

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ АПАРАТІВ ВИХРОВОГО ТИПУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ГРАНУЛЬОВАНИХ ПРОДУКТІВ З ОСОБЛИВИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

*А. Є. Артюхов, канд. техн. наук, доцент;
А. М. Демченко, студент,
Сумський державний університет, м. Суми, Україна,
E-mail: pohnp@yandex.ru*

Запропоновано алгоритм визначення умов рівноваги дисперсної фази у робочому просторі вихрового гранулятора. Проведено моделювання руху газового потоку залежно від конфігурації робочого простору вихрового гранулятора та способу створення закрутки. На етапі порівняння результатів комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень визначено характерні зони руху гранул та видано рекомендації щодо застосування апаратів різної конструкції для одержання гранул з особливими властивостями.

***Ключові слова:** вихровий, алгоритм, рівновага, гранула, пориста аміачна селітра.*

ВСТУП

Для виробництва гранул з особливими властивостями, зокрема, пористої аміачної селітри (ПАС), знайшли впровадження такі групи способів [1]:

1. Отримання пористої аміачної селітри шляхом висушування її гранул чи кристалів.
2. Отримання пористої аміачної селітри шляхом термообробки її гранул.
3. Отримання пористої аміачної селітри за допомогою поверхнево-активних речовин і модифікаційних домішок, які сприяють утворенню пор, підвищенню міцності гранул та зменшення їх гігроскопічності.

Кожна з наведених груп має свої переваги та недоліки. Усі наведені групи способів дозволяють отримати гранули з відповідною до стандартів сорбційною здатністю та пористістю. Перша група способів відрізняється великою кількістю обладнання у складі технологічної лінії. Гранули готового продукту, які отримані другим способом, втрачають свою міцність зі збільшенням циклів термообробки.

Найбільш поширеним є третій спосіб, який здійснюється у грануляційних вежах, потребує висококонцентрованого плаву і відрізняється громіздкістю основного технологічного обладнання. Крім того, у процесі одержання гранул за цим способом на стадії до упарювання та гранулювання утворюються аерозолі, які мають у своєму складі зазначені домішки, що призводить до забруднення навколишнього середовища.

ПОСТАВЛЕННЯ ЗАВДАННЯ

Метою статті є створення науково обґрунтованого алгоритму визначення умов рівноваги дисперсної фази у робочому просторі вихрового грануляційного пристрою для отримання гранул з розплаву або гранул з особливими властивостями.

Запропоновано [2,3] отримувати гранули ПАС у вихрових малогабаритних апаратах за способом, що включає зволоження гранули заданою кількістю вологи перед надходженням до робочого об'єму у вихровий зважений шар та початком контакту з вихровим високотемпературним потоком теплоносія, що забезпечує одночасність перебігу процесу сушіння і пороутворення, сприяє зменшенню часу

перебування гранули у вихровому зваженому шарі до мінімально необхідного і, як наслідок, підвищенню міцності гранул без руйнування внутрішньої кристалічної структури. Додатковим способом підвищення якості кінцевого продукту є первинне сушіння зволоженої гранули висхідним потоком теплоносія перед надходженням до робочого об'єму у зважений шар та початком контакту з вихровим високотемпературним потоком теплоносія [4].

Проведення теоретичного аналізу і визначення гідродинамічних характеристик руху дисперсної фази у вихровому газовому потоці в процесі утворення гранул з розчину (розплаву) або гранул з особливими властивостями є одними з найважливіших питань при визначенні оптимальної конфігурації робочого простору вихрового апарата та способу створення закрученого газового потоку. Вирішення цих проблем стає можливим завдяки комплексному алгоритму, який включає в себе математичне і комп'ютерне моделювання, поєднані з експериментом на натурному зразку вихрового апарата.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження умов рівноваги дисперсної фази включає до свого складу такі блоки:

I. Математичне моделювання гідродинаміки руху суцільної та дисперсної фаз.

1. Визначення гідродинамічних характеристик суцільної та дисперсної фаз на базі розв'язання диференціальних рівнянь руху потоків.

2. Аналіз сил, що діють на дисперсну фазу в потоці суцільної фази.

