

УДК 622.235

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВОДОСОДЕРЖАЩИХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ**Л. Н. Шиман, Е. Б. Устименко, Л. И. Подкаменная**

ГП «НПО «Павлоградский химический завод»

ул. Заводская, 44, г. Павлоград, 51402, Украина, E-mail: ootn@pkhz.dp.ua

Й. Г. Касперский

Компания «ExploMineTech», Германия

Рассмотрены основные подходы к технологиям изготовления водосодержащих взрывчатых веществ и показано их влияние на эксплуатационные характеристики взрывчатых веществ и на результаты взрывных работ. Приведены сравнительные характеристики изготавливаемых водосодержащих взрывчатых веществ при различных подходах к технологии их изготовления. Приведены зависимости величины относительного коэффициента удельных энергозатрат для получения устойчивой дисперсной фазы водосодержащих взрывчатых веществ от кинетической энергии диспергирования при различных технологических подходах: технологии с емкостными аппаратами; технологии с диспергаторами статического типа; технологии с диспергаторами динамического типа.

Ключевые слова: водосодержащие взрывчатые вещества, технологии изготовления, свойства взрывчатых веществ, взрывные работы.

РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ВОДОВІСНИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ЯК ЧИННИКА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИБУХОВИХ РОБІТ**Л. М. Шиман, Є. Б. Устименко, Л. І. Подкаменна**

ДП «НВО «Павлоградський хімічний завод»

вул. Заводська, 44, м. Павлоград, 51402, Україна, E-mail: ootn@pkhz.dp.ua

Й. Г. Касперський

Компанія «ExploMineTech», Німеччина

Розглянуті основні підходи до технологій виготовлення водовмісних вибухових речовин і показано їх вплив на експлуатаційні характеристики вибухових речовин і на результати вибухових робіт. Приведені порівняльні характеристики водовмісних вибухових речовин при різних підходах до технології їх виготовлення. Приведені залежності величини відносного коефіцієнта питомих енерговитрат для отримання стійкої дисперсної фази водовмісних вибухових речовин від кінетичної енергії диспергування при різних технологічних підходах: технології з емісними апаратами; технології із диспергаторами статичного типу; технології із диспергаторами динамічного типу.

Ключевые слова: водовмісні вибухові речовини, технології виготовлення, властивості вибухових речовин, вибухові роботи.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. При проведении работ по добыче полезных ископаемых перед горнодобывающими предприятиями постоянно возникают задачи повышения их эффективности. Учитывая многообразие факторов организационного, технического, технологического свойства, влияющих на эффективность работ по добыче полезных ископаемых, можно выделить буровзрывные работы с использованием взрывчатых веществ. Оптимально выбранные, в зависимости от горногеологических условий и технологии буровзрывных работ, обеспечивают первичную выемку из массива и подготовку горной массы с минимальным количеством негабаритных кусков, а при добыче нерудных материалов (граниты, известняки) – и с минимальным количеством мелкой, недельной фракции, что является важным для карьеров.

При выполнении буровзрывных работ одними из основных факторов влияния на результаты взрывных работ являются характеристики применяемых взрывчатых веществ (ВВ), а также технологии их применения и инициирования в скважинах и шпурах.

В настоящее время разработаны и внедрены для промышленного применения различные виды водостойчивых ВВ, в том числе водосодержащие, кото-

рые пришли на смену традиционным тротилсодержащим ВВ. Водосодержащие ВВ обладают повышенным уровнем безопасности при применении вследствие низкой чувствительности к различным механическим и электростатическим воздействиям. При этом водосодержащие ВВ можно разделить на суспензионные, к которым относятся водногелевые ВВ (ВГВВ) и горячельющиеся тротиловые ВВ (ГЛТ), и на эмульсионные ВВ (ЭВВ). Указанные водосодержащие ВВ отличаются друг от друга составом и структурой жидкой фазы, которая формируется в зависимости от применяемых технологических процессов изготовления ВВ. Состав и структура указанных ВВ в конечном счете определяет особенности их характеристик, условий применения и, в конечном счете, влияет на результаты взрывных работ, а значит и на эффективность добычи полезных ископаемых [1].

