–	–	–
	1	6							4	168	ПТ-П 750	0,75	–	4685	–	–
	1	6							4	168	НТ*-П «С» 60-1	1	–	–	4877	–
Эмульсионное ВВ – НПГМ-70																
Солнцевский угольный разрез (Восточная Горнорудная Компания)	1	5000	150	11	4,09	1,086	90	ТГЭ-500-КД	0,5	3509	–	–	–			
	2			15	9,09				200	0,5	–	3167	3903	–		
	3		175	10	4,6				120	ТГЭ-П 830КД	0,83	4288	4134	3364	–	
Простейшее ВВ – Гранулит У																
Солнцевский угольный разрез (Восточная Горнорудная Компания)	2	3000-4500	150	11	5,63	0,9	90	Аммонит 6ЖВ	0,4	–	3331	3455	–			
	Эмульсионное ВВ – НПГМ-75															
Солнцевский угольный разрез (Восточная Горнорудная Компания)	1	5100	175	11,5	7	1,1	167	ТГЭ-П 830КД	0,83	–	–	3891	–			

Место проведения измерений	Кол-во измерений	Скорость детонации ВВ по ТУ, м/с	Диаметр скв., мм	Глубина скв., м	Длина заряда, м	Плотность ВВ, кг/м³	Масса заряда, кг	Наименование ПД	Масса ПД, кг	Фактическая средняя скорость детонации заряда скважины №, м/с				
										№1	№2	№3	№4 /№5	
Эмульсионное ВВ – Нитронит Э-70														
Маломырский рудник (ГК «Петропавловск»)	1	4800-5000	215	6,5	3	1,165	150	ПТ П 750	0,75	4424	-	-	-	
	1			6				ПТ П 500	0,5	-	4429	-	-	
	1			13	10			550	НТ* П «С» 60-1	1	4158	-	-	-
	1			13	10			500	ТГЭ-П830КД	0,83	-	4470	-	-
	1			13,5	10,4			520	ПД-П70/750/-100	0,75	-	-	4803	-
	2			10	7,5			375	Сибирит ПД80/1,0	0,8	3688	3149	-	-
	1			11					Сибирит ПД60/0,5	0,6	-	-	2035	-
	1			7	3,5			175	Сибирит ПД80/1,0	0,8	3045	-	-	-
	1			7					Сибирит ПД60/0,5	0,6	-	1020	-	-
	1			6					ПТ-П 500	0,5	-	-	1712	-
	1			6,5		ВЭЛ 60/800ТГ100	0,8		-	-	-	1178		
	1			12	9	450	НТ*-П «С» 60-1 (2 шт.)	2	754	-	-	-		
	1			12			НТ*-П «С» 60-1	1	-	2616	-	-		
	1			12,5	8	400	ПТ-П 750	0,75	-	-	2849	-		
	1			12			НТ*-П «С» 60-1	-	-	4840	-	-		
	1			11			ПТ-П 750	0,75	-	-	4737	-		
	1			12			ПТ-П 500	0,05	4033	-	-	-		
	1			11			ПТ-П 750	0,75	-	-	4786	-		
	1			12			ПТ-П 750	0,75	-	-	4787	-		
	1			12			ПТ-П 750	0,75	4891	-	-	-		
1	12	НТ*-П «С» 60-1	1	-			4846	-	-					
1	6	4	200	ПТ-П 750	0,75	-	-	-	1329					
1	6			НТ*-П «С» 60-1	1	-	-	-	/3733					
Простейшее ВВ – Гранулит РП-1														
	1	3000-3500	215	6	6	0,78	180	ПТ-П 750	0,75	3709	-	-	-	
	1			6				ПТ-П 500	0,5	-	3378	-	-	
	1			6				Сибирит ПД80/1,0	0,8	-	-	3587	-	
	1			6				НТ*-П «С» 60-1	1	-	-	-	3791	
	1			6,5				6,5	ВЭЛ 60/800ТГ100	0,8	-	-	-	/3376
Водногелевое ВВ – Риофлекс 7000														
АО «Горевский ГОК»	1	-	215	13,5	11,5	1,16	500	ПТ-П 500 (2 шт.)	1	2399	-	-	-	
	1			12,5	9,5		480	ПТ-П 500 (2 шт.)	1	-	1914	-	-	
	1			13	10		500	ПТ-П 500 (2 шт.)	1	-	-	1056	-	
	1			13	8		420	ПТ-П 500	0,5	2368	-	-	-	
	1			12	7		390	ПТ-П 500	0,5	-	-	4069	-	
Итого	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

*Нитронит.

