

## **ПЕРСПЕКТИВИ ОТРИМАННЯ ГРАНУЛ З ОСОБЛИВИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ В МАЛОГАБАРИТНИХ ВИХРОВИХ АПАРАТАХ**

*А.Є. Артюхов, О.О. Ляпощенко, В.І. Склабінський*

*Сумський державний університет, м. Суми*

*Стаття присвячена обґрунтуванню можливості отримання гранул з особливими властивостями у малогабаритних вихрових апаратах. Запропоновано новий спосіб створення гранул пористої структури. Проведено експериментальні дослідження умов створення пористого шару на поверхні гранули. Доведено ефективність роботи розробленої технологічної схеми та апарата у її складі*

### **ВСТУП**

Найбільш простою у виробництві й застосуванні виробничою вибуховою речовиною є пориста аміачна селітра (ПАС). ПАС також є основою для виробництва інших вибухових речовин.

Найпоширеніший спосіб виробництва ПАС заснований на змішуванні розплаву аміачної селітри з пороутворюючими й газогенерувальними домішками з наступною грануляцією. Газогенерувальні та пороутворюючі домішки сприяють утворенню пористої структури гранул ПАС, що збільшує вбираючу й утримувальну здатність гранул. При цьому баштовий спосіб виробництва має значні недоліки: громіздкість устаткування, значні витрати на його обслуговування й ремонт, неможливість створення високоінтенсивної гідродинаміки в межах вежі [1]. Створення нових виробництв ПАС на основі баштового методу потребує значних матеріальних і трудових витрат. Також газогенерувальні та пороутворюючі домішки, які входять до складу ПАС, знижують екологічні показники ПАС.

Сьогодні для вибухових робіт використовується рядова аміачна селітра, яку створено для потреб аграрного сектору. Ця селітра є дешевшою за ПАС, але порівняно менш ефективною.

В даний час провідні закордонні підприємства по випуску азотних мінеральних добрив та гранул пористої структури освоїли випуск гранульованого продукту, який має підвищені якісні показники, і тому гранульовані продукти виробництва України можуть втратити ринок збуту. Для одержання високої якості продукту повинні бути використані нові технологічні принципи, що дозволяють створювати структуру гранули в процесі її формування, чого не може забезпечити баштовий метод виробництва аміачної селітри [2,3].

### **ПОСТАВЛЕННЯ ЗАВДАННЯ**

Метою роботи є обґрунтування можливості створення на Україні сучасного високоефективного та економічного виробництва пористої аміачної селітри (ПАС), яке на даний час відсутнє. Розробка нового виробництва дасть змогу забезпечити гірничо-збагачувальні комбінати, кар'єри та інші підприємства, де проводять вибухові роботи, дешевими промисловими вибуховими речовинами (у 80% промислових вибухових речовинах використовується ПАС, яку виробляє Росія). Це питання стає ще актуальнішим у зв'язку з тим, що міжнародна спільнота планує перехід на виробництво вапняної аміачної селітри, яка не є вибуховою.

### **МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ**

Формування пористої структури гранул ПАС проводять на стадії гранулювання аміачної селітри. Для отримання пористого поверхневого шару застосовано

малогабаритний гранулятор вихрового типу зі змінним за висотою перерізом робочого простору (рис.1).

