

вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2021 – № 65 – С.107-117. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/65.107>

5. В.А. Дербаба, В.А. Козечко, С.Т. Пацера, О.Л. Войчишен & В.І. Козечко (2023). Експлуатаційні показники різальних інструментів з надтвердих матеріалів. *Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», (74), 133-142.* <https://doi.org/10.33271/crpnmu/74.133> .

6. В.А. Козечко, М.В. Куваєв, В.А. Дербаба, С.В. Алексеєнко & Д.С. Несін (2025). Вдосконалення технології постмеханічної обробки деталі створеної методом адитивних технологій. *Збірник наукових праць НГУ. Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка».* 83. 269–279. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/83.269>

7. В.А. Дербаба, В.А. Козечко, О.О. Богданов, В.І. Козечко & С.В. Алексеєнко (2025). Використання технологій 3D-друку під час проектування засобів обробітку ґрунту. *Вісник НТУ «ХПІ».* 2025. №2 (12) ISSN 2079–004X(Print), ISSN 2786–7587(Online). DOI: 10.20998/2079-004X.2025.2(12).16.

УДК 621.926

## ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ДРОБАРОК ЗЕРНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

**В.І. Банга<sup>1</sup>, Д.Ю. Бубній<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>кандидат технічних наук, доцент, кафедри проектування машин та автомобільного інжинірингу, e-mail: [vasyl.i.banha@lpnu.ua](mailto:vasyl.i.banha@lpnu.ua)

<sup>2</sup>аспірант кафедри проектування машин та автомобільного інжинірингу, e-mail: [danylo.bubnii.asp.2025@lpnu.ua](mailto:danylo.bubnii.asp.2025@lpnu.ua)

<sup>1,2</sup>Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна

**Анотація.** Проведено огляд і аналіз існуючих конструкцій дробарок зернистих матеріалів і їх робочих органів, наведено переваги та недоліки і встановлено їх вплив на якісні показники процесу подрібнення з метою обґрунтування конструкції робочих органів дробарки зернистих матеріалів.

*Ключові слова:* молоткова дробарка, зернистий матеріал, робочі органи, якість процесу подрібнення.

## OVERVIEW AND ANALYSIS OF THE DESIGN OF GRANULAR MATERIAL CRUSHERS

**V.I. Banha<sup>1</sup>, D.Y. Bubnii<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Machine Design and Automotive Engineering, e-mail: [vasyl.i.banha@lpnu.ua](mailto:vasyl.i.banha@lpnu.ua)

<sup>2</sup>Postgraduate, Department of Machine Design and Automotive Engineering, e-mail: [danylo.bubnii.asp.2025@lpnu.ua](mailto:danylo.bubnii.asp.2025@lpnu.ua)

<sup>1,2</sup>Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

**Abstract.** A review and analysis of existing designs of granular material crushers and their working bodies was conducted, the advantages and disadvantages were presented and their influence on the quality indicators of the grinding process was established in order to substantiate the design of the working bodies of the granular material crusher.

*Keywords:* hammer crusher, granular material, working parts, quality of the crushing process.

**Вступ.** Подрібнення зернистих матеріалів є важливим технологічним процесом у сільському господарстві, харчовій та машинобудівній промисловості. Від цього процесу залежить якість кінцевого продукту та енерговитрати виробництва. Для подрібнення зернистих матеріалів використовують різні типи конструкції дробарок зернистих матеріалів, конструкція робочих органів яких впливає на продуктивність, енергоємність і якість процесу подрібнення.

Подрібнювачі зернистих матеріалів призначені для зменшення розмірів частинок матеріалу шляхом механічної дії, яка може здійснюватися ударом, стисканням, зсувом або їх комбінацією. Сучасні конструкції дробарок мають різну будову, принцип роботи, і сферу використання, але вони не забезпечують відповідної продуктивності і якості процесу подрібнення матеріалу та мають значну енергоємність процесу.

Актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю підвищення продуктивності та якості процесу подрібнення зернистих матеріалів з незначними витратами енергії.

**Мета роботи** є здійснити огляд і аналіз існуючих конструкцій дробарок зернистих матеріалів з метою вдосконалення їх робочих органів для підвищення продуктивності і якості процесу подрібнення матеріалу з незначними витратами енергії.

