

УДК 622.06: 662.2

И.Л. КОВАЛЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет»
Н.И. СТУПНИК, д-р техн. наук, проф.,
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»
М. К. КОРОЛЕНКО, С. П. ПОЛТОРАЩЕНКО, И.А. КАРАПА, ЧАО «ЗЖРК»
Д.В. КИЯЩЕНКО, ООО «Укрвзрывтехнология»
В.З. НЕБОГИН, ООО «НТО Технотрон»

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ ЭМУЛЬСИОННЫМИ ВВ УКРАИНИТ В ПОДЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ

В мировой практике подземной добычи отсутствует опыт формирования и удержания заряда наливных эмульсионных взрывчатых веществ в восходящих и крутонаклонных скважинах диаметром более 90 мм. В Украине при подземной добыче в забоях, недоступных для самоходной техники, осуществляется ручное бурение скважин с диаметром до 105 мм. Особенности разработки железорудных и урановых месторождений Украины определяют необходимость создания уникальной смесительно-зарядной техники, индивидуальной рецептуры компонентов эмульсионных систем и особую технологию формирования заряда в восходящих и крутонаклонных скважинах различного диаметра. Целью работы являлась разработка техники и технологии механизированного заряжения восходящих и крутонаклонных скважин эмульсионным взрывчатым веществом марки Украинит. Задачи работы: разработка рецептуры и оборудования, позволяющего получить высоковязкие эмульсионные композиции с очень высокой скоростью газогенерации, а также разработка устройства для формирования заряда в условиях высокой обводненности. Разработка статического смесителя оригинальной конструкции и применение специально созданной форсунки позволило получать высоковязкие высокодисперсные эмульсионные композиции, обеспечивать равномерное смешение компонентов и высокую скорость газогенерации с дополнительным увеличением дисперсности и вязкости конечного взрывчатого вещества. Конструкция форсунки позволяет размещать на ней патрон-боевик для обеспечения обратного инициирования заряда. Разработанные технические решения легли в основу принципиальной схемы смесительно-зарядной машины типа RTCh-23. Для заряжения кругового веера обводненных скважин на откаточных выработках разработана технология с использованием запорных устройств оригинальной конструкции. Создана самоходная и блочно-модульная техника, позволяющая с высокой производительностью, механизировано заряжать скважины любого диаметра и степени обводненности как с устья, так и с забоя. Промышленное освоение технологии показало ее эффективность, надежность и безопасность по сравнению с пневмозаряжением скважин тротилсодержащими гранулированными взрывчатыми веществами.

Ключевые слова: эмульсионные взрывчатые вещества, смесительно-зарядная техника, восходящие скважины

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Взрывные работы являются важнейшей частью процесса добычи руд и занимают до 40 % затрат в себестоимости продукции. В то же время эти работы, особенно в подземных условиях, характеризуются повышенным уровнем опасности.

Анализ мировых тенденций в области взрывного дела показывает, что повышение уровня безопасности и эффективности взрывных работ в значительной мере обусловлено применением эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ), изготавливаемых непосредственно в процессе заряжения шпуров и скважин [1,2].

Опыт применения ЭВВ в карьерах Украины [3] показал, что эти взрывчатые вещества (ВВ) характеризуются низкой чувствительностью к механическим воздействиям, высокой водоустойчивостью, полной механизацией процесса изготовления и заряжения, более высокой экологической безопасностью по сравнению со штатными, тротилсодержащими ВВ, не уступая последним по детонационным параметрам. Однако использование эмульсионных ВВ при подземной добыче руд на шахтах Украины осложнено особенностями разработки железорудных и урановых месторождений, когда в зависимости от применяемой горной технологии необходимо создавать уникальную смесительно-зарядную технику, индивидуальную рецептуру невзрывчатых компонентов ЭВВ и особую технологию формирования заряда в восходящих и крутонаклонных скважинах различного диаметра.

Анализ исследований и публикаций. В марте 2009 г. впервые в истории горных работ Украины на шахте «Эксплуатационная» (ЧАО «Запорожский железорудный комбинат») была осуществлена механизированная зарядка шпуров ЭВВ Украинит-ПП-2Б и проведены экспериментальные взрывы, которые показали высокую степень дробления горной массы (КИШ до

0,95), а также значительно меньшую загазованность рудничной атмосферы по сравнению с граммонитом 79/21.