Таблица 2

Систематизированные результаты измерений скорости детонации

Systematized results of detonation velocity measurements

Наименование	Кол-во измерений	Диаметр заряда, мм	D по ТУ, по нижней границе диапазона, м/с	Средняя факт, D, м/с	Абсолютное среднее отклонение от нормы +/-, м/с	Относительное среднее отклонение от нормы, %	Относительный характер воздействия ВВ на массив
ЭВВ патронированное	14	115	4400	3010	-1390	-32%	Низкобризантное
	5	215	4400	4900	500	11%	Высокобризантное
ЭВВ наливное	3	150	4800	3526	-1274	-27%	Бризантное
	4	175	4800	3919	-881	-18%	Бризантное
	29	215	4800	3245	-1555	-32%	Низкобризантное
AN-FO	2	150	3000	3393	393	13%	Низкобризантное
AN-FO	5	215	3000	3568	568	19%	Бризантное



Рис. 5. Методика эффективности изготовления и применения наливных ЭВВ при взрывном разрушении обводненных массивов горных пород

Fig. 5. Methodology to enhance the efficiency of manufacturing and application of bulk emulsion explosives in blasting of watered rock masses

жинных зарядов в обводненных скважинах, и, как следствие, очевидный дефицит соответствующих испытаний на предмет качества ЭВВ из-за отсутствия обязывающего фактора.

2. Использование низкого качества основных компонентов ЭВВ – аммиачная селитра, эмульгатор и вода.

3. Несоблюдение условий хранения компонентов ЭВВ.

4. Нарушение регламента изготовления полуфабрикатов ЭВВ и их доставки до места заряжания в смесительно-зарядных машинах (СЗМ).

5. Нарушение регламента изготовления и заряжания ЭВВ при помощи СЗМ, в том числе нарушение технологии сенсibiliзации ЭВВ.

6. В целях повышения уровня безопасности и качества подготовки горной массы к выемке буровзрывным способом разработана методика эффективности применения ЭВВ, сенсibiliзированных газовыми порами, при дроблении обводненных массивов горных пород (рис. 5).

В целях снижения уровня негативного влияния гидродинамического давления на заряд ЭВВ в нижней части

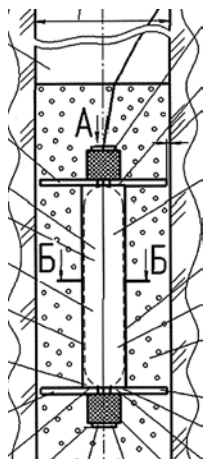


Рис. 6. Специальное устройство для защиты эмульсионного боевика и снижения гидростатического давления скважинного заряда ЭВВ

Fig. 6. A dedicated device for protecting the emulsive live primer and reducing the hydrostatic pressure of the borehole explosive charge

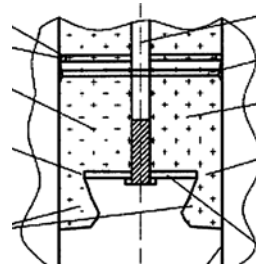
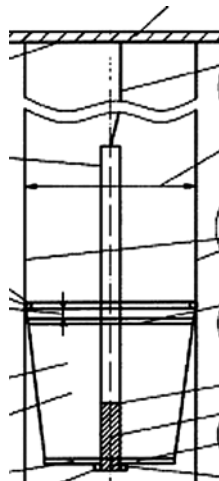


Рис. 7. Устройство для рассредоточения скважинного заряда: А – без нагрузки; Б – под нагрузкой ПВВ

Fig. 7. Device for distribution of the borehole charge: А – without load; Б – under the load of industrial explosive