**Матеріал і результат досліджень.** Для подрібнення зернистих матеріалів у промисловості застосовуються різні типи дробарок, які мають різну будову, принцип роботи, конструкцію робочих органів. До основних належать валкові, молоткові дробарки, безрешітні, а також різні їх конструктивні модифікації, що визначають ефективність процесу подрібнення.

На рис.1. Наведені деякі конструктивні схеми дробарок для подрібнення зернистих матеріалів.

Вальцева дробарка (рис.1 а) є одним із поширених типів подрібнювального обладнання, у якому руйнування матеріалу здійснюється шляхом його стискання та часткового зсуву між двома валками, що обертаються назустріч один одному. Дробарка містить валки 1, 2, які встановлені на валах, привід та корпус 3 на якому встановлений механізм регулювання зазору між валками та пружина 4. [5]

Дробарка працює таким чином. Матеріал подається у робочу зону зверху, захоплюється обертовими валками 1, 2 та під дією сил стискання подрібнюється до необхідного розміру, після чого виводиться з робочої зони. [6]

Ефективність роботи валкової дробарки значною мірою залежить від швидкості обертання валків, їх діаметра, шорсткості поверхні та величини зазору між ними. Залежно від конструкції валки можуть мати гладку, рефлену або зубчасту поверхню, що визначає характер подрібнення матеріалу.

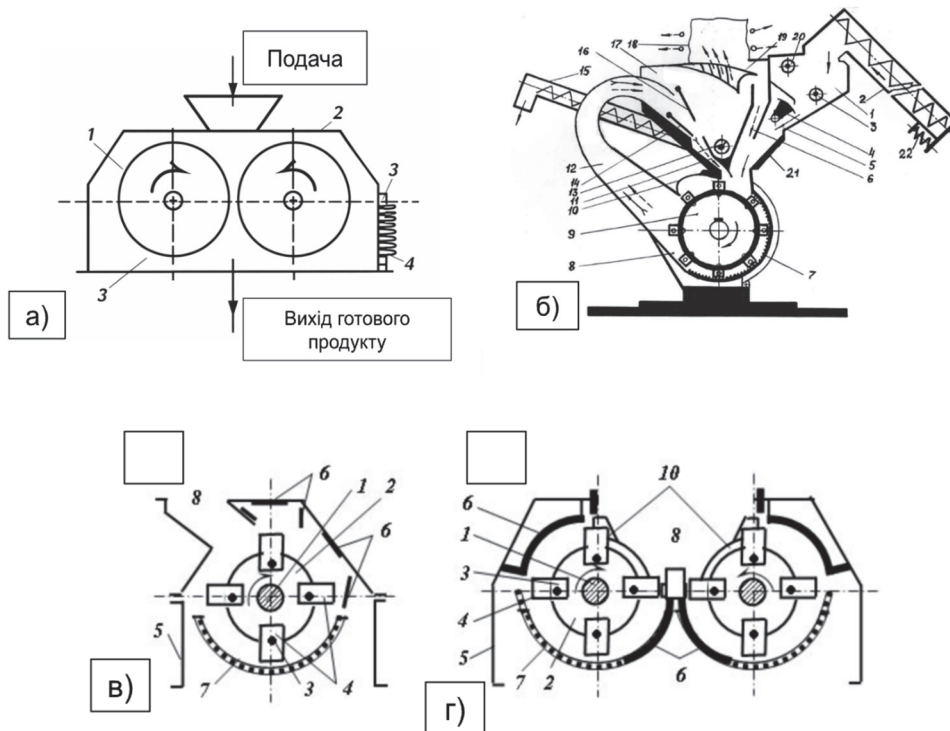


Рис.1. – Конструктивні схеми дробарок зернистих матеріалів:

а) валкова дробарка: 1 - валок з нерухомими підшипниками; 2 - валок з рухомими підшипниками; 3 - корпус дробарки; 4 - пружина; б) безрешітна молоткова дробарка: 1 - зерновий бункер; 2 - завантажувальний шнек; 3 - датчик нижнього рівня; 4 - заслінка зернового бункера; 5 - канал подачі зерна; 6 - канал повернення повітря; 7 - дека; 8 - дробильна камера; 9 - ротор із молотками; 10 - вихрова камера; 11 - зворотний канал; 12 - кормопровід; 13 - вивантажувальний шнек розділової камери; 14, 16 - регульовальна заслінка; 15 - вивантажувальний шнек; 17 - корпус розділової камери; 18 - повітряний фільтр; 19 - пиловідвід; 20 - датчик верхнього рівня; 21 - магнітний сепаратор; 22 - підвантажувальний шнек; в) однороторна нерeverсивна; г) двороторна паралельного дроблення: 1 - горизонтальний вал; 2 - ротор; 3 - осі молотків; 4 - молотки; 5 - корпус дробарки; 6 - футеровочні плити; 7 - решето; 8 - завантажувальна горловина; 9 - уловлююча рамка; 10 - фігурні колосники.

