

УДК 662.221.4

*В.Г. Созонтов^а, І.В. Кравченко^а, І.Л. Коваленко^б, Є.І. Зубцов^а, О.В. Берзеніна^б***ТЕХНОЛОГІЯ ПРОМИСЛОВОГО ОДЕРЖАННЯ ГРАНУЛЬОВАНОЇ ПОРИСТОЇ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ**^а Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ, Україна^б ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро, Україна

Розглянуті фізико-хімічні основи процесу та розроблена нова технологія виготовлення гранульованої пористої аміачної селітри, що придатна для інтегрування в існуючі виробництва складних мінеральних добрив. Запропоновані способи одержання пористої аміачної селітри, досліджений вплив різних добавок на міцність гранул. Вивчена залежність вбираючої здатності гранул аміачної селітри марки Б, яка містить 0,3–1,0% H₂O, від числа циклів нагріву та охолодження. Встановлено, що при нагріванні гранул до 130°C та охолодженні до 30°C необхідна вбираюча здатність по рідкому паливу, яка дорівнює не менше 10 г/100 г, може бути досягнута за два цикли нагріву та охолодження, а при нагріванні гранул до 90°C та охолодженні до 30°C для досягнення такого ж значення вбираючої здатності потрібно провести п'ять циклів нагріву та охолодження. Розроблено технологію і запропоновано технологічну схему одержання гранульованої пористої аміачної селітри на базі існуючого обладнання виробництва складних мінеральних добрив, оптимізовано параметри процесу для одержання продукту, що відповідає вимогам технічних умов. Показано, що одержання пористої аміачної селітри можливе методом змішування 82–84% розчину нітрату амонію з фосфогіпсом з подальшою грануляцією та сушіння у барабанному грануляторі-сушарці, класифікацією та термообробленням гранул розміром 1–3 мм. Для одержання міцних гранул передбачено введення у розчин нітрату амонію сульфатно-фосфатної добавки, джерелом якої є фосфогіпс – відхід виробництва ортофосфорної кислоти. Запропоноване використання двосекційного змішувача для проведення взаємодії розчину нітрату амонію з фосфогіпсом забезпечує мінімальний час перемішування реагентів.

Ключові слова: пориста аміачна селітра, нітрат амонію, фосфогіпс, барабанний гранулятор-сушарка, двосекційний змішувач, апарат термообробки.

DOI: 10.32434/0321-4095-2023-147-2-145-151

Вступ

Гранульована аміачна селітра як товарний промисловий продукт містить не менше 98 мас.% амоній нітрату, крім того до її складу можуть входити кондиціонуючі добавки, антизлежувачі тощо [1].

Гранульована аміачна селітра в Україні випускається за ДСТУ 7370-2013 двох марок А і Б, які відрізняються, здебільшого, статичною міцністю гранул та гранулометричним складом. Така селітра випускається тільки із застосуванням кальцій/магній нітратів або сульфатної/суль-

фатно-фосфатної добавки в комплексі з обробкою поверхні гранул поверхнево-активними речовинами. Подібна селітра вважається щільною, має малу вбираючу здатність відносно рідкого палива, і є малопридатною для виготовлення промислових вибухових речовин для гірничої промисловості [1,2].

Селітра спеціального призначення представлена водостійкою аміачною селітрою та низькощільною пористою аміачною селітрою. Принцип отримання водостійкої аміачної селітри передбачає «озалізнення» плаву амоній нітра-

© В.Г. Созонтов, І.В. Кравченко, І.Л. Коваленко, Є.І. Зубцов, О.В. Берзеніна, 2023



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

ту введенням в нього водного розчину ферум(III) сульфату і оброблення гранул гідрофобною сумішшю синтетичних жирних кислот з парафіном. Натепер, в Україні водостійка аміачна селітра, яка використовується для виробництва амоніту № 6ЖВ, в промислових масштабах на виробляється. Пориста аміачна селітра має підвищену здатність до насичення рідким паливом. Для досягнення максимального ефекту вибуху необхідно створити надійний контакт між частинками амоній нітрату та органічної добавки у всій масі гранули. При додаванні рідкого палива до звичайної гранульованої аміачної селітри воно практично не вбирається гранулами, залишається на поверхні, а потім швидко стікає [1–4].