В связи с этим целью работы является проведение анализа влияния различных технологических процессов изготовления водосодержащих ВВ на их эксплуатационные характеристики и на результаты взрывных работ.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Пионером в разработке и промышленном ос-

воени в Україні водосодержащих негорячельющихся ВВ с 1994 года является ГП «НПО «Павлоградский химический завод» (ГП «НПО «ПХЗ»). Многолетняя специализация предприятия на производстве традиционных тротилсодержащих промышленных ВВ не позволяла в новых условиях 90-х годов выдерживать конкуренцию при поставке ВВ на рынок взрывных работ. Требовалось найти эффективную альтернативу тротилсодержащим ВВ. Специалистами научно-исследовательского института высокоэнергетических материалов (НИИВЭМ), входящего в структуру ГП «НПО «ПХЗ», были разработаны рецептуры и технологии изготовления как патронированных, так и наливных ВГВВ и ЭВВ, внедренных в промышленное производство под марками, соответственно, «Гелекс» и «ЕРА».

Следует отметить, что на ГП «НПО «ПХЗ» разработка технологий водосодержащих негорячельющихся ВВ была начата с технологий водногелевых ВВ, т.к. такая технология является простой в аппаратном исполнении, достаточно гибкой при выборе и поддержании технологических параметров и получении ВВ с широким спектром энергетических и эксплуатационных характеристик. Технологии ВГВВ широко применялись в то время в США (UTech, MSI, DYNO), Европе (UEE), Южной Африке (Dantex), в Индии и в других странах. Разработанные на предприятии, с учетом мирового опыта, технологии ВГВВ являлись эффективной альтернативой для замены тротилсодержащих ВВ, которые еще широко применялись в 90-х годах прошлого столетия. Развитие буровзрывных технологий, вызванное тенденциями по росту цен на тротил и тротилсодержащие ВВ, а также вызванное ужесточением требований по экологической безопасности в местах ведения взрывных работ, привело к росту потребности горнодобывающих предприятий Украины в альтернативных ВВ для замены традиционных тротилсодержащих ВВ. Такая же потребность возросла и в других постсоветских странах, в том числе в прибалтийских. Так, до вступления Эстонии и Литвы в Евросоюз, ГП «НПО «ПХЗ» обеспечивал их горно-

добывающие предприятия водногелевыми ВВ марки «Гелекс». Производимые и поставляемые предприятием ВГВВ подкласса 1.1 применялись для зарядки шпуров и скважин, как в подземных условиях, так и на дневной поверхности, а ВГВВ подкласса 1.5 применялись, в основном, в обводненных скважинах на различных горнодобывающих предприятиях, в породах с крепостью до 22 по шкале Протодяконова.

Несмотря на определенные преимущества ВГВВ перед тротилсодержащими ВВ и горячельющимися ВВ, в 90-х годах они использовались, в основном, в виде патронов и картузов диаметром от 32 до 220 мм. Это объяснялось отсутствием в Украине смеси-тельно-зарядных машин, которые бы обеспечили смешивание полуфабрикатов и закачивание их в скважины с формированием сенсбилизированной гелевой структуры. Отсутствие средств механизации для зарядки ВГВВ в скважины не давало возможности обеспечить эффективность взрывных работ при их применении на больших блоках, где требовалось заряжать и взрывать по несколько десятков тонн ВВ одновременно.

Следует отметить, что для обеспечения требуемых взрывчатых характеристик, в состав ВГВВ вводятся органические нитросоединения, такие как нитрат гексамина, нитрометан, нитрат монометиламина и др. Эти вещества не производятся в промышленности в массовом количестве и поэтому являются относительно дорогими компонентами, что также не позволяло расширить объемы и спектр использования ВГВВ.