Заряжание ЭВВ осуществлялось опытным образцом смесительно-зарядного стенда СЗС, созданного специалистами ООО «НТО Технотрон», ООО «Укрвзрывтехнология» и ЧАО «ЗЖРК». Оработка технологии с помощью СЗС позволила создать серию переносных малогабаритных зарядчиков ЗЭП-15 и ЗЭП-10 4, 5.

Однако указанная техника не позволяла осуществить заряжание восходящих скважин. Опыт ведущих зарубежных компаний [6-8] и, прежде всего, «Орика Си Ай Эс» показал, что сформировать и удержать заряд эмульсионного ВВ в скважинах диаметром свыше 90 мм практически невозможно. В то же время, в забоях, недоступных, по ряду причин для самоходной техники, бурение осуществляется станками НКР (диаметр скважин до 105 мм).

Постановка задачи. Целью работы являлась разработка техники и технологии механизированного заряжания восходящих и крутонаклонных скважин эмульсионным взрывчатым веществом марки Украинит. Поставленная цель предполагала решение следующих задач: разработка рецептуры и оборудования, позволяющего получить высоковязкие эмульсионные композиции с очень высокой скоростью газогенерации, а также разработка устройства для формирования заряда в условиях высокой обводненности.

Изложение материала и результаты. Как известно, эмульсионным ВВ присущ смесевой механизм детонации, при котором химическая реакция происходит между окислителем и восстановителем, не находящимся в молекулярном контакте. Причем скорость реакции детонационного превращения напрямую зависит от размера глобул окислителя в эмульсии (дисперсности эмульсии), скорости окисления горючей фазы и размеров пор эмульсии, образованных пузырьками газогенерирующей добавки.

Для получения высоковязкой эмульсии максимальной дисперсности был разработан аппарат, принципиально отличающийся от известных статических смесителей [9].

Применение такого аппарата позволило получить эмульсионные композиции заданной вязкости и дисперсности, что в сочетании с научно-обоснованным подходом к выбору топливной фазы [9], обеспечило высокую энергонасыщенность основного компонента ЭВВ (композиция эмульсионная ЭК ТУУ 24.6-19436711-006:2006). В качестве сенсibilизатора было предложено использовать стабилизированный водный раствор пероксида водорода (Добавка газогенерирующая ГГД-У ТУ У 24.6-19436711-005:2006)[10].

Одной из проблем формирования заряда ЭВВ в восходящих скважинах является недостаточно быстрая газогенерация эмульсии. В связи с этим, в технологическую схему зарядных машин ведущих зарубежных фирм обязательно входит линия подачи катализатора разложения газогенерирующей добавки. Линия снабжена емкостным и насосным оборудованием.

В настоящей работе задача повышения скорости газогенерации была успешно решена с помощью форсунки оригинальной конструкции, работа которой исследовалась на специальном смесительно-зарядном стенде. Эта форсунка обеспечивает равномерное смешение эмульсии и ГГД с дополнительным увеличением дисперсности и вязкости конечного ЭВВ. Результат достигается за счет больших сдвиговых усилий, возникающих на выходе из сопла форсунки. Это позволило реализовать заряжание восходящих скважин любого диаметра от забоя. Конструкция форсунки позволяет размещать на ней патрон-боевик для обеспечения обратного инициирования заряда ВВ.

Проведенный комплекс опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ позволил разработать принципиальную технологическую схему смесительно-зарядной машины (СЗМ) для заряжания скважин в подземных условиях. Было разработано техническое задание, в соответствии с которым по заказу ЧАО «ЗЖРК» была изготовлена смесительно-зарядная машина RTCh-23 (рис. 1).



Рис. 1. Смесительно-зарядная машина RTCh-23

RTCh-23 в настоящее время успешно эксплуатируется в условиях шахты «Эксплуатационная» (ЧАО «ЗЖРК»), в том числе и для заряжания восходящих скважин диаметром 105 мм, что не имеет аналогов в мировой практике.

В табл. 1 приведены параметры заряжания одного из массовых взрывов 13.02.2016 г.

По результатам взрыва отмечено высокое качество дробления, отсутствие «негабаритов» и «kozyрьков», малое время проветривания забоя.