глубоких скважин и обеспечения стабильной скорости детонации по колонке заряда и оптимального расположения эмульсионного боевика ИГД ДВО РАН разработано специальное подвесное устройство [14] (рис. 6), гарантирующее безопасность и эффективность боевика из ЭВВ посредством пластикового корпуса и обеспечивающее снижение гидростатического давления нижней части скважинного заряда ЭВВ за счет эффекта разделения заряда параллельными дисками, встроенными в конструкцию корпуса на подвеске, зафиксированной одним концом к перекладине на устье скважины. Для формирования скважинного заряда ПВВ в обводненных и сухих скважинах, рассредоточенного инертными промежутками разработано устройство для дифференцирования скважинного заряда [15] (рис. 7), также позволяющее снизить гидравлическое давление при формировании скважинного заряда ЭВВ.

ОБСУЖДЕНИЕ

Представленная методика требует дальнейших более детальных доработок в процессе исследовательской и производственной деятельности. Целесообразно расширить область исследований в данном направлении, в том числе в следующих аспектах:

- эффекта прямого инициирования зарядов ЭВВ;
- влияния состава и напора подземных вод на качество скважинного заряда ЭВВ;
- влияния межскважинного и внутрискважинного интервала замедления на устойчивость детонации (подбой) смежных последовательно взрывааемых скважинных зарядов ЭВВ.

К примеру, в работе [16] японские ученые провели интересное исследование влияния уровня динамического давления и интервала замедления на заряд ЭВВ в подводных условиях, в котором обосновали, что интервал замедления между донорным (первый взрывааемый заряд ВВ) и акцепторным (последующий взрывааемый заряд ЭВВ) зарядами, а также тип сенсibiliзирующих микрошариков (стеклянный, полимерный) и газовых микропузырьков существенно негативно влияют на детонаци-

онную способность предварительно сжатого взрывной волной заряда ЭВВ. При этом было зафиксировано, что скорость детонации акцепторного заряда, сенсibiliзированного химическим способом, восстанавливается до номинальных значений через 80 мс.

Исследованиями причин отказов [17, 18] установлено, что свыше 60-70% от общего количества отказов скважинных зарядов связаны с подбоем скважин (скважинной сети детонирующего шнура), вызванным локальными (местными) смещениями массива и прорывами газов по естественным трещинам, возникающим при взрыве смежных зарядов предыдущей ступени замедления, где время подбоя скважин зависит как от особенностей геологии и структуры взрывного блока, так и от параметров взрывания, в т.ч. интервала замедления.

В работе [19] на основании экспериментов сделан вывод о том, что взаимодействие зарядов ВВ смежных шпуров (скважин) при короткозамедленном взрывании не зависит от интервала замедления, поскольку время прохождения волны напряжения между шпурами (скважинами) значительно меньше времени замедления применяемых средств инициирования. В связи с этим на практике, в целях уменьшения риска возникновения отказов или «выгораний», фактическое расстояние между шпурами (скважинами) рекомендуется увеличивать на 10-15% от нормы, предусмотренной действующими нормативными документами [20].

Проведенный анализ отечественных и зарубежных источников информации подтверждает малую изученность факторов, влияющих на стабильность детонации скважинного заряда ЭВВ, поэтому приведенные в настоящей работе исследования актуальны и являются предметом дальнейшего изучения в части проведения экспериментов в условиях обводненного горного массива.

ВЫВОДЫ

Увеличение объема массива, взрывааемого за один прием, актуально с точки зрения повышения уровня промышленной и экологической безопасности и в целом производительности горного предприятия. Однако по

мере увеличения соответствующего объема возникает ряд задач, одна из которых наиболее существенная – это обеспечение качества заряда наливных ЭВВ в обводненных скважинах, при изготовлении ПВВ на местах ведения ВР. Как показывает опыт большинства горнодобывающих предприятий, при испытаниях заряд ЭВВ на поверхности и в сухих скважинах в основном работает безотказно в нормативном диапазоне скоростей детонации, тогда как в обводненных скважинах, особенно с проточной водой в сильно фильтрационном массиве, возникают проблемы с качеством ВГМ из-за частых обрывов и затухания скорости детонации заряда ЭВВ. Борьба с отказами, дополнительным или вторичным производством БВР значительно повышает уровень риска негативных событий, связанных с безопасностью и производительностью основных процессов горного предприятия.