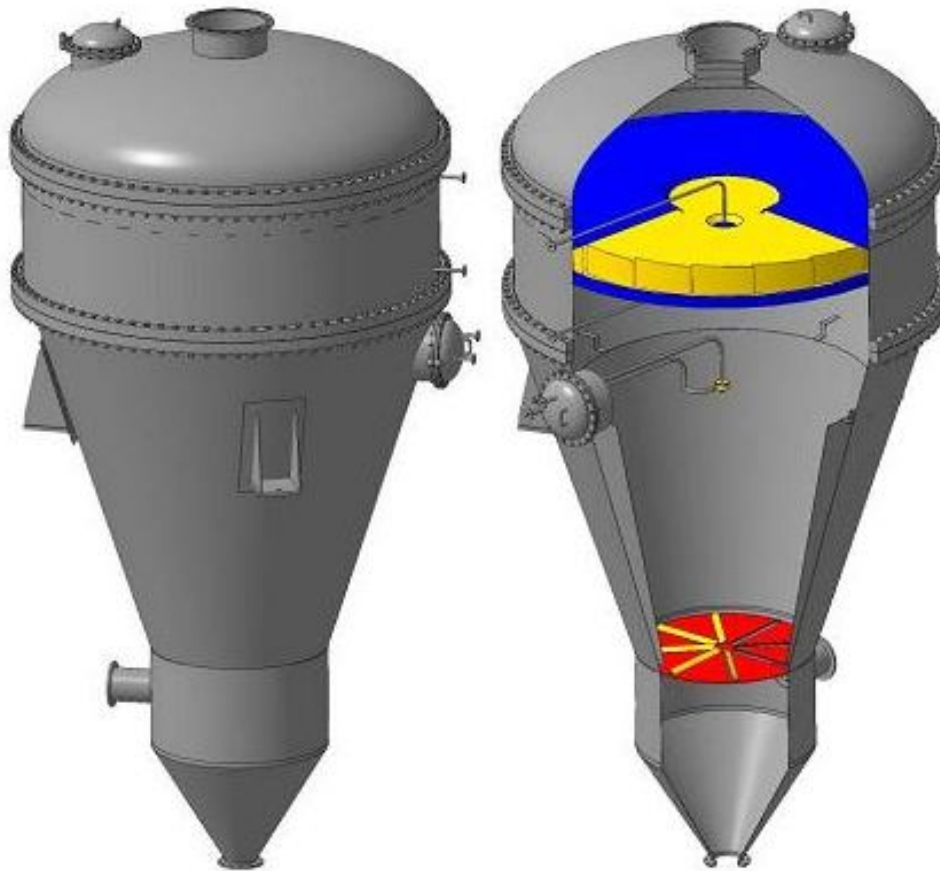


Рисунок 1 – Вихровий гранулятор, оснащений інерційно-фільтруючою вихровою камерою з пінним водоповітряним шаром

В основу роботи гранулятора покладений новий спосіб отримання гранул пористої структури [4], заснований на вдосконаленні динаміки руху потоку гранул, що забезпечує збільшення монодисперсності гранул, що ростуть у вихровому шарі, і однорідності гранулометричного складу готового продукту. Таким чином, гранули з нанесеним на них розчином звільняються від поверхневого ущільнення шару, створюються умови виходу звільненої вологи на поверхню гранул, виникає пориста структура гранул. Самі гранули отримують додаткову вагу за рахунок розчину, який осідає на їх поверхні.

Процес одержання гранульованої аміачної селітри у вихровому апараті комбінованого типу є ендотермічним і відбувається при нанесенні на тверді частки (ретур) крапель розчину з одночасною їх кристалізацією. Отримання гранул пористої структури шляхом зволоження гранули заданою кількістю вологи перед надходженням до робочого об'єму у зважений шар та початком контакту з вихровим високотемпературним потоком теплоносія забезпечує одночасність протікання процесу сушіння і пороутворення, сприяє зменшенню часу перебування гранули у зваженому шарі до мінімально необхідного і, як наслідок, збереження міцності гранул без руйнування внутрішньої кристалічної структури. Отримання рівномірного

шару рідкого матеріалу на поверхні гранули при її попередньому зволоженні дозволяє здійснити принцип рівномірності, сутність якого полягає в тому, що при здійсненні процесу пороутворення необхідно досягти однакової дії сил, які виникають при взаємодії зволоженої гранули та вихрового вісесиметричного потоку теплоносія, на кожну з гранул.

При цьому необхідно досягти мінімального впливу гідродинамічного режиму роботи гранулятора на початкове значення міцності ядра гранули і сприяти підвищенню утримувальної здатності гранули стосовно рідкого палива (наприклад, солярівій олії), адже цей показник є основною характеристикою якості ПАС [5-8].

