

N0071 — 4,2% при частоте 3000 кол./мин показали устойчивость и длительность его работы. И этот режим работы следует считать оптимальным.

В таблице 1 приведены данные, из которых следует, что разработанная и модернизированная конструкция сита по своим техническим показателям значительно превосходить распространенное вращательно-вибрационное сито типа СМ-487А.

**Таблица 1.** Сравнительная характеристика сит

Конструкция сита	Размер ячейки сита, мкм	Влажность шликера, %	Частота колебаний, кол./мин.	Удельная производительность, т/м <sup>2</sup> ч
Вертикальное вибросито D = 230 мм	100	60	3000	140
СМ-487А D = 500 мм	160	65	3000–3500	60

Сопоставляя основные показатели вертикального вибросита, разработанного в УИПА с ситом СМ-487А (наиболее совершенное среди сит) следует сделать вывод, что вертикальное сито УИПА имеет небольшую массу колеблющейся системы, небольшой расход энергии, безшумностью работы. Замена ситового полотна в случае необходимости не вызывает особых трудностей и производится в течение 1–2 минут.

Известно, что основные затраты при эксплуатации вибросит, связаны с расходом ситовой ткани. Одной из главных причин интенсивного износа, помимо абразивного действия среды, является наличие поперечных колебаний, вызывающих многократный изгиб сетки, в особенности в местах ее крепления. Этот недостаток устранен в вертикальном сите, что позволяет в процессе эксплуатации значительно сократить расход ситового полотна.

### Литература

1. Мороз И.И. и др. Совершенствование производства фарфоро-фаянсовых изделий. — К.: Техника, 1988. — 272 с.
2. Украинский заочный политехнический институт. Обработка суспензий, эмульсий и промышленных сточных вод // Сборник статей, 1974. — 120 с.

© Гайворонский В.Ф., 2010

Поступила в редакцию 05.09.2009 г.

УДК 622.235

**Шташкевич Т.В., Поскребишева Т.В., Манжос Ю.В., Галиакберова Ф.Н.**  
(ДонНТУ)

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛІФОСФАТУ НАТРІЮ ЯК КОМПОНЕНТА ЗАПОБІЖНИХ ВР

*У роботі досліджено вплив вмісту інертної сполуки на запобіжні властивості, що є однією з важливіших характеристик запобіжних вибухових речовин, а також хімічний склад поліфосфату натрію, як основного компоненту інертної сполуки.*

*Ключові слова: амоніт П5, поліфосфат натрію, вибухова речовина, запобіжні властивості, інертні домішки.*

На території Донбасу здобувається велика кількість вугілля — біля 80 мільйонів тонн на рік. Але видобуток вугілля є дуже небезпечним процесом.

В атмосферу багатьох підземних виробок виділяються горючі гази (метан, етан, етилен та інші вуглеводи, водень, сірководень), а також вугільний пил. Це може привести до виникнення підземних вибухів або пожеж, що призводять до великих руйнувань. Травматизм на вугільних шахтах Донбасу за останні роки не зменшився, не дивлячись на те, що видобуток вугілля значно знизився.

Одним із найважливіших засобів безпеки є застосування запобіжних вибухових речовин при підризних роботах у підземних виробках, небезпечних за газом та пилом [1].

У запобіжних вибухових речовинах IV класу, що виробляються на Донецькому казенному заводі хімічних виробів, у якості інгібітору підпалювання вибухової речовини використовують хлорид натрію та поліфосфат натрію.

Амоніт П5 являє собою порошкоподібну запобіжну водостійку вибухову речовину (ВР) IV класу. Дозволом Дергірпромнагляду України амоніт П5 допущений до застосування в гірничій промисловості, у вугільних шахтах, небезпечних за газом та пилом в умовах, де “Єдиними правилами безпеки при підризних роботах” (ЄПБ ВР) дозволено застосування ВР IV класу, у тому числі для струсного висадження у середовищах, небезпечних за раптовими викидами вугілля, породи й газу.