Оценка качества взрыва, опосредствованная через факт качества ВГМ, проработку уступа, наличие отказов, – небезопасное и очень затратное мероприятие. Поэтому в качестве дополнительных профилактических мер целесообразно внесение в ТУ на применение ПВВ и правила безопасности [20] пункта, обязывающего проводить испытания скважинных зарядов ПВВ методом измерения скорости детонации с периодичностью в зависимости от специфики организации БВР на предприятии.

Основная причина снижения качества заряда ЭВВ заключается преимущественно в человеческом факторе на стадиях закупки материалов, изготовления полуфабрикатов, изготовления и заряжания ЭВВ на взрывном блоке. А косвенная техническая проблема заключается в многокомпонентности ЭВВ и его непосредственном приготовлении на местах ведения работ, в отличие от применения тротилсодержащих ВВ, где основная сложность — это ручной и вредный труд взрывперсонала. Поэтому в условиях нарастания объема потребления эмульсионных ВВ для обеспечения стабильной скорости детонации заряда ЭВВ рекомендуется придерживаться приведенной в данной работе методики, внося корректировки применительно к местным условиям.

Список литературы

1. Черских О.И., Галимьянов А.А., Гевало К.В. Совершенствование буровзрывных работ на Солнцевском угольном разрезе // Уголь. 2022. № 7. С. 44-51. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-44-51.
2. Галимьянов А.А., Соболев А.А. Повышение эффективности процесса подготовки горной массы к выемке за счет применения новых параметров технологии буровзрывных работ // Известия ТулГУ. 2022. № 3. С. 107-121.
3. Галкин Владимир Алексеевич (к 75-летию со дня рождения) // Уголь. 2023. № 3. С. 37.
4. Кучумова А. Взрывные технологии // Добывающая промышленность. 2020. № 6. С. 94.
5. Галимьянов А.А., Шевкун Е.Б. Защита А.А. Гальмьянова: Обоснование параметров открытой технологии разработки сближенных пологих и наклонных угольных пластов // Уголь. 2017. № 1. С.16-18. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-01-16-18.
6. Шевкун Е.Б. Взрывание высоких уступов при реконструкции карьера // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2003. № 5. С. 61-63.
7. Ванг Ксюгуанга. Эмульсионные взрывчатые вещества. Пер. монографии проф. В. Ксюгуанга издания Metallurgical Industry Press, Beijing, 1994. В. Ксюгуанга. Москва – Красноармейск, 2022. 396 с.
8. Колганов Е.В., Соснин В.А. Эмульсионные промышленные взрывчатые вещества. Книга 1 (Составы и свойства). Дзержинск Нижегородской области: Издательство ГосНИИ «Кристалл», 2009. 592 с.
9. Решетняк А.Ю. Детонация эмульсии на основе аммиачной селитры с ценосферами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 01.02.05 / Решетняк Александр Юрьевич. Новосибирск, 2007. 20 с.
10. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2021 г.
11. Соснин В.А., Межеричкий С.Э., Печенов Ю.Г. Состояние и перспективы развития промышленных взрывчатых веществ в России и за рубежом // Горная промышленность. 2017. № 5. С. 60-64.
12. Горинов С.А. Иницирование и детонация эмульсионных взрывчатых веществ. Йошкар-Ола: СТРИНГ, 2020. 214 с.
13. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 1. М.: Горная книга, 2007. 466 с.
14. Пат. 214622 Российская Федерация. Контейнер для защиты эмульсионного боевика / Галимьянов А.А. и др. Опубл. 08.11.2022. Бюл. № 31 по заявке № 2022112846.
15. Пат. 214666 Российская Федерация. Устройство для дифференцирования скважинного заряда / Галимьянов А.А. и др. Опубл. 09.11.2022. Бюл. № 31 по заявке № 2022112111.
16. Fumihiko Sumiya, Yoshikazu Hiroasaki, Yukio Kato. Detonation Velocity of Precompressed Emulsion Explosive. NOF Corporation Taketoyo Plant R&D Department /61-I Kita-komatsudani, Taketoyocho, Chita-gun, Aichi 470-2398, Japan.
17. Ермолаев А.И. Экспериментальный метод оценки времени подбоя скважинной сети детонирующего шнура // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2003. № 4. С. 74-76.
18. Анализ причин отказов скважинных зарядов на карьере Ковдорского ГОКа / Б.Н. Кутузов, В.Н. Захаров, Б.В. Славский и др. // Горный журнал. 1978. № 11. С. 52-55.
19. Кушнеров П.И., Буханов В.И. Безопасные расстояния между смежными зарядами ВВ при групповом взрывании // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2008. № 1. С. 15-23.
20. Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения. Приказ Ростехнадзора от 03.12.2020 № 494 (ред. от 25.05.2022).

