

ПРОМИСЛОВЕ ВПРОВАДЖЕННЯ АПАРАТІВ ВИХРОВОГО ТИПУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ГРАНУЛЬОВАНИХ ПРОДУКТІВ

**Артюхов А.Є., аспірант, асистент,
Склабінський В.І., д-р техн. наук, професор
Сумський державний університет, м. Суми**

Наведено обґрунтування можливості застосування апаратів вихрового типу у виробництві гранульованих продуктів з особливими властивостями. Визначено вплив основних термодинамічних та гідродинамічних параметрів роботи апарату на якість продукції. Проведено порівняльний аналіз продукції апаратів інших типів та вихрового гранулятора. Проаналізовано методи отримання продукції при варіації технологічними параметрами процесу та шляхи подальшого удосконалення якості продукції.

The ground of possibility of vortical type vehicles application in production of granular products with the special properties is resulted. Influence of basic thermodynamics and hydrodynamic parameters of vehicle work on products quality is certain. The comparative analysis of other types vehicles and vortical granulator products is conducted. The methods of products receipt at variation by the technological parameters of process and way of subsequent improvement of products quality are analyzed.

Ключові слова: хімічні технології, гранулювання, вихрові апарати, промисловий зразок, якість.

Відомо, що сьогодні переважна більшість підприємств, що спеціалізуються на виробництві гранульованих продуктів для потреб різноманітних споживачів, використовує на кінцевій стадії отримання продукції обладнання баштового та барабанного типу. Вищезазначена апаратура завдяки великій продуктивності отримала широке застосування на підприємствах хімічної галузі.

Високою ефективністю проведення процесу гранулювання характеризуються також апарати псевдозрідженого шару. Однак, як показав аналіз [1] обладнанню баштового типу та грануляторам псевдозрідженого шару властивий ряд недоліків, що знижує ефективність та інтенсивність гранулювання.

Як показали результати порівняння різних типів грануляційного обладнання [2], експериментальних досліджень [3,4] та математичного моделювання [5], для отримання гранульованих продуктів з особливими властивостями цілком прийнятно використовувати апаратуру вихрового типу з розвинутою гідродинамікою робочого простору, що поєднує в собі основні переваги існуючого обладнання.

Основною метою даної роботи є обґрунтування та підтвердження отриманими результатами можливості застосування грануляторів вихрового типу у промисловості та розробка методики інженерного розрахунку за основними напрямками, визначеними в [6]. Важливим питанням, що також виноситься на розгляд, є доведення процеспроможності грануляторів вихрового типу в межах отриманих гідродинамічних характеристик, отриманих під час досліджень згідно [3,4,8-10].