В связи с возрастающими, с начала 2000-х годов, требованиями по надежности, безопасности и дешевизне изготовления водостойчивых ВВ, а также проведения взрывных работ, в основном в условиях обводненных скважин, перед производителями ВВ появилась необходимость перехода к технологиям эмульсионных ВВ. Таким образом, следующим шагом в развитии технологий водосодержащих ВВ стали технологии эмульсионных ВВ, отличающихся от водногелевых более тонкой структурой дисперсной фазы (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика изготавливаемых водосодержащих ВВ при различных подходах к технологии их изготовления

Тип ВВ		Размер частиц, мицелл в дисперсной фазе, мкм	Коэффициент энергоотдачи	Устойчивость при термическом циклировании, циклы	Устойчивость детонации в скважинах диаметром < 110 мм, при плотности (г/см ³)		
					< 0,9	0,9–1,2	1,2–1,3
ВГВВ	С.в.* 7–15 %	>100	0,75	1–2	Нет	Нет	Нет
	С.в.* 25–30 %	>100	0,8	1–2	Да	Да	Нет
ЭВВ	«Американский»	10–40 (> 60 %)	0,85	3–5	Нет	Нет	Нет
	«Европейский»	0,5–5,0 (> 80 %)	0,95	15–30	Да	Да	Да

*С.в. – содержание органических нитросоединений – сенсбилизаторов ВГВВ

Более тонкая структура дисперсной фазы ЭВВ, в которой размер мицелл эмульсии в 10–100 раз меньше, чем размер частиц в ВГВВ, обеспечивает большую стабильность ЭВВ и энергоотдачу при взрывных процессах. Это связано с тем, что в эмульсии взаимодействие горючих и окислительных элементов осуществляется почти на молекулярном уровне.

Несмотря на схожесть рецептурного состава различных видов ЭВВ, изучение мировой практики по технологиям ЭВВ показало, что можно выделить, два подхода к технологиям производства ЭВВ, которые направлены на достижение разных целей, и, соответственно, по-разному влияют на эффективность взрывных работ и добычу полезных ископаемых. Условно эти подходы можно разделить на «американский» и на «европейский».

По *первому подходу*, «американскому», ключевой направленностью технологии ЭВВ является ориентация на продажу ЭВВ. Таким образом создаются и предлагаются для взрывных работ ЭВВ с большой плотностью для большего заполнения скважин массой ВВ. При этом используются технологии, которые позволяют формировать ЭВВ с большим количеством воды (> 15 %) и с плотностью 1,25–1,35 г/см³. В этом случае широко используется энергоёмкое емкостное оборудование объемом 3000–10000 л для изготовления полуфабрикатов ЭВВ и прямых эмульсий, а также простые статические диспергаторы для получения обратных эмульсий. Для изготовления ЭВВ применяются несложные смесительно-зарядные машины с ограниченными возможностями по выбору рецептур ВВ, как правило одной или двух, и которые заряжаются уже готовой эмульсией.

Таким образом, ЭВВ, изготавливаемые по технологии «американского» подхода и предлагаемые для взрывных работ, вынуждают потребителя нести затраты за увеличенную массу ВВ в скважинах и к тому же, содержащую от 15 до 20 % воды, которая является энергетически пассивным веществом. Кроме того, физико-химические свойства таких ЭВВ не позволяют надежно использовать их в скважинах диаметром менее 150 мм (табл. 1), что существенно ограничивает возможности потребителя по оптимизации буровзрывных работ для получения горной массы требуемого грансостава. Поэтому, такая технология изготовления ЭВВ для взрывных работ не способствует повышению эффективности при добыче полезных ископаемых.

Второй подход – «европейский» – к технологии производства ЭВВ заключается в организации более сложных технологических процессов, обеспечивающих получение различных видов ЭВВ с широким диапазоном характеристик. При «европейском» подходе к организации технологических процессов могут быть изготовлены ЭВВ с плотностями от 0,5 до 1,3 г/см³ и с содержанием воды от 3 до 12 %, устойчиво детонирующие в скважинах диаметром меньше 110 мм (табл.1). Это позволяет целенаправленно подходить к оптимизации энергонасыщения скважинных и шпуровых зарядов и, соответственно,

обеспечивать повышение эффективности взрывных работ у потребителя. Таким образом, «европейский» подход к организации технологических процессов изготовления ЭВВ в большей мере ориентирован на удовлетворение запросов потребителя взрывных работ в зависимости от особенностей его горногеологических условий и условий ведения буровзрывных работ.

