

УДК 662.235

СВОЙСТВА ВОДОСТОЙКОГО ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ НИТРАТА АММОНИЯ**В. Р. Закусило, А. А. Ефименко**Шосткинський інститут Сумського державного університета
ул. Інститутська, 1, г. Шостка, 41100, Україна. E-mail: zakusilo_vr@ukr.net**В. П. Купрін**Український державний хіміко-технологічний університет
просп. Гагаріна, 8, г. Дніпропетровськ, 49005, Україна. E-mail: kuprinvp@mail.ru

Представлены результаты исследований характеристик водостойкого взрывчатого вещества аммопора-В – гранулированного нитрата аммония с покрытием на основе коллоксилинов или конверсионных пироксилиновых и баллиститных порохов, или баллиститных ракетных топлив. Приведены термодинамические расчеты и определен состав продуктов взрывчатого превращения аммопора-В. Установлено, что для обеспечения нулевого кислородного баланса масса покрытия должна составлять 26–30 %, а толщина – 0,10–0,12 мм. С помощью дифференциально-термического анализа экспериментально исследовано термическое разложение взрывчатого состава и его компонентов. Определена зависимость распределения толщины покрытия от диаметра гранул нитрата аммония. Предложен способ снижения удельного объемного сопротивления аммопора-В применением поверхностно-активных веществ, что позволяет исключить накопление зарядов статического электричества и обеспечить безопасность при эксплуатации. Проведены исследования водостойкости аммопора-В, определены физико-химические, механические и взрывчатые характеристики, по которым он превосходит граммонит 79/21 горячего смешения.

Ключевые слова: промышленное взрывчатое вещество, нитрат аммония, нитраты целлюлозы, аммопор-В, конверсионные пороха.

ВЛАСТИВОСТІ ВОДОСТІЙКОЇ ВИБУХОВОЇ РЕЧОВИНИ НА ОСНОВІ НІТРАТУ АМОНІЮ**В. Р. Закусило, А. О. Єфименко**Шосткинський інститут Сумського державного університету
вул. Інститутська, 1, м. Шостка, 41100, Україна. E-mail: zakusilo_vr@ukr.net**В. П. Купрін**

просп. Гагаріна, 8, М. Дніпропетровськ, 49005, Україна. E-mail: kuprinvp@mail.ru

Приведені результати досліджень характеристик водостійкої вибухової речовини аммопора-В – гранульованого нітрату амонію з покриттям на основі колоксилінів або конверсійних піроксилинових і баліститних порохів, або баліститного ракетного палива. Приведені термодинамічні розрахунки та визначено склад продуктів вибухового перетворення аммопора-В. Установлено, що для забезпечення нульового кисневого балансу маса покриття повинна становити 26–30 %, а товщина – 0,10–0,12 мм. За допомогою диференційно-термічного аналізу експериментально досліджено термічний розклад вибухового складу та його компонентів. Визначено залежність розподілу товщини покриття від діаметра гранул нітрату амонію. Запропоновано спосіб зниження питомого об'ємного опору аммопора-В застосуванням поверхнево-активних речовин, що дозволяє виключити накопичення зарядів статичної електрики і безпеку при експлуатації. Проведено дослідження водостійкості аммопора-В, визначені фізико-хімічні, механічні та вибухові характеристики, за якими він перевершує граммоніт 79/21 горячого змішування.

Ключові слова: промислова вибухова речовина, нітрат амонію, нітрати целюлози, аммопор-В, конверсійні порохи.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Основным компонентом большинства промышленных взрывчатых веществ (ПВВ) является нитрат аммония. Благодаря широкой сырьевой базе, большому промышленному потенциалу, а также низкой чувствительности к механическим воздействиям, нитрат аммония пользуется большим спросом для добычи полезных ископаемых. Основными недостатками нитрата аммония (НА) является низкий уровень водостойкости и энергетических характеристик.