Запропонований спосіб та малогабаритний гранулятор для його здійснення дозволяє підвищити ефективність тепломасообмінних процесів та пороутворення на поверхні гранул, рівномірність їх росту, а також збільшити відсоток утворення гранул з рівномірним пористим шаром висушеного рідкого матеріалу у заданому діапазоні розмірів та мас, що забезпечує збільшення монодисперсності гранулометричного складу матеріалу та покращить якість кінцевого продукту.

Розроблений спосіб дозволяє отримувати на поверхні гранули шар пористої структури з будь-якого рідкого матеріалу, що стає передумовою створення дво- та багат шарових гранул в об'ємі одного пристрою.

Під час проведення процесу гранулювання ПАС у малогабаритному грануляторі вихрового типу виявлено інтенсивне пилоутворення, що представляє собою високодисперсні тверді частки аміачної селітри, які уносяться з газовим потоком з верхньої частини апарату. Це призводить перш за все до виникнення потенційних небезпек та шкідливостей під час експлуатації об'єкта розробки, тому задача розробки можливих заходів щодо їх усунення є безперечно актуальною. Для вирішення поставленої задачі запропоновано застосовувати високопродуктивну інерційно-фільтруючу вихрову камеру з пінним водоповітряним шаром, якою оснащено верхню частину гранулятора (рис.1). Застосована сучасна технологія очищення газу завдяки застосуванню різних механізмів вловлювання (інерційна сепарація, гідрофільтрування, абсорбція) та кількох ступенів вловлювання дозволяє досягти рекордних показників. Конструкція вихрової камери з пінним водоповітряним шаром відрізняється високою ефективністю (96,97%) очищення газу від високодисперсного пилу, бризок пульпи та газових домішок (аміаку), а також зволоженням (до 100%) повітря, що відходить. Вторинне унесення складає 0,34...0,42 мг/м<sup>3</sup>. Крім того, високий ступінь вловлювання та низький ступінь унесення відповідно підвищує ступінь використання сировини (розчину аміачної селітри) при проведенні основного процесу гранулювання.

#### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Результати експерименту визначають початок монотонного зниження міцності гранули зі збільшенням часу перебування її в апараті, починаючи зі значення 7-10 хвилин в залежності від характеристик початкової сировини. Таким чином, необхідно зменшити час перебування гранули в робочому просторі вихрового гранулятора принаймні до визначеного терміну. Це досягається при використанні в грануляторі розвинутого турбулентного вихрового газового потоку, який дає можливість збільшити інтенсивність видалення вологи з гранули та завершити процес створення пористого поверхневого шару до початку руйнування ядра гранули. Створення вихрового зваженого шару невеликої інтенсивності призводить до збільшення проміжку часу, який необхідний для висушування гранули до заданої вологості; гранули внаслідок довготривалого зіткнення між собою та зі стінками апарату втрачають свою міцність або повністю руйнуються. Результати досліджень продемонстровано на рис. 2.