Патрони підлягають заряджанню вручну. Амоніт П5 може зберігатися й застосовуватися у всіх кліматичних районах [2].

Запобіжні властивості: частота запалення метаноповітряної суміші не більше 50% з 20 випробувань при вибуху заряду масою 300 г у канальній мортирі при прямому ініціюванні без забійки й відсутність запалень пилоповітряної суміші при вибуху заряду масою 700 г у трьох дослідах у канальній мортирі.

Амоніт П5 складається з тротилу — 14,7%, селітри — 64,0% та інертних домішок — 21,3%. Для зниження кількості спалахів у амоніт П5 додають кухонну харчову сіль та поліфосфат натрію, який є також інгібітором підпалювання.

Розглянемо, як окремо впливають на запобіжні властивості компоненти амоніту П5. Ця залежність відображена на рис. 1 та рис. 2. З них видно, що запобіжні властивості залежать від вмісту солі та поліфосфату.

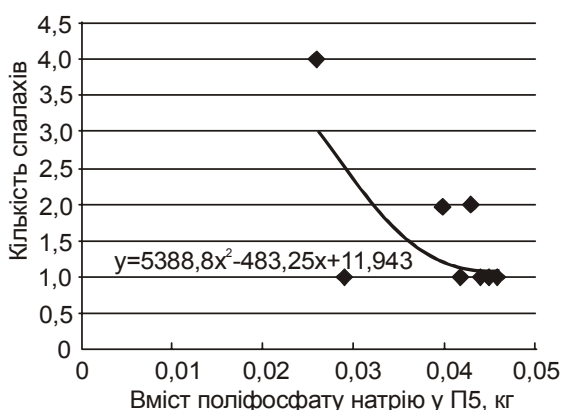


Рис.1. Залежність кількості спалахів від вмісту поліфосфату в амоніті П5

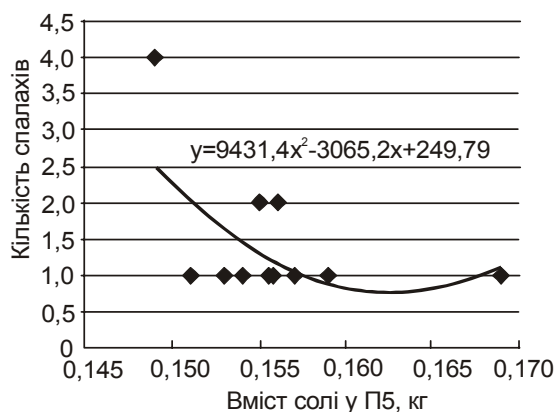


Рис.2. Залежність кількості спалахів від вмісту солі в амоніті П5

Поліфосфат натрію у невеликій кількості є інгібітором реакції та збільшує запобіжні властивості амоніту П5, але, як показали наші дослідження, при вмісті його у складі в кількості 8–12% та більше, він виступає у ролі каталізатору

запалення і знижає запобіжні властивості амоніту П5 (при випробуванні амоніту з вмістом поліфосфату близько 12% отримали 5 спалахів на 5 випробувань).

Вплив хлориду натрію на запобіжні властивості ВР був достатньо вивчений раніше [3, 4], тому було доцільно детальніше дослідити у якості компонента запобіжних ВР поліфосфат натрію. Він являє суміш солей фосфату натрію з різним ступенем заміщення та може містити інші домішки. Поліфосфат натрію значно знижує схильність ВР до підпалювання та горіння. Для з'ясування, що саме може вплинути на запобіжну властивість амоніту П5, потрібно було зробити детальний хімічний аналіз поліфосфату натрію та розглянути його властивості.

