



DOI: 10.31388/2220-8674-2023-2-14

УДК 631.363.28

О. О. Червоткіна, асист.

ORCID: 0000-0002-6814-0566

Н. О. Фучаджи, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-9433-6282

О. О. Ковальов, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-4974-5201

Н. О. Паляничка, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8510-7146

П. В. Матвіїшин к.т.н.

<sup>1</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України Березанський агротехнічний інститут

e-mail: oleksandra.chervotkina@tsatu.edu.ua, тел.: 067-741-33-46

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ ГРАНУЛ І ЗАСОБІВ ДЛЯ ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ

*Анотація.* У статті розглянуто основні методи отримання гранул із різних порошкоподібних матеріалів. Проведено аналіз обладнання для одержання гранул та представлено їх класифікаційну схему. Визначено основні напрямки розвитку та вдосконалення обладнання для гранулювання порошкоподібних матеріалів. У багатьох галузях промисловості (будівельних матеріалів, хімічної, металургійної, харчової та ін.), а також у сільському господарстві широке застосування отримали гранульовані матеріали. У зв'язку з таким різноманітним застосуванням цих матеріалів, а відповідно і вимогам щодо гранулометричного складу, міцності, теплопровідності, вологопотребності та ін., розроблено велику кількість способів та обладнання для їх виробництва. Залежно від механізму гранулоутворення можна виділити основні методи гранулювання та технічні засоби для їх реалізації.

*Ключові слова:* гранулятор, порошкоподібні матеріали, віброгранулятори, барабанні апарати.

*Постановка проблеми.* Відомо, що необхідність гранулювання порошкоподібних матеріалів та вимоги до їх якості дозволили розробити різні види пристроїв і апаратів: пристрої, що перемішують з високими зовнішніми напругами, барабанні апарати, що обертаються, апарати з псевдозрідженим шаром та інші конструкції [1, 2].



У цілому нині процес грануляції, здавалося б простим, є дуже складним явищем, що включає дослідження та опис таких явищ, як зародокутворення, структурне утворення скелета самої гранули, реологію ущільнення, деформації та ін.

*Аналіз останніх досліджень.* Численні експериментальні дослідження процесів гранулювання в пристроях, що перемішують – грануляторах і в барабанних апаратах показали, що кінцевий розмір гранул визначається безліччю параметрів, серед яких важливо відзначити розмір ядра-зародка, що утворився, розміри частинок порошку і крапель сполучної речовини, умови агломерації, властивості порошку та рідини та методи гранулювання. У роботах [6] розглядається вплив розмірів частинок крапель сполучної речовини на освіту і подальше зростання гранул і на морфологію структури. Слід зазначити, що передбачення відповідної кількості рідини (розміру краплі) для отримання бажаного розміру гранули дуже важко внаслідок того, що, крім зазначених вище факторів, розміри гранул, що утворилися залежать від адгезійних властивостей порошку та від фізичних властивостей рідини (в'язкість, поверхневий натяг). Товщина нашарування та умови завершеності структури гранули визначаються вологоємністю або змочуваністю поверхні.

*Формулювання мети статті.* Найважливішою проблемою у промислових процесах гранулювання порошкоподібних матеріалів є виявлення функції розподілу полідисперсних гранул по розмірів, що дозволяє визначити у практичних розрахунках зміну їхнього середнього розміру за довжиною апарату. Експериментальному дослідженню утворення гранул полідисперсного складу та пов'язаного з цим розподілу гранул за розмірами, виміру їх розмірів та пористості присвячені роботи багатьох вчених. Гранулювання методом обгортання на поверхні, що рухається, є найбільш поширеним і широко застосовуваним, і відрізняється великою різноманітністю технічних засобів для його реалізації. Метод полягає у попередньому утворенні агломератів із рівномірно змочених частинок або в нашаруванні сухих частинок на змочені ядра – центри гранулоутворення. Цей процес обумовлений дією капілярно-молекулярних сил зчеплення між частинками та наступним ущільненням структур за рахунок сил взаємодії між частинками у щільному динамічному шарі внаслідок дії гравітаційно-відцентрових сил у грануляторах барабанного та тарілчастого типу. Гранулятори барабанного типу являють собою циліндричну обичайку, що обертається, із закріпленими на ній бандажами.

*Основна частина* Гранулятори оснащені: завантажувальним та розвантажувальним пристроєм, роликowymi опорними станціями, затягнутими роликами та закріпленим на обичайці зубчастим вінцем, за



допомогою якого передається обертання гранулятора від приводу. Для зменшення налипання вологого матеріалу внутрішню стінку барабана футерують гумою.