3. Визначення умов рівноваги дисперсної фази в потоці суцільної фази ("підвисання" та відсутність дроблення).

II. Комп'ютерне моделювання гідродинаміки руху суцільної фази.

1. Визначення гідродинамічних характеристик суцільної фази кінцево-об'ємним методом.

2. Дослідження впливу конфігурації робочого простору на гідродинаміку руху суцільної фази.

3. Дослідження впливу способу створення закрученого газового потоку на гідродинаміку руху суцільної фази.

III. Експериментальне дослідження гідродинаміки руху суцільної та дисперсної фаз.

1. Визначення гідродинамічних характеристик суцільної та дисперсної фаз.

2. Вплив конфігурації робочого простору на гідродинамічні характеристики суцільної та дисперсної фаз.

3. Вплив способу створення закрученого руху суцільної фази на гідродинамічні характеристики суцільної та дисперсної фаз.

Оцінка факторів силового впливу на дисперсну фазу зовнішніх сил та сил, які виникають при контакті дисперсної фази визначеного розміру із закрученим газовим потоком [5], дозволила визначити швидкість газу, що відповідає стану рівноваги («підвисання» краплі у газовому потоці, зменшення швидкості її падіння, відсутність деформації та вторинного дроблення краплі) і за її значенням з'ясувати, у якому місці за радіусом робочої області гранулятора буде перебувати гранула заданого розміру (рис. 1). Ця швидкість є визначальною при підборі конструктивних параметрів малогабаритних вихрових грануляторів, адже вона дозволяє спрогнозувати конкретне положення краплі в робочому об'ємі пристрою; при цьому з'являється можливість управління рухом краплі (гранули) в межах гранулятора, коректування часу її перебування залежно від фізико-хімічних, термодинамічних та механічних властивостей.

У подальшому за результатами комп'ютерного моделювання гідродинаміки руху закрученого газового потоку для декількох конфігурацій робочого простору і способу закрутки газового потоку

досліджується характер розподілу полів швидкості суцільної фази за висотою і радіусом апарата. Одночасно з цим визначаються місця можливого утворення застійних зон, зон зниження швидкості руху газового потоку, зон, де розподіл швидкостей газового потоку стає нерівномірним (рис. 2). Після цього проводиться коригування конструктивних параметрів вихрового гранулятора з визначенням оптимальної конфігурації робочого простору (рис. 3, 4).

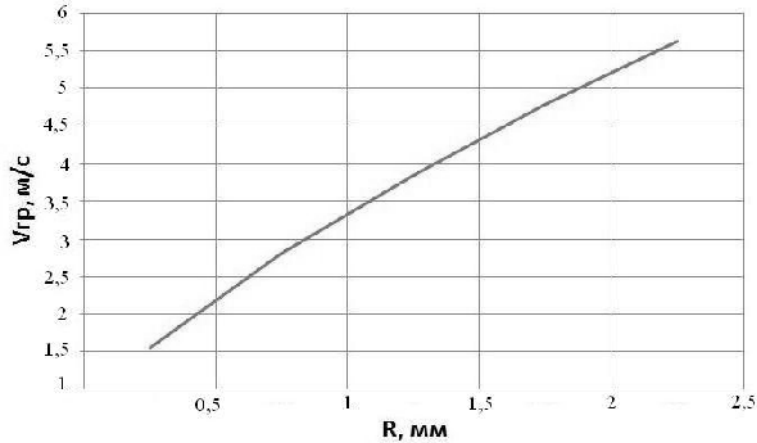


Рисунок 1 – Залежність швидкості газу, яка відповідає стану рівноваги дисперсної фази, від розмірів дисперсної фази