Таблица 1

Результаты зарядания эмульсионного ВВ Украинит-ПП-2
с помощью смесительно-зарядной машины RTCh-23 (шахта «Эксплуатационная», ЧАО «ЗЖРК»)

Номер камеры	Горизонт, м	Диаметр скважины, мм	Количество эмульсии, кг	Количество ГГД, кг	Водоприток, м ³ /ч	Горно-геологическая характеристика заряжаемого блока
1/20 с	775	105	3000	32	1,5	$f=9,0$ руда г/м, тр. средняя
1/7 с	810	89 и 105	8450	88	1,0	$f=8,9$ руда г/м, м/г, трещ. средняя
	875	89	5300	56	1,0	$f=9,0$ руда г/м, м, трещию средняя
3/12 ю	665	89 и 105	2850	33	0,5	$f=7,0$ руда г/м, м, м/ж, трещ. слабая
	715	89	1190	15	0,5	$f=8,5$ руда г/м, м, м/ж, трещ. от слабой до средней

Однако самоходная зарядная техника не может быть использована в буровых выработках откаточных горизонтов.

Для зарядания эмульсионным ВВ Украинит-ПП-2Б кругового веера скважин на откаточных выработках была разработана технология, которая предусматривает использование запорных устройств оригинальной конструкции (ТУ У 22.2-36373037-004:2014). Запорные устройства оснащены напорной камерой подачи ЭВВ с шаровым клапаном и контейнером, в котором размещен изолирующий полимерный рукав (в гофрированном состоянии). Контейнер обеспечен трубкой подачи сжатого воздуха для разворачивания изолирующего полимерного рукава и его выворачиванием по высоте скважины.

В процессе зарядания, после установки запорного устройства на расчетном расстоянии от устья скважин и развертывания изолирующего рукава, через клапаны в скважину подается эмульсионное ВВ, которое изготавливается с помощью передвижной блочно-модульной установки модели УБМ-1 (рис. 2). Технические характеристики УБМ-1 и RTCh-23 приведены в табл. 2.

Рис. 2. Установка блочно-модульная УБМ-1



Доставка компонентов ЭВВ производится вагон-доставщиком ВДЭК-3 (ТУУ 29.2-23647075-017:2012), от которого до зарядной камеры прокладывается продуктопровод, по которому мембранным насосом перекачивается низковязкая эмульсия на расстояние до 100 м.

Таблица 2

Краткие технические характеристики смесительно-зарядного оборудования
для зарядания кругового веера скважин наливным ЭВВ Украинит-ПП-2

Наименование	Установка блочно-модульная мод. УБМ-1	Смесительно-зарядная машина RTCh-23
Диаметр заряжаемых скважин, мм	89, 102, 105 (в основном 102, 105 мм)	89, 102, 105 (в основном 89 мм)
Приспособления, используемые для зарядания восходящих скважин	Запорные устройства	Пыж специальный, ерш специальный
Горизонты, на которых возможно зарядание блоков	Откаточные, подэтажные	Подэтажные
Производительность, кг/мин.	50-80 при вязкости ЭК до 50000 сП	до 80 при вязкости ЭК до 100000 сП
Достигнутая производительность зарядания (сменная / месячная), т	До 7,0/до 50,0	Свыше 8,0/до 110,0
Мощность двигателя, кВт	до 4,0	до 112,0
Объем емкости ЭК/ГГД, л	200,0/10,0 (пополняемые)	3000,0/50,0
Габариты модулей оборудования для размещения, макс., ДхШхВ, мм,	750×450×500 - маслостанция 800×650×500 - агрегат насосный, 960×840×1100 – емкость ЭК	9550×2000×2300
Масса, кг	60,0+90,0+65,0=215,0	21100,0

Применение разработанной технологии позволяет механизировано заряжать низковязкой эмульсией круговой веер скважин любого диаметра с устья скважин. Опыт применения в условиях шахты «Эксплуатационная» ЧАО «ЗЖРК» показал, что разработанная технология наиболее эффективна при высоком водопритоке и существенном разрушении стенок скважины.

Выводы и направления дальнейших исследований: Разработаны технологии зарядания кругового веера скважин любого диаметра и степени обводненности эмульсионным ВВ марки Украинит, создана самоходная и блочно-модульная техника, позволяющая с высокой производительностью механизировано заряжать скважины как с устья, так и с забоя. Промышленное освоение технологии показало ее эффективность, надежность и безопасность по сравнению с пневмозаряданием скважин тротилосодержащими гранулированными ВВ.