До переваг належать: простота конструкції та експлуатації, велика одинична потужність, а також можливість комбінування процесів гранулювання, сушіння та класифікації в барабанних грануляторах-сушарках.

До недоліків слід віднести: нерівномірний гранулометричний склад продукту на виході з гранулятора, обумовлений нерівномірністю зволоження шихти, що гранулюється, необхідність періодичного чищення налиплого матеріалу на стінки гранулятора і вузла вивантаження.

Тарілчасті гранулятори призначені для гранулювання порошкоподібних матеріалів і складаються зі станини, на якій встановлено тарілка із форсунками, закрита кожухом. При роботі гранулятора порошкоподібний продукт через завантажувальний штуцер подають на похилий тарілку, що обертається, де він зволожується сполучною рідиною з форсунок і обгортається до гранул заданої величини. Кут нахилу тарілки можна змінювати за допомогою спеціального механізму. Ці гранулятори забезпечують високу питому продуктивність та ефективність процесу гранулювання. До недоліків грануляторів цього класу слід віднести відсутність можливості поєднання процесів гранулювання та аммонізації. Серед ротаційних апаратів виділяють також відцентрові (планетарні) гранулятори в яких процес оковчування реалізується завдяки тертю матеріалу про гладкі стінки барабана, що рухається круговою орбітою. Основним недоліком цих пристроїв є можливість розколювання та не висока міцність одержуваних гранул. Стрічкові гранулятори – це рухома, відбортowana нескінченна стрічка, розташована під кутом до горизонту. Процес гранулювання відбувається за рахунок пересипання порошку по поверхні, що рухається.

Перевагою вважається простота конструкції та доступність обробки шару матеріалу сполучною. Недоліки – низька продуктивність та складність герметизації. Швидкісні (лопатеві) гранулятори - це по суті лопатеві змішувачі, обладнані пристроями для подачі рідкого та твердого компонентів, а іноді аміаку та пари. Ця конструкція також дозволяє проводити процес обгортання. Переваги цих грануляторів – компактність та висока продуктивність. Недоліком вважається підвищена, відносно інших грануляторів, ймовірність розколювання та агломерації гранул.

Віброгранулятори є апаратами з віброуючим корпусом або окремими деталями, поміщеними в шар матеріалу. Апарат із циліндричною горизонтальною робочою камерою, що здійснює



кругові коливання у вертикальній площині, виконують одноабо двокорпусними з дебалансними або ексцентриковими вібраторами.

Застосовують також лоткові апарати, що мають невелику висоту та дозволяють організувати будь-який характер потоку реагентів або фаз. Питома продуктивність віброгрануляторів вища, ніж у барабанних, крім того міцність гранул вище одержуваних в інших грануляторах обкатування [1]. Гранулювання методом пресування ґрунтується на властивості сипучих матеріалів ущільнюватися під впливом високих тисків. При ущільненні порошків під високим тиском можливе також спікання твердих частинок у зоні деформації, хімічна взаємодія з утворенням нових з'єднань.

Отриманий у результаті ущільнення брикет (плитка або стрічка) дробиться і прямує на розсів для відбору кондиційної фракції, що є готовим продуктом. Технічно це реалізується у пристроях, званих екструдерами та прес вальцями (рис. 1).

Екструдери у свою чергу мають різноманітні конструкції, що класифікуються за особливостями виконання пристроїв для продавлювання шихти через фільтри [1].

Гранулювання агломерацією в апаратах із псевдозрідженим шаром набуло широкого застосування у зв'язку з великою інтенсивністю процесів, що протікають, як правило, спільно з сушінням або охолодженням, класифікацією за розмірами, хімічною взаємодією.

Класифікація пристроїв, що здійснюють гранулювання цим методом, утруднена їх різноманітністю, проте як суттєвий класифікаційний ознака можна використовувати особливість введення тепло або холодоносія: зі зріджувальним агентом (під газорозподільні грати); з розпилюючим агентом; всередину шару, шляхом встановлення теплообмінних пристроїв або спалювання палива.

Велике значення має можливість подачі вихідного продукту до псевдозрідженого шару: подача пульпи та розведених розчинів на поверхню псевдозрідженого шару з обдуванням факела високотемпературним теплоносієм; подача концентрованих пульп, розчинів і плавів усередину псевдозрідженого шару форсункою, встановленою збоку апарату, з організацією горизонтального факела розпилу; подача розчинів та суспензій форсунками, встановленими на підставі газорозподільних грат, з організацією вертикального смолоскипа розпилу.

Гранулювання методом розбризкування рідини (пульп, розчинів, суспензій або плавів) на поверхню частинок псевдозрідженого або зваженого шару полягає у нанесенні на частинки-центри гранулоутворення тонких плівок вихідної речовини та кристалізації його за рахунок тепла, яке підводиться ззовні або за рахунок тепла

кристалізації.