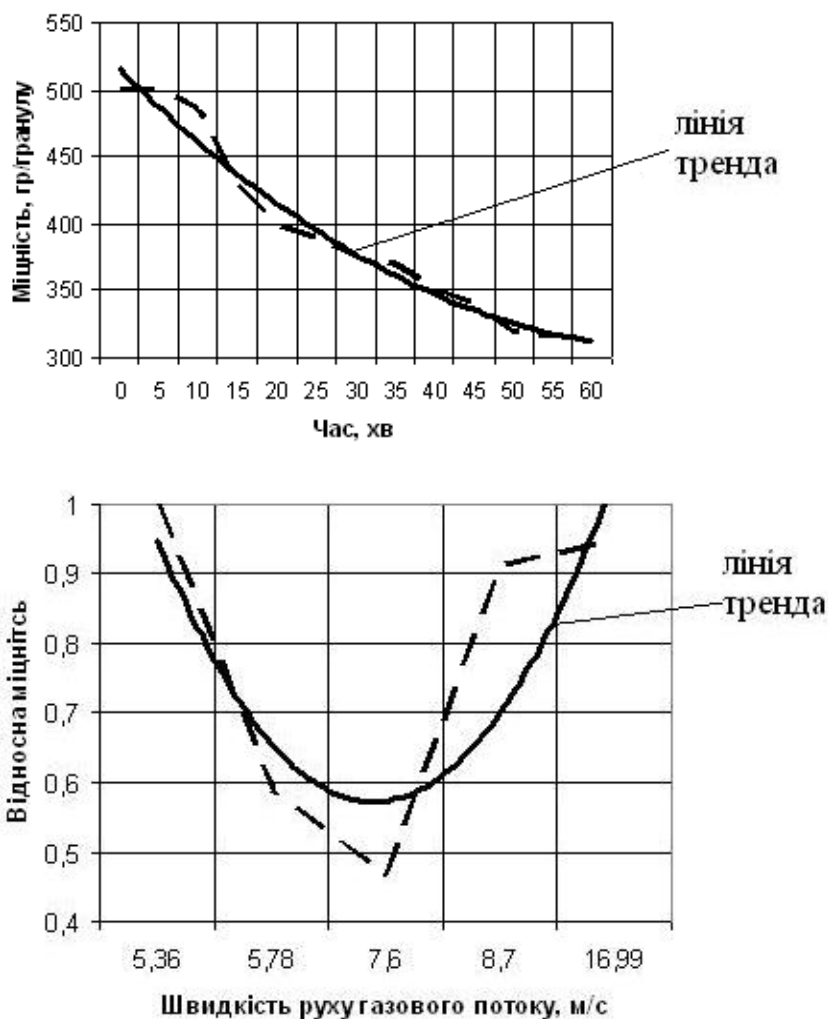


Рисунок 2 – Залежність міцності гранули від часу перебування у вихровому зваженому шарі та відносної міцності гранули від інтенсивності вихрового газового потоку

Отримані експериментальні дані (рис. 3) також демонструють збільшення утримувальної здатності гранули з часом, але механізм цього збільшення за часом змінюється. На початковому етапі (до 10 хвилин) збільшення утримувальної здатності гранули відбувається за рахунок створення на її поверхні пористого шару та збільшення об'єму пор. Гранула має цілісну структуру з чітко вираженою формою (рис. 3, зона I). Після визначеного часу збільшується площа питомої поверхні гранули за рахунок її руйнування. На поверхні гранули утворюються тріщини та відколи (рис. 3, зона II). При досягненні часу перебування гранули у вихровому зваженому шарі 35-37 хвилин відбувається монотонне зниження утримувальної здатності внаслідок повного руйнування його ядра. Гранула має неправильну форму значні відколи, тріщини (рис. 3, зона III).