Для підвищення стабільності вибухових речовин на основі аміачної селітри у систему можуть додатково вводити речовини, які підвищують в'язкість рідкого палива або покращують зчеплення з поверхнею гранули селітри [2]: різноманітні органічні аміни, аміди, сульфонілпохідні [5] різної будови. Проте такі речовини є токсичними, тобто їх застосування для виготовлення шахтних вибухових речовин є неприпустимим. Тому в світовій практиці реалізовані технології одержання пористої гранульованої аміачної селітри, яка добре поглинає рідкі нафтопродукти і відрізняється однорідністю та стабільністю складу при тривалому зберіганні [2]. Завдяки високій ефективності застосування для виготовлення промислових ВР пориста аміачна селітра знайшла широке застосування у світі [2]. Однак в Україні промислове виробництво аміачної селітри з підвищеною вбираючою здатністю з рідкого палива відсутнє.

Найбільш реалізованим промисловим способом одержання гранул аміачної селітри є прилірування. При цьому, загальною особливістю таких гранул є наявність щільної зовнішньої оболонки, яка формується при утворенні крапель під дією сил поверхневого натягу і кристалізації з поверхні. Основна частина подальших процесів відбувається всередині цієї оболонки. В гранулі утворюється усадкова раковина, наявність і об'єм якої визначаються різницею щільності амоній нітрату в рідкому та твердому станах, а також стисненням краплі під дією поверхневого натягу. При цьому утворюється одна обмежена порожнина, частково сполучена з поверхнею гранули каналом. Об'єм порожнини становить 3–7% від об'єму гранули. Однак при виготовленні вибухової речовини ця «пористість» залишається нереалізованою, оскільки рідке паливо в порожнину гранули не проникає внаслідок капі-

лярного ефекту в каналі, і тіло гранули паливо не вбирає [1,2].

Одержання гранул пористої аміачної селітри з газовими включеннями – порожнинами, кавернами, тріщинками, каналами – може бути здійснено низкою способів, заснованих на використанні особливостей фізичних властивостей амоній нітрату в рідкому і твердому станах, а також на реалізації спеціальних технологічних прийомів і поверхневих явищ на межі розділу фаз.

В промисловому масштабі пористу аміачну селітру одержують наступними основними способами:

- за допомогою пороутворюючих та поверхнево-активних речовин;
- висушуванням гранул або кристалів;
- термічною обробкою гранул.

Сутність першого способу полягає в тому, що розподіляючись рівномірно в об'ємі плаву або розчину амоній нітрату легколеткі пороутворюючі речовини – чотирихлористий вуглець, кремнієва кислота, силікоаерозоль, фенолформальдегідна смола, діатомітова земля, карбамід, солі жирних кислот – випаровуються при подальшій кристалізації та сушці продукту, в результаті чого утворюються порожнини і капіляри, що підвищують його вбираючі властивості.

Другий спосіб заснований на тому, що в гранулах або кристалах амоній нітрату в процесі їх сушіння відбувається пороутворення. Видалення вологи здійснюють в апаратах, працюючих під вакуумом у обертових барабанах або в апаратах з псевдозрідженим шаром. Оптимальна концентрація плаву для отримання пористої гранульованої аміачної селітри методом сушіння становить 96–97 мас.%.

Термічний спосіб заснований на властивостях кристалічної решітки амоній нітрату зазнавати поліморфних перетворень при визначених температурах, які відбуваються зі зміною об'єму кристалів. Гранули при цьому дещо збільшуються в об'ємі і стають менш щільними та більш пористими. Для процесу термообробки велике значення має вміст вологи в гранулах. Оптимальною вважають вологість гранул 0,3–1,0%. Швидкість фазових перетворень амоній нітрату з дуже низьким вмістом вологи мала. За вологості гранул 0,2–0,3% їх доводиться піддавати шести циклам термооброблення, щоб одержати пористий продукт, а за вологовмісті 0,3–1,0% число необхідних циклів зменшується до 2–4. Швидкість поліморфних перетворень може бути підвищена шляхом додавання до розчинів амоній

нітрату 0,1–3,0% розчинних солей KNO_3 , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, FeSO_4 . Через термообробку гранули стають менш міцними. Швидше за все втрачають міцність гранули аміачної селітри, які не містять сторонніх домішок.