Фосфати натрію — це кристалічні або склоподібні речовини, добре розчинні у воді, які утворюють кристалогідрати. Фосфати натрію розкладаються при температурі вище 250°C з утворенням конденсованих фосфатів. Фосфати натрію одержують нейтралізацією фосфорної кислоти лугом або дегідратацією гідроортофосфатів натрію. Натрій фосфорнокислий застосовується як компонент миючих засобів, пом'якшувач води, детергент для очищення металів, у якості ПАР при виробництві цементів і при буровленні нафтових свердловин; використовують при збагаченні руд, у виробництві фосфатного скла, фарб та інші, як текстильно-допоміжну речовину, у харчовій промисловості (розпушувачі тіста, для гомогенізації й поліпшення консистенції сирів, ковбас, згущеного молока), у фотографії (компоненти проявника), в електролітичних процесах [5]. Фосфат натрію використовується при виготовленні ЗВР як інертна домішка разом із хлоридом натрію.

**Таблиця 1.** Показники якості поліфосфату натрію

Найменування показників	Вимога за ГОСТ 20291-80
Зовнішній вид	Прозора склоподібна речовина у вигляді кусків
Хімічна формула	$\text{Na}_n\text{H}_2\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$
Масова частина поліфосфату натрію в перерахунку на $\text{P}_2\text{O}_5$ %, не менш ніж	61,5
Масова частина неактивних фосфатів в перерахунку на $\text{P}_2\text{O}_5$ %, не більш ніж	7,0
pH розчину	6–6,5

### Аналіз складу поліфосфату натрію

Аналіз складу поліфосфату натрію проведено у напрямку визначення в ньому масових часток (%) вологи, хлорид-іонів, сульфат-іонів, фосфат-іонів, натрію та калію.

*Визначення вологості* поліфосфату натрію. Метод заснований на висушуванні наважки речовини при  $t = 60\text{--}65^\circ\text{C}$  протягом 2 годин та визначенні втрат вологи під час просушування [6].

$$W^a = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

де  $m_1$  — маса порожнього металевого бюксу з кришкою, г;  $m_2$  — наважка поліфосфату натрію з бюксом, г;  $m_3$  — наважка поліфосфату натрію з бюксом після просушування, г.

*Визначення сульфат-іонів.* Метод заснований на осаджуванні сульфат-іонів у вигляді малорозчинного сульфату барію, фільтруванні, промиванні, прокалюванні та зважуванні отриманого осаду [7].

$$W(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{(m_2 - m_1) \cdot M(\text{SO}_4^{2-}) \cdot 100\%}{M(\text{BaSO}_4) \cdot m_3} \quad (2)$$

де  $m_3$  — маса наважки поліфосфату натрію, г;  $M(\text{SO}_4^{2-})$  — молярна маса  $\text{SO}_4^{2-}$ , мг/моль;  $M(\text{BaSO}_4)$  — молярна маса сульфату барію, мг/моль.

*Полум'яно-фотометричний метод визначення натрію та калію.* Метод визначення речовин, що додаються, заснований на визначенні інтенсивності випромінювання атомів натрію до і після введення невеликої кількості стандартного розчину до певного об'єму розчину поліфосфату натрію, що аналізують, на вимірюванні інтенсивності випромінювання атомів натрію в полум'ї повітряно-бутан-пропанової суміші [8].

*Визначення фосфат-іонів.* Гравіметричний метод аналізу заснований на осадженні фосфат-іонів під впливом молібдата амонію у присутності азотнокислого амонію, фільтруванні, промиванні, прокалюванні та зважуванні осаду [9].

$$W(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 0,0525 \cdot V(\text{колби}) \cdot 100\%}{m_3 \cdot V(\text{алік.ч.})} \quad (3)$$

де  $m_1$  — маса тигля, г;  $m_2$  — маса тигля та осаду, г;  $m_3$  — маса наважки поліфосфату натрію, г;  $V$  (колби) — об'єм колби,  $\text{см}^3$ ;  $V$  (алік.ч.) — об'єм аліквотної частини,  $\text{см}^3$ ; 0,0525 — фактор переліку з маси осаду на масу  $\text{PO}_4^{3-}$ .

*Визначення рН розчину поліфосфату натрію.* Метод потенціометричний, заснований на використанні скляного електрода з водневою функцією у якості індикатора [10].