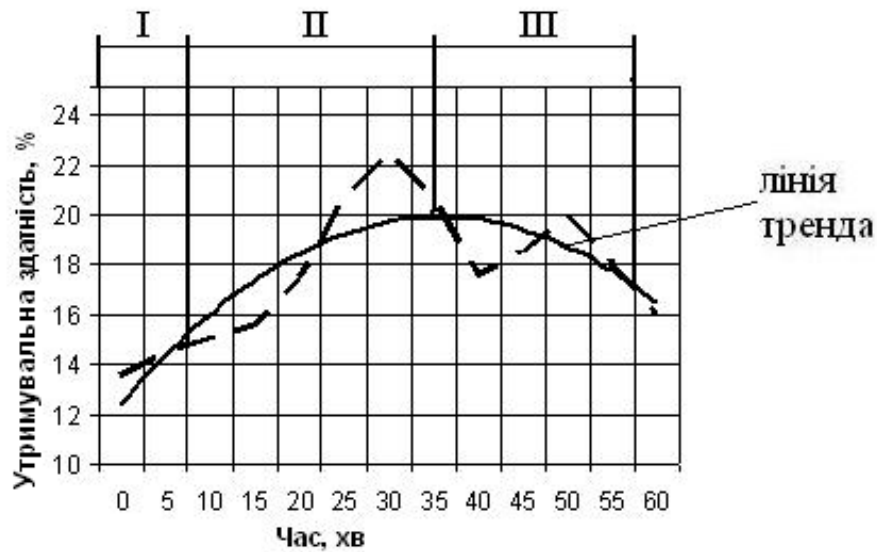


Рисунок 3 – Залежність утримувальної здатності гранули від часу її перебування у вихровому зваженому шарі

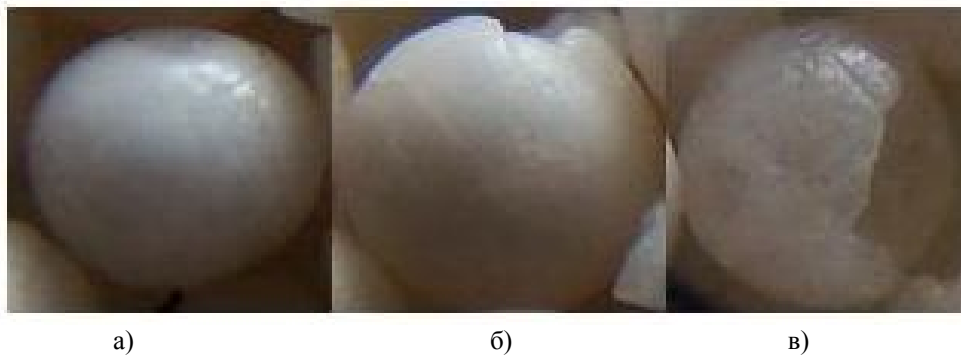


Рисунок 4 – Зразки гранул (відповідно до даних рисунка 3): а) зона I; б) зона II; в) зона III

Аналіз зразків ПАС, які отримані з вітчизняної сировини, та російського аналогу (рис. 5-7) показав наступне.

На всіх зразках пористий поверхневий шар має майже аналогічну структуру (досліджено отримані у вихровому грануляторі проби з ідентичною міцністю та утримувальною здатністю) з російським аналогом, що підтверджує високу якість гранул (рис. 8). Аналіз елементарного хімічного складу зразків атомно-абсорбційним методом в графітовому електротермічному та полуменовому атомізаторах показав наявність в російському зразку атомів алюмінію та марганцю, які входять до складу газогенерувальних та пороутворюючих домішок. Відсутність цих елементів в отриманій безбаштовим методом ПАС при збереженні основних показників доводить можливість застосування такої технології у виробництві.

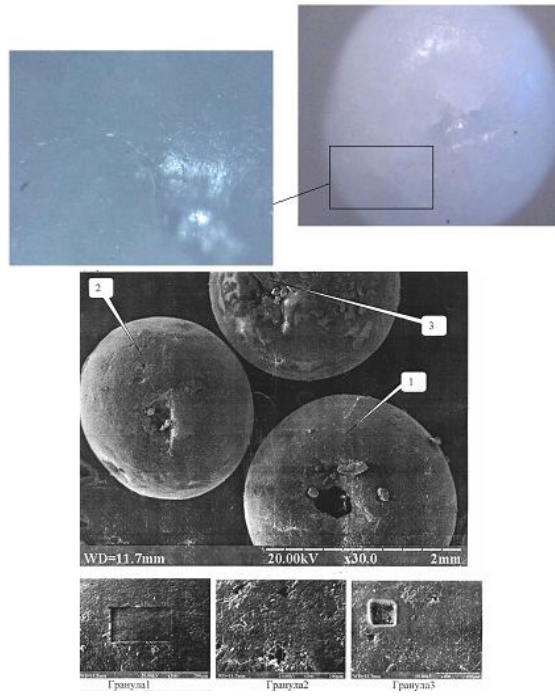


Рисунок 5 – Результати аналізу ПАС, яку отримано безбаштовим методом (в якості ретура використані гранули аміачної селітри виробництва «Рівне АЗОТ», м. Рівне)