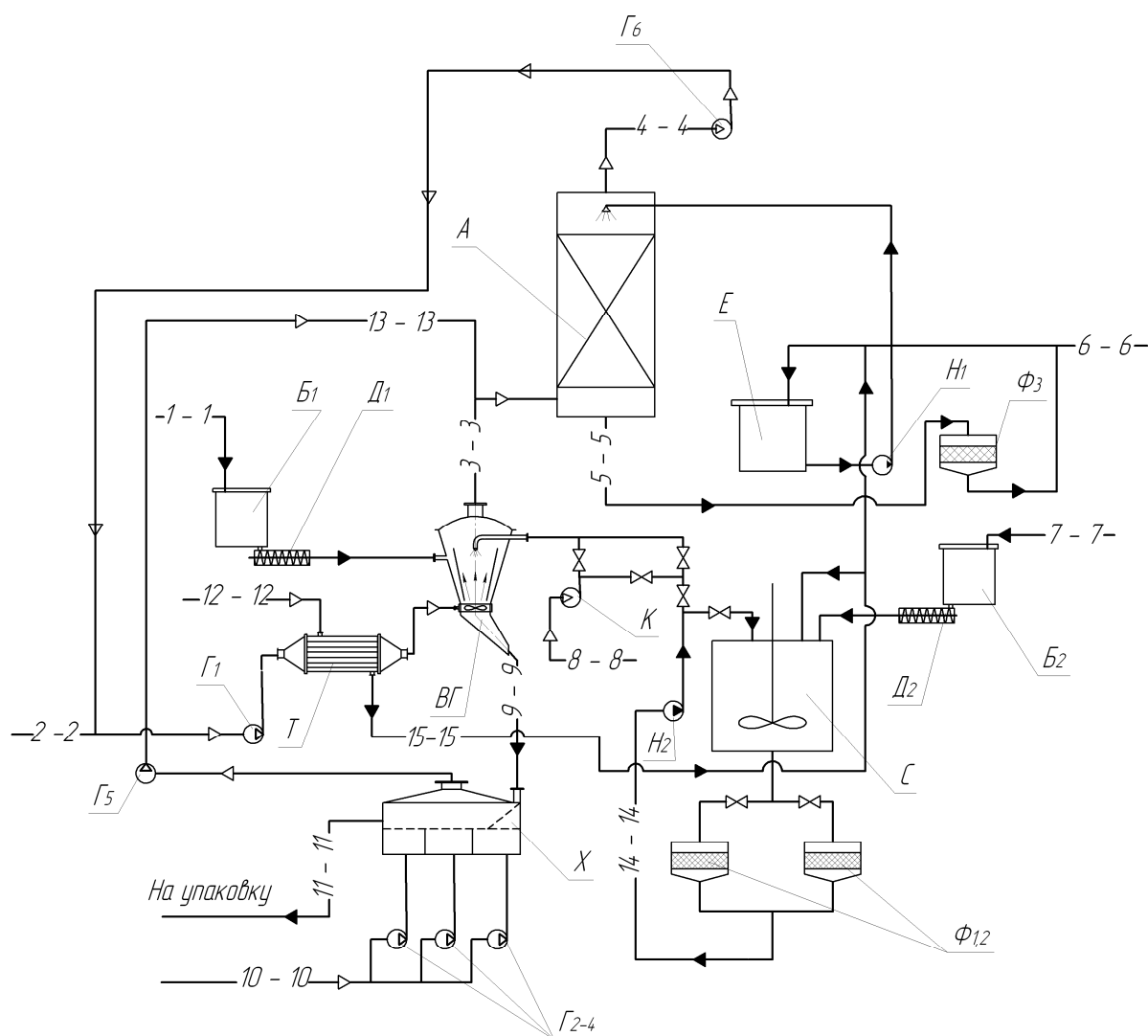
На базі науково-дослідної лабораторії кафедри «Процеси та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» Сумського державного університету згідно тематичного плану науково-дослідних робіт «Дослідження вихрових грануляційних та масотеплообмінних пристроїв» та під час виконання робіт за темою «Відпрацювання технологічних і конструктивних параметрів вузла створення пористих гранул та видача вихідних даних для проектування установки одержання пористої аміачної селітри, розробка конструкторської документації на установку одержання пористої аміачної селітри (ПАС)» запропоновано та створено наступну схему отримання гранульованого продукту з використанням вихрового гранулятора (рис. 1).

Схема функціонує наступним чином.

Технологічне повітря подається газодувкою Г в калорифер Т, де відбувається його нагрів для подальшого використання в якості теплоносія та зріджуючого агенту створення вихрового зваженого шару. Нагріте повітря подається під газорозподільний пристрій вихрового гранулятора ВГ через відповідний штуцер. У верхню частину вихрового гранулятора псевдозрідженого шару як початкова сировина (центри кристалізації) подається ретур з бункеру Б₁ в певній кількості, що забезпечується шнековим дозатором Д₁. В якості ретура застосовуються тверді частки стандартної гранульованої аміачної селітри (або будь-якого матеріалу) з розмірами гранул 2-3 мм або дрібні гранули аміачної селітри, що утворилися при роботі в самому грануляторі. У разі наплення матеріалу, що відмінний за фізико-хімічними властивостями від ретура центрами майбутньої кристалізації є лише стандартні гранули.