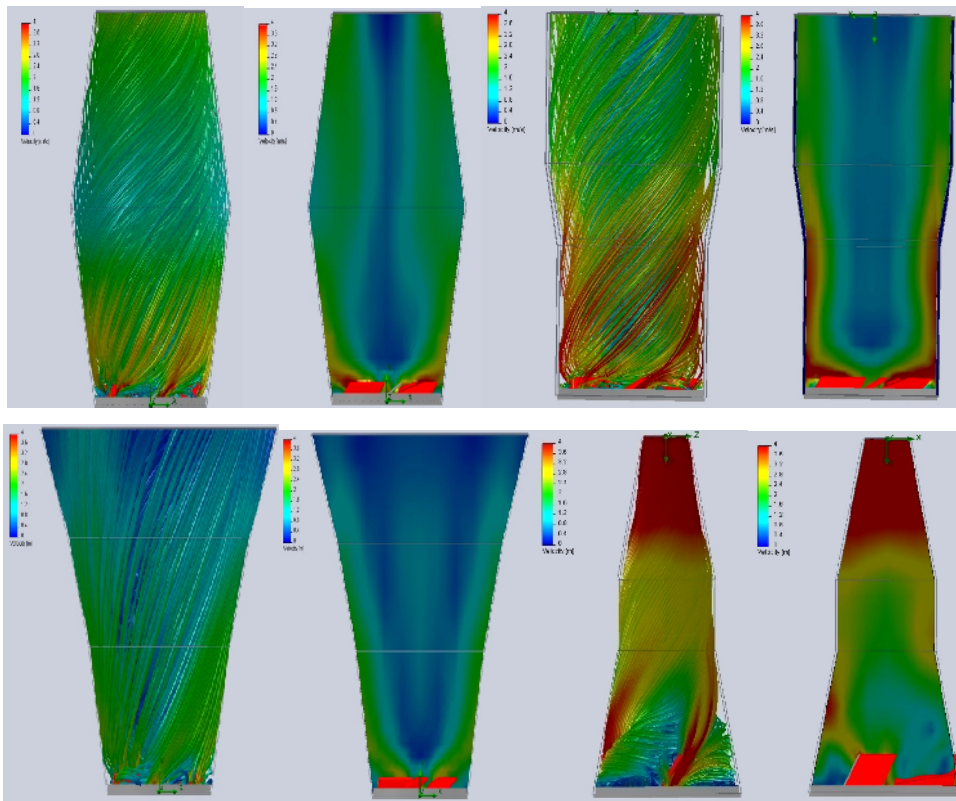


Рисунок 2 – Вплив способу закручення газового потоку (кількість лопаток перфорованого завихрювача $n=6$, кут нахилу лопаток $=30^\circ$) на характер розподілу радіальної швидкості суцільної фази для різних конфігурацій робочого простору вихрового апарата

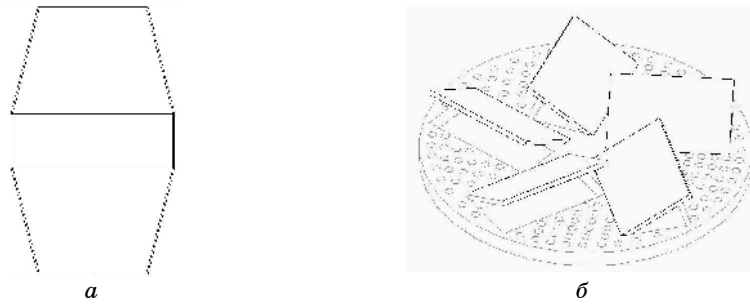


Рисунок 3 – Оптимальна конфігурація робочого простору вихрового апарата (а) та пристрій для створення закрученого потоку суцільної фази (б) для термостабільних матеріалів з високою міцністю