Перевагами є простота конструкції та надійність у роботі, незначні енергетичні витрати порівняно з ударними дробарками, рівномірний гранулометричний склад подрібненого продукту, незначний рівень виділення пилу під час роботи, можливість точного регулювання ступеня подрібнення за рахунок зміни зазору між валками. Недоліками є обмежена ефективність при

подрібненні твердих і абразивних матеріалів, інтенсивне зношування поверхонь валків, особливо при роботі з абразивними матеріалами, можливість прослизання матеріалу між валками, що знижує ефективність подрібнення, порівняно невисока ступінь подрібнення за один прохід.

Безрешітна молоткова дробарка наведена на рис.1 б) є різновидом ударних подрібнювачів, у яких процес подрібнення зернистих матеріалів здійснюється без решета. Вона складається з корпусу, ротора з шарнірно закріпленими молотками 9, завантажувального 2 та розвантажувального пристроїв 13.

Працює дробарка так. Матеріал подається у робочу камеру 8, де під дією обертового ротора 9 та багаторазових ударів молотків і взаємодії з внутрішніми поверхнями корпусу подрібнюється до відповідного ступеня подрібнення. [3]

На відміну від класичних молоткових дробарок, у безрешітних дробарках відсутнє решето. Виведення подрібненого зернового матеріалу здійснюється за рахунок повітряного потоку або під дією відцентрових сил, що виникають при обертанні ротора 9. Розмір частинок матеріалу у такому випадку визначається кінематичними параметрами дробарки та часом перебування матеріалу в робочій камері 8.

До переваг можна віднести відсутність решета, що дає змогу усунути її засмічення та підвищує надійність роботи, зменшення енергетичних витрат за рахунок відсутності опору при проходженні матеріалу через решето, значна продуктивність у порівнянні з решітними дробарками, може здійснювати подрібнення вологих і в'язких матеріалів без залипання, має не складну конструкцію.

Недоліками є складність отримання однорідного гранулометричного складу зернового матеріалу, відсутність точного контролю розміру частинок, значне виділення пилу під час роботи, необхідність додаткових пристроїв для класифікації матеріалу, можливе повторне подрібнення частинок, що призводить до перевитрати енергії. [7]

Найбільш поширеними для подрібнення зернистих матеріалів є молоткові дробарки, у яких подрібнення зернистого матеріалу проходить внаслідок ударної дії молотків, закріплених на роторі. Залежно від конструктивного виконання та кількості роторів розрізняють різні типи молоткових дробарок, зокрема однороторні та двороторні, які подані на рис.1 в) та рис.1 г). [1]

Молоткові дробарки відзначаються простотою конструкції, значною продуктивністю та можливістю подрібнення різних типів матеріалів. Однак вони характеризуються значними енергетичними витратами та інтенсивним зношуванням робочих органів. [3]

Однороторна нереверсивна дробарка подана на рис.1. а) і складається з одного горизонтального валу 1, на якому встановлено ротор 2 із закріпленими молотками 4 через осі 3 молотків. Матеріал подається через завантажувальну горловину 8 у корпус дробарки 5 і подрібнюється за рахунок ударної дії молотків 4, після чого проходить через решето 7 у приймальну камеру. Перевагами є простота конструкції та експлуатації, значна продуктивність при подрібненні сипких матеріалів, незначні габарити та маса. До недоліків можна віднести нерівномірність гранулометричного складу продукту, підвищене зношування молотків через постійний удар об матеріал. [4]

У двороторній конструкції дробарки (рис.1. г) використовується два ротори 2, що працюють паралельно. Зерновий матеріал послідовно взаємодіє з молотками 4 обох роторів 2, що забезпечує підвищену інтенсивність подрібнення.