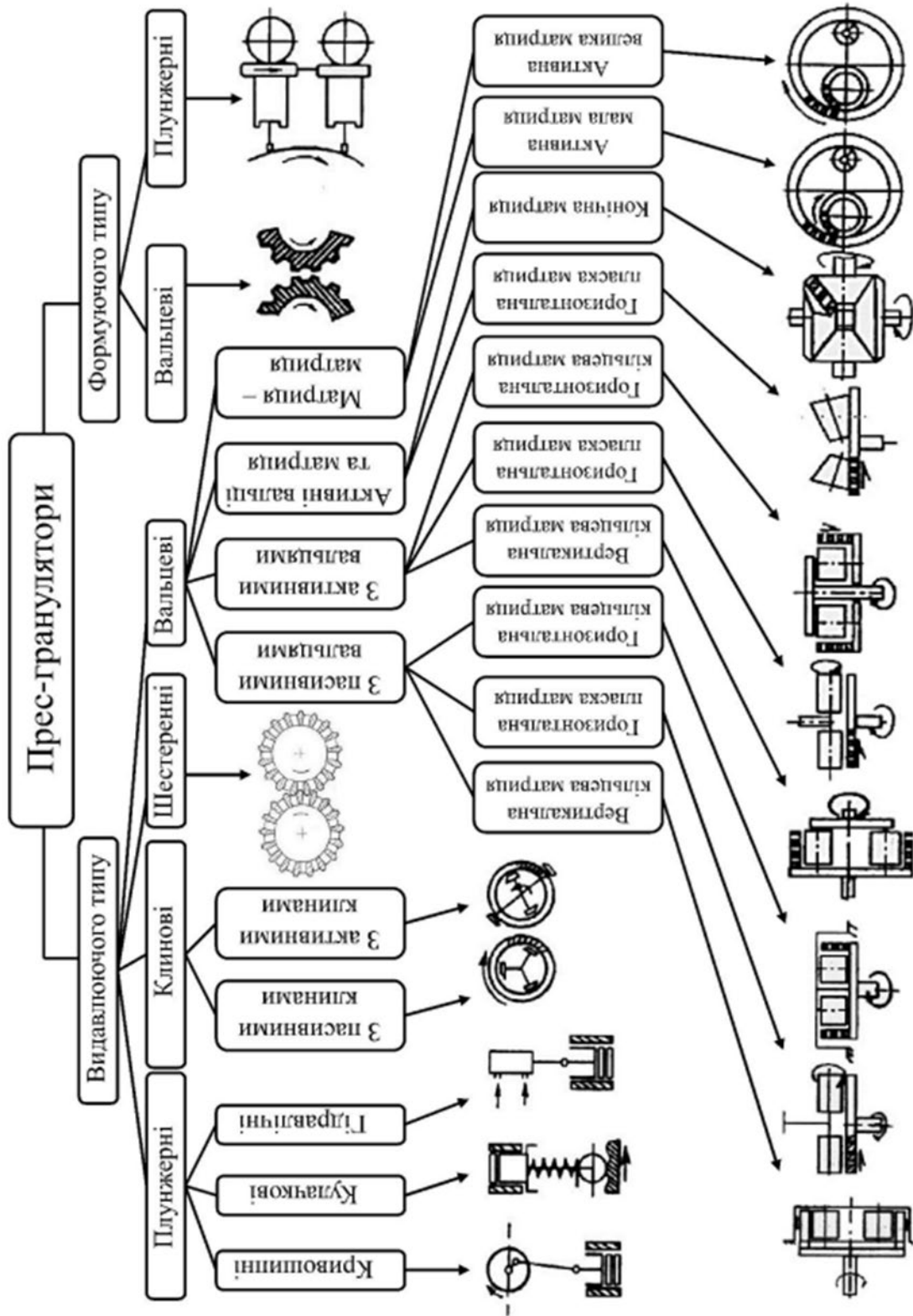


Рисунок 1. Класифікація прес-грануляторів



Гранулювання кристалізацією крапель розплаву, також мають свої особливості, що полягають у конструкції диспергаторів, призначених для розпилення розплавів. Вони є одним з основних пристроїв грануляційних веж, процес гранулювання в яких відбувається за рахунок протитечії холодоагенту та крапель розплаву [1-4].