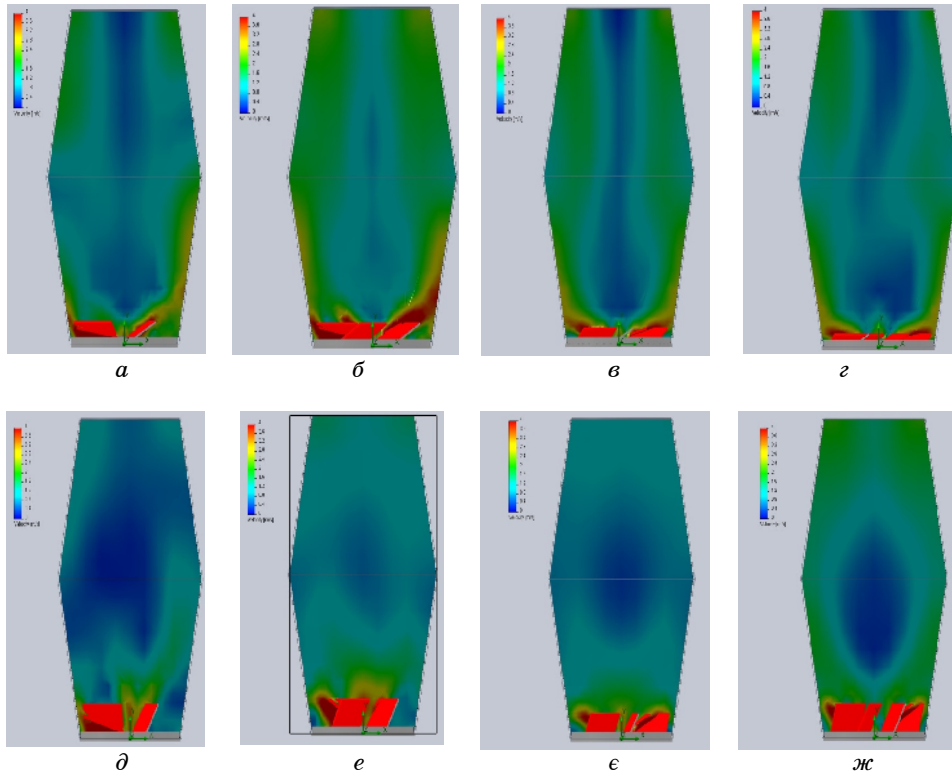


Рисунок 4 – Вплив конструктивних характеристик завихрювача на характер розподілу радіальної швидкості суцільної фази обраної конфігурації робочого простору вихрового апарата: а) кількість лопаток перфорованого завихрювача $n=3$, кут нахилу лопаток $\alpha=30^\circ$; б) $n=5$, $\alpha=30^\circ$; в) $n=6$, $\alpha=30^\circ$; г) $n=8$, $\alpha=30^\circ$; д) $n=3$, $\alpha=60^\circ$; е) $n=5$, $\alpha=60^\circ$; є) $n=6$, $\alpha=60^\circ$; ж) $n=8$, $\alpha=60^\circ$

На етапі експериментальних досліджень (експериментальний стенд наведено на рис. 5) визначається вплив конфігурації газového потоку на рух гранул, зони рівномірного та нерівномірного руху гранул, застійні зони (скупчення гранул), зони зменшення інтенсивності руху гранул, і проводиться остаточний вибір конструкції гранулятора, яка забезпечить необхідний час перебування гранули без її деформації і руйнування.

Обробка результатів математичного і комп'ютерного моделювання, а також результатів експериментальних досліджень з метою визначення умов рівноваги дисперсної фази у вихровому апараті та підбору оптимальної конструкції апарату проводиться за таким алгоритмом:

1. Вибір технологічних параметрів проведення процесу, конструктивних характеристик вихрового апарата, визначення фізико-хімічних та термодинамічних властивостей суцільної та дисперсної фаз.
2. Визначення складових повної швидкості руху суцільної фази аналітичним методом [6].
3. Аналіз сил, що діють на дисперсну фазу в робочому просторі вихрового апарата, аналітичне визначення складових повної швидкості руху дисперсної фази [7, 8].
4. Визначення умов рівноваги дисперсної фази в потоці суцільної фази ("підвисання" та відсутність дроблення) [5].
5. Визначення складових повної швидкості руху суцільної фази кінцево-об'ємним методом (рис. 2, 4).
6. Аналіз та порівняння результатів комп'ютерного моделювання гідродинаміки руху суцільної фази (рис. 2, 4) з аналітично визначеними умовами рівноваги дисперсної фази (рис. 1).
7. Аналіз та порівняння результатів комп'ютерного моделювання гідродинаміки руху суцільної фази та експериментальних досліджень гідродинаміки руху дисперсної фази (рис. 6).
8. Визначення оптимальної конфігурації робочого простору вихрового апарата та способу створення вихрового потоку суцільної фази.

