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

Анотація: *У роботі розглянуто моделювання процесу ущільнення рослинної біомаси та визначення раціональних параметрів пресового обладнання. Запропоновано враховувати в моделі тиск пресування, вологість, дисперсний склад сировини, час витримки та геометричні характеристики формувального каналу. Сформовано комплекс критеріїв оцінювання, що охоплює щільність брикету, продуктивність і питому енергоємність. Показано доцільність поєднання математичного моделювання, експериментальної перевірки та багатокритеріальної оптимізації.*

Ключові слова: *рослинна біомаса, ущільнення, брикетування, прес, тиск, щільність, енергоємність, оптимізація*

Зростання потреби у використанні місцевих відновлюваних ресурсів зумовлює необхідність ефективної переробки соломи, лушпиння, стеблових решток та інших видів рослинної біомаси. У вихідному стані така сировина характеризується малою насипною щільністю, нерівномірною структурою та значним об'ємом, що ускладнює транспортування і зберігання. Ущільнення дає змогу підвищити концентрацію енергії в одиниці об'єму та отримувати стандартизований твердий біопаливний продукт. Водночас надмірне підвищення тиску не завжди забезпечує пропорційне покращення якості, оскільки супроводжується зростанням енергетичних витрат і навантажень на робочі органи. Тиск, час витримки та тертя об стінки формувальної камери суттєво впливають на розподіл тиску й щільність брикету, а чисельна модель може бути використана для удосконалення форми каналу [1].

Процес ущільнення доцільно описувати через зв'язок між масою сировини, об'ємом сформованого виробу та силовими параметрами пресування. Середню щільність визначаємо як $\rho=m/V$, а продуктивність - $Q=m/t$. Питому енергоємність можна оцінити співвідношенням $e=N/Q$, де N - потужність привода. Для гвинтового преса момент на валу визначається через окружну силу та радіус її прикладання, а потужність - через частоту обертання та ККД привода. Модель повинна також враховувати вологість W і середній розмір частинок d, оскільки вони визначають пластичність, тертя та здатність

матеріалу до формування міцної структури. Для оптимізації доцільно сформувати цільову функцію F=f(ρ,e,Q,σ) з одночасним забезпеченням обмежень за потужністю, міцністю конструкції та допустимим тиском. Практично раціонально шукати не один екстремум, а компромісну область режимів, у якій приріст щільності не супроводжується непропорційним зростанням енерговитрат. Такий підхід відповідає сучасній тенденції поєднання статистичних моделей і чисельного аналізу процесу ущільнення [2, 3].

Для інженерного проєктування доцільно розглядати тиск, вологість, час витримки та розмір частинок як основні керовані фактори. При цьому тиск забезпечує формування контакту між частинками, а час витримки сприяє перерозподілу напружень і стабілізації структури. Експериментальні дані для промислового штампового преса свідчать, що вплив часу витримки може бути визначальним для отриманої щільності, а врахування тертя дає змогу пояснити нерівномірність тиску в каналі [4].

Для аграрних відходів важливе також попереднє подрібнення, оскільки дисперсний склад впливає на ущільнюваність та механічну стійкість виробу. Дослідження брикетів з різних відходів показують статистично значущий вплив виду сировини, тиску і розміру частинок на механічні та паливні характеристики [5].

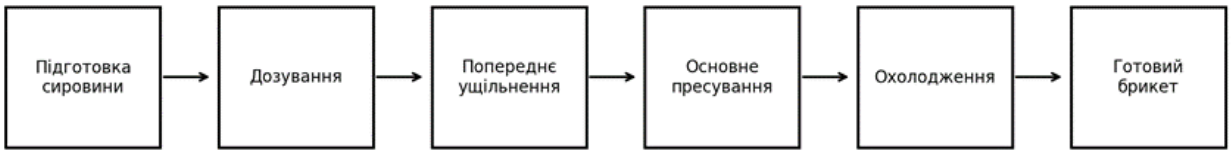


Рисунок 1. Узагальнена схема процесу ущільнення рослинної біомаси

Для інженерного проєктування доцільно розглядати тиск, вологість, час витримки та розмір частинок як основні керовані фактори. При цьому тиск забезпечує формування контакту між частинками, а час витримки сприяє перерозподілу напружень і стабілізації структури. Експериментальні дані для промислового штампового преса свідчать, що вплив часу витримки може бути визначальним для отриманої щільності, а врахування тертя дає змогу пояснити нерівномірність тиску в каналі.

Для аграрних відходів важливе також попереднє подрібнення, оскільки дисперсний склад впливає на ущільнюваність та механічну стійкість виробу. Дослідження брикетів з різних відходів показують статистично значущий вплив виду сировини, тиску і розміру частинок на механічні та паливні характеристики.