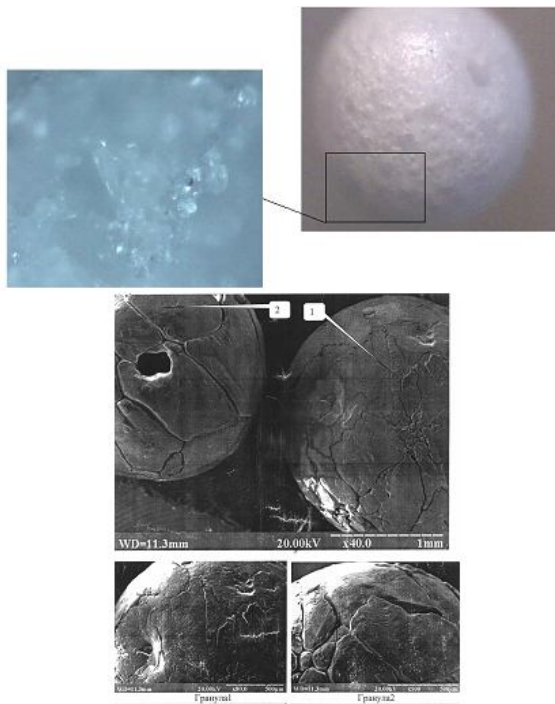


Рисунок 6 – Результати аналізу ПАС, яку отримано безбаштовим методом (в якості ретура використані гранули аміачної селітри виробництва «Дніпро АЗОТ», м. Северодонецьк)