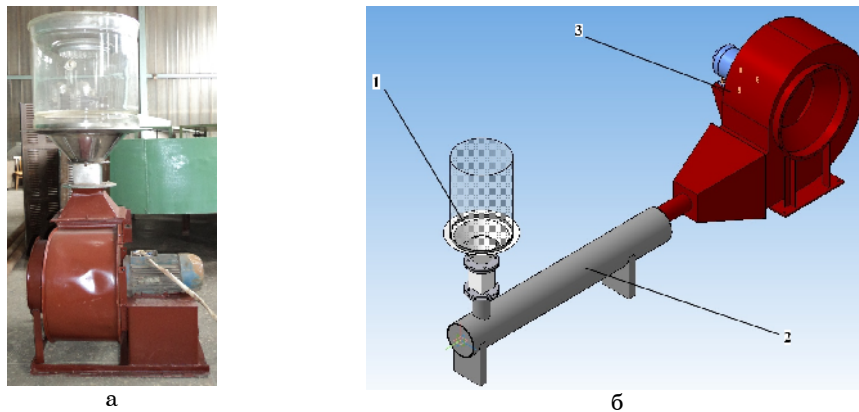


Рисунок 5 – Експериментальна установка для визначення умов рівноваги дисперсної фази у вихрових апаратах та конфігурації робочого простору вихрового апарата: а) фотографія установки; б) модель установки; 1 – робочий простір вихрового апарата; 2 – калорифер; 3 – газодувка

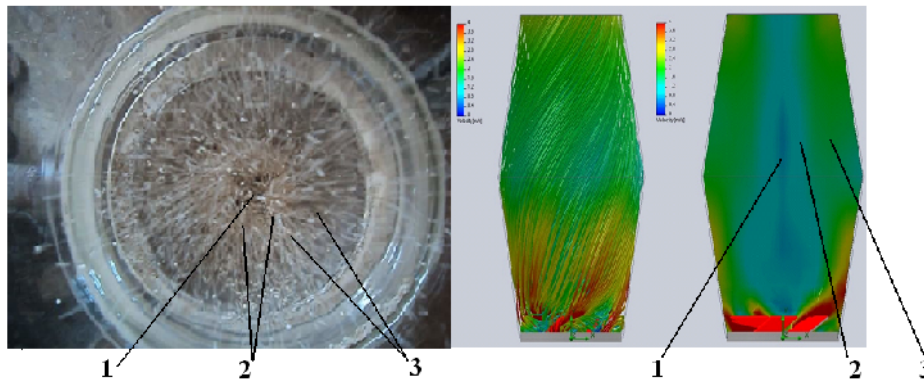


Рисунок 6 – Визначення характерних зон руху дисперсної фази на базі аналізу і порівняння результатів комп'ютерного моделювання гідродинаміки руху суцільної фази та експериментальних досліджень гідродинаміки руху дисперсної фази: 1 – зона зниженої швидкості руху гранул; 2 – зона фонтануючого руху дисперсної фази; 3 – зона вихрового руху дисперсної фази

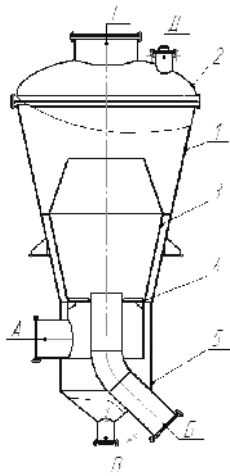


Рисунок 7 – Принципова схема вихрового гранулятора для одержання гранул пористої структури з попереднім зволоженням дисперсної фази: А - вхід гарячого теплоносія; Б - вхід зволоженої дисперсної фази; В - вихід продукту; Г - вихід відпрацьованого теплоносія; 1 - корпус; 2 - кришка; 3 - робочий простір-класифікатор; 4 - газорозподільний пристрій; 5 - вивантажувальна камера