В аппаратном оснащении при «европейском» подходе, как правило, используется малообъемное (объемом от 1 до 5 л) оборудование проточного динамического диспергирования, обеспечивающее высокие значения кинетической энергии воздействия на двухфазную водомасляную систему. При этом технологические процессы оснащаются сложной системой управления, обеспечивающей работу дозирующего и смесительного оборудования, а также автоматическое поддержание необходимых уровней температур и других параметров процесса. На рис. 1 представлена зависимость относительного коэффициента удельных энергозатрат, необходимых для получения устойчивой дисперсной фазы водосодержащего ВВ ($Ke_{от}$) от кинетической энергии их диспергирования (K) в аппаратах приготовления, при различных технологических подходах. Так, технологии получения суспензионных, водногелевых ВВ, а также технологии получения ЭВВ по «американскому» подходу на основе прямой эмульсии в емкостных аппаратах большого объема (блок I), характеризуются высоким коэффициентом удельных энергозатрат при низких значениях кинетической энергии воздействия рабочих органов аппаратов на дисперсную среду.

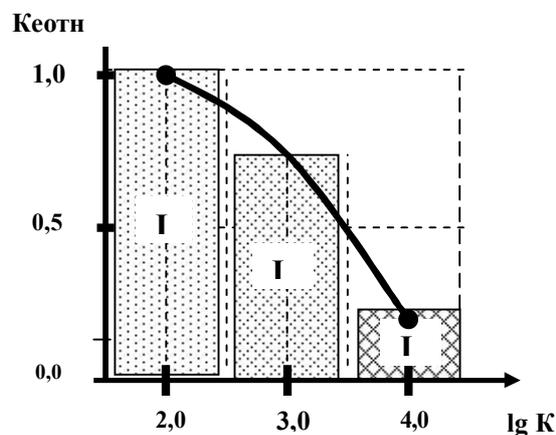


Рисунок 1 – Зависимость относительного коэффициента удельных энергозатрат ($Ke_{отн}$) для получения устойчивой дисперсной фазы водосодержащих ВВ от кинетической энергии (K) диспергирования при различных технологических подходах: I–технологии с емкостными аппаратами; II–технологии с диспергаторами статического типа; III–технологии с диспергаторами динамического типа

Технологии получения ЭВВ по «американскому» подходу с использованием статических диспер-

гаторов (блок II) характеризуються також доволно високими значеннями коефіцієнта удельных энергозатрат, на уровне 0,7 относительно энергозатрат для ВГВВ. Технологии получения ЭВВ по «европейскому» подходу (блок III) при высоких значениях кинетической энергии воздействия рабочих органов динамических диспергаторов на дисперсную среду обладают низкими значениями удельных энергозатрат при изготовлении ЭВВ. Так, коэффициент удельных энергозатрат для таких ЭВВ находится на уровне 0,2–0,25 относительно энергозатрат для ВГВВ и в три раза ниже, чем для ЭВВ, получаемых по «американскому» подходу к техпроцессам. Таким образом, ЭВВ, полученные по «европейскому» подходу, менее зависимы от стоимости энерго-ресурсов, а, значит, позволяют в меньшей степени влиять на стоимость взрывных работ при удорожании энергоресурсов.

Следует отметить, что немаловажным качеством ЭВВ является стабильность дисперсной фазы эмульсии, которая определяет уникальные взрывчатые свойства ЭВВ. Стабильность дисперсной фазы эмульсии может быть определена по количеству циклов знакопеременного изменения температур, при которых эмульсия сохраняет свои свойства, а в дисперсной фазе не происходит выкристаллизация и разрушение мицеллярной структуры. Стабильность дисперсной фазы зависит от размера мицелл дисперсной фазы эмульсии (рис. 2).