Список литературы

1. **Guang, Wang Xu** Emulsion explosives / **Wang Xu Guang**. – Beijing: Metallurgical Industry Press, 1994. - 388 p.
2. **Колганов, Е. В.** Эмульсионные промышленные взрывчатые вещества. В 2 кн. Кн. 1. Составы и свойства. / **Е. В. Колганов, В. А. Соснин**. - Дзержинск.: ГосНИИ «Кристалл», 2009. - 592 с.
3. Розробка і впровадження емульсійних вибухових речовин на кар'єрах України / під ред. **В. П. Купріна, І. Л. Коваленка**. - Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2012. - 243 с.
4. Пат. 62192 Україна МПК F42D 1/10, C06B 21/00. Зарядник емульсійних вибухових речовин ЗЕП-15 / **Зубко, А. М., Карапа, І. А., Колсасєв М. Б., Небогин В. З.** (Україна). - № u201105501; заявл. 29.04.2011; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 15.
5. Пат. 67340 Україна МПК F42D 1/10, C06B 21/00, F04B 9/00. Пневмонасос-зарядник емульсійних вибухових речовин ЗЕП-10/ **Колсасєв М.Б., Небогин В.З., Онопрієнко Є.П., Савченко М.В.** (Україна). - № u201111226; заявл. 21.09.2011; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 3.
6. **Кутузов, Б. Н.** Методы ведения взрывных работ. Часть 2./ **Б. Н. Кутузов**. - М.: «Горная книга», 2008. - 512 с.
7. **Мельник, В. Б.**, Подземная добыча руды в ОАО «Апатит». Современное состояние и перспективы/ **В. Б. Мельник, А. Н. Сахаров, А. А. Браунштейн** // Глобус (Геология и бизнес). – 2013. – № 5 (29). - С.14-21. - ISSN 0351-0050/
8. **Соснин В. А.** Технологические особенности получения ЭВВ для зарядания и взрывания в подземных выработках/ **В. А. Соснин, К.Е. Морозов, В. Н. Корунев** // Взрывное дело. - 2014. - Вып. №111/68. - С. 267-273. - ISSN 0372-7009.
9. **Kovalenko, I. L.** Energycondensed packaged systems. Composition, production, properties./ **I. L. Kovalenko, V. P. Kuprin, D. V. Kiyaschenko** // Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi. - 2015. - Iss.1 (45). - P. 164-170. - ISSN 2076-2429
10. Пат. 82960 Україна МПК C01B 15/00, C06B 31/00. Газогенеруюча добавка до емульсійних вибухових речовин/ **Коваленко І. Л., Купрін В. П.** (Україна). - № u201301321; заявл. 04.02.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. №16.

Рукопись поступила в редакцию 18.04.16

УДК 001.57: 681.5.015

В.О. КОНДРАТЕЦЬ, д-р техн. наук, проф., А.М. МАЦУЙ, канд. техн. наук, доц.
Кіровоградський національний технічний університет

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РІВНОМІРНОГО РУХУ ПУЛЬПИ У ПІСКОВОМУ ЖОЛОБІ ОДНОСПІРАЛЬНОГО КЛАСИФІКАТОРА

Подрібнення бідних залізних руд у перших стадіях відрізняється великими витратами, що в значній мірі викликано частковою або повною відсутністю інформації відносно деяких технологічних процесів, до яких можливо віднести і транспортування пульпи у пісковому жолобі механічного односпірального класифікатора, де недостатньо вивчений рівномірний рух пульпи. Розв'язання даної задачі складає актуальність роботи. Її метою є математичне моделювання рівномірного руху пульпи у пісковому жолобі односпірального класифікатора з пошуком залежностей між основними параметрами та встановленням меж їх зміни при експлуатації технологічного обладнання. Отримані аналітичні залежності об'ємної витрати пульпи та швидкості її руху від висоти потоку. Між об'ємною витратою пульпи і висотою потоку спостерігається практично лінійна залежність. Середня швидкість потоку пульпи нелінійно залежить від висоти при будь-якій ширині піскового жолоба. За певних похилах піскового жолоба, матеріалі футеровки та ширині дана залежність є функціональною. Висота потоку, об'ємна витрата пульпи, середня швидкість і час її руху змінюються в достатньо широких межах. Ширину піскового жолоба при проектуванні слід вибирати такою, що дорівнює 0,3 м. Такий канал володіє необхідною пропускнуною спроможністю і незначною нелінійністю статичної характеристики. Отримані результати являють собою основу для розробки засобів вимірювання об'ємної витрати пульпи у відкритих потоках, встановлення їх меж вимірювання, визначення факторів впливу на точність. Крім того, вони є базою для математичного моделювання хвильового руху пульпи у піскових жолобах механічних односпіральних класифікаторів.

Ключові слова: односпіральний класифікатор, пісковий жолоб, рівномірний рух, моделювання, об'ємна витрата, швидкість