

УДК 66.021

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ГІДРОДИНАМІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ВИХРОВИХ ГРАНУЛЯТОРІВ

Артюхов А.Є., канд. техн. наук, доцент,  
Сумський державний університет, м. Суми

*Показано актуальність застосування грануляторів з вихровими потоками в промисловості. Наведено основні етапи алгоритму гідродинамічного розрахунку вихрового гранулятора та його результати.*

*The topicality of granulators with vortex flows application in the industry is shown. The basic stages of the hydrodynamic algorithm calculating of the vortex granulator and its results are presented.*

**Ключові слова:** вихровий гранулятор, гідродинамічний розрахунок, швидкість, траєкторія.

На сьогодні питанням підвищення питомої потужності грануляційного обладнання приділяється достатньо багато уваги [1]. Це зумовлено рядом причин:

- моральне старіння існуючої техніки;
- перехід від екстенсивних методів одержання продукції до інтенсивних;
- підвищення вимог до якості продукції;
- впровадження енергоощадних технологій та ін.

Інтенсифікація роботи обладнання грануляційних установок може значно скоротити витрати на його обслуговування і ремонт, а також на одержання готової продукції при збереженні або підвищенні її якості [2].

Одним із методів зменшення габаритів грануляційного обладнання є підвищення відносної швидкості руху суцільної та дисперсної фаз [3]. Цього можна досягти за рахунок застосування вихрових і високотурбулізованих потоків [4]. Підвищення продуктивності (навантаження по фазах) для таких апаратів з такою організацією руху потоків призводить до меншого відносного зростання габаритних розмірів і витрат енергії порівняно з апаратурою з іншою організацією руху потоків.

Актуальність дослідження гідродинаміки вихрових грануляторів пов'язана з тим, що характер руху потоків в них в них може вельми істотно впливати на інтенсивність протікання процесу і якісні показники готової продукції [5,6]. Застосування вихрових грануляторів дозволяє одержувати необхідні гідродинамічні режими руху потоків залежно від вимог, що пред'являються до здійснення процесу (низька міцність матеріалу, необхідність отримання продуктів певних фракцій або розділення продукту на фракції, отримання продукції різного розміру в межах одного апарату, продукції з особливими властивостями і т.п.).

Використання вихрових потоків покладено в основу вдосконалених конструкцій грануляторів:

- вихровий гранулятор для гранулювання рідких матеріалів з вібраційним розпиленням розплаву [7];
- вихровий гранулятор для гранулювання рідких матеріалів з двома зонами контакту теплоносія і гранул [8];
- вихровий гранулятор для одержання гранул пористої структури шляхом попереднього зволоження з подальшою термообробкою [9];
- вихровий гранулятор для одержання гранул пористої структури шляхом попереднього зволоження та первинної термообробки висхідним потоком теплоносія [10].

Представлена робота присвячена обґрунтуванню можливості створення алгоритму управління рухом дисперсної фази в робочому просторі грануляційного пристрою, на підставі якого буде визначена його оптимальна конструкція з мінімальними габаритами.

Визначення гідродинамічних характеристик вихрового гранулятора (загальна методика розрахунку представлена на рисунку 1, алгоритм обчислення - на рисунках 2, 3) є частиною загальної методики інженерного розрахунку, який включає також тепломасообмінну складову, яка визначає необхідний час гранулювання при заданих гідродинамічних характеристиках здійснення процесу. Аналіз та узагальнення одержаних результатів гідродинамічного розрахунку дозволить вибрати оптимальну конфігурацію робочого простору вихрового апарату, спосіб створення закрученого газового потоку, спосіб завантаження і вивантаження дисперсної фази, основні технологічні параметри роботи грануляційної установки. Результати розрахунку процесів тепломасообміну при гранулюванні дозволять провести уточнення конструктивних характеристик вихрового гранулятора.