*Визначення хлоридів у поліфосфаті натрію.* Метод визначення хлоридів заснований на осаджуванні із розчину поліфосфату натрію іонів срібла з іонами хлору у вигляді азотнокислого срібла, фільтруванні, промиванні, просушуванні та зважуванні осаду хлориду срібла ( $\text{AgCl}$ ) [11].

$$W(\text{Cl}^-) = \frac{m(\text{AgCl}) \cdot M(\text{Cl}^-)}{M(\text{AgCl}) \cdot m(\text{наважки})} \cdot 100\% \quad (4)$$

де  $m(\text{AgCl})$  — маса хлориду срібла, що був витрачений у реакції, г;  $M(\text{Cl}^-)$  — молярна маса хлорид-іону, г/моль;  $M(\text{AgCl})$  — молярна маса хлориду срібла, г/моль;  $m(\text{осаду})$  — маса осаду, г. Результати хімічного аналізу поліфосфату натрію зведені у табл. 2.

**Таблиця 2.** Результати хімічного аналізу поліфосфату натрію

рН водного розчину	Масова частина компонентів, %					
	W <sup>a</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
6,0	0,3	-	15,0	59,7	23,0	-

Для кінцевого визначення складових поліфосфату натрію використані результати хімічного аналізу, в першу чергу — значення рН водного розчину, та деякі розрахунки. Результати наведено в таблиці 3.

**Таблиця 3.** Склад поліфосфату натрію (за результатами аналізу та розрахунків)

Початкові умови розрахунку	W <sup>a</sup> , %	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , %	ΣNaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , %	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , %	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , %	Na, %
% SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,3	22,1	77,6	-	-	7,1
% PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,3	-	77,6	70,6	7,3	15,3
% Na <sup>+</sup>	0,3	-	-	-	-	22,4

### Аналіз результатів

Хімічний аналіз отриманого на ДКЗХВ зразка поліфосфату натрію показав вміст у досліджуваному інгібіторі:  $\text{PO}_4^{3-}$  — 59,6%, натрію — 23,0%, сульфатів — 15%, та води — 0,3%.

Виходячи з молекулярної маси, у суміші повинно знаходитись 77,6% фосфату натрію. рН Розчину дорівнює 6,0. Таким чином, порівнюючи показник рН розчину поліфосфату натрію із рН стандартних розчинів, можна зробити висновок, що знайдений  $\text{PO}_4^{3-}$  у речовині складається з однозаміщеного фосфату натрію ( $\text{NaHPO}_4$ ) у кількості 70,6% та двоаміщеного фосфату натрію ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) у кількості 7,3%. Трьохзаміщеного фосфату натрію у складі речовини не було виявлено.

За даними сертифікату якості (ДОСТ 20291-80) масова частка поліфосфату натрію при перерахуванні на  $\text{P}_2\text{O}_5$  повинна бути не менш 61,5%. Виявлена масова частка поліфосфату натрію при перерахуванні знайденої кількості  $\text{PO}_4^{3-}$  на  $\text{P}_2\text{O}_5$  складає 66,5%.

У речовині також знайдено сульфат натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) у кількості 22,1%. Відомо, що сульфат натрію існує як кристалогідрат ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), який втрачає воду при температурі 32,2°C, що збігається з температурою зміни модифікації кристалів аміачної селітри, під час чого вона інтенсивно поглинає вологу.

Зберігання протягом місяця показало, що поліфосфат натрію злежується за рахунок поглинання води з повітря. На наш погляд злежування також можливе за рахунок виділення кристалічної води з сульфату натрію під час коливання температури.

### Висновки

У роботі розглянуто вплив якості та складу поліфосфату натрію на запобіжні властивості вибухових речовин. Було проведено хімічний аналіз зразка поліфосфату натрію та за його результатами визначено приблизний склад інертної сполуки.

За результати досліджень масова частка поліфосфату натрію при перерахуванні на  $\text{P}_2\text{O}_5$  не суперечить показникам сертифікату якості та складає 66,5%.