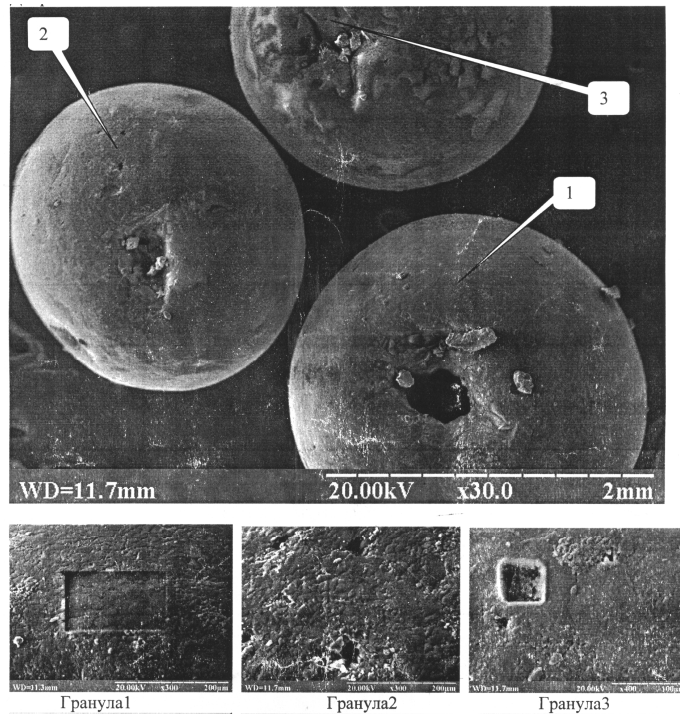


Рисунок 7 – Результати аналізу російського аналога ПАС

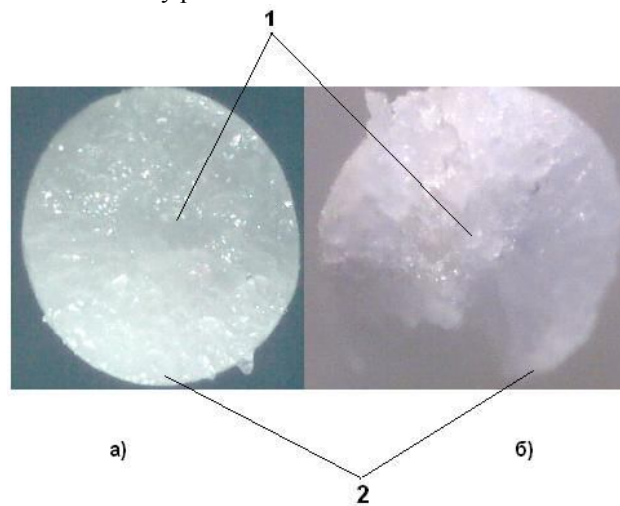


Рисунок 8 – Розріз гранул, які отримані у вихровому грануляторі: а) відповідно до рис. 5; б) відповідно до рис. 6; 1 – ядро гранули; 2 – пористий поверхневий шар

#### ВИСНОВКИ

В процесі термообробки гранули селітри стають менш міцними, ніж до термообробки. Зменшення механічної міцності гранул знаходиться в прямій залежності від числа циклів термообробки, яким вони піддавалися. Крім того, велике значення має присутність в селітрі тих або інших домішок, найшвидше втрачають міцність гранули аміачної селітри, які не містять сторонніх домішок [9].

Запропонований спосіб отримання гранул пористої структури шляхом термообробки в поєднанні зі зволоженням гранул дозволяє, варіюючи температурою

нагріву і охолодження і циклічністю зволоження гранул, одержувати продукт із заданими якісними показниками.

В результаті проведення порівняльного аналізу споживчих властивостей одержаного безбаштовим способом продукту з російським аналогом показано, що утримувальна здатність ПАС по солярійній олії коливається в межах 9-17% при міцності гранул до 500 гр/гранулу, а утримувальна здатність російського аналога - 6,8% при середній міцності гранул 300 г/гранулу. Результати експерименту застосовано при розробці технологічних параметрів процесу отримання гранул пористої структури. Запропонована на основі проведених досліджень технологічна лінія виробництва ПАС (рис. 9) забезпечує утримувальну здатність, міцність і гранулометричний склад гранул відповідно до вимог нормативних документів [10].

Отриманий продукт завдяки порівняльно низькій температурі процесу у вихровому грануляторі (на 30-50 °С в порівнянні з баштовим методом виробництва) і відсутності модифікаційних перетворень забезпечує присутність в ядрі гранули бульбашок повітря, які сприяють підвищенню вибухових властивостей продукції зі збереженням механічної міцності та зменшенням кількості циклів термообробки.