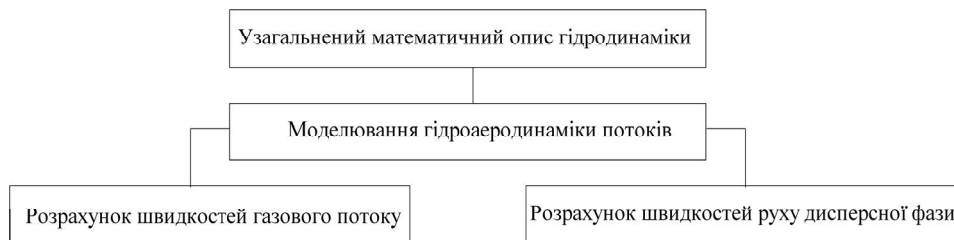


Рис. 1 – Основні етапи розроблення методики гідродинамічного розрахунку вихрового гранулятора

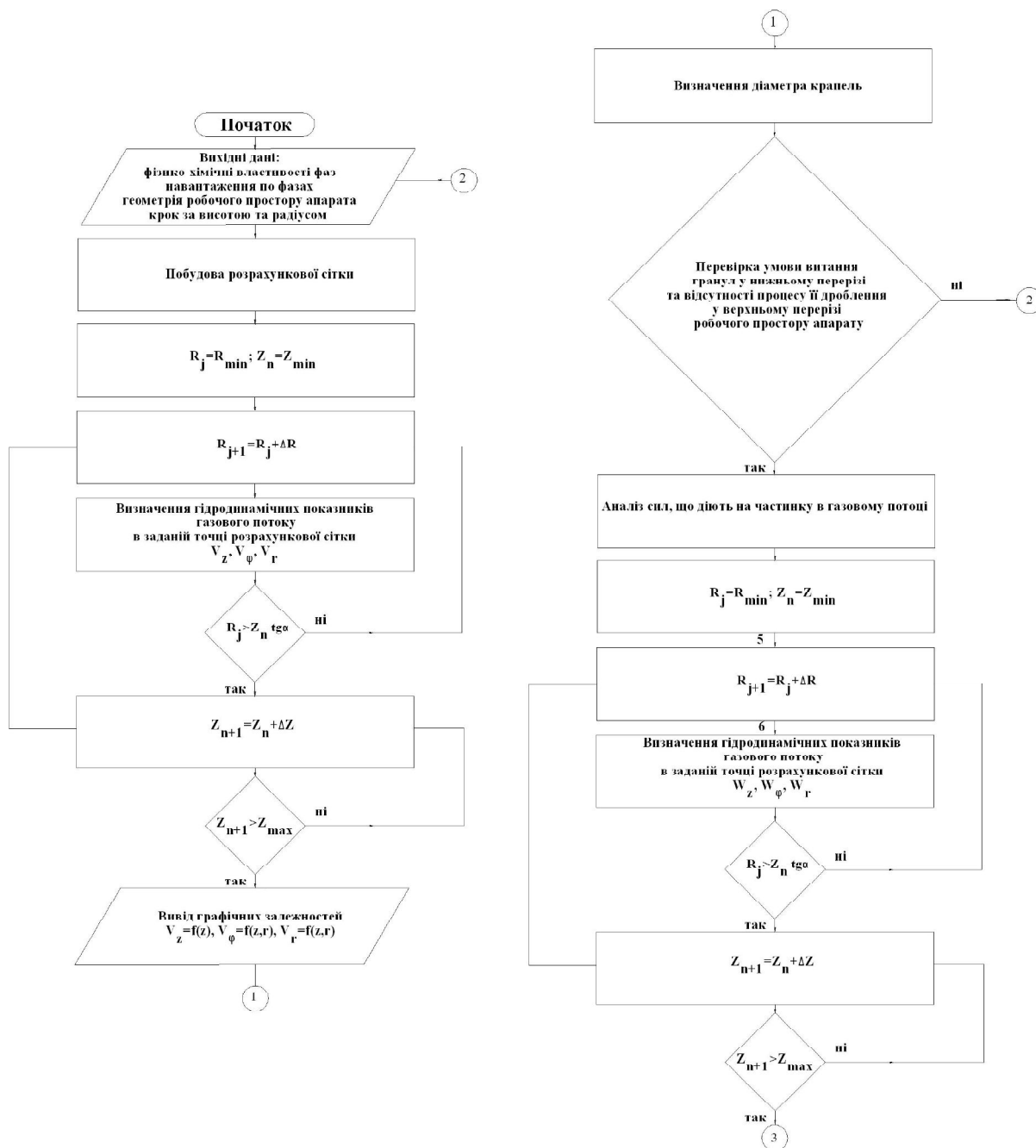


Рис. 2 – Блок-схема гідродинамічного розрахунку вихрового гранулятора

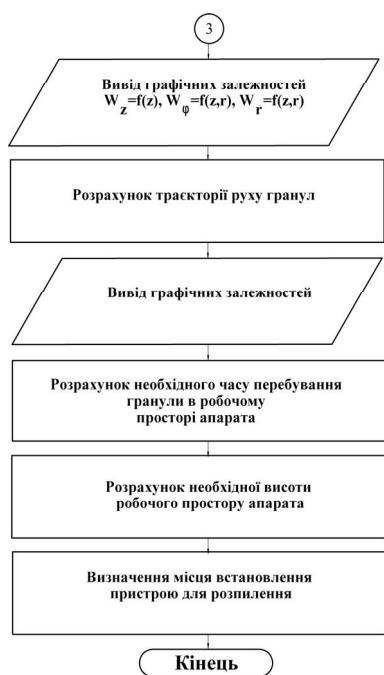


Рис. 3 – Блок-схема гідродинамічного розрахунку вихрового гранулятора (продовження)

Результатами розрахунку за розробленим алгоритмом є:

- поля швидкостей руху закрученого газового потоку та дисперсної фази (краплі або гранули) в робочому просторі вихрового гранулятора (рисунк 3);

- умови рівноваги дисперсної фази в потоці суцільної фази;

- умови відсутності деформації та дроблення дисперсної фази в потоці суцільної фази;

- траєкторії руху дисперсної фази при різних початкових умовах (кут і напрямок вильоту, початкова швидкість витікання, напрям відносного руху потоків), технологічних параметрах роботи грануляційного апарату, його конструктивному виконанні;