Существующий ассортимент нитрат-аммониевых (НА) взрывчатых веществ позволяет осуществить выбор ПВВ в зависимости от условий применения. В Украине для добычи полезных ископаемых наиболее применяемыми являются гранулированные ПВВ гранулиты, граммониты, которые также имеют низкую водостойкость и взрывчатые характеристики [1]. В последние годы широкое применение нашли

эмульсионные ПВВ, такие как украинит, анемикс, эмонит и другие, которые имеют хорошую водостойкость, но невысокие энергетические характеристики [2]. Так как эмульсионные ПВВ заряжают в скважины в горячем состоянии до 80 °С, при отрицательной температуре возможна кристаллизация окислителя, что может привести к отказам при взрывах. Доставка ЭВВ на карьеры производится в специальных смесительно-зарядных машинах на большие расстояния, что значительно удорожает их стоимость. В идеальном случае необходимо иметь прикарьерные пункты приготовления эмульсионных ВВ для исключения дальних перевозок. Кроме того, существует проблема зарядания ЭВВ в подземных выработках в восходящих скважинах большой глубины и диаметра.

Существующие способы повышения водостойкости НА путем обработки его поверхности гидро-

фобизаторами, наприклад жирними кислотами совместно с парафинами в количестве 0,3–0,4 %, не обеспечивают водостойкость (при погружении в воду он полностью растворяется на протяжении одного часа) [1]. Не привело к ожидаемым результатам повышения водостойкости НА обработкой смолами, а также инертными полимерами [3], которые, хотя и могут обеспечивать водостойкость, однако усложняют иницирование и работоспособность зарядов на его основе.

Для обеспечения водостойкости и работоспособности НА на его поверхность необходимо наносить высокоэнергетические материалы. Покрытие на основе тротила (граммонит 79/21 ГС) хотя и обеспечивает водостойкость до 1 часа, однако является хрупким, при пересыпании и транспортировке растрескивается, из-за низкой адгезии отслаивается и пылит. Кроме того, тротил является токсичным материалом. Наибольший интерес в качестве покрытия гранулированного нитрата аммония представляют нитраты целлюлозы как пластичный материал с высокими энергетическими характеристиками и водостойкостью [4, 5]. Низкоазотные нитраты целлюлозы с содержанием азота 10,7–12,02 % называются коллоксилинами. Коллоксилины широко применяются в республиканском хозяйстве для изготовления лаков, эмалей, грунтовок, линолеумов и т.п. Их применение позволит решить проблему водостойкости, а также энергетических характеристик промышленного взрывчатого вещества. Кроме того, в настоящее время в Украине накопилось до 500 тыс. тонн непригодных к дальнейшему применению боеприпасов, которые в соответствии с Государственной целевой программой утилизации [6] необходимо утилизировать. В конверсионных боеприпасах имеется большое количество пироксилиновых и баллиститных порохов, а также баллиститных ракетных топлив, которые могут применяться в качестве покрытия нитрата аммония.

На основании вышеизложенного целью работы является создание нового водостойкого промышленного взрывчатого вещества с повышенными энергетическими характеристиками, высокой механической прочностью, отсутствием электризации и пыления при пересыпании, перевозке, зарядании скважин вручную и пневмотранспортом.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Для компоновки рецептуры промышленного взрывчатого вещества (ПВВ) необходимо иметь нулевой кислородный баланс, что обеспечивает качественный состав продуктов взрывчатого превращения. В качестве сырья для получения ПВВ предложено применение нитрата аммония и нитратов целлюлозы (коллоксилинов, а также конверсионных пироксилиновых и баллиститных порохов и ракетных топлив). Общая химическая формула ВВ имеет вид $C_aH_bN_cO_d$. Кислородный баланс (КБ) ВВ рассчитывали по формуле:

$$КБ = \frac{\left[d - \left(2 \cdot a + \frac{b}{2} \right) \right] \cdot 16}{\text{Мол.масса}} \cdot 100 \quad (1)$$

Формула нитратов целлюлозы имеет общий вид $[C_6H_7O_2(OH)_{3-n}(ONO_2)_n]_x$. Для расчета КБ штатного коллоксилина марки Н необходимо определить его молекулярную массу. Связь между средним числом ONO_2 групп и содержанием азота выражается формулой:

$$N = (14n/162 + 45n) \cdot 100, \quad (2)$$

где N – содержание азота, %; 14 – атомная масса азота; $162 + 45n$ – молекулярная масса составляющего звена НЦ со степенью замещения n .