Основним недоліком пористої аміачної селітри є недостатня міцність гранул. Навіть декларована виробниками статична міцність на рівні 3–5 Н/гранулу є недостатньою, оскільки застосування гранульованих ВР на основі аміачної селітри здійснюється за допомогою пневматичного транспортування та заряджання [4], що призводить до механічного руйнування гранул аміачної селітри та забивання зарядних шлангів. Крім того, в процесі зберігання пористої аміачної селітри статична міцність гранул може суттєво знижуватись. Так у попередніх спостереженнях статична міцність гранул пористої аміачної селітри деяких виробників падала до нуля протягом 4–6 місяців зберігання на складі сировини для ВР [4]. Досвід застосування в шахтах України гранульованих вибухових речовин [3,4] показує, що мінімальна статична міцність гранул аміачної селітри у складі ВР повинна складати не менше 6,5–7,0 Н/гранулу.

Питаннями технології отримання гранульованої пористої аміачної селітри займаються українські вчені, які розробили методи і апаратне оформлення одержання продукту в грануляторах вихрового типу [6–8]. Авторами декларується висока вбираюча здатність одержуваних гранул і статична міцність не менше 5 Н/гранулу. Підвищення міцності гранул пористої аміачної селітри досягається додаванням до її розчину 0,4–0,8% амоній сульфату, а до отриманого з цього розчину плаву додають розчин кальцій нітрату із розрахунку введення 0,1–0,4% CaO . В результаті спільної присутності цих компонентів в плаві амоній нітрату утворюється кальцій сульфат, який надаючи цементуючу дію, зменшує втрату міцності гранул при наступній їх термообробці.

В Україні відсутнє промислове виробництво пористої аміачної селітри, а наявні дослідні установки за потужністю не задовольняють потребам відповідної галузі з виробництва гранульованих вибухових речовин. Промисловий випуск вітчизняної пористої аміачної селітри вимагає суттєвих капітальних витрат на організацію або реконструкцію підприємств азотної промисловості, що на даний час не є економічно доцільним, оскільки потреба гірничодобувної галузі України в пористій аміачній селітрі на два-три порядки менша за обсяг сільськогосподар-

ської, що випускається.

Проте потреба гірничодобувної галузі у пористій гранульованій аміачній селітрі, зумовлює необхідність аналізу існуючих способів виробництва і вибору найбільш ефективного методу, який дозволить створити автономну установку невеликої одиничної потужності та задовольнити вимоги замовника. Одним з доступних і раціональних способів, який може бути успішно реалізований на місці споживання, є термічна обробка гранул аграрної аміачної селітри, що випускається на діючих агрегатах.

Результати та обговорення

У роботах [1,3,9–10] виконані теоретичні та експериментальні дослідження впливу добавок на фізико-хімічні властивості амоній нітрату, розроблені фізико-хімічні основи технології модифікації аміачної селітри і способи одержання гранул підвищеної пористості та оптимальної міцності, визначено гігроскопічність та стабільність гранул при термоциклюванні.

Для визначення оптимальних умов одержання пористої аміачної селітри із стандартних гранул аграрної аміачної селітри марки Б за ДСТУ 7370-2013 нами здійснені дослідження їх циклічного нагріву та охолодження. Основним показником, який характеризує якість пористої гранульованої аміачної селітри, є вбираюча здатність гранул по відношенню до рідкого палива [1]. Цей показник визначався гравіметрично як число грамів рідкого палива, що може поглинатися 100 г гранул (г/100 г). В даній роботі вивчалась залежність вбираючої здатності гранул аміачної селітри марки Б з вмістом вільної вологи 0,3–1,0%. Зволоження гранул виконували за допомогою повітря, насиченого водяною парою. Кінцеву вологу селітри визначали методом сушки.

У першій серії дослідів нагрівання гранул здійснювали до температури 130°C, а охолодження – до 30°C. У другій серії дослідів гранули нагрівали до 90°C, а охолоджували також до 30°C. У кожній серії дослідів провели по 8 циклів нагріву та охолодження гранул аміачної селітри (рис. 1).