- час перебування дисперсної фази в грануляційному апараті.

Наведений алгоритм розрахунку гідродинамічних характеристик роботи вихрових грануляційних пристроїв дозволяє спрогнозувати поведінку краплі (гранули) з моменту її вильоту з пристроєм для диспергування (форсунка, гранулятор плаву) до закінчення процесу кристалізації.

Представлені переваги малогабаритних вихрових грануляторів відкривають широкую область їх застосування, але для кожного процесу необхідне більш докладне вивчення гідродинаміки потоків і розробки алгоритму інженерного розрахунку за результатами опису фізичної моделі, експериментальних досліджень, математичного і

комп'ютерного моделювання і оптимізаційного розрахунку обладнання.

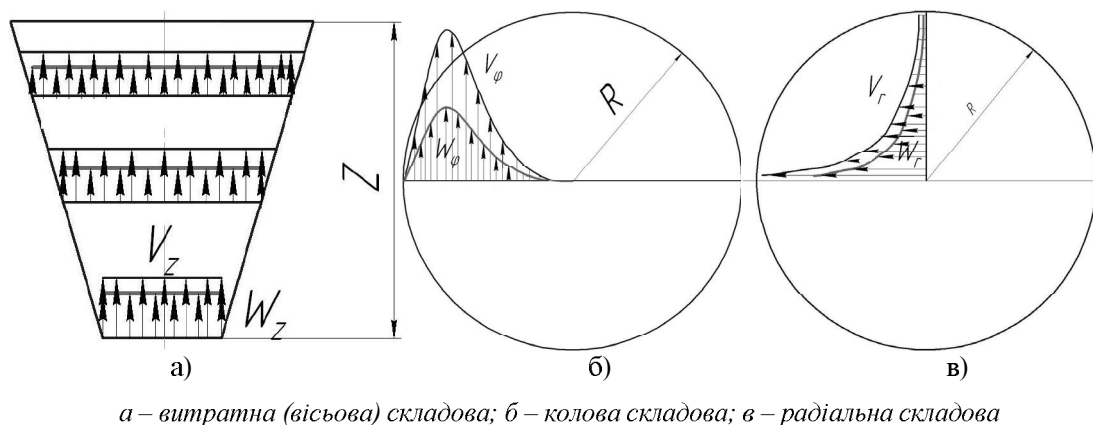


Рис. 3 – Характер розподілення складових швидкості руху закрученого газового потоку (V) та дисперсної фази (W) в робочому просторі вихрового гранулятора