Для приготування розчину (розплаву) вихідний продукт подається з бункера Б₂ шнековим дозатором Д₂ в змішувач С. До змішувача С також подається і вода. Змішувач обладнаний ogrivальною сорочкою для підігріву вихідного продукту і води. Обігрів ведеться водою. Потім розплав (розчин) проходить через фільтри Ф_{1,2}, де відбувається його очищення від механічних домішок, і за допомогою насоса Н₂ подається у відповідний штуцер гранулятора ВГ. Фільтрація розплаву необхідна для забезпечення стійкої роботи пристрою для розпилення (форсунки) і запобігання його забрудненню і забиванню.

Розпилювання рідкого матеріалу здійснюється за допомогою стислого повітря, що подається компресором К. З форсунки факел, що складається з крапель розплаву і повітря, рівномірно розподіляється по шару рухомих гранул (ретура). У вихровому грануляторі зваженого шару відбувається процес гранулоутворення та плівкоутворення. Гранули готової продукції відводяться з нижньої частини гранулятора ВГ через відповідний штуцер. Гранули готового продукту поступають в охолоджувач псевдозрідженого шару Х, охолоджується там за допомогою повітря, що подається в апарат газодувками Г₂₋₄, відводиться з охолоджувача і відправляється на упаковку.



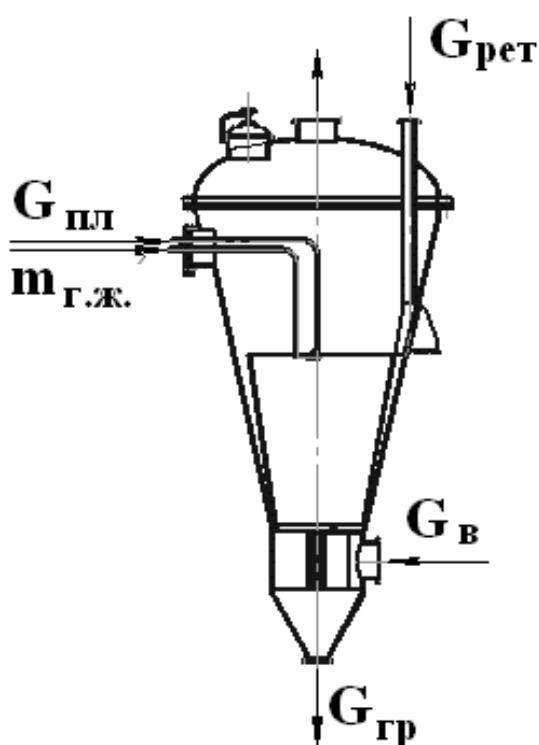
ВГ- вихровий гранулятор; Т – калорифер; Х – охолоджувач; А – абсорбер; Ф – фільтр; С – змішувач;
 Д – дозатор; Б – бункер; Г – газодувка; Н – насос; Е – ємність; К – компресор.
 1-1 – ретур; 2-2- технологічне повітря; 3-3 – забруднене повітря; 4-4 – очищене повітря; 5-5 – забруднена вода; 6-6 – вода; 7-7 – вихідний продукт; 8-8 – повітря на розпил розчину; 9-9 – продукт; 10-10 – повітря на охолодження продукту; 11-11 – продукт на упаковку; 12-12 – пар; 13-13 – запилений газ; 14-14 – розчин; 15-15 – водяний конденсат

Рис.1 – Схема виробництва гранул з використанням вихрового гранулятора

Забруднене повітря, що йде з гранулятора, а також газ з охолоджувача псевдозрідженого шару, що містять пил і дрібні частинки, поступають в нижню частину абсорбера А за допомогою газодувки Г₅, де відбувається їх очищення зрошуваною водою. Забруднена вода з абсорбера розділяється на два потоки: одна частина потоку йде в ємність Е, де змішується з свіжою водою (в разі наплення матеріалом, що є основою речовини, що напильється); інша частина подається в змішувач С для отримання розплаву. Вода на зрошення абсорбера подається за допомогою насоса Н₁ з ємності Е.

Розроблена схема 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. Приведена технологічна схема побудована таким чином, щоб забезпечити раціональне використання потоків повітря і води і максимально зменшити викиди забруднених потоків в навколишнє середовище.