При заданном содержании азота формула (3) позволяет определить среднее число нитратных групп на одно составляющее звено:

$$n = (162 N / 1400 - 45 N) = 2,26. \quad (3)$$

Тогда элементарное звено молекулы коллоксилина марки Н имеет вид $[C_6H_7O_2(OH)_{0,74}(ONO_2)_{2,26}]_x$, или $C_6H_{7,74}N_{2,26}O_{9,52}$ с молекулярной массой 263.

Пироксилиновый порошок (ПП) состоит из 95–97 % нитратов целлюлозы с содержанием азота 12,9–13,5 %, стабилизатора химической стойкости дифениламина 1,5 % и 1,5–3,5 % остаточного растворителя и влаги.

Общая химическая формула имеет вид $C_{25,68}H_{31,06}N_{10,33}O_{32,11}$.

Наиболее применяемый баллиститный порошок (БП) НДТ–3 состоит из 55–56 % коллоксилина Н, пластификаторов: тринитроглицерина, динитротолуола, дибутилфталата, стабилизатора химической стойкости и технологических добавок.

Общая химическая формула пороха НДТ–3 будет $C_{24,39}H_{31,17}N_{10,68}O_{32,66}$.

Эталонное баллиститное ракетное топливо (БРТ) РСИ–12К имеет практический тот же состав, что порошок НДТ–3. Общая химическая формула топлива РСИ–12К имеет вид $C_{22,87}H_{28,83}N_{10,48}O_{31,68}$.

Зная химические формулы компонентов и их молекулярную массу, аналогично определяли кислородный баланс для нитрата аммония (НА), пироксилинового пороха (ПП), баллиститного пороха (БП), баллиститного ракетного топлива (БРТ):

- НА (NH_4NO_3) с молекулярной массой 80 и КБ плюс 20 %;
- ПП с молекулярной массой 997,2 и КБ минус 55 %;
- БП НДТ–3 с молекулярной массой 990,00 и КБ минус 44 %;
- баллиститное топливо РСИ–12К с молекулярной массой 956,87 и КБ минус 46 %.

Кислородный баланс состава нитрат аммония–нитраты целлюлозы рассчитывали по формуле:

$$P_{НА} \cdot KB_{НА} + P_{НЦ} \cdot KB_{НЦ} = 0, \quad (4)$$

где $P_{НА}$ – масса нитрата аммония, $P_{НЦ}$ – масса нитроцеллюлозы, KB – кислородный баланс соответствующего компонента.

Таким образом, для получения взрывчатого состава на основе нитрата аммония с нулевым кислородным балансом необходимо:

- 73 % НА и 27 % коллоксилина;
- 74 % НА и 26 % пироксилинового пороха;

– 70 % НА и 30 % баллиститного пороха НДТ–3 или баллиститного ракетного топлива РСИ–12К.

При разработке водостойкого ПВВ проводили теоретические расчеты и сравнительный анализ энергетических характеристик нового ПВВ аммопора-В с граммонитом 79/21ГС. Термодинамические расчеты аммопора-В проводили по методу Авакяна. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Расчетные характеристики аммопора-В и граммонита 79/21 ГС

Наименование показателя	Аммопор-В	Граммонит 79/21ГС
Энтальпия H_s	952,96	872,42
Кислор. коэф. А	101,58	100,46
Коэф. реализации, К %	0,97	0,97
Кислородн. баланс, %	+0,2	+0,26
Теплоемкость, кал/моль	149,18	46,76
Теплота взрыва, ккал/кг	916–925	908
Объем газов, л/кг	909–920	944
Температура взрыва, К	2642–2705	2528
Фугасность, мл	316	320
Скорость детонации, м/с	4652	4153
Давление ДВ, кг/см ²	59509	47028

Теоретические расчеты показали, что по взрывчатым свойствам и водостойкости аммопор-В имеет более высокие характеристики, чем граммонит 79/21 ГС.

Определение газообразных продуктов взрыва проводили с помощью многоцелевой программы «Астра» – «Моделирование химических и фазовых равновесий при разных температурах».

Таблица 2 – Состав продуктов взрыва ВВ

Состав газов	Количество газов, моль/кг	
	Аммопор-В	Граммонит 79/21ГС
H ₂ O	21,91	17,88
CO ₂	5,25	3,45
CO	0,00	3,32
C	0,00	0,9·10 ⁻⁵
H ₂	0,01	5,35
N ₂	9,86	11,46
O ₂	2,2	2,56
NO	0,4	1,39
СНО	57245·10 ⁻⁵	77971·10 ⁻⁵
CN ₂	44875·10 ⁻¹¹	77108·10 ⁻¹¹
N ₂ O	15618·10 ⁻⁴	17002·10 ⁻⁴

Расчет количества газообразных продуктов взрыва показали, что во время взрыва аммопора-В образуются не токсичные газы H₂O, CO₂, O₂, что обеспечивается нулевым кислородным балансом.

Проведены исследования физико-химических превращений при нагревании взрывчатого состава 72/28 (НА/БП), а также его компонентов: НА, БП методом дифференциально-термического анализа (ДТА) с помощью дериватографа Q–1500 Д. Данный метод позволяет определить тепловые эффекты, а

также полиморфные переходы, как в индивидуальных веществах, так и в составах. Все измерения проводили в нестационарных условиях при скорости нагревания 5 град/мин. Масса образцов в условиях проведения дифференциально-термического анализа составляла 100 мг. Порошки НА, БП и взрывчатого состава 72/28 готовили путем размола с последующим просевом. Результаты исследования представлены на рис. 1.

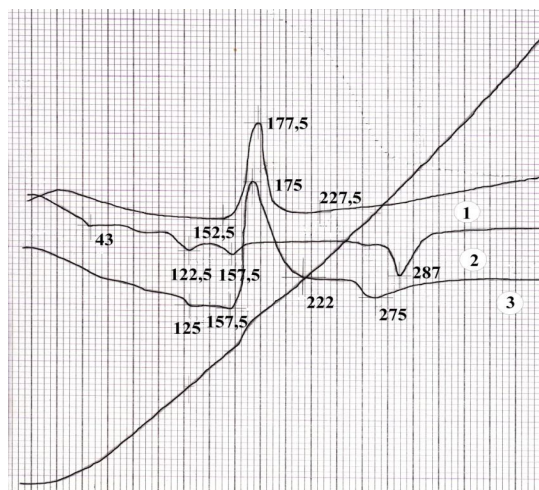


Рисунок 1 – Термограммы разложения: 1 – БП; 2 – НА; 3 – состав НА и БП

На рис. 1 показаны кривые ДТА НА, БП, а также взрывчатого состава 72/28 в диапазоне температур от комнатной температуры до 300 °С. На кривой 1 (рис. 1) представлены результаты ДТА баллиститного пороха, экзотермический максимум наблюдается при температуре 177,5 °С, что соответствует температуре разложения БП.

Эндотермические эффекты на кривой ДТА (2) соответствуют полиморфным и фазовым переходам и разложению НА. Согласно представленным результатам переход НА в моноклинную форму наблюдается при температуре 43 °С, III→II в тригональную соответственно 72,5 °С, II→I в кубическую форму при 122,5,5 °С с последующим плавлением образца при 157,5 °С. Разложение НА представлено эндотермическим пиком (кривая 2) при 287 °С. Полученные результаты термогравиметрического анализа НА сопоставляются с данными литературных источников.

Тепловые эффекты образца взрывчатого состава 72/28 представлены на кривой 3 (рис. 1). Эндотермические максимумы при температуре 125 и 157,5 °С соответствуют полиморфным переходам НА. Экзотермический пик при 175 °С характеризует температуру разложения состава БП и НА. Результаты исследования образца взрывчатого состава 72/28 методом ДТА показали, что диапазон температур, тепловые эффекты, а также полиморфные превращения соответствуют предыдущим исследованиям индивидуальных веществ, что свидетельствует о совместимости компонентов аммопора-В.

Разработана технология нанесения нитроцеллюлозного покрытия на гранулы НА с использованием аппаратов с псевдооживленным слоем [7]. Интенсивное перемешивание зерен в псевдооживленном слое обеспечивает практически равную вероятность их пребывания в зоне орошения, и соответственно, равномерное нанесение покрытия. Для получения водостойкого ПВВ готовили растворы коллоксилина или конверсионных порохов ПП, БП или баллистического ракетного топлива в этилацетате и наносили их пневматическими форсунками в псевдооживленный слой гранулированного нитрата аммония. Необходимая масса покрытия, установленная расчетами по обеспечению нулевого кислородного баланса получаемого ПВВ, определяется временем нанесения лака на гранулы НА.

При нанесении покрытия в аппаратах с псевдооживленным слоем происходит удаление растворителя этилацетата. Для улавливания и рекуперации растворителя в лабораторных условиях применяли адсорбер со стационарным слоем адсорбента активированного угля цилиндрической формы. Десорбцию этилацетата проводили водяным паром. После охлаждения смесь отслаивалась, так как этилацетат не растворяется в воде. Это позволило отделить растворитель простой декантацией. Однако этилацетат образует с водой двойную азеотропную смесь с содержанием воды 8,2 % с температурой кипения 70,4 °С. Исследованиями установлено, что азеотропную смесь возможно использовать для приготовления нитратцеллюлозных лаков и проводить процесс приготовления аммопора-В без ухудшения его качества.

Содержание остаточного растворителя этилацетата в ПВВ определяли методом газовой хроматографии с применением хроматографа марки ЛХМ-80 с детектором по электропроводности. Остаточное содержание этилацетата в готовом ПВВ составило не более 0,3 %. Проведение процесса получения аммопора-В при температуре 30–35 °С приводит к незначительному содержанию растворителя и не потребует дополнительной сушки ПВВ.

Внешний вид гранул аммопора-В и структура среза покрытия представлены на рис. 2.

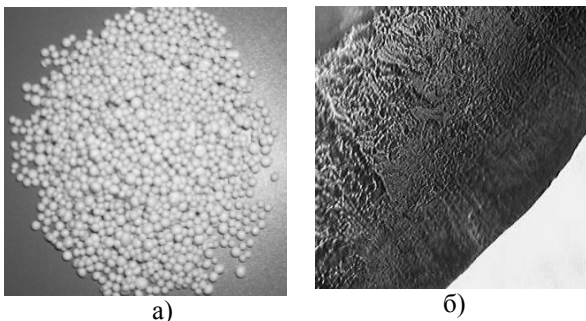


Рисунок 2 – Внешний вид гранул, покрытых нитратами целлюлозы (а), и структура среза нитроцеллюлозного покрытия (б) (степень увеличения 63,3^х).

Плотность покрытия, определенная объемно-весовым методом составила 1,45 г/см³.

Для определения зависимости толщины НЦ покрытия от диаметра гранулы проводили отбор 100 гранул аммопора-В. С помощью лабораторного микроскопа XSP-146TP измеряли диаметр гранул и толщину покрытия. Результаты исследования представлены на диаграмме 1.

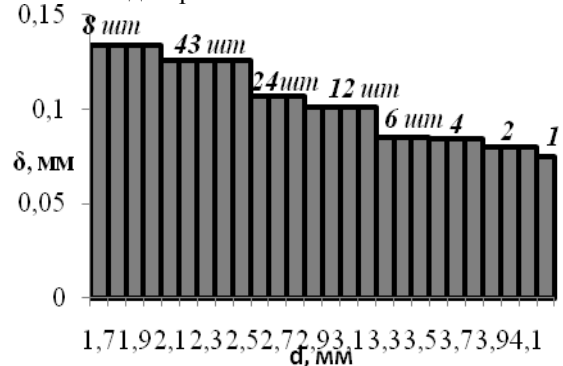


Рисунок 2 – Диаграмма распределения толщины покрытия в зависимости от диаметра гранул НА

Из диаграммы следует, что толщина покрытия несколько выше у гранул НА с меньшим диаметром, что определяется различием площади поверхности гранул НА разного диаметра и закономерностями технологического процесса нанесения покрытия.

Нитроцеллюлозное покрытие имеет высокую адгезию к нитрату аммония и прочность по сравнению с гранулами граммонита 79/21 ГС, покрытие (тротил) на которых хрупкое, имеет свойство растрескиваться при эксплуатации и из-за низкой адгезии отслаивается. Механическую прочность НЦ покрытия на гранулах аммопора-В определяли путем сдавливания на гидравлическом прессе. Механическая прочность зерен аммопора-В составила 20–25 кг на одну гранулу. Для сравнения механическая прочность граммонита 79/21 ГС составляет 3–5 кг.

Для определения водостойкости ПВВ аммопор-В выдерживали в воде на протяжении 1–5 суток. После выдержки в воде определяли количество нитрата аммония, который проник через покрытие в воду. Содержание НА в воде определяли весовым методом после выпаривания воды. Исследованиями установлено, что водостойкость аммопора-В составляет 0,8 % в сутки. Детальное исследование водостойкости аммопора-В представлено в работе [8].

Тротил, входящий в состав граммонитов, является диэлектриком, пересыпание, пневматическое зарядание гранулированных ВВ, содержащих ТНТ, сопровождается интенсивной электризацией потока ВВ. Энергия электростатического поля при этом достигает 52,8 мДж при минимальной энергии воспламенения граммонитов 1,05 мДж. Удельное объемное электрическое сопротивление тротила составляет 8,2·10¹¹ Ом·м.

Нитраты целлюлозы, пироксилиновые и баллистические пороха также являются диэлектриками. Их удельное объемное электрическое сопротивление составляет 10⁸⁻⁹ Ом·м. Аммопор-В имеет покрытие на основе нитратов целлюлозы или порохов, поэтому его удельное объемное электрическое сопротивление находится на уровне 10⁸ Ом·м.

Одним из путей снижения удельного объемного сопротивления любых веществ является введение в их состав поверхностно-активных веществ (ПАВ). В качестве ПАВ, снижающих электризуемость, нами рассмотрены полиоксиэтиленовые эфиры алкилфенолов – неионогенных ПАВ, широко применяемых в промышленности. ПАВ вводили в нитратцеллюлозный лак при нанесении покрытия на гранулы нитрата аммония, то есть при получении аммопора-В. Установлено, что введение в покрытие полиоксиэтиленовых эфиров алкилфенолов марок ОП-4 или ОП-7 в количестве 0,05–0,2 % снижает удельное объемное электрическое сопротивление аммопора-В до $3,3 \cdot 10^4$ Ом·м. Определение удельного объемного электрического сопротивления аммопора-В проводили электрометром ЭМ-1 в соответствии с ГОСТ 6433–71. Таким образом, введение ПАВ в состав покрытия аммопора-В переводит его из диэлектрика в проводник электрического тока. Это позволит исключить накопление зарядов статического электричества и обеспечит его безопасное пересыпание, транспортирование и зарядку скважин вручную, механическими устройствами или пневмотранспортом. Необходимо отметить, что обработка поверхности аммопора-В ПАВ не приводит к снижению удельного объемного электрического сопротивления.

Для экспериментального определения взрывчатых характеристик наработаны опытные образцы аммопора-В в необходимом количестве. Критический диаметр детонации ПВВ определяли в зарядах конической формы, в которых диаметр основания был заведомо больший определяемого критического диаметра. Заряд конической формы изготавливали из бумаги для патронирования. Диаметр основания конуса составил 130 мм, длина – 130 см, угол конусности – 5° . На протяжении всего конуса были нанесены деления, которые означали локальный диаметр конуса. Заполнение конуса аммопором-В проводили небольшими порциями, уплотнение ПВВ осуществляли встряхиванием для повышения плотности заряжания. Масса аммопора-В в коническом заряде составила 6 кг. Иницирование конусного заряда осуществляли шашкой-детонатором Т-400Г с электродетонатором мгновенного действия ЭД-8. Диаметр, при котором произошло затухание детонации заряда, определили по наличию остатка конуса после взрыва. Критический диаметр детонации (уточняли в бумажных цилиндрах) аммопора-В составил 80–85 мм.

Скорость детонации водостойкого ПВВ определяли на полигоне завода «Импульс» методом Дотриша, который основывается на сравнении известной скорости детонации детонирующего шнура (ДШ) с неизвестной скоростью детонации исследуемого аммопора-В. Диаметр бумажной оболочки образца ($D_{обр}$) брали не меньше $1,5D_{кр}$, где $D_{кр}$ – критический диаметр детонации. Длина заряда – не меньше пяти диаметров заряда. Скорость детонации аммопора-В составила 5,2–5,4 км/с. Определение полноты детонации аммопора-В проводили по ГОСТ 14839.19 метод А на зарядах в бумажной оболочке диаметром 100 мм, длиной 600 мм, массой 4,7 кг. О полноте детонации судили по наличию углубления

на пластине-свидетеле и отсутствие остатков аммопора-В после взрыва.

Основные экспериментальные характеристики аммопора-В представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Экспериментальные характеристики аммопора-В в сравнении с граммонитом 79/21 ГС

Характеристики	Значение	
	Аммопор-В	Граммонит 79/21
Насыпная плотность, г/см ³	0,95–1,05	0,85–0,90
Размер гранул, мм	1,8–4,3	–
Критический диаметр детонации, мм	70–80	90–100
Скорость детонации, км/с	5,2–5,4	3,2–3,6
Чувствительность к удару по ГОСТ 4545, прибор № 2, нижний предел, мм	500	500
Чувствительность к трению на копре К-44 – III, кг/см ²	3690	2450
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м	$3,3 \cdot 10^4$	$8,2 \cdot 10^{11}$
Водостойкость, %/сутки	0,8	не релг.

Примечание: водостойкость граммонита 50/50ГС (ГОСТ 21988–76) составляет 10 % за 4 часа.

ВЫВОДЫ. Представлены характеристики водостойкого промышленного взрывчатого вещества аммопора-В на основе гранулированного нитрата аммония с нитратцеллюлозным покрытием. В качестве покрытия рассмотрены коллоксилины, конверсионные пироксилиновые и баллиститные пороха и баллиститные ракетные топлива. Материал покрытия растворяли в этилацетате и с помощью пневматической форсунки наносили на гранулы нитрата аммония, находящегося в псевдооживленном слое. Расчетами и экспериментально установлено, что для получения ПВВ с нулевым кислородным балансом количество нитратцеллюлозного покрытия должно составлять 27–30 %, а толщина покрытия равняться 0,10–0,12 мм. Определена зависимость распределения толщины покрытия от диаметра гранул нитрата аммония.

Определены термодинамические характеристики водостойкого взрывчатого вещества и газовый состав продуктов взрыва аммопора-В. Экспериментально исследовано термическое разложение аммопора-В и его компонентов. При этом показано, что все компоненты химически совместимы. Аммопор-В имеет высокую водостойкость, она составляет 0,8 %/сутки. Установлено, что ввод в состав покрытия поверхностно-активных веществ переводит аммопор-В из диэлектрика в проводник электрического тока. Гранулы аммопора-В имеют хорошую механическую прочность, не истираются и не пылят при пересыпании и транспортировании. Это позволит безопасно осуществлять пневмозарядку скважин, что особенно важно в условиях подземных выработок. Экономический аспект применения аммопора-В обусловлен тем, что подземные рудники не являются крупными

потребителями ПВВ, а стоимость комплекта оборудования для пневмозарядки составляет несколько миллионов долларов США, что делает его покупку не выгодной. Учитывая тот факт, что при изготовлении аммопора-В применяются конверсионные пороха, его рецептурная стоимость на данный момент составляет около 3500 грн. за тонну с учетом рекуперации растворителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поздняков З.Г., Росси Б.Д. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания. Изд. 2. – М.: Недра, 1977. – 253 с.

2. Желтоножко А.А., Закусило В.Р. Состояние и перспективы развития промышленных взрывчатых веществ и средств инициирования в Украине и за рубежом // Информационный бюллетень Украинского союза инженеров-взрывников. – 2009. – Вып. 3. – С. 6–11.

3. Вовк А.А., Плужник В.И., Щеголев С.В. Повышение водо-льдостойкости простейших взрывчатых составов // АН УССР, Институт геофизики. Препринт. – Киев, 1988. – 48 с.

4. Гиндич В.И., Забелин Л.В., Марченко Г.Н. Производство нитратов целлюлозы. – М.: ЦНИИИТИ, 1984. – 360 с.

5. Закусило В.Р., Ефименко А.А., Лукашов В.К., Куприн В.П. Разработка водостойкого промышленного взрывчатого вещества на основе аммиачной селитры // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: збір наукових праць. – 2011. – Вип. 21. – С. 44–52.

6. Державна цільова оборонна програма утилізації звичайних видів боєприпасів, не придатних для подальшого використання і зберігання. Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 21.10.2008 р. № 940.