Перевагами є підвищена продуктивність і однорідність подрібнення, зменшення навантаження на кожен ротор окремо, можливість подрібнення більш твердих матеріалів.

Недоліками є ускладнена конструкція, підвищені вимоги до синхронізації обертання ротора, значні габарити та енергоспоживання. [2]

Незважаючи на значні переваги, розглянуті конструкції молоткових дробарок мають низку недоліків, зокрема значні енерговитрати при подрібненні матеріалів різної твердості, інтенсивне зношування молотків і ротора внаслідок значних ударних навантажень, нерівномірність гранулометричного складу продукту в однороторних дробарках і складність синхронізації та обслуговування у двороторних конструкціях. Зазначені недоліки обмежують ефективність існуючих технічних рішень і зумовлюють необхідність їх подальшого вдосконалення.

Одним із перспективних напрямів підвищення продуктивності і якості процесу подрібнення зернових матеріалів з незначними витратами енергії є удосконалення конструкції молоткового барабану динамічними робочими органами. Таким чином, подальші дослідження доцільно спрямувати на обґрунтування конструктивно-технологічних і режимних параметрів молоткової дробарки з динамічними робочими органами.

**Висновки.** Проведений нами огляд і аналіз існуючих конструкцій дробарок зернистих матеріалів дозволив встановити їх основні конструктивні особливості, а також визначити переваги та недоліки різних типів подрібнювального обладнання. Встановлено, що найбільш ефективними для подрібнення зернистих матеріалів є молоткові дробарки ударної дії, однак вони характеризуються підвищеним енергоспоживанням, інтенсивним зношуванням робочих органів та нерівномірністю гранулометричного складу продукту.

З урахуванням виявлених недоліків обґрунтовано доцільність застосування молоткової дробарки з динамічними робочими органами.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Марценюк О. С., Мельник Л. М. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник. Київ : НУХТ, 2011. 407 с.
2. Ковальчук В. П., Бандура В. М. Механічні процеси та обладнання агропромислового виробництва : навч. посіб. Харків : Факт, 2019. 295 с.
3. Олексієнко В. О., Петриченко С. В. Вплив зношування молотків зернової дробарки на ефективність процесу подрібнення // Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв : матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (24 листоп. 2020 р.) / за ред. В. М. Кюрчева. Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С.35–36. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wpcontent/uploads/sites/13/10.pdf>
4. Олексієнко В. О., Петриченко С. В. Аналіз параметрів ротора малогабаритної зернової молоткової дробарки // Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції : матеріали міжнар. наук.-практ. форуму (21–22 черв. 2019 р.) / за ред. В. Т. Надикто. Мелітополь : ФОП Однорог Т. В., 2019. Ч. 1. С. 112–115. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/8409/1/СУЧАСНІ%20НАУКОВІ%20ДОСЛІДЖЕННЯ%20НА%20ШЛЯХУ%20ДО%20ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ%20-%20ч.%201-112-114.pdf>
5. Барабаш О. М., Гевко Б. М. Машини та обладнання для переробки зерна : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2012. 320 с.
6. Гевко Б. М., Рогатинський Р. М. Сільськогосподарські машини : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 256 с.
7. Wills B. A., Finch J. Wills' Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery. 8th ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2016. 498 p.

УДК 621.7+621.9:004.9

### ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ШВИДКІСНОЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ВИРОБУ НА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЦЕНТРАХ З ЧПК

**В.А. Дербаба<sup>1</sup>, С.Т. Пацера<sup>2</sup>, Д.І. Луценко<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>завідувач кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства, e-mail: [5762634@gmail.com](mailto:5762634@gmail.com)

<sup>2</sup>професор кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства, e-mail: [sergiy.patsera@gmail.com](mailto:sergiy.patsera@gmail.com)

<sup>3</sup>студент групи ПМХм-25н-1, , e-mail: [Lutsenko.Dm.l@nmu.one](mailto:Lutsenko.Dm.l@nmu.one)

<sup>1,2,3</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

**Анотація.** У роботі розглядаються вирішення науково-технічної задачі, пов'язаної з вдосконаленням високошвидкісним фрезеруванням деталі з обраного матеріалу шляхом оптимізації та управління її оброблюваністю інструментом з твердих сплавів на сучасних верстатах з програмним керуванням.