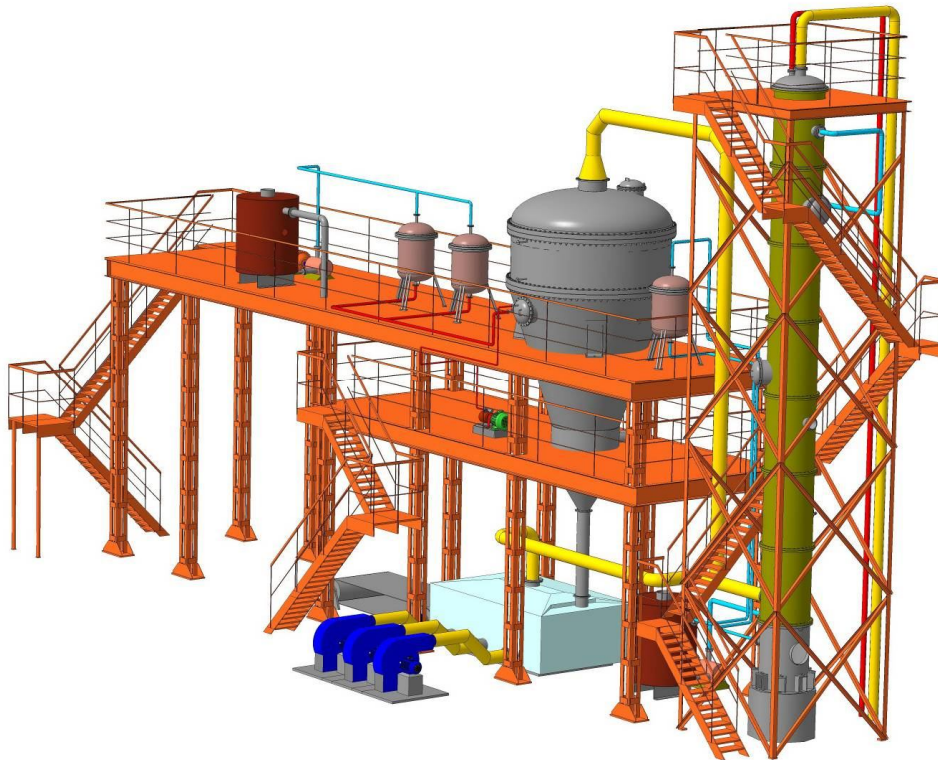


Рисунок 9 – Технологічна лінія отримання пористого поверхневого шару гранул [3]

## SUMMARY

*The article is devoted to ground possibility of granules with the special properties receipt in small vortical vehicles. A new method of porous structure granules creation is offered. Experimental researches of terms of porous layer creation on the surface of granule are conducted. Efficiency of the developed technological chart and new vehicle work of is led*



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Артюхов А.Е. Получение гранул безбашенным способом в аппаратах с вихревым псевдооживленным слоем / А.Е. Артюхов, В.И. Склабинский // *Технологія 2005*: збірник тез доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. – Северодонецьк, 2005 – С. 86–87.
2. Артюхов А.Е. Сучасний стан технології гранулювання у вітчизняному виробництві. Високоефективне малогабаритне обладнання для проведення процесу гранулювання / А.Е. Артюхов // *Сучасні проблеми технології неорганічних речовин*: тези доповідей III Української науково-технічної конференції з технології неорганічних речовин. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2006. – С. 320–321.
3. Артюхов А.Е. Высокоэффективные вихревые аппараты в малотоннажных производствах гранулированных продуктов / А.Е. Артюхов, В.И. Склабинский // *Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии: тезисы докладов XX Международной научно-технической конференции «Реактив-2007»*. – Минск, 2007. – С. 91.
4. Патент України. Заявка №а200812720 від 30.10.2008р., МПК (2006) В 01 J 2/16. Спосіб отримання гранул пористої структури та пристрій для його здійснення / Артюхов А.Є., Склабинський В.І., Жеба К.В.
5. Артюхов А.Е. Промислове впровадження апаратів вихрового типу для отримання гранульованих продуктів / А.Е. Артюхов, В.І. Склабинський // *Наукові праці ОНАХТ*. – 2008. – Випуск 32. – С. 16–21.
6. Склабинський В.І. Вплив гідродинамічного режиму обробки на міцність гранул пористої аміачної селітри (ПАС) / В.І. Склабинський, А.Є. Артюхов, В.М. Маренок // *Збірник наукових праць*. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2007. – С. 83–85.
7. Артюхов А.Є. Оцінка впливу режиму обробки гранул на їх якість в апаратах вихрового типу / А.Є. Артюхов, В.І. Склабинський // *Матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Технологія-2008» з міжнародною участю*. – Северодонецьк, 2008. – С. 92.
8. Маренок В.М. Вплив гідро- та термодинамічних чинників на формування мікроструктури гранул / В.М. Маренок, А.Є. Артюхов // *Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів інженерного факультету*. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – Ч. II, Вип.10. – С. 60.
9. Олевский В.М. *Технология аммиачной селитры*. – М.: Химия, 1978. – 311с.
10. ТУ 2143-635-00203789-2003. Селитра аммиачная пористая. Технические требования.

Артюхов, А. Є. Перспективи отримання гранул з особливими властивостями в малогабаритних вихрових апаратах [Текст] / А. Є. Артюхов, О. О. Ляпощенко, В. І. Склабинський // *Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки*. – 2009. – №4. – С. 14-21.