7. Пат. 73443 У Україна МПК⁶ С06В 31/28. Спосіб одержання водостійкої вибухової речовини / В.П. Купрін, В.Р. Закусило, А.О. Єфименко, О.В. Купрін. – № u201202545; заявл. 02.03.2012; надр. – Бюл. № 18.

8. Закусило В.Р., Ефименко А.А. Исследование водостойкости аммиачноселитренного взрывчатого вещества с нитроцеллюлозным покрытием // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2013. – Вип. 3/2013 (80). – С. 166–170.

PROPERTIES OF THE WATERPROOF EXPLOSIVES BASED ON AMMONIUM NITRATE

V. Zakusylo, A. Efymenko

Shostka Institute of Sumy State University

vul. Institutskaya 1, Shostka, 41100, Ukraine. E-mail: zakusylo_vr@ukr.net

V. Kuprin

Ukrainian State Chemical Technology University

prosp. Gagarina 8, Dnepropetrovsk, 49005, Ukraine. E-mail: kuprinvp@mail.ru

The article presents the results of investigations of explosive characteristics of waterproof ammpor-W, which is a granulated ammonium nitrate with a coating based on colloxylin or conversion pyroxylin and ballistic gunpowder or rocket fuel. Thermodynamic calculations are presented and the composition of the explosive transformation products of ammpor-W has been determined. It is established that for zero oxygen balance coating weight should be 26–30 % and the thickness of 0,10–0,12 mm. The thermal decomposition of the explosive composition and its components has been experimentally investigated using the method of differential thermal analysis. The dependence of the film thickness distribution on the diameter of ammonium nitrate pellets has been determined. A method of reducing volume resistivity of granular explosive using surfactants, thereby eliminating accumulation of static electricity and providing safety when in use is proposed. Water resistance of ammpor-W has been investigated and physic-chemical, mechanical and explosive characteristics by which it exceeds grammonit 79/21 heat-mix have been defined.

Key words: industrial explosives, ammonium nitrate, cellulose nitrates, ammpor-W, conversion of gunpowder.

REFERENCES

1. Posdnyakov, Z.G., Rossi, B.D. (1997), *Spravochnik po promyshlennim vzryvchatim veschestvam I sredstvam vzrivaniya*. [Handbook of industrial explosives and initiation], Nedra, Moscow, Russia.

2. Zheltonozhko, A.A., Zakusylo, V.R. (2009), «Status and prospects of the development of industrial explosives and initiating devices in Ukraine and abroad», *Newsletter of Ukrainian Union of Explosives Engineers*, iss. 3, pp. 6–11, Ukraine.

3. Vovk, A.A., Pluzhnik, V.I., and Shchegolev, S.V. (1988), *Povyshenie vodo-l'dostoykosti prosteyshih vzryvchatih sostavov*. [Increasing water and froze resistance elementary explosive compounds], Ukrainian Academy of Sciences, Institute of Geophysics, preprint Kiev, Ukraine.

4. Gindich Ukraine, V.I., Zabelin, L.V., and Marchenko, G.N. (1984), *Proizvodstvo nitratov tselulozy*. [Production of cellulose nitrates], Moscow.

5. Zakusylo, V.R., Efymenko, A.A., Lukashov, V.K., and Kuprin, V.P. (2011), 22 “Development of

water resistant industrial explosives based on ammonium nitrate”, *Transactions of Kyiv Polytechnic Institute, Series: Mining*, iss. 21, pp. 44–52.

6. “The government defense program Disposal of Conventional Ammunition, not suitable for use and storage”. Approved by the Decision of the Cabinet of Ministers of Ukraine no. 940 of 21.10.2008.

7. Kuprin, V.P., Zakusylo, V.R., Efymenko, A.A., and Kuprin, O.V., “Method for producing waterproof explosive”, Pat.73443 U, Ukraine, МПК⁶ С06В 31/28, № u 201202545; applied 02.03.2012; publ. 25.09.2012, bul. no. 18.

8. Zakusylo, V.R., Efymenko, A.A. (2013), “Waterproof investigation of the ammonium nitrate powder coated with nitrocellulose”, *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, iss. 3(80), pp. 166–170.

Стаття надійшла 20.11.2013.