### Література

1. Артюхов А.Є. Сучасний стан технології гранулювання у вітчизняному виробництві. Високоєфективне малогабаритне обладнання для проведення процесу гранулювання / А.Є. Артюхов // Сучасні проблеми технології неорганічних речовин: тези доповідей III Української науково-технічної конференції з технології неорганічних речовин. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2006. – С. 320–321.
2. Артюхов А.Є. Деякі напрями зменшення габаритних розмірів грануляційного обладнання в сучасній хімічній промисловості / А.Є. Артюхов, В.І. Склабінський // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Дни науки - 2006». Том 33. – Хімія та хімічні технології. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. – С. 34–37.

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: сб. научных трудов XX Международной научно-технической конференции. – Минск, 2008. – С. 272–277.
4. 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.
5. 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.
6. 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 - Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 6/2009 (59) частина 1. – С. 196-201.
7. Патент №29950 Україна, МПК (2006) В01J2/16. Пристрій для гранулювання рідкого матеріалу / А.Є. Артюхов, В.І. Склабінський, А.С. Стеценко; заявник та патентовласник Сумський державний університет. – №u200512066; заявл. 15.12.2005; надрук. 11.02.2008, Бюл. № 3.
8. Патент №82754 Україна, МПК (2006) В01J2/16. Спосіб гранулювання рідкого матеріалу та пристрій для його здійснення / А.Є. Артюхов, В.І. Склабінський; заявник та патентовласник Сумський державний університет – №a200608137; заявл. 20.07.2006; надрук. 12.05.2008, Бюл. № 9.
9. Патент №90798 Україна МПК (2009) В01J2/16, В01J8/08, В01J8/18. Спосіб отримання гранул пористої структури та пристрій для його здійснення / Артюхов А.Є., Склабінський В.І., Жеба К.В. - №a200812720; заявл. 30.10.2008; надрук. 25.05.2010, Бюл. №10, 2010р.
10. Патент №99023 Україна МПК (2012.01) В01J2/16 (2006.01), В01J2/00. Спосіб отримання гранул пористої структури та пристрій для його здійснення / Артюхов А.Є., Склабінський В.І. - №a201014887; заявл. 13.12.2010; надрук. 10.07.2012, Бюл. №13, 2012р.

УДК 66.074.1:547.912

## ФАЗОВА РІВНОВАГА ГАЗОРІДИННИХ СИСТЕМ ПРИ ІНЕРЦІЙНО-ФІЛЬТРУЮЧІЙ СЕПАРАЦІЇ

Ляпощенко О.О., канд.техн.наук., докторант  
Настенко О.В., аспірант  
Сумський державний університет, м. Суми

*Розглянуто умови фазової рівноваги газорідинних сумішей в процесі інерційно-фільтруючої сепарації, визначено основні параметри, що впливають на ефективність процесу розділення газових потоків з краплинною рідиною.*

*Conditions of phase balance of gas-liquid mixes in the course of inertial filtering separation are considered, the key parameters influencing efficiency of process of division of gas streams with drop liquid are determined.*

**Ключові слова:** газорідинний потік, процес, рівновага, константа фазової рівноваги, термодинамічні параметри, рівняння стану.

Природний газ, що видобувається зі свердловин, являє собою газорідинну систему до складу якої входить велика кількість краплинної рідини, що складається з мінералізованої води та газового конденсату, а також пароподібної вологи. Тому такі газоконденсатні суміші перед подачею в магістральні трубопроводи або технологічні лінії піддають сепарації, що включає відділення механічних домішок, вологи і вуглеводневого конденсату.

Одним із найбільш перспективних способів підготовки природного газу до транспортування є інерційно-фільтруюча сепарація, що поєднує переваги як інерційного, так і фільтруючого методів розділення газорідинних систем.

Метою даної статті є опис процесів та основних параметрів, що характеризують газорідинні системи при інерційно-фільтруючій сепарації, та їх вплив на ефективність сепарації.

В пакет жалюзійних пластин сепаратора підводиться газорідинний потік, що містить високодисперсну краплинну рідину, який направляється в криволінійні сепараційні канали, при проходженні яких, під