УДК 631.363

КОНСТРУЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ СОЛОМИ Й РОСЛИННИХ РЕШТОК

Андрій ЛАЩЕНКО, Олександр МІРОШНІЧЕНКО, Кирило ВАТУЛА

Здобувачі вищої освіти спеціальності Н7 Агроінженерія

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація. *У роботі розглянуто питання конструювання та оптимізації машини для подрібнення соломи й рослинних решток. Обґрунтовано конструктивну схему обладнання, яка включає завантажувальний бункер, подаючий транспортер, подрібнювальну камеру, ротор із ножами, змінне сито, приводний механізм та раму. Розглянуто основні фактори, що впливають на ефективність процесу подрібнення, зокрема частоту обертання ротора, кількість і геометрію ножів, розмір отворів сита, продуктивність подавання та потужність привода. Запропонована конструкція забезпечує регульоване подавання сировини, ефективне ударно-різальне подрібнення та отримання матеріалу заданої крупності. Застосування змінних сит і регулювання режимів роботи дає змогу адаптувати обладнання до різних видів рослинної сировини. Оптимізація конструктивних і технологічних параметрів спрямована на підвищення продуктивності, рівномірності подрібнення, надійності обладнання та зниження питомих енергетичних витрат. Розроблена конструкція може бути використана для підготовки соломи та рослинних решток до подальшого використання у кормових, енергетичних і технологічних процесах.*

Ключові слова: *подрібнення, солома, рослинні рештки, подрібнювач, ротор, ножі, сито, продуктивність, енергоефективність, конструктивні параметри.*

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується значними обсягами утворення побічної рослинної продукції та пожнивних решток, зокрема соломи зернових культур, стебел кукурудзи, соняшнику та інших

рослинних матеріалів. Раціональне використання таких ресурсів є важливим напрямом підвищення ресурсо- та енергоефективності аграрного виробництва. Подрібнена рослинна маса може використовуватися для виробництва кормів, паливних брикетів і гранул, компостування, мульчування, підготовки органічних добрив та інших технологічних процесів [1].

Одним із основних етапів підготовки рослинних решток до подальшого використання є їх подрібнення. Ефективність цього процесу визначається конструктивними параметрами робочих органів, частотою їх обертання, геометрією та кількістю ножів, характеристиками сита, продуктивністю подавання сировини та потужністю привода. Недостатня ефективність подрібнення призводить до нерівномірної крупності матеріалу, підвищення енерговитрат і зниження продуктивності обладнання. Водночас надмірне подрібнення спричиняє необґрунтовані витрати енергії [2, 3].

Тому актуальним є розроблення та оптимізація конструкції машини для подрібнення соломи й рослинних решток, яка забезпечуватиме необхідний ступінь подрібнення за раціональних енергетичних і продуктивних показників. Особливого значення набуває можливість регулювання режимів роботи машини відповідно до виду, вологості та фізико-механічних властивостей рослинної сировини [4, 5].

Метою роботи є розроблення конструкції та обґрунтування основних конструктивних і технологічних параметрів машини для подрібнення соломи й рослинних решток із забезпеченням необхідної продуктивності, рівномірності подрібнення та енергоефективності технологічного процесу.

Розроблена машина призначена для подрібнення соломи, стебел кукурудзи, соняшнику та інших рослинних решток із подальшим використанням отриманої маси для кормових, енергетичних, технологічних або інших потреб. Конструкція машини виконана на основі рами, на якій змонтовано завантажувальний бункер, подаючий транспортер, подрібнювальну камеру, ротор із ножами, змінне сито, приводний механізм та пристрій для відведення подрібненої маси [6].

Основною робочою частиною машини є подрібнювальна камера, всередині якої встановлено ротор із ножами. Ротор має циліндричну конструкцію та обертається на підшипникових опорах. На його поверхні рівномірно розміщені рухомі ножі, які забезпечують багаторазове ударно-різальне руйнування рослинної сировини. Для підвищення рівномірності подрібнення ножі можуть встановлюватися зі зміщенням по довжині ротора, що забезпечує послідовне надходження рослинної маси в зону різання.