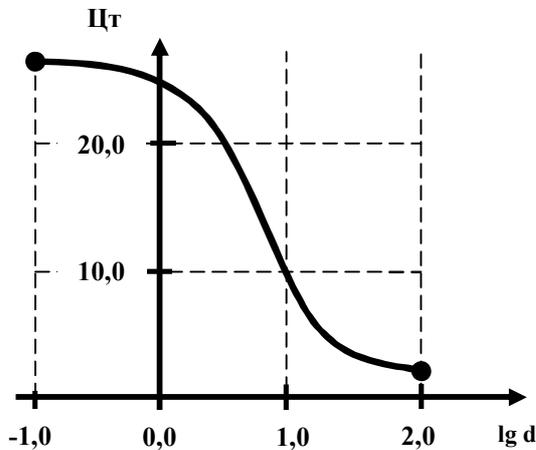


Рисунок 2 – Зависимость количества циклов (Цт) устойчивости дисперсной среды с размером мицелл (частиц) (d, мкм) к знакопеременному термическому циклированию

Чем меньше размер таких мицелл, тем более стабильной является эмульсия. Технологии изготовления ЭВВ по «европейскому» подходу позволяют обеспечить получение стабильных обратных эмульсий с размером мицелл эмульсионной фазы менее 5 мкм. Поэтому такие ЭВВ выдерживают 15–30 циклов термического воздействия в отличие от ЭВВ изготовленных по «американскому» подходу, которые выдерживают только 3–5 циклов, и в отличие от ВГВВ, которые выдерживают не более двух циклов

(табл. 1) (один цикл включает выдержку ВВ в течение 24 часов при температуре +40 °С и затем выдержку 24 часа при температуре –20 °С).

Реализация «европейского» подхода к технологии изготовления ЭВВ в мобильном варианте, на базе, например, одного шасси грузового автомобиля, позволяет получить «минизавод» на колесах с широкими возможностями для изготовления за один рейс и зарядания в скважины до 24 т не только ЭВВ с указанными выше характеристиками, но и разновидности Heavy ANFO с содержанием эмульсии не менее 25 % [2]. Производство таких «минизаводов» на колесах в виде смесительно-зарядных машин (СЗМ) производится на ГП «НПО «ПХЗ» с использованием концептуальных технических решений, разработанных в компании «Westspreg» (Германия). При этом, такие СЗМ, в зависимости от потребности заказчика, могут оснащаться оборудованием как универсального назначения (системы UMS) для изготовления ЭВВ, Heavy ANFO и ANFO, так и целевого назначения (системы SMS и RPS) для изготовления ЭВВ и Heavy ANFO.

В настоящее время в Украине производится для применения на открытых горных работах несколько различных видов промышленных ЭВВ, подкласса 1.5, выпускаемых под марками «Украинит», «Анемикс» (аналог «Пауэргеля»), «Эмонит» и «Гранемит» (аналоги «Порэмита»), «ЕРА» и др. В основе технологических процессов для таких ЭВВ как «Украинит», «Анемикс», «Эмонит» и «Гранемит» используется «американский» подход к технологии изготовления ЭВВ. В основе технологического процесса изготовления ЭВВ марки «ЕРА» лежит «европейский» подход, разработанный по аналогии с технологиями компании «Westspreg» (Германия), которые успешно себя зарекомендовали и применяются во многих европейских странах. Разница в технологических подходах при изготовлении указанных ЭВВ отражается и на различиях в их свойствах (табл. 2). Представленные в табл. 2 сравнительные данные по свойствам тротилсодержащих ВВ, ВГВВ и ЭВВ показывают, что расчетные энергетические характеристики по объемной теплоте взрыва и скорости детонации между ними близки. Однако ЭВВ, изготовленные по технологиям «европейского» подхода (марка «ЕРА»), обладают более предпочтительными для потребителя взрывных работ качествами. Так, за счет сбалансированности рецептуры обеспечивается низкий уровень объема вредных газов при взрывании, обеспечивается возможность взрывания в скважинах диаметром от 80 мм и выше, а также возможность регулирования энергонасыщения зарядов ВВ в скважинах от 70 % до 100 % (по величине относительной объемной энергии заряда ВВ). Следует отметить, что для ЭВВ, изготовленных по технологиям «американского» подхода характерны высокие значения критического диаметра для устойчивой детонации (более 100м), а уровни значений плотности ЭВВ почти граничат с критическими значениями (~1,35–1,4 г/см³), когда детонационный процесс переходит в дефлаграционный.