Представлена схема розрахована на випуск 1500-4000 кг/добу гранульованого продукту з особливими властивостями. Корегування потужності установки та характеристики продукції відбувається в залежності від показників вихідної сировини та потреб замовника. В якості прикладу на рис. 2 наведено матеріальний баланс вихрового гранулятора в складі установки потужністю G_{гр} кг/добу з випуску готового продукту.



$G_{гр}$ - продуктивність апарату; $G_{рет}$ - кількість ретуру, що надходить до гранулятора; $G_{пл}$ - кількість розплаву на розплення; $G_{в}$ - витрата теплоносія; $m_{г.ж.}$ - витрата газу для пневматичного розплення.

Рис. 2 - Схема руху матеріальних потоків у вихровому грануляторі

Для отримання якісних характеристик гранульованого продукту з особливими властивостями окрім гідродинамічних показників роботи вихрового гранулятора зваженого шару важливим є також і технологічні показники або їх комбінація [1]:

- час обробки гранули у вихровому псевдозрідженому шарі;
- кількість вологи, що надходить до гранули;
- час сушіння гранули;
- температура сушіння гранули.

Для підтвердження відповідності отриманих наукових результатів при застосуванні їх в роботі промислового апарату наведено показники дослідження міцності гранул та їх гранулометричного складу гранулометричного складу від режиму роботи апарату (таблиця 1).

Таблиця 1 - Залежність міцності гранул, гранулометричного складу та конфігурації зваженого шару від гідродинамічного режиму обробки гранул

№ досліду	Швидкість обертання зваженого шару, м/с	Міцність гранули гр/гран	Критерій Re	Примітка
1	16,99	406	2746	Вихровий закручений шар (гранулометричний склад – норма)
2	8,7	364	1406	Комбінований завислий шар (гранулометричний склад – норма)
3	7,6	186	1228	Комбінований завислий шар (значна кількість розколотих гранул)

Аналіз таблиці 1 показує межі стабільного функціонування вихрового гранулятора (дослід 1 та 2) відповідно до отриманих гідродинамічних характеристик на експериментальному зразку апарату.

Нижче наведені деякі результати дослідження промислового зразка вихрового гранулятора та їх аналіз.

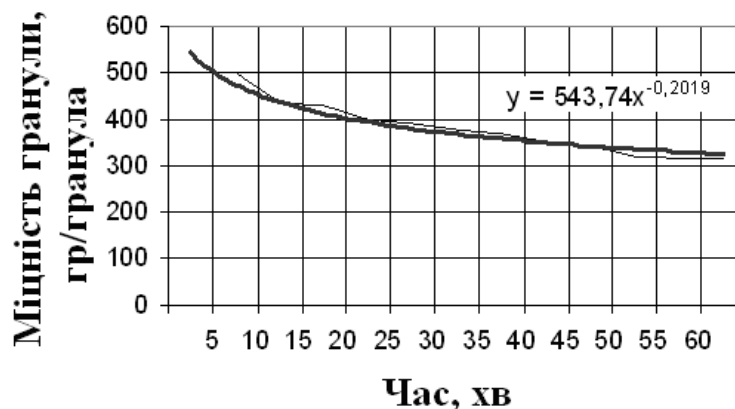
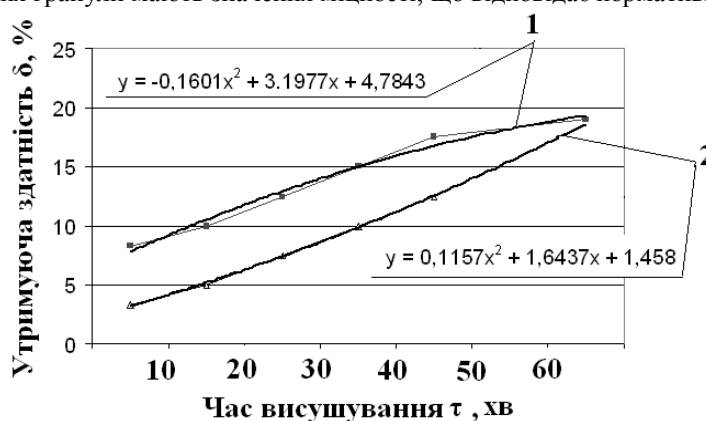


Рис. 3 - Залежність міцності гранул від часу їх перебування в грануляторі

За результатами аналізу залежності, представленій на рис.3 визначено, що час перебування гранул в робочому просторі вихрового гранулятора зваженого шару лімітується періодом 15-20 хвилин. При такому періоді перебування гранули мають значення міцності, що відповідає нормативним вимогам.