Поліфосфат натрію при вмісті його у складі ЗВР у кількості 8–12% та більше перестає бути інгібітором та виступає у ролі каталізатору і знижує запобіжні властивості амоніту П5 (при випробуванні амоніту з вмістом поліфосфату близько 12% отримали 5 спалахів на 5 випробувань).

У складі інертної сполуки було виявлено сульфат натрію у кількості 22,1%. Відомо, що сульфат натрію є кристалогідратом, що містить дві молекули води. Кристалізаційна вода видалається при температурі 32,2°C [12], а перехід аміачної селітри з однієї модифікації кристалічної структури до іншої відбувається при температурі 32,4°C, при цьому кристали селітри інтенсивно поглинають вологу.

Під час зберігання патронів амоніту П5 це може призвести до зменшення гарантійного терміну зберігання, що є однією з основних проблем виробника. При випробуванні на передачу детонації на відстань та випробуванні зразків на критичний діаметр детонації при підвищеній щільності, можливо отримання негативних показників. Це підтверджується практичними результатами випробувань партій амоніту П5 наприкінці гарантійного терміну зберігання (партії амоніту П5: №5, №38, №43, №44.).

Таким чином, одним із шляхів вирішення проблеми підвищення гарантійного терміну зберігання зі збереженням детонаційних і запобіжних властивостей амоніту П5 є заміна поліфосфату натрію на більш моногамні суміші, або виключення зі складу інгібітору сульфату натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

### Література

1. Брюханов А.М., Кудинов Ю.В. О состоянии научных исследований по «Программе повышения безопасности труда на угольных шахтах» // Сборник научных работ, МакНИИ. Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. — Донецк, 2003. — 301 с.
2. ТУ У 3.50-14311844-112-2000. Вещества взрывчатые промышленные. Аммониты взрывчатые предохранительные.
3. Светлов Б.Я., Яременко Н.Е. Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. — М.: Недра, 1973. — 206 с.
4. Дубнов Л.Е., Бахаревиц Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. — М.: Недра, 1973. — 320 с.
5. [http://soyuz-reagent.com.ua/index.php?option=com\\_content&task=view&id=289&Itemid=68](http://soyuz-reagent.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=289&Itemid=68)
6. Уварова К.О., Зубцова Т.І., Поскребишева Т.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з аналітичної хімії. — Донецьк: ДонДТУ, 2000. — 29 с.
7. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. — М.: Мир, 1979. — Т. 1. — 480 с.
8. Дымов А.М. Технический анализ руд и металлов. — М.: Metallurgizdat, 1949. — 483 с.
9. [http://revolution.allbest.ru/chemistry/00030526\\_0.html](http://revolution.allbest.ru/chemistry/00030526_0.html)
10. Крешков А.П. Основы аналитической химии. — М.: Химия, 1970. — Т. 2. — 455 с.
11. Ефимов А.И. Свойства неорганических соединений. — Л.: Химия, 1983. — 392 с.

© Шташкевич Т.В., Поскребишева Т.В., Манжос Ю.В., Галиакберова Ф.Н., 2010

Поступила в редакцию 03.12.2009 г.

УДК 662.74

Топоров А.А., Акусова А.А. (ДонНТУ)

### ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

*Рассмотрено влияние различных факторов на техническое состояние объектов. Предложен процессный подход к исследованию изменения технического состояния оборудования химических производств.*

*Ключевые слова: процессный подход, изменение технического состояния, свойства элементов, химическое оборудование, технологические процессы, деградационные процессы.*

Известно [1, 2], что в процессе работы изменяется техническое состояние оборудования, что приводит к ухудшению его параметров, нарушениям работоспособности, возникновению отказов и в конечном итоге его остановке и авариям и другим событиям, негативно влияющим на техногенную безопасность.

Помимо традиционных [3], одним из наиболее эффективных методов анализа изменения технического состояния оборудования является системный подход [4], когда выполняется декомпозиция системы — представление ее в виде элементов и связей между ними. Такой подход имеет ряд преимуществ и позволяет определить состояние, как каждого элемента, так и всей системы.