При таких характеристиках, в случае переуплотнения ЭВВ в скважине, особенно в нижней её части, а также при использовании в скважинах диаметром

менее 150 мм, детонация ЭВВ, изготовленных по технологиям «американского» подхода, может перейти во взрывное горение и выгорание ВВ.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика водосодержащих ВВ и тротилсодержащих ВВ

Наименование показателя	Сыпучие	Водогелевые ВВ		Водоэмульсионные ВВ			
	Граммон. (79/21)	ГЛТ-20	Гелекс (Р100)	Украинит (ПП-2Б)	Анемикс (Р 80)	Эмонит Гранемит Порэммит (ИМ, МТ)	ЕРА (АМ, II)
Теплота взрыва, ккал/кг	1020	790–880	951	710	754	680–730	800–830
Плотность ВВ, г/см ³	0,80–0,95	1,35–1,40	1,23–1,30	1,25–1,33	1,25–1,35	1,25–1,35	0,8–1,2
Относительная объемная энергия (расчет. от TNT)	0,8–1,0	1,0–1,2	0,95–1,0	0,88–0,94	0,9–1,0	0,88–0,98	0,7–1,0
Скорость детонации, * ¹ км/с, не менее	3,2–3,6	4,5–5,0	4,2–5,2	4,5–5,0	4,8–5,3	4,4–5,2	4,0–5,2
Массовая доля воды, %	< 0,5	5–15	12–18	15–17	14–16	14–15	9–12
Критический диаметр детонации, мм							
– открытого заряда	50–70	> 110	90–100	> 100	> 90	> 90	80–90
– в стальной оболочке	–	–	35–40	–	–	30–40	30–40
Устойчивость детонации в скважинах диам. менее 110 мм	Да	Нет	Да (сенситивиз. ММАН 15 %)	Нет	Нет	Нет	Да
Объем вредных газов при взрыве с 1 кг ВВ, * ¹ л/кг ВВ	79* ¹	30* ¹	30,4* ¹	21,4* ¹	66,2* ¹	11,8–32,4* ¹	11,7–21,1* ¹
Расход ЭВВ на 1 п.м. скважины Ø 150 мм, кг/п.м.	14,1–16,8	23,8–24,7	22,0–23,0	22,1–23,5	22,1–23,8	22,1–23,8	14,1–21,0

*¹ Данные получены по результатам испытаний ВВ в аккредитованных лабораториях ГП «НПО «ПХЗ» (аттестат аккредитации № 2Т157 от 30.11.10 г.)

Этот процесс, как правило, сопровождается образованием большого количества токсичных веществ, таких как окислы азота и углерода, ароматические окси-, хлор-, серо- содержащие, сажистые вещества, и отсутствием или неудовлетворительными результатами дробления и отбойки горной массы.

ЭВВ, изготовленные по технологиям «европейского» подхода, в меньшей степени «восприимчивы» к гидростатическим переуплотнениям в скважинах и применению в скважинах малого диаметра (> 80 мм). Соответственно, при детонации таких ЭВВ в скважинах, в полном объеме реализуются их энергетические характеристики, а в продуктах взрыва отсутствуют ароматические окси-, хлор-, серосодержащие и сажистые вещества, а окись углерода и азота обнаруживаются только в незначительном количестве (следы).

Важным фактором управления взрывным процессом при добыче полезных ископаемых является возможность регулирования энергии скважинных зарядов ВВ, в зависимости от горно-геологических условий, обеспечивая, тем самым, оптимальные условия для дробления и отбойки горной массы. Возможность регулирования энергонасыщения скважинных зарядов ЭВВ, изготовленных по технологиям «европейского» подхода (ЭВВ «ЕРА») осуществляется за счет изменения плотности и содержания

воды в составе и, соответственно, расхода такого ЭВВ на один погонный метр скважины. Расход ЭВВ «ЕРА» на один погонный метр скважины можно регулировать в количестве, например от 14 до 21 кг для скважин диаметром 150 мм, что более чем на 15 % меньше чем для ВГВВ и ЭВВ, изготовленных по технологиям «американского» подхода. Это позволяет, при применении таких ЭВВ, обеспечить для потребителя взрывных работ получение определенной экономии в затратах, а также выполнить оптимизацию технологических параметров буровых и взрывных работ с целью повышения эффективности добычи горной массы. Также, за счет внедрения на горных предприятиях современных буровзрывных технологий, в том числе с бурением скважин малого диаметра (< 120 мм), использованием высокоточных систем неэлектрического взрывания, обеспечивающих при взрывных работах получение минимального количества негабаритных кусков и мелкой переизмельченной фракции, появляется возможность снижения затрат на экскавацию, транспортировку и дробление горной массы. Кроме того, при получении в этом случае горной массы с заданными размерами куска, на горнодобывающем предприятии возможно использование менее энергозатратных технологий для выемки и дробления горной массы. Этим самым обеспечивается возможность повышения эффективности добычи полезных ископаемых.

ВЫВОДЫ. Выполненный анализ различных технологических подходов при производстве водосодержащих ВВ, показал, что несмотря на схожесть компонентного состава различных марок ЭВВ, имеющиеся отличия в технологиях и способах их изготовления влияют на потребительские качества таких ВВ и достижения результативности взрывных работ в условиях повышения требований к получению горной массы с заданным грансоставом. При этом, ЭВВ, изготавливаемые по «европейскому» подходу к технологиям, обеспечивают в полной мере достижение эффективности взрывных работ при добыче полезных ископаемых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности свойств ЭВВ для безопасного применения их при взрывных работах / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, А.Л. Кириченко // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – 2009. – Вип. 2/2009 (55), част. 1. – С. 86–89.

2. Формирование комбинированных скважинных зарядов ВВ при взрывных работах на дневной поверхности / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, А.Л. Кириченко, Л.И. Подкаменная // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – 2008. – Вип. 6/2008 (53), част. 1. – С. 114–117.

**DEVELOPMENT OF SLURRY EXPLOSIVES TECHNOLOGIES
AS AN EFFICIENCY ENHANCEMENT FACTOR OF BLASTING OPERATIONS**

L. Shiman, E. Ustimenko, L. Podkamennaya

Research-Industrial Complex “Pavlograd Chemical Plant”, State enterprise
vul. Zavodskaya 44, Pavlograd, 51402, Ukraine. E-mail: ootn@pkhz.dp.ua

I. Kasperskii

Explorimetech Explosives and Mining Technologies

Oberer Eichhain 19, 57271, Hilchenbach, Nordrhein-Westfalen, Bundesrepublik Deutschland

The article considers the main approaches to the production technologies of slurry explosives. It is shown their effect on the explosives' performance characteristics and blasting operations results. The authors have presented comparison features of slurry explosives produced using different approaches to their manufacturing technologies. Also, it is shown the correspondences between the relation coefficient of specific energy consumption providing stable dispersal phase of slurry explosives and kinetic energy of dispersion at various technological approaches, namely: technologies using capacity devices, technologies using dispersants of dynamic type.

Key word: slurry explosives, manufacturing technologies, explosives features, blasting operations.

REFERENCES

1. Ustimenko, E.B., Shiman, L.N., Kirichenko, A.L. (2009), “Particular features of emulsion explosives for their safe use in blasting operations”, *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, no. 2 (55), part 1, pp. 86–89.

2. Shiman, L.N., Ustimenko, E.B., Kirichenko, A.L., Podkamennaya, L.I. (2008), “Creation of combined ex-

plosive blast-hole charge for blasting operations on a daylight surface”, *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, no. 6 (53), part 1, pp. 114–117.

Стаття надійшла 25.10.2013.