1 – без проведення процесу класифікації; 2 – за умови проведення процесу класифікації

Рис. 4 - Залежність утримуючої здатності гранул від часу висушування в грануляторі

При співставленні даних, наведених на рис. 3 та 4, з'ясовано, при перебуванні гранули у робочому просторі вихрового гранулятора визначений термін значення утримуючої здатності відповідає нормативним показникам. Розбіжність у значеннях утримуючої здатності для класифікованих і некласифікованих гранул пояснюється тим, що широкий діапазон гранулометричного складу продукції передбачає наявність гранул дрібної фракції, кількість якої перевищує встановлену стандартами. Внаслідок цього гранули дрібної фракції руйнуються та поглинають більшу кількість рідини завдяки збільшенню питомої поверхні. Особливості конструкції робочого простору вихрового гранулятора [7] дозволяють отримати монодисперсні гранули товарної фракції заданого розміру. Тому представлений апарат вирішує проблему додаткового встановлення пристроїв для класифікації гранул. Крім того, за результатами експерименту [3] встановлено зону максимальної інтенсивності роботи гранулятора, куди і рекомендується подавати рідкий матеріал. Відвід гранул товарної фракції відбувається з нижнього перетину зазначеної зони.

В якості співставлення результатів промислового випробування вихрових грануляторів з іншими типами грануляційного обладнання наведено таблицю 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика показників продукції, отриманих за допомогою різних типів обладнання

Тип обладнання	Продукція	Поглинаюча здатність δ , %	Міцність F, гр/гранулу
Тарілчастий гранулятор	Аміачна селітра	4,5	320
Грануляційна вежа	Аміачна селітра	7,6	200
Вихровий гранулятор	Аміачна селітра	10	450

З таблиці видно, що з наведеної продукції у повній мірі показникам якості $\delta=5,6\%$ та $F=350-400$ гр/гранулу відповідає зразок, отриманий у вихровому грануляторі зваженого шару. Інші зразки мають лише один показник якості, що відповідає стандартам, або такі показники зовсім відсутні.

Таблиця 2 – Показники якості продукції в залежності від режиму роботи вихрового гранулятора

№ проби	Продукція	Технологічний режим	Зволожувач	Поглинаюча здатність δ , %
1	Аміачна селітра	$t=74^{\circ}\text{C}$ $\tau=15$ хв	40% розчин аміачної селітри	7,5
2	Аміачна селітра	$t=140^{\circ}\text{C}$ $\tau=15$ хв	40% розчин аміачної селітри	10
3	Аміачна селітра	$t=74^{\circ}\text{C}$ $\tau=15$ хв	вода	8
4	Аміачна селітра	$t=140^{\circ}\text{C}$ $\tau=15$ хв	вода	11

Примітка: гідродинамічний режим функціонування вихрового зваженого шару відповідає оптимальному співвідношенню потоків теплоносія, отриманих в результаті експерименту [3]. Підбір конструкції газорозподільного пристрою відповідає рекомендаціям [4].

Аналіз таблиці 2 дозволяє визначити оптимальний режим та діапазон регулювання технологічних параметрів роботи вихрового гранулятора зваженого шару для отримання продукції с визначеними стандартом показниками якості.