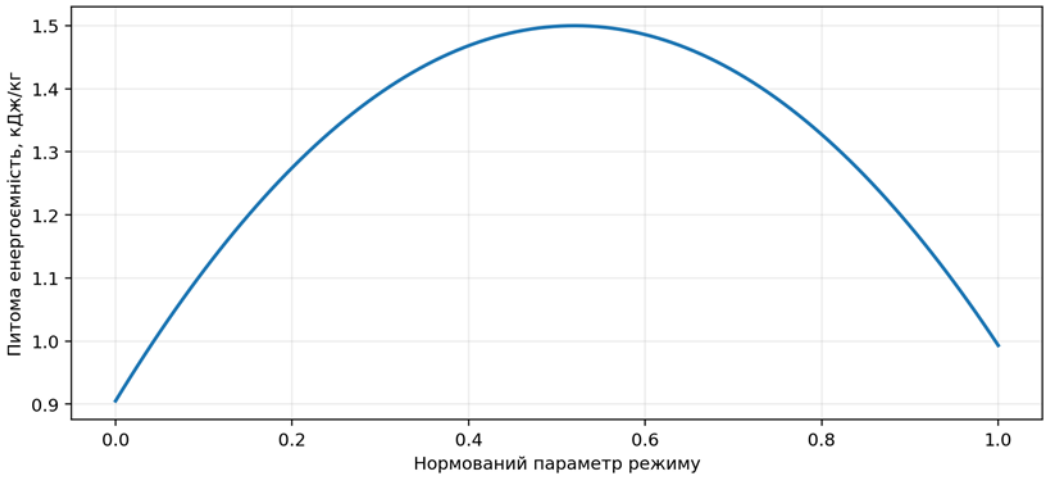


Рисунок 2. Умовна залежність питомої енергоємності від режиму пресування

Моделювання процесу ущільнення рослинної біомаси дає можливість перейти від емпіричного вибору режимів до обґрунтованого визначення конструктивно-технологічних параметрів преса. Найбільш значущими факторами є тиск, час витримки, вологість, дисперсний склад, геометрія формувального каналу та швидкість робочого органа. Доцільним критерієм оптимізації є одночасне забезпечення необхідної щільності та механічної стійкості брикету за мінімальної питомої енергоємності. Використання чисельних моделей разом з експериментальною верифікацією дозволяє оцінювати розподіл тиску, прогнозувати якість виробу та зменшувати кількість натурних випробувань. Отримані положення можуть бути використані під час проєктування шнекових, штампових та поршневих пресів для рослинної сировини. Результати можуть бути використані для попереднього проєктування пресів, вибору діапазону робочих тисків, оцінювання потужності привода та планування експериментів з ущільнення соломи, лушпиння і стеблових решток.

Список використаних джерел

1. Adam R., Deng Y., Kruggel-Emden H., Zeng T., Lenz V. Influence of pressure and retention time on briquette volume and raw density during biomass densification

with an industrial stamp briquetting machine. Renewable Energy. 2024. Vol. 229. Art. 120773. DOI: 10.1016/j.renene.2024.120773.

2. Elsisi S. F., Omar M. N., Samak A. A. et al. Production the Briquettes from Mixture of Agricultural Residues and Evaluation its Physical, Mechanical and Combustion Properties. Misr Journal of Agricultural Engineering. 2023. Vol. 40, No. 4. P. 393–418. DOI: 10.21608/mjae.2023.219214.1107.

3. Characterization of fuel and mechanical properties of charred agricultural wastes: Experimental and statistical studies. Energy Reports. 2022. Vol. 8. P. 4319–4331. DOI: 10.1016/j.egyr.2022.03.015.

4. Development of a novel integrated hopper briquette machine for sustainable production of pellet fuels. Procedia Computer Science. 2023. Vol. 217. P. 1719–1733. DOI: 10.1016/j.procs.2022.12.372.

5. Ngene G. I., Bouesso B., González Martínez M., Nzihou A. A review on biochar briquetting: Common practices and recommendations to enhance mechanical properties and environmental performances. Journal of Cleaner Production. 2024. Vol. 469. Art. 143193. DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.143193.

Abstract: *The paper considers modelling of plant biomass densification and determination of rational parameters of pressing equipment. The model accounts for compaction pressure, moisture content, particle size, retention time and forming-channel geometry. A set of performance criteria including briquette density, throughput and specific energy consumption is proposed. The combination of mathematical modelling, experimental validation and multi-objective optimization is substantiated.*

Keywords: *plant biomass, densification, briquetting, press, pressure, density, energy consumption, optimization*

Науковий керівник:

Садовий О.С.

Канд. техн. наук, доцент

Миколаївський національний аграрний університет