Однак слід зазначити, що у зв'язку із зростанням малих промислових підприємств малого та середнього бізнесу, де потрібна можливість швидкої переорієнтації виробництва; збільшеними вимогами до теплоізоляційних матеріалів; підвищеною увагою до збереження паливних та енергетичних ресурсів; необхідністю максимального використання техногенних матеріалів, а також вирішення екологічних матеріалів. задач, виникає необхідність у новому високоефективному та енергозберігаючому обладнанні. Таким чином, вирішення цієї проблеми є комплексним завданням, що включає в себе:

- конструктивно-технологічне вдосконалення існуючих апаратів виробництва гранул;
- розробку нових агрегатів, що поєднують у собі комбінацію різних способів гранулювання;
- розробку енергоефективних технологій виробництва гранульованих матеріалів.

Процеси гранулювання супроводжуються ущільненням, деформацією та зносом гранул, що призводять до зміни їх розміру, ступеня полідисперсності та фізичних властивостей – щільності, міцності та пористості.

#### Список використаних джерел

1. Червоткіна О. О., Тарасенко В. Г. Гранулювання вторинних продуктів переробки рослинної сировини. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: друга міжнародна науково-практична інтернет-конференція. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 174–175.
2. Salman A., Houslow M., Seville J. O. K. Granulation. In.: *Handbook of Powdered Technol.* 2006. Elsevier Ltd UK. 1402 p.
3. Virudaraj R., Goskonda D., Pande P. G. Granulation Characterization. In: *Handbook of Pharmaceutical granulation Technology* (Ed., Parikh D.M.). 2010. P. 513–534.
4. Червоткіна О. О., Тарасенко В. Г., Червоткіна О. О. Основні напрямки інтенсифікації технології чорного чаю. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. Вип. 12, том 2.
5. Granulators and mini-lines. Granulation of compound feed, sawdust.



Balashikha <http://www.bizator.ru/product/p755874.html>,  
<http://www.ru.all.biz/g357810>. - Title from the screen.

6. Knight P.C. Structuring agglomerated products for improved performance. *Powder Technology*. 2001. V. 122. P. 212–221.

7. . Артюхов А. Є., Склабінський В. І. Оцінка впливу режиму обробки гранул на їх якість в апаратах вихрового типу. Матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Технологія-2008» з міжнародною участю. Сєверодонецьк, 2008. С. 92.

8. Стеценко А. С., Артюхов А. Є. Інтенсифікація процесу гранулювання у вихрових апаратах-163 тах псевдозрідженого шару. *Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів інженерного факультету*. Суми: Вид-во СумДУ, 2006. Вип.8. С. 12.

9. 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.

10. Пат. №10288 А Україна, МПК 7 B01J2/16. Спосіб одержання гранульованого продукту. Є.В Донат, М.П. Юхименко; заявник та патентовласник Сумський державний університет. №93111445; заявл. 31.03.1993; надрук. 25.12.1996, Бюл. № 4.

Стаття надійшла до редакції 21.04.2023 р.

**O. Chervotkina<sup>1</sup>, N. Fuchadzy<sup>1</sup>, O. Kovalov<sup>1</sup>, N. Palianychka<sup>1</sup>  
P. Matviishun<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

<sup>2</sup>Separated subdivision National University of Bioresources and Nature  
Management of Ukraine Berezhansk agrotechnical institute

## **ANALYSIS OF THE METHODS OF OBTAINING GRAINS AND MEANS FOR THEIR IMPLEMENTATION**

### ***Summary***

The article discusses the main methods of obtaining granules from various powdered materials. An analysis of the equipment for the production of granules was carried out and their classification scheme was presented. The main directions of development and improvement of equipment for granulation of powdery materials have been determined.

Granulated materials are widely used in many industries (building materials, chemical, metallurgical, food, etc.), as well as in agriculture. In connection with such diverse use of these materials, and in accordance with the requirements for particle size composition, strength, thermal conductivity, moisture consumption, etc., a large number of methods and equipment for their production have been developed. Depending on the granulation mechanism, the main granulation methods and technical means for their



implementation can be distinguished.

Numerous experimental studies of granulation processes in mixing devices - granulators and in drum machines have shown that the final size of granules is determined by many parameters, among which it is important to note the size of the nucleus-germ formed, the size of powder particles and drops of binder substances, agglomeration conditions, powder and liquid properties and granulation methods. In works, the influence of particle sizes of drops of binder on the formation and subsequent growth of granules and on the morphology of the structure is considered. It should be noted that predicting the appropriate amount of liquid (droplet size) to obtain the desired granule size is very difficult due to the fact that, in addition to the factors mentioned above, the sizes of the granules formed depend on the adhesive properties of the powder and on the physical properties of the liquid (viscosity, surface tension). The thickness of the layering and the conditions of completeness of the granule structure are determined by the moisture content or wettability of the surface.

**Key words:** granulator, powdered materials, vibrogranulators, drum devices.