Таким чином, за результатами промислового випробування грануляторів вихрового типу визначено, що отримані раніше гідродинамічні показники роботи пристрою у повній мірі сприяють підвищенню якості гранульованого продукту. Визначені в ході випробувань термодинамічні умови створення гранул з особливими властивостями доповнюють методику розрахунку процесу гранулювання в апаратах вихрового типу. В якості наступного етапу досліджень планується вивчення поведінки наступних домішок [11-14] при застосуванні їх в процесі гранулювання у вихровому зваженому шарі:

Таблиця 4 – Вплив домішок на характеристику готового продукту

Домішка	Міцність	Гігроскопічність	Схильність до злежування
Нітрат магнію	+	+	
«Нукло»	+	+	
Гумат калію	+	+	
Фосфоритна мука	+	+	
Гіпс	+	+	
Каолін	+	+	
P ₂ O ₅	+		
Магнезіальна	+		
Сульфат амонія	+		+
Монокальційфосфат	+		+

Примітка: знаком «+» відзначено позитивний вплив на вказаний показник

Література

1. Склабінський В.І., Артюхов А.Є., Маренок В.М. Вплив гідродинамічного режиму обробки на міцність гранул пористої аміачної селітри (ПАС) // Збірник наукових праць. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2007. – с.83-85.
2. В.И.Склабинский, А.Е.Артюхов. Вопросы энергосбережения при внедрении в производство малогабаритного грануляционного оборудования // “Вісник СумДУ”, №5 (89) 2006. – с 76-79.
3. А.Є. Артюхов, В.М. Маренок, В.І. Склабінський. Дослідження умов формування вихрового псевдозрідженого шару в малогабаритних масообмінних апаратах // “Вісник СумДУ”, №3 2007. – с 10-17.
4. В.І.Склабінський, А.Є.Артюхов. Малогабаритні апарати змінного перетину з вихровим псевдозрідженим шаром. Вплив розподільних пристроїв на рух гранул // Хімічна промисловість України. — 2006. — №2(73). — с. 55-59.
5. Математическое моделирование процесса движения гранул в вихревых аппаратах с малой высотой рабочей камеры // “Вісник СумДУ”, №12 (96) 2006. – с 5-11.
6. А.Є.Артюхов, В.І. Склабінський. Розробка методики інженерного розрахунку вихрових грануляторів// Вопросы химии и химической технологии. - №5 2007 – с.209-211.
7. Патент на корисну модель №29950 Україна МПК (2006) B01J2/16. Пристрій для гранулювання рідкого матеріалу/ Артюхов А.Є., Склабінський В.І., Стеценко А.С. - №u200512066; Заявлено 15.12.2005; Надрук 11.02.2008, Бюл. №3, 2008р.
8. Артюхов А.Е., Склабинский В.И. Разработка высокоэффективных методов теплообмена с использованием вихревого псевдооживленного слоя // III Міжнародна конференція «Стратегія якості у промисловості і освіті» (1-8 червня 2007 р., Варна, Болгарія): Матеріали. У 2-х томах. Том I. – Дніпропетровськ-Варна: Фортуна-ТУ-Варна, 2007. – с. 30-33.
9. А.Е.Artyukhov. Research of false boiling layer work in vortical granulator // Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів гуманітарного факультету. Суми: Видво СумДУ, 2007. – Ч.3. – с. 89-91.
10. Артюхов А.Є. Сучасний стан технології гранулювання у вітчизняному виробництві. Високоєфективне малогабаритне обладнання для проведення процесу гранулювання. // Сучасні проблеми технології неорганічних речовин: Тези доповідей III Української науково-технічної конференції з технології неорганічних речовин, 20-22 вересня 2006р., Дніпропетровськ: УДХТУ, 2006. – с. 320-321.
11. Ильин, Владимир Александрович Разработка технологии сложного азотно-фосфатного удобрения на основе плава аммиачной селитры: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.01 Иваново, 2006 113 с.
12. Романов, Николай Юрьевич Разработка способов снижения слеживаемости гранулированного карбамида и обогащенного карналлита : Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.01 Пермь, 2007 120 с.
13. Москаленко, Людмила Викторовна Разработка технологии получения термостабильного удобрения на основе аммиачной селитры: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.01 Москва, 2007 164 с.
14. Кольшкин, Андрей Сергеевич Модифицирование гранул приллированного карбамида и технология получения комплексных NK-, NMg- удобрений на основе карбамида: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.01 Пермь, 2005 128 с.