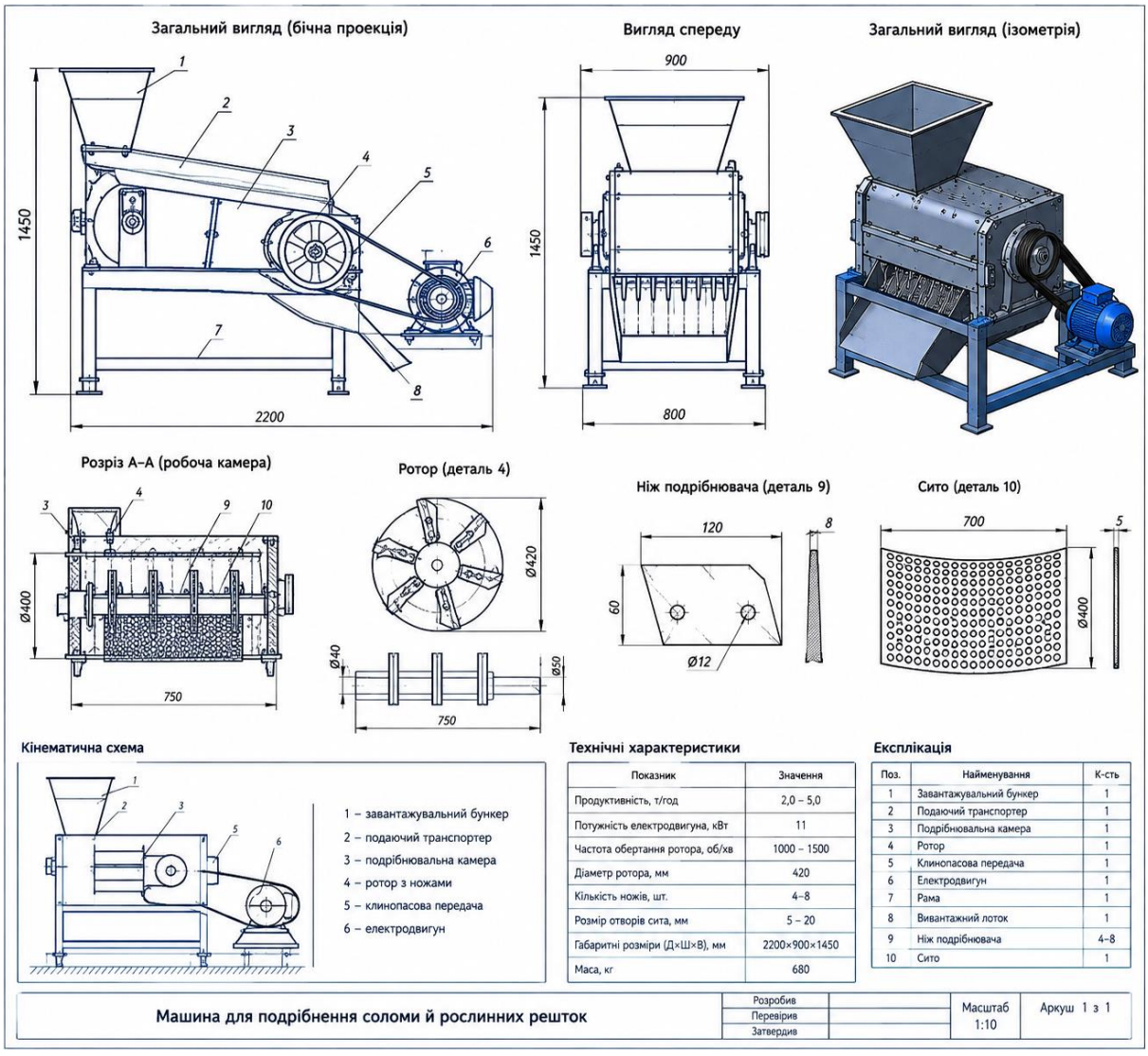


Рисунок 1. Функціональна схема технологічного процесу подрібнення соломи

Сировина надходить до машини через завантажувальний бункер, конструкція якого забезпечує спрямоване подавання соломи та рослинних решток до робочої камери. Для регулювання інтенсивності подавання може використовуватися живильний транспортер або регульована заслінка. Такий

підхід дає змогу підтримувати стабільне завантаження робочої камери та запобігати перевантаженню привода.

