

ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ ДОБАВОК ХОЛОДНОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

В. С. Прокопенко, докт. техн. наук (ЗАО «Техновзрыв») К. В. Лотоус, инж. (ОАО «Полтавский ГОК»)

Наведено результати експериментальних досліджень властивостей рідких добавок холодного приготування і їх впливу на фізико-хімічні і вибухові властивості промислових вибухових речовин поліміксів та комполайтів.

В течение последних пяти лет на карьере ОАО «Полтавский ГОК» успешно применяется технология взрывных работ с заряданием промышленных взрывчатых веществ (ВВ) в полиэтиленовые рукава с кольцевым зазором [1]. В качестве ВВ используются граммонит 79/21, а также полимиксы и комполайты, разработанные ЗАО «Техновзрыв».

Использование зарядов ВВ рассмотренных типов при взрывах в сухих и обводненных скважинах обеспечивает:

ресурсосбережение за счет полной или частичной замены дорогих водостойчивых ВВ простейшими водостойчивыми ВВ местного изготовления;

снижение расхода ВВ на 17–30 % по сравнению с зарядами сплошной конструкции;

равномерное дробление горных пород за счет оптимальных или близких к ним параметров импульса взрыва;

повышение технологической и экологической безопасности взрывных работ.

Несмотря на достигнутые положительные результаты применения этих ВВ, перед нами стоят задачи более глубокого теоретического и экспериментального исследования вопросов регулирования объемной концентрации энергии взрыва. Частично эти вопросы решены за счет сжимаемости ваты полимера, входящей в состав промышленных ВВ комполайтов ГС [2, 3].

Объемная концентрация энергии взрыва может быть повышена не только увеличением плотности заряжания, но и заполнением межгранульных пустот инертными или активными (участвующими в реакции взрыва) жидкими наполнителями [4]. В последнем случае диапазон регулирования объемной концентрации энергии еще более расширяется. При выбранной объемной концентрации энергии путем сгущения или расширения сетки скважин можно управлять удельной энергией заряда. Эффективное управление процессом взрыва может быть достигнуто также путем насыщения энергией отдельных участков взрываемого блока.

Известно, что чаще всего в качестве инертного наполнителя ВВ применяются вода и бишофит, в качестве активного наполнителя – водные растворы окислителя. Вода в чистом виде применяется для водонаполнения промышленных ВВ гранулола и алюмотола. При этом создается оболочка вокруг

каждой гранулы, что обеспечивает возможность детонации ВВ в собственном объеме с увеличением детонационного давления [4].

При наполнении водой аммиачно-селитренных ВВ окислитель частично растворяется в воде и межгранульное пространство заполняется его водным раствором, который при определенных условиях может участвовать в реакции взрывчатого превращения [5]. Недостатком таких ВВ является их повышенный удельный расход.

Применение в составе ВВ бишофита способствует увеличению плотности заряда, но сам бишофит не участвует в реакции взрывчатого превращения.

Введение в гранулированные ВВ насыщенного раствора аммиачной селитры в большей степени повышает их плотность, чем наполнение ВВ водой. Введение в состав ВВ с примерно нулевым кислородным балансом дополнительного количества окислителя приводит к положительному кислородному балансу и потере теплоты взрыва.

Эффективность ВВ с наполнителем может быть повышена путем введения в них жидких водных растворов окислителя, горючего и технологических добавок. Такой состав, получивший название «Компонент жидкий уплотняющий» (КЖУ), был разработан ЗАО «Техновзрыв» совместно с ОАО «Полтавский ГОК» и представляет собой водный раствор солей азотной кислоты, жидкого горючего и технологических добавок. Пробные испытания КЖУ в составе различных ВВ показали существенное усиление взрывчатых характеристик и водоустойчивости простейших аммиачно-селитренных ВВ. Это послужило стимулом к дальнейшему исследованию безопасности и эффективности применения КЖУ. Учитывая широкий ассортимент ВВ и разнообразие их физико-химических и взрывчатых свойств, было разработано четыре марки КЖУ с различной плотностью, кислородным балансом, количеством воды и загущающих добавок.

Сначала лабораторными исследованиями были определены физические характеристики КЖУ (табл. 1).

Таблица 1. Физические характеристики компонента жидкого уплотняющего

Показатели	Марка КЖУ			
	ГЛ 1	ГЛ 2	К 1	К 2
Внешний вид	прозрачная жидкость серо-желтого оттенка		непрозрачная жидкость красно-коричневого цвета	
Показатель концентрации водородных ионов, ед. рН	5–7			
Количество воды, оптимальное (пределы изменения), %	34 (30–38)	20 (15–25)	28 (22–34)	25 (15–32)
Плотность при температуре 20 °С, г/см ³	1,22–1,26	1,26–1,30	1,35–1,38	1,28–1,33
Кислородный баланс, %	–2,1	–40	–4	–3...–30
Температура кипения, °С	114	117	118	116
Температура замерзания, °С	–28		–30	
Температура начала кристаллизации, °С	–18		–25	

Степень опасности при хранении и обращении с КЖУ, а также эффективность ВВ с добавлением КЖУ устанавливалась в процессе полигонных испытаний. Испытания проводились в два этапа.