Отримані дані свідчать, що при нагріванні стандартних гранул аміачної селітри, що містить 0,3% вологи, до 130°C і охолодженні до 30°C за один цикл вбираюча здатність гранул збільшилась від 5 г/100 г до 8 г/100 г. При двох циклах нагріву та охолодження вбираюча здатність гранул досягла 10,9 г/100 г, а при трьох циклах – 13 г/100 г. Проведення циклів нагріву та охолодження гранул від 4 до 8 не впливає на вбира-

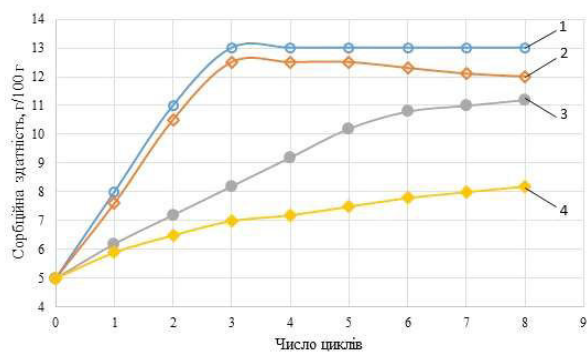


Рис. 1. Залежність вбираючої здатності NH_4NO_3 від числа циклів: 1 – стандартні гранули при 130°C ; 2 – зволожені (1% H_2O) гранули при 130°C ; 3 – стандартні гранули при 90°C ; 4 – зволожені (1% H_2O) гранули при 90°C

ючу здатність гранул, яка становить 13 г/100 г, але при цьому спостерігається зниження насипної щільності пористої аміачної селітри від 696 до 638 $\text{кг}/\text{м}^3$.

В процесі термообробки зволжених гранул аміачної селітри, що містять 1,0% H_2O , при одному циклі вбираюча здатність гранул зростає до 7,6 г/100 г, при двох циклах – до 10,2 г/100 г, при трьох – до 12,3 г/100 г, при чотирьох – до 12,4 г/100 г, а при подальших циклах нагріву гранул до 130°C та охолодженні до 30°C вбираюча здатність знижується і при восьми циклах становить 12,1 г/100 г. Насипна щільність пористої аміачної селітри після восьми циклів нагріву та охолодження зменшується до 536 $\text{кг}/\text{м}^3$.

При нагріві гранул аміачної селітри, що містять 0,3% H_2O , до 90°C і охолодженні до 30°C за один цикл вбираюча здатність гранул підвищувалась від 5 г/100 г до 6,1 г/100 г, за два цикли – до 7,2 г/100 г. Для досягнення стандартного показника вбираючої здатності гранул, що дорівнює не менше 10 г/100 г, необхідно провести 5 циклів нагріву та охолодження. При подальших циклах нагріву гранул до 90°C та охолодженні до 30°C вбираюча здатність підвищувалась незначно і при восьми циклах становила 11,1 г/100 г.

Термообробка зволжених гранул аміачної селітри, що містять 1,0% H_2O , показала, що при одному циклі вбираюча здатність зростала до 5,9 г/100 г, а при подальшому нагріві гранул до 90°C та охолодженні до 30°C вбираюча здатність зростає несуттєво, досягаючи при восьми циклах 8,1 г/100 г, що значно менше стандартного показника.

З вищевикладеного видно, що для одержання необхідної вбираючої здатності, яка дорівнює більше 10 г/100 г, необхідно здійснювати нагрів гранул до 130°C та охолоджувати до 30°C з метою скорочення числа циклів термооброблення. Підвищення вмісту вологи від 0,3 до 1,0% дещо знижує вбираючу здатність гранул, але не призводить до збільшення числа циклів термооброблення, яке суттєво зростає при нагріві до 90°C та охолодженні до 30°C . І якщо при нагріві до 130°C гранул аміачної селітри, що містить 0,3% H_2O , вбираюча здатність більше 10 г/100 г може бути досягнута за два цикли, то при нагріві до 90°C потрібно провести п'ять циклів.

Таким чином, для отримання пористої гранульованої аміачної селітри необхідної якості з масового промислового продукту – гранульованої аміачної селітри марки Б методом термообробки достатньо провести два цикли: нагрівання до 130°C та охолодження до 30°C .