ВИСНОВКИ

Розроблений алгоритм дозволяє проводити раціональний підбір конструкції вихрових апаратів для проведення процесу гранулювання з розчину (розплаву) або гранул з особливими властивостями на стадії теоретичного аналізу та експерименту на дослідному зразку і уникнути дії дестабілізуючих вихровий зважений шар факторів.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АППАРАТОВ ВИХРЕВОГО ТИПА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ С ОСОБЫМИ СВОЙСТВАМИ

*А. Е. Артюхов, канд. техн. наук, доцент;
А. Н. Демченко, студент,
Сумский государственный университет, г. Сумы*

Предложен алгоритм определения условий равновесия дисперсной фазы в рабочем пространстве вихревого гранулятора. Проведено моделирование движения газового потока в зависимости от конфигурации рабочего пространства вихревого гранулятора и способа создания закрутки. На этапе сопоставления результатов компьютерного моделирования и экспериментальных исследований определены характерные зоны движения гранул и выданы рекомендации по применению аппаратов различной конструкции для получения гранул с особыми свойствами.

Ключевые слова: *вихревой, алгоритм, равновесие, гранула, пористая аммиачная селитра*

THE OPTIMUM DESIGN PARAMETERS DETERMINATION OF VORTEX TYPE EQUIPMENT FOR GRANULATED PRODUCT WITH SPECIAL PROPERTIES

*A. E. Artyukhov, candidate of technical sciences, associate professor;
A. N. Demchenko, student,
Sumy State University, Sumy, Ukraine,
E-mail: pohnp@yandex.ru*

The determining algorithm of the equilibrium dispersed phase conditions in the vortex granulator workspace are proposed. The motion of the gas flow simulation depending on the vortex granulator workspace configuration and the method of creating swirling gas flow are carried out. At the stage of the computer modeling results and experimental studies comparing the specific areas of grain movement were identified and recommendations for using different designs of devices to obtain granules with special properties were issued.

Key words: *vortex, algorithm, balance, granule, porous ammonium nitrate.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технология аммиачной селитры / [Иванов М. Е., Поляков Н. Н., Стрижевский И. И. и др.]; под ред. В. М. Олевского. – М.: Химия, 1978. – 312 с.
2. Патент № 90798 Україна МПК (2009) B01J2/16, B01J8/08, B01J8/18. Спосіб отримання гранул пористої структури та пристрій для його здійснення / Артюхов А. Є., Склабінський В.І., Жеба К.В. - № а200812720; Заявлено 30.10.2008; Надрук. 25.05.2010, Бюл. № 10, 2010р.
3. Артюхов А. Є. Перспективи отримання гранул з особливими властивостями в малогабаритних вихрових апаратах / А. Є. Артюхов, О. О. Ляпощенко, В. І. Склабінський // Вісник СумДУ. Серія Технічні науки. - 2009. - № 4. – С. 14-21.
4. Патент України. МПК (2012.01) B 01 J 2/00, B 01 J 2/16. Спосіб отримання гранул пористої структури та пристрій для його здійснення / Артюхов А. Є., Склабінський В. І. –№ а 201014887; Заявка 13.12.2010 р.
5. Кочергін М. О. Оцінка факторів силового впливу та визначення умов рівноваги дисперсної фази в малогабаритних апаратах для створення гранул з особливими властивостями / М. О. Кочергін, А. Є. Артюхов, В. І. Склабінський, В. А. Осіпов // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. –2010. – № 7 (154), Ч. 2. – С. 105-112.
6. Склабінський В. І. Розрахунок гідродинамічних параметрів закручених потоків у вихрових грануляторах аналітичним методом / В. І. Склабінський, А. Є. Артюхов // Вісник Сумського державного університету. – 2008. – № 3. – С. 62–70.
7. Жеба К. В. Гідродинаміка двофазних вихрових потоків. Вплив на габарити грануляційного обладнання / К. В. Жеба, В. І. Склабінський, А. Є. Артюхов // Хімічна промисловість України. – 2009. – № 4. – С. 47-52.
8. Склабинский В. И. Определение гидродинамических характеристик дисперсной фазы в малогабаритных вихревых аппаратах / В. И. Склабинский, А. Е. Артюхов // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – 2009. – Вип. 6 (59), Ч. 1. – С. 196-201.

Надійшла до редакції 23 травня 2012 р.