UDC 622.016.25:622.235.2 © A.I.A. Galimyanov, O.I. Cherskikh, A.V. Rasskazova, D.A. Belotserkovsky, And.A. Galimyanov, 2024
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 100-108
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-100-108>

Title

METHODOLOGY OF ASSURANCE OF CHARGE QUALITY FOR EMULSION EXPLOSIVE IN WATER WELLS

Authors

Galimyanov A.I.A.¹, Cherskikh O.I.², Rasskazova A.V.¹, Belotserkovsky D.A.³, Galimyanov And.A.¹

¹ Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Separate Division of the KHFC of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk Federal Research Center, Khabarovsk, 680000, Russian Federation

² LLC "Solntsevsky coal mine", Shakhtersk, 694910, Russian Federation

³ Far Eastern Department of Rostekhnadzor, Khabarovsk, 680000, Russian Federation

Authors Information

Galimyanov A.I.A., PhD (Engineering), Leading Researcher, Head of the Rock Destruction Sector of the Institute of Mining, e-mail: azot-1977@mail.ru

Cherskikh O.I., PhD (Engineering), Director, e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru

Rasskazova A.V., PhD (Engineering), Leading Researcher, Mineral Enrichment Laboratory of the Institute of Mining, e-mail: annbot87@mail.ru

Belotserkovsky D.A., Head of the Interregional Department of State Mining Supervision and Supervision in the Coal Industry, e-mail: d.belotserkovskiy@dvost.gosnadzor.ru

Galimyanov And.A., Leading Engineer of the Rock Destruction Sector, e-mail: stanxii1@mail.ru

Abstract

The problem of the increase of the volume of rock mass for single blast is relevant through all the history of drilling and blasting. Change from factory to in-situ produced explosives, increase in consume of industrial explosives and the necessity of mechanization of blasting operation, problems with the quality of the blasted rock mass have become more actual. These problems are especially actual with mechanized charging of flooded wells by emulsion explosive. These problems are primarily caused by human factor: firstly, the emulsion explosive is multicomponent; secondly, explosives are produced in situ; thirdly, a shortage of qualified personnel. To solve the problem, a methodology for determining the quality of the charge of a bulk emulsion explosive in watered wells is provided in the article. The necessity of measuring of the detonation velocity of borehole charges and addition of this measuring to technical conditions for drilling and blasting operations is substantiated in the article.

Keywords

Volume of the explosive block, Emulsion explosive substances, Stable detonation of the explosive charge, Well depth, Mass explosion, Drilling and blasting parameters, Design, Planning.