Необхідно зауважити, що при термообробці відбувається суттєве зниження міцності гранул [1], що може унеможливити цільове використання такого продукту для виробництва гранульованих ВР для пневмозаряджання. Як показано в попередніх дослідженнях [1] однократне термооброблення гранул аміачної селітри може призвести до втрати до 25% статичної міцності гранули. Тому отримання міцних гранул пористої селітри потребує введення додаткових реагентів.

Одним з прийомів, гальмуючих процес зниження міцності гранул, є введення в плав амоній нітрату сульфатної або сульфатно-фосфатної добавки [10], джерелом якої може слугувати фосфогіпс.

Отримання ортофосфорної кислоти засноване на сірчаноокислотній переробці природних фосфатів. Поряд з отриманням H_3PO_4 в якості відходу утворюється сульфат кальцію, що містить домішки фосфатів та інших корисних елементів, так званий фосфогіпс, кількість якого на промислових площадках України налічує мільйони тонн. Переробка фосфогіпсу, який займає величезні території, є актуальною та важливою задачею для вітчизняної хімічної промисловості.

Технологічний процес отримання гранульованої пористої аміачної селітри (ПАС)

Технологія отримання гранульованої ПАС передбачає наступні основні стадії:

- нейтралізація азотної кислоти газоподібним аміаком;
- змішування розчину амоній нітрату з фосфогіпсом;

- грануляція і сушка ПАС в апараті БГС;
- класифікація ПАС з подальшим дробленням великої фракції;
- термооброблення готового продукту;
- очищення топкових газів і запиленого повітря;
- приймання і зберігання готового продукту.

Апаратурне оформлення одержання гранульованої ПАС, подібне до процесу одержання гранульованої вапняно-аміачної селітри, наведено у роботі [11], оскільки обидві технології реалізуються на базі виробництва складних мінеральних добрив. Відмінність полягає у введенні стабілізуючої добавки фосфогіпсу для покращення статичної міцності гранул та організації стадії поризації у апараті двоциклічної термообробки для підвищення вбираючої здатності гранул. Принципова технологічна схема отримання гранульованої ПАС представлена на рис. 2.

Нітратна кислота 56–58 мас.% з температурою 25–30°C надходить до апарату використання тепла нейтралізації (ВТН) 2, куди подається газоподібний аміак з температурою 70–80°C після підігрівача 1. Отриманий розчин аміачної селітри 82–84 мас.% з температурою 130–136°C надходить в змішувач 3, куди одночасно подають фосфогіпс з бункера-дозатора 4. Після перемішування протягом 7 хв утворену водну суспензію аміачної селітри і фосфогіпсу з температурою 95–115°C направляють в барабанний гранулятор-сушарку 5, в якому утворені гранули збільшуються, округлюються та висушуються топковими газами. Топкові гази одержують

спалюванням природного газу, який змішують в топці 6 з повітрям, що подається вентилятором 7. Температура топкових газів на вході в апарат БГС 5 становить 220–240°C, а на виході 90–102°C. Висушений продукт, який містить 0,4 мас.% H_2O , з температурою 84–95°C подають у вібраційний грохот 8, де відбувається класифікація. Велику фракцію – гранули розміром більше 3 мм – направляють у молоткову дробарку 9, де подрібнюють і подають в зону завіси апарату БГС 5, куди одночасно подають дрібну фракцію – гранули розміром менші 1 мм. Товарну фракцію – гранули розміром 1–3 мм – направляють в апарат термообробки КШ 10, в якому нагрівають до 130°C і охолоджують повітрям до температури 30°C двічі. Для цього апарат термообробки КШ поділений на 4 частини. У першу і третю частини апарату подають гаряче повітря, яке нагрівають в теплообміннику 11 до 180°C, а у другу і четверту частини апарату – холодне повітря. Повітря в апарат термообробки КШ 10 подають вентилятором 12. Пористу гранульовану аміачну селітру завантажують у мішки та направляють на склад.

Розглядаючи технологічні параметри процесу одержання ПАС і здійснюваного при цьому аналітичного контролю, можна відзначити, що при досягненні стабільних показників був отриманий готовий продукт, який відповідає вимогам технічних умов. Масова частка води змінювалась від 0,3 до 0,45%, що цілком відповідає нормі, яка згідно ТУ не має перевищувати 0,5%. Обрана стабілізуюча домішка не забарв-

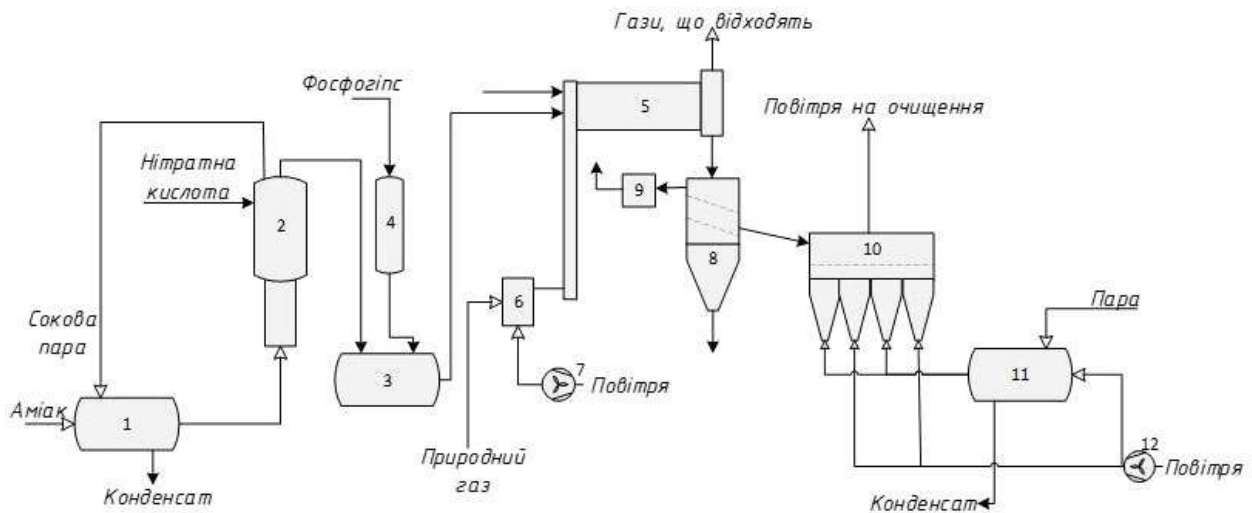


Рис. 2. Принципова технологічна схема отримання ПАС: 1, 11 – підігрівач; 2 – апарат ВТН; 3 – двосекційний змішувач; 4 – бункер-дозатор; 5 – барабанний гранулятор-сушарка (БГС); 6 – топка; 7, 12 – вентилятор; 8 – вібраційний грохот; 9 – молоткова дробарка; 10 – апарат термообробки киплячого шару (КШ)

лює розчин аміачної селітри та її гранули залишаються білими. Розсипчастість готового продукту складала 100%, а статична міцність гранул, яку визначали за ДСТУ 21560.2-82, перевищувала нормативний показник майже у 3 рази і досягала 18 Н/гранулу. Фракція більше 4 мм в готовому продукті була відсутня. Масова частка гранул розміром 1 мм змінювалася в широкому діапазоні, але перебувала в межах норм, передбачених технічними умовами не більше 5%. Середня продуктивність установки становить 40 т/год ПАС, а співвідношення ретура до готового продукту досягає (3–6):1.

Висновки

За результатами теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологію і запропоновано принципову технологічну схему отримання гранульованої пористої аміачної селітри з використанням обладнання виробництва складних мінеральних добрив. Шляхом додавання до 82–84%-го розчину амоній нітрату 1,5–2,5% фосфогіпсу при температурі 95–115^oC з подальшою грануляцією і сушкою пульпи в барабанному грануляторі-сушарці, класифікацією і термообробкою отримано готовий продукт з мінімальним вмістом вологи, вбираючою здатністю не менше 10 г/100 г, високою міцністю гранул і 100%-вою розсипчастістю. При створенні принципової технологічної схеми запропоновано нове технічне рішення, що передбачає взаємодію розчину амоній нітрату з фосфогіпсом в двосекційному змішувачі, який забезпечує мінімальний час перемішування реагентів, рівний 6–8 хвилин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коваленко І.Л., Купрін В.П. Вплив попередньої підготовки на вбираючу здатність і міцність гранул аміачної селітри марки Б // *Наук. вісті НТУУ «КПІ»*. – 2014. – № 6(98). – С.110-114.
2. Mahadevan E.G. Ammonium nitrate explosives for civil applications: slurries, emulsions and ammonium nitrate fuel oils. – Weinheim: Wiley-VCH Verlag & Co, 2013. – 230 p.
3. Коваленко І.Л., Киященко Д.В. Технология модифицирования аграрной аммиачной селитры в производстве энергоконденсированных систем // *Science and education a new dimension. Natural and technical sciences*. – 2015. – Vol.III(8). – No. 73. – P.107-110.
4. Cartridge and granulated explosive substances of grade Ukrainit for underground mines / Kovalenko I., Stupnik N., Korolenko M., Kiyaschenko D. // *Metallurgical and Mining Industry*. – 2016. – No. 8. – P.59-64.
5. Azabrendanes. I. Synthesis, structure and spectral parameters of N-(arylsulfonyl)-exo-2-hydroxy-4-azatricyclo[4.2.1.0^{3,7}]nonanes / Kasyan L.I., Sereda S.V., Potekhin K.A., Kasyan A.O. // *Heteroat. Chem.* – 1997. – Vol.8. – No. 2. – P.177-184.
6. Артюхов А.Е., Склабинський В.І. Промислове впровадження апаратів вихрового типу для отримання гранульованих продуктів // *Наук. праці Одеської нац. акад. харчових технол.* – 2008. – № 32. – Т.2. – С.16-21.
7. Склабинський В.І., Кочергін М.О. Гранульована аміачна селітра. Швидкість видалення вологи // *Хім. промисл. України*. – 2006. – № 4. – С.21-23.
8. Artyukhov A.E., Sklabinskyi V.I. 3D nanostructured porous layer of ammonium nitrate: influence of the moisturizing method on the layer's structure // *J. Nano- Electron. Phys.* – 2016. – Vol.8. – No. 4(1). – Art. No. 04051.
9. Влияние нитратов кальция и натрия на физико-химические свойства аммиачной селитры и её растворов / Коваленко И.Л., Куприн А.В., Довбань Л.В., Теплицкая А.Г. // *Вопросы химии и хим. технол.* – 2008. – № 2. – С.121-125.
10. Кулацький М.С., Противень І.М., Савенков А.С. Вплив сульфатної добавки на показники якості аміачної селітри // *Питання хімії та хім. технол.* – 2004. – № 6. – С.51-61.
11. Созонтов В.Г., Кравченко І.В., Коваленко І.Л. Технология промышленного одержання гранульованої вапнисто-аміачної селітри // *Питання хімії та хім. технол.* – 2021. – № 6. – С.87-95.

Надійшла до редакції 27.04.2022

TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF GRANULAR POROUS AMMONIUM NITRATE

V.G. Sozontov ^a, I.V. Kravchenko ^a, I.L. Kovalenko ^{b, *},
Ye.I. Zubtsov ^a, O.V. Berzenina ^b

^a Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine

^b Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

* e-mail: il-kovalenko@ukr.net

The physicochemical principles of the process were considered and a new technology for the production of granular porous ammonium nitrate was developed that is suitable for integration into the existing production of complex mineral fertilizers. The methods for preparation of porous ammonium nitrate were proposed and the effect of various additives on the strength of granules was investigated. The dependence of the sorption capacity of brand B ammonium nitrate granules, which contains 0.3–1.0% H₂O, on the number of heating and cooling cycles was been studied. It was established that when the granules are heated to 130°C and cooled to 30°C, the required liquid fuel sorption capacity, equal to at least 10 g/100 g, can be achieved in two heating and cooling cycles. When heating the granules to 90°C and cooling to 30°C, five heating and cooling cycles are required to achieve the same value of sorption capacity. The technology and the proposed flow diagram of fabricating granular porous ammonium nitrate based on the existing equipment for the production of complex mineral fertilizers was developed. The parameters of the process of obtaining a product that meets the requirements of the technical conditions were optimized. It was shown that the production of porous ammonium nitrate is possible by mixing an 82–84% solution of ammonium nitrate with phosphogypsum followed by granulation and drying in a drum granulator-dryer, classification and heat treatment of granules with a size of 1–3 mm. To obtain strong granules, sulfate-phosphate additives are introduced into the ammonium nitrate solution, the source of which is phosphogypsum, a waste product from the production of orthophosphoric acid. The suggested use of a two-section mixer for carrying out the interaction of an ammonium nitrate solution with phosphogypsum ensures the minimum mixing time of the reagents.

Keywords: porous ammonium nitrate; ammonium nitrate; phosphogypsum; drum granulator-dryer; two-section mixer; heat treatment apparatus.

REFERENCES

1. Kovalenko IL, Kuprin VP. Vplyv poperednoyi pidhotovky na vbyrayuchu zdatnist i mitsnist hranul amiachnoyi selitry marky B [The effect of pre-treatment on the absorbency and strength of granules of ammonium nitrate grade B]. *KPI Sci News*. 2014; 6(98): 110-114. (in Ukrainian).
2. Mahadevan EG. *Ammonium nitrate explosives for civil applications: slurries, emulsions and ammonium nitrate fuel oils*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag & Co; 2013. 230 p. doi: 10.1002/9783527645688.
3. Kovalenko IL, Kijashhenko DV. Tekhnolohiya modifytsyrovannya ahranoi ammyachnoi selitry v proyzvodstve enerhokondensyrovannykh system [The technology of modification of agrarian ammonium nitrate in the production of energy-condensed systems]. *Science and Education: a New Dimension. Natural and Technical Sciences*. 2015; 3(8): 107-110. (in Russian).
4. Kovalenko I, Stupnik N, Korolenko M, Kiyaschenko D. Cartridged and granulated explosive substances of grade Ukrainit for underground mines. *Metallurgical and Mining Industry*. 2016; (8): 59-64.
5. Kasyan LI, Sereda SV, Potekhin KA, Kasyan AO. Azabrendanes. I. Synthesis, structure and spectral parameters of N-(arylsulfonyl)-exo-2-hydroxy-4-azatricyclo[4.2.1.0^{3,7}]nonanes. *Heteroat Chem*. 1997; 8: 177-184. doi: 10.1002/(SICI)1098-1071(1997)8:2<177::AID-HC10>3.0.CO;2-O.
6. Artiukhov AYe, Sklabinskyi VI. Promyslove vprovadzhennia aparativ vykhrovoho typu dlia otrymannia hranulovanykh produktiv [Industrial introduction of vortex type devices for obtaining granular products]. *Scientific Works. Odessa National Academy of Food Technologies*. 2008; 32(2): 16-21. (in Ukrainian).
7. Sklabinskyi VI, Kocherhin MO. Hranulovana amiachna selitra. Shvydkist vydalennia volohy [Granular ammonium nitrate. Moisture removal rate]. *Chem Ind Ukr*. 2006; (4): 21-23. (in Ukrainian).
8. Artyukhov AE, Sklabinskyi VI. 3D Nanostructured porous layer of ammonium nitrate: influence of the moisturizing method on the layer's structure. *J Nano Electron Phys*. 2016; 8(4): (1): 04051. doi: 10.21272/jnep.8(4(1)).04051.
9. Kovalenko YL, Kupryn AV, Dovban LV, Teplytskaia AH. Vlianie nitratov kaltsiya i natriya na fiziko-khimicheskie svoistva ammiachnoyi selitry i ee rastvorov [Influence of calcium and sodium nitrates on the physicochemical properties of ammonium nitrate and its solutions]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2008; (2): 121-125. (in Russian).
10. Kulatskyi MS, Protvyen I.M, Savenkov AS. Vplyv sulfatnoyi dobavky na pokaznyky yakosti amiachnoyi selitry [The effect of sulfate additives on the quality of ammonium nitrate]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2004; (6): 51-61. (in Ukrainian).
11. Sozontov VG, Kravchenko IV, Kovalenko IL. Tekhnolohiia promyslovoho oderzhanniya hranulovanoyi vapnysto-amiachnoyi selitry [Technology for production of granular calcium-ammonium nitrate]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2021; (6): 87-95. doi: 10.32434/0321-4095-2021-139-6-87-95. (in Ukrainian).