Подрібнення відбувається внаслідок взаємодії рухомих ножів ротора з рослинною масою та нерухомими елементами робочої камери. Під час обертання ротора матеріал підхоплюється ножами, піддається удару, різанню та частковому розриванню. Подрібнені частинки проходять крізь сито, встановлене в нижній частині камери. Розмір отворів сита визначає кінцеву крупність отриманого матеріалу. Використання змінних сит дає можливість адаптувати машину до різних технологічних вимог.

Привод робочого органу здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу. Така схема дає змогу передавати необхідний крутний момент на ротор і водночас частково захищати привод від короткочасних перевантажень. Передавальне відношення привода вибирається залежно від необхідної частоти обертання ротора та потужності електродвигуна. Для підвищення енергоефективності частоту обертання можна регулювати за допомогою частотного перетворювача.

Рама машини забезпечує жорсткість конструкції та сприймає навантаження, що виникають під час роботи ротора. Вона виготовляється переважно зі сталевого профілю та обладнується опорними елементами для встановлення машини на фундаменті або робочій площадці. Для зменшення передачі вібрацій на основу доцільно передбачати гумові або пружні вібропоглинальні елементи.

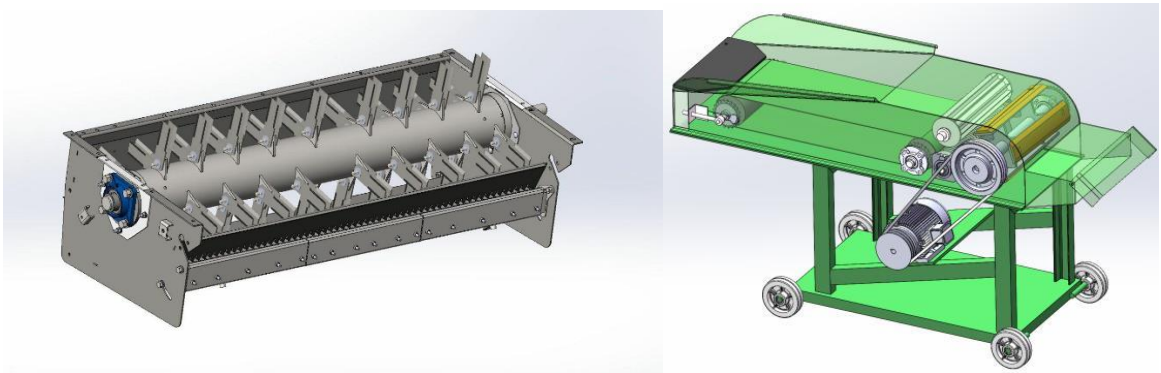


Рисунок 2. Блок подрібнювача

Особливістю запропонованої конструкції є можливість регулювання основних технологічних параметрів відповідно до виду та фізико-механічних властивостей рослинних решток. Заміна сит дає змогу змінювати ступінь подрібнення, а регулювання частоти обертання ротора та продуктивності подавання — оптимізувати співвідношення між продуктивністю і питомими енергетичними витратами.

Загальний принцип роботи машини можна представити у вигляді послідовності: завантаження рослинної сировини → регульоване подавання → ударно-різальне подрібнення → просіювання через сито → відведення готового матеріалу. Запропонована конструкція забезпечує можливість отримання однорідної за крупністю подрібненої маси, підвищує стабільність технологічного процесу та створює передумови для зниження енерговитрат і експлуатаційних витрат.

У результаті проведеної роботи обґрунтовано конструкцію машини для подрібнення соломи та інших рослинних решток, яка включає завантажувальний бункер, подаючий транспортер, подрібнювальну камеру, ротор із ножами, змінне сито, приводний механізм і раму. Запропонована конструктивна схема забезпечує послідовне виконання операцій подавання, подрібнення, просіювання та відведення готового матеріалу.