References

- Cherskikh O.I., Galimyanov A.A. & Gevalo K.V. Enhancing drilling and blasting operations at the Solntsevo coal strip mine. *Ugol'*, 2022, (7), pp. 44-51. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-44-51.
- Galimyanov A.A. & Sobolev A.A. Improving the efficiency of the process of preparing rock mass for excavation through the use of new parameters of drilling and blasting technology. *Izvestiya TulGu*, 2022, (3), pp. 107-121. (In Russ.).
- Galkin Vladimir Alekseevich (to a 75-anniversary from birthday). *Ugol'*, 2023, (3), pp. 37. (In Russ.).
- Kuchumova A. Explosive technologies. *Dobyvayushchaya promyshlennost'*, 2020, (6), pp. 94. (In Russ.).
- Galimyanov A.A. & Shevkun E.B. Galimyanov A.A. thesis viva voce: superimposed flat and pitching coal seams surface mining technologies justification. *Ugol'*, 2017, (1), pp. 16-18. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2017-01-16-18.
- Shevkun E.B. Explosion of high ledges during the reconstruction of a quarry. *Gornyy informatsionno-analiticheskij bulletin*, 2003, (5), pp. 61-63. (In Russ.).
- Wang Xyuguanga. Emulsion explosives. Per. monographs prof. V. Xuguanga of Metallurgical Industry Press, Beijing, 1994. V. Xuguanga. Moscow – Krasnoarmejsk, 2022, 396 p.

- Kolganov E.V. Emulsion industrial explosives. 1st book (Compositions and properties). E.V. Kolganov, V.A. Sosnin – Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod region, Publishing house of the State Research Institute "Kristall", 2009, 592 p.
- Reshetnyak A.Yu. Detonation of an emulsion based on ammonium nitrate with cenospheres: author. dis. ... cand. tech. Sciences: 01.02.05. Reshetnyak Alexander Yurievich. Novosibirsk, 2007, 20 p.
- Annual report on the activities of the federal service for environmental, technological and nuclear supervision in 2021.
- Sosnin V.A., Mezheritsky S.E. & Pechenov Yu.G. Status and prospects for the development of industrial explosives in Russia and abroad. *Gornaya promyshlennost'*, 2017, (5), pp. 60-64. (In Russ.).
- Gorinov S.A. Initiation and detonation of emulsion explosives. Yashkar-Ola, STRING Publ., 2020, 214 p. (In Russ.).
- Kutuzov B.N. Blasting methods. Part 1. Moscow, Gornaya kniga Publ., 2007, 466 p. (In Russ.).
- Patent 214622 Russian Federation. Container for protection of the emulsion fighter. Galimyanov A.A. et al. Publ. 08.11.2022. Bull. № 31 on application No. 2022112846.
- Patent 214666 Russian Federation. A device for differentiating a borehole charge. Galimyanov A.A. et al. Publ. 09.11.2022. Bull. No 31 on application No 2022112111.
- Fumihiko Sumiya, Yoshikazu Hirosaki & Yukio Kato. Detonation Velocity of Precompressed Emulsion Explosive. NOF Corporation Taketoyo Plant R&D Department /61-I Kita-komatsudani, Taketoyo-cho, Chita-gun, Aichi 470-2398, Japan.
- Ermolaev A.I. Experimental method for estimating the time of undercutting of the detonating cord well network. *Gornyy informatsionno-analiticheskij bulletin*, 2003, (4), pp. 74-76. (In Russ.).
- Kutuzov B.N., Zakharov V.N., Slavsky B.V., Ershov N.P. & Pankov D.V. Analysis of the causes of failures of borehole charges at the quarry of the Kovdor Mining and Processing Plant. *Gornyy zhurnal*, 1978, (11), pp. 52-55.
- Kushnerov P.I., Bukhanov V.I. Safe distances between adjacent explosive charges during group explosion. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoj promyshlennosti*, 2008, (1), pp. 15-23.
- Safety rules for the production, storage and use of industrial explosive materials. Order of Rostekhnadzor dated December 3, 2020 №. 494 (as amended on May 25, 2022).

Acknowledgements

The studies were carried out using the resources of the Center for Shared Use of Scientific Equipment "Center for Processing and Storage of Scientific Data of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences", funded by the Russian Federation represented by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under project No 075-15-2021-663.

For citation

Galimyanov A.I.A., Cherskikh O.I., Rasskazova A.V., Belotserkovsky D.A. & Galimyanov And.A. Methodology of assurance of charge quality for emulsion explosive in water wells. *Ugol'*, 2024, (1), pp. 100-108. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-100-108.

Paper info

Received August 9, 2023
 Reviewed November 10, 2023
 Accepted December 7, 2023