Целью испытаний первого этапа была оценка опасных свойств КЖУ в соответствии с существующей классификацией видов опасности. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) определение санитарно-гигиенических характеристик КЖУ;
- 2) определение чувствительности КЖУ к механическим воздействиям (удару и трению);
- 3) определение температуры термического разложения КЖУ;
- 4) определение окисляющей способности КЖУ;
- 5) оценка способности КЖУ к взрывчатому превращению.

Санитарно-гигиенические характеристики КЖУ исследовались в Институте медицины труда АМН. Согласно токсиколого-гигиеническому паспорту КЖУ представляет собой смесь компонентов III и IV классов опасности (вещества умеренно- и малоопасные).

Остальные характеристики безопасности КЖУ исследовались на полигоне ГосНИИХП (г. Шостка Сумской обл.) с участием канд. хим. наук В. Р. Закусило.

Чувствительность к удару КЖУ в наиболее опасном обезвоженном состоянии определялась по ГОСТ 4545-88, чувствительность к трению – по ОСТ 84-895 на лабораторном копре К-44-3. Температура начала термического разложения определялась на дериватографе Q-1500. Определение окисляющей способности производилось путем сравнения времени горения смеси КЖУ с органическим веществом (дубовыми опилками) и эталонного образца в соответствии с требованиями ГОСТ 19433-88.

Для оценки детонационной способности КЖУ проводились полигонные испытания с использованием бесшовных стальных труб с толщиной стенки 16 мм, диаметром 270 мм, длиной 1000 мм. В верхнюю часть трубы, заполненной КЖУ, помещался боевик, состоящий из 7 шашек Т-400Г, присыпанных сверху 1,5 кг гексогена (табл. 2).

Таблица 2. Результаты испытаний детонационной способности КЖУ

Наименование показателя	Значение показателя
Чувствительность к удару по ГОСТ 4545: нижний предел в приборе 2, мм частота взрывов в приборе 1, %	>500 0
Чувствительность к трению в приборе К-44-3, кгс/см ²	>7000
Температура начала термического разложения, °С	217
Время горения, с: стандартного образца опытного образца	15–20 возгорание отсутствует
Детонация в стальной трубе	отсутствует

Результаты испытаний, приведенные в табл. 2, позволяют сделать следующие выводы:

КЖУ в обезвоженном состоянии не обладает характерной для ВВ чувствительностью к механическим воздействиям (удару и трению);

КЖУ не может быть отнесен к опасным окисляющим веществам класса V;

КЖУ термически стабилен и не горюч в широком диапазоне температур, значительно превышающем все технологические и эксплуатационные температуры его применения;

КЖУ не обладает собственной детонационной способностью.

Целью испытаний второго этапа было определение взрывчатых характеристик ВВ с подливкой КЖУ и сравнение их с характеристиками ВВ без КЖУ.

Взрывчатые характеристики оценивались по полноте детонации заряда ВВ в соответствии с требованиями ГОСТ 14839.19-69. Испытывались следующие промышленные ВВ:

полимиксы ГР1 (ТУ У 24.6-25274773-024-2004);

полимиксы ГР-Т и ГР-ГРМ (ТУ У 25274773-008-2001);

комполайты ГС (ТУ У 24.6-25274773-016-2002);

граммонит 79/21 (ГОСТ 21998-76).

Эксперименты проводились совместно с ЗАО «Техновзрыв» на полигонах ГосНИИХП и НИЦ «Материалообработка взрывом» ИЭС им. Е. О. Патона. Диаметр заряда составлял 100 мм, масса – 5 кг. Взрывались как сухие заряды, так и заряды с подливкой КЖУ. Инициирование зарядов осуществлялось от промежуточного детонатора – тротиловой шашки Т-400Г, устанавливаемой в верхней части заряда. Заряды устанавливали на подрывной площадке в вертикальном положении на стальную подложку-лист размером 250×250 мм, толщиной 8 мм и производили взрывание. О полноте детонации зарядов судили по наличию и глубине прогиба пластины на месте установки зарядов и по наличию остатков ВВ после взрыва (табл. 3).

Таблица 3. Взрывчатые характеристики комполайта ГС 6 и полимикса ГР1/8 по результатам полигонных испытаний

Наименование ВВ	Массовая доля КЖУ К2, %, (сверх 100 %)	Водоустойчивость заряда ВВ	Плотность ВВ, г/см ³	Прогиб металлической пластины, мм
Комполайт ГС 6	0		0,91	67
	3		0,95	73
	10		1,02	90
	38	водоустойчив	1,27	95
Полимикс ГР1/8	0		0,88	44
	10		0,97	67
	20		1,07	78
	30		1,18	80
	35	водоустойчив	1,22	85

Примечание. В комполайте ГС 6 и полимиксе ГР1/8 применялась селитра аммиачная плотная и пористая в соотношении 1:1.

Для установления эффективности ВВ с КЖУ в условиях карьера ОАО «Полтавский ГОК» были проведены экспериментальные взрывы скважинных зарядов. Параметры скважинных зарядов: диаметр скважины – 250 мм, глубина – 3 м. ВВ заряжались в полиэтиленовые рукава диаметром 200 мм. Масса ВВ в заряде – 40 кг. Инициирование заряда производилось промежуточным боевиком из двух тротильных шашек Т-400 (0,8 кг), которые устанавливались в верхней части заряда. В качестве забойки применялся отсев мелких фракций породы (табл. 4).

Таблица 4. Результаты взрывов и относительная работоспособность полимиксов в сравнении с граммонитом 79/21

Наименование ВВ	Количество КЖУ, %, (сверх 100%)	Плотность ВВ, г/см ³	Размеры воронки взрыва			Относительная работоспособность ВВ
			диаметр, м	глубина, м	объем, м ³	
Полимикс ГР4-Т10	0	0,99	5,0	1,33	8,7	0,94
	10	1,09	5,5	1,40	11,1	1,2
	30	1,30	5,5	1,35	10,7	1,16
Полимикс ГР5-Т14	0	0,96	4,8	1,47	8,9	0,97
	10	1,12	5,75	1,26	10,9	1,18
Полимикс ГР5-Т18	0	1,02	4,9	1,40	8,8	0,96
	10	1,22	5,1	1,44	9,8	1,07
Полимикс ГР1/8	0	0,90	5,5	1,35	10,7	1,16
	10	1,01	5,8	1,40	12,3	1,34
	30	1,24	6,2	1,40	14,1	1,53
Полимикс ГР1/12	27	1,28	5,8	1,30	11,4	1,24
Полимикс ГР1/16	20	1,35	7,1	0,90	11,9	1,29
Граммонит 79/21	0	0,95	5,4	1,2	9,2	1

Примечание. В полимиксах ГР-Т и граммоните 79/21 (тротилосодержащие ВВ) применялась селитра аммиачная плотная по ГОСТ 2-85. В полимиксах ГР1 применялась селитра аммиачная плотная и пористая в соотношении 1:1.

По результатам испытаний взрывчатых свойств ВВ можно сделать следующий вывод: применение КЖУ в составе ВВ дает значительный энергетический выигрыш и при полном заполнении пор обеспечивает их водостойчивость.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено:

1) компонент жидкий уплотняющий не является окисляющим и горючим веществом, нечувствителен к удару и трению, термостабилен, недетонационноспособен, не относится к опасным веществам при хранении и транспортировании и не попадает под действие правил и стандартов по перевозке опасных грузов;

2) применение КЖУ в составе промышленных ВВ позволяет регулировать их плотность и энергетические характеристики, повысить водоустойчивость, улучшить технологический процесс заряжания.

Дальнейшие исследования будут направлены на определение термодинамических и детонационных характеристик ВВ с подливкой КЖУ, разработку эффективных и безопасных средств механизации дозированной подачи КЖУ в ВВ, испытание новых ВВ в производственных условиях.

1. *Прокопенко В. С.* Фізико-технічні основи руйнування скельних порід вибухами свердловинних зарядів вибухових речовин у рукавах // Автореф. дис. докт. техн. наук. – К.: ННДІОП, 2003. – 35 с.

2. *Пат. 39913* України, МПК F42D 3/00. Спосіб формування свердловинного заряду і вибухова речовина для його здійснення / К. В. Лотоус, В. С. Прокопенко та ін. (Україна). – № 99074112. – Заявл. 16.07.1999; Опубл. 16.04.2001.

3. *Туручко І. І., Косьмін І. В.* Нові вибухові речовини з регульованою об'ємною концентрацією енергії // Вісник НТУУ “КПІ”: Серія “Гірництво”. Зб. наук. праць. – К.: НТУУ “КПІ”. – 2002. – Вип. 5. – С. 52–56.

4. *Дубнов Л. В., Бахаревич Н. С., Романов А. И.* Промышленные взрывчатые вещества. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1988. – 358 с.

5. *Демидюк Г. П., Бугайский А. Н.* Средства механизации и технология взрывных работ с применением гранулированных взрывчатых веществ. – М.: Недра, 1974. – 312 с.