Основним робочим органом машини є ротор із ножами, взаємодія якого з рослинною масою забезпечує її ударно-різальне руйнування. Використання змінних сит дає можливість регулювати кінцеву крупність подрібненого матеріалу відповідно до технологічного призначення продукції. Регульоване подавання сировини сприяє стабілізації навантаження на робочий орган і зменшенню ймовірності перевантаження привода.

Обґрунтування конструктивних параметрів машини повинно здійснюватися з урахуванням діаметра та частоти обертання ротора, кількості й геометрії ножів, розміру отворів сита, продуктивності подавання та потужності електродвигуна. Раціональне поєднання зазначених параметрів дає змогу

підвищити продуктивність обладнання, забезпечити необхідну однорідність подрібнення та знизити питомі енергетичні витрати.

Перспективним напрямом подальшого вдосконалення машини є автоматичне регулювання частоти обертання ротора і продуктивності подавання залежно від навантаження, використання частотного перетворювача та датчиків контролю технологічного процесу. Це створює можливість адаптувати режим роботи обладнання до властивостей різних видів рослинних решток і забезпечити підвищення його енергоефективності та надійності.

Список використаних джерел

1. Liu P., Song C., He J., Li R., Cheng M., Zhang C., Li Q., Zhang H., Wang M. Research and Overview of Crop Straw Chopping and Returning Technology and Machine. Machines. 2025. Vol. 13, No. 7. Art. 564. DOI: 10.3390/machines13070564.

2. Wilczyński D., Talaśka K., Wojtkowiak D., Górecki J., Wałęsa K. Energy consumption of the biomass cutting process preceding the biofuel production. Biosystems Engineering. 2024. Vol. 237. P. 142–156. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2023.12.007.

3. Reddy K. P. K., Kumar S. R., Rao B. N. Multi-objective optimization for minimize cutting force and power consumption in corn stalk chopping processes. Heliyon. 2024. Vol. 10, No. 15. Art. e35373. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e35373.

4. Fu M., Cao Z., Zhan M., Wang Y. et al. Parameter optimization of the classifying device of straw micro-crusher based on neural network and CFD. Chemical Engineering Research and Design. 2024. Vol. 208. P. 290–302. DOI: 10.1016/j.cherd.2024.07.007.

5. Ramulu C., Pateriya R. N., Naik M. A., Vishwakarma D. K., Kuriqi A., Al-Ansari N., Alataway A., Dewidar A. Z., Mattar M. A. A residue management machine for chopping paddy residues in combine harvested paddy field. Scientific Reports. 2023. Vol. 13. Art. 5077. DOI: 10.1038/s41598-023-32148-9.

6. Awad M., Fouda O., Fathy W., El Balkemy W., Egela M., El-Fakhrany W., Okasha M. A combined machine for collecting and chopping rice straw. Heliyon. 2022. Vol. 8, No. 8. Art. e10412. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e10412.

Abstract. *The paper considers the design and optimization of a machine for shredding straw and plant residues. The structural scheme of the equipment is substantiated, including a loading hopper, feeding conveyor, shredding chamber, rotor with knives, replaceable screen, drive mechanism, and frame. The main factors affecting the efficiency of the shredding process are considered, including rotor rotational speed, number and geometry of knives, screen hole size, feed rate, and drive power. The proposed design provides controlled feeding of raw material, efficient impact-cutting shredding, and production of material with a specified particle size. The use of replaceable screens and adjustable operating modes makes it possible to adapt the equipment to different types of plant materials. Optimization of structural and technological parameters is aimed at increasing productivity, shredding uniformity, equipment reliability, and reducing specific energy consumption. The developed design can be used for preparing straw and plant residues for further application in feed, energy, and technological processes.*

Keywords: *shredding, straw, plant residues, shredder, rotor, knives, screen, productivity, energy efficiency, structural parameters.*

Науковий керівник:

Садовий О.С.

Канд. техн. наук, доцент

Миколаївський національний аграрний університет

УДК 631.363:662.6

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРЕСОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Андрій ГОРУН, Андрій МОНІНЕЦЬ, Ігор БАЗОВКА

Здобувачі вищої освіти спеціальності Н7 Агроінженерія

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна