

TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR MANUFACTURING FUEL BRIQUETTES

M. Fomych*

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

AGRICULTURAL MACHINES



ABSTRACT

In Ukraine and the in world, there is a need to utilize the biomass of the stems of agricultural crops, the productive part of which is grain. Such agricultural crops are: wheat, corn, sunflower, linseed, etc. The volume of cultivation of these crops is constantly growing, so the problem of processing their stems is becoming extremely urgent. Typically, the biomass from stems of agricultural crops is crushed and left in the soil or burned. Scientists have proven that the biomass of the stems of agricultural crops has great potential for the production of a wide range of goods. The most rational way of processing the biomass from the stems of agricultural crops is to produce various types of solid fuel. The stem of the crop can and should be used as raw material for the production of fuel materials, as this will contribute to ensuring Ukraine's energy independence. The purpose of the research is to analyze the technologies and equipment for the production of fuel briquettes from the stems of agricultural crops, to determine the most promising of them. The article analyzes the types of fuel briquettes, their physical and mechanical properties, as well as technologies and equipment for their production from the biomass of the stems of agricultural crops. It was established that it is most expedient to manufacture briquettes of the RUF and NESTRO (NIELSEN) type due to their low cost and good physical and mechanical properties. A complex of equipment for the production of fuel materials for the production of briquettes of the RUF or NESTRO (NIELSEN) type is also offered. These types of briquette production complexes can be located on the territory of agricultural producers, which enables processing of stems into fuel briquettes directly on the spot.

Key words:

biomass,
stems,
fuel briquettes,
solid fuel,
properties of fuel briquettes

Article history:

Received 02.05.2023

Accepted 02.06.2023

***Corresponding author:**

mykhailo.fo@gmail.com

DOI: 10.36910/acm.vi49.1020

To cite this article:

Fomych, M. (2023). Technologies and equipment for manufacturing fuel briquettes. *Agricultural Machines*, 49, 53-59. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1020>

УДК 631.572

**ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ
ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ****М.І. Фомич****Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна***АНОТАЦІЯ**

В Україні та світі постала потреба утилізації біомаси стебел сільськогосподарських культур, продуктивною частиною яких є зерно. Такими сільськогосподарськими культурами є пшениця, кукурудза, соняшник, льон олійних тощо. Обсяги вирощування цих культур постійно зростають, тому проблема перероблення їх стебел стає надзвичайно актуальною. Як правило, біомасу стебел сільськогосподарських культур подрібнюють та залишають у ґрунті або ж спалюють. Науковцями доведено, що біомаса стебел сільськогосподарських культур має великий потенціал для виробництва широкого асортименту товарів. Найбільш раціональним напрямом перероблення біомаси стебел сільськогосподарських культур є виробництво різних видів твердого палива. Стеблову частину урожаю можна та потрібно використовувати як сировину для виготовлення паливних матеріалів, оскільки це сприятиме забезпеченню енергетичної незалежності України. Мета дослідження – проаналізувати технології та обладнання для виготовлення паливних брикетів із стебел сільськогосподарських культур, визначити найбільш перспективні із них. У статті проаналізовані типи паливних брикетів, їх фізико-механічні властивості, а також технології та обладнання для їх виготовлення з біомаси стебел сільськогосподарських культур. Встановлено, що найбільш доцільно виготовляти брикети типу RUF та NESTRO (NIELSEN) внаслідок їх низької вартості і хороших фізико-механічних властивостей. Також запропоновано комплекс обладнання для виробництва паливних матеріалів для виготовлення брикетів типу RUF або NESTRO (NIELSEN). Комплекси із виготовлення брикетів цих типів можна розташовувати на території виробників сільгосппродукції, що дозволить переробляти стеблову масу в паливні брикети безпосередньо на місці.

Ключові слова:

біомаса,
стебла,
паливні брикети,
тверде паливо,
характеристика паливних
брикетів

Історія публікації:

Отримано 02.05.2023
Затверджено 02.06.2023

***Автор для листування:**

mykhailo.fo@gmail.com

DOI: 10.36910/acm.vi49.1020**Цитувати цю статтю:**

Фомич, М. І. (2023). Технології та обладнання для виготовлення паливних брикетів. *Сільськогосподарські машини*, 49, 53-59. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1020>

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сьогодні в світі зростає потреба у переробленні біомаси сільськогосподарських культур, продуктивною частиною яких є зерно (насіння). Такими сільськогосподарськими культурами є пшениця, кукурудза, сояшник, льон олійних тощо. За даними FAOSTAT (FAOSTAT, *n.d.*) обсяги вирощування цих культур за останні роки суттєво зросли, особливо вирощування пшениці та кукурудзи (рис. 1).

Аналіз даних на рис. 1 показує, що обсяги виробництва пшениці, сояшнику, кукурудзи та льону олійного збільшувалися упродовж 2000-2020 років. Одночасно, залишається нерозв'язаною проблема утилізації стеблової біомаси цих культур. Як правило, стеблову біомасу цих культур спалюють на полях, що офіційно заборонено в Україні і є шкідливим для навколишнього середовища, зокрема ґрунту (Гелетуха & Железна, 2014). Ця проблема існує в усьому світі, її розв'язання має глобальне значення для довкілля.

Дослідження щодо перероблення біомаси сільськогосподарських культур висвітлені в наукових працях (Calzolari *et al.*, 2017; Grégoire *et al.*, 2020; Abd-Rabboh *et al.*, 2021; Dey *et al.*, 2022). В Україні використання біомаси стебел сільськогосподарських культур регламентується програмою утилізації відходів (Розпорядження КМУ № 820-р, 2017).

Для ефективного розв'язання проблеми доцільно застосувати комплексний підхід, тобто впровадити технології, які дозволяють використовувати усі складові урожаю: зерно (насіння), лущиння, стебло та його частини,

макуху, кострицю тощо (Ягелюк та ін., 2021). Науковцями доведено (Ягелюк & Дідух, 2020a), що біомаса сільськогосподарських культур має великий потенціал для виробництва широкого асортименту товарів. Встановлено, що найбільш раціональним напрямом перероблення біомаси стебел сільськогосподарських культур є виробництво різних видів твердого палива. Також відомі технології використання біомаси стебел для виробництва будівельних матеріалів та технічного волокна (Фомич, 2022).

Тверде паливо з біомаси стебел – це продукція, яка є вкрай необхідною. Незалежно від типу паливних брикетів, основними технологічними операціями їх виробництва є: збирання (брання) урожаю, різання стеблової біомаси, її подрібнення та сушіння, пресування стеблової біомаси.

Мета дослідження – проаналізувати технології та обладнання для виготовлення паливних брикетів із стебел, визначити найбільш перспективні з них.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Аналітичні дослідження проводилися із використанням методів аналізу, синтезу, наукової абстракції та комплексного підходу. Результати дослідження базуються на матеріалах, що отримані під час аналізу статистичних даних (FAOSTAT, *n.d.*) та інших джерел інформації, щодо обладнання та технології виготовлення паливних матеріалів (Гелетуха & Железна, 2014; C.F. Nielsen A/S, *n.d.*; RUF briquetting systems, *n.d.*; Shuliy Machinery, *n.d.*; Портал bio.ukr.bio, *n.d.*).

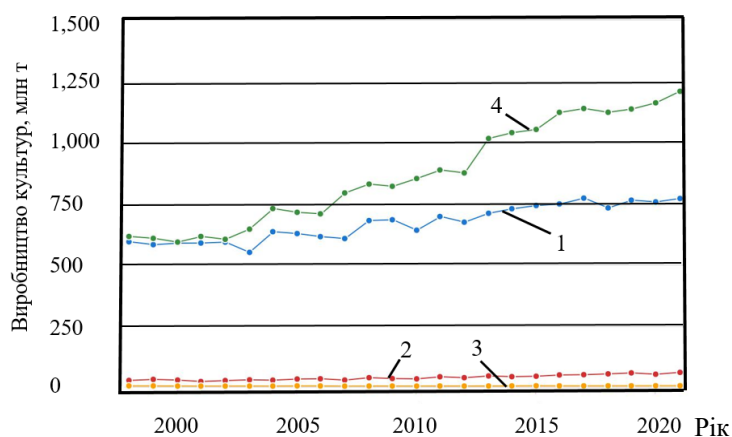


Рис. 1 – Динаміка виробництва сільськогосподарських культур у світі (FAOSTAT, *n.d.*):
1 – пшениця; 2 – сояшник; 3 – льон олійний; 4 – кукурудза

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Паливні брикети, що виготовлені із біомаси сільськогосподарських культур, – це спресовані рослинні матеріали прямокутної, циліндричної або іншої форми. Типовий діаметр брикетів становить 60–75 мм, а довжина брикетів – не перевищує 5 діаметрів. Стандартних розмірів у паливних брикетів немає (Гелетуха & Желєзна, 2014).

Назва брикетів походить від назви найбільш відомих виробників цієї продукції. Брикети типу RUF – це паливні брикети у формі цеглини, паралелепіпеда чи призми, які

виготовляють за допомогою високого тиску гідравлічними пресами (рис. 2). Розмір брикету залежить від сировини та сили тиску, що прикладається до неї для формування брикету (Гелетуха & Желєзна, 2014; RUF briquetting systems, n.d.).

Технологія виготовлення брикетів RUF містить операції (рис. 3): подрібнена сировина засипається у бункер, звідки за допомогою шнекового конвеєра спрямовується в камеру завантаження; пресування сировини проходить у камері пресування, де пресувальний шток стискає матеріал у прес формі, внаслідок чого брикет набуває необхідної форми та щільності.



RUF



NESTRO (NIELSEN)



Pini&Kay

Рис. 2 – Типи брикетів (Гелетуха & Желєзна, 2014; RUF briquetting systems, n.d.)



Етап 1



Етап 2



Етап 3



Етап 4

Рис. 3 – Технологія виготовлення брикетів типу RUF (RUF briquetting systems, n.d.)

Брикети типу NESTRO (NIELSEN) – це паливні брикети циліндричної форми або з багатокутним перерізом різної довжини (переважно без внутрішнього отвору), які виготовляються за високого тиску (рис. 2). Брикети NESTRO виготовляють у гідравлічних пресах, а брикети NIELSEN – в ударно-механічних пресах (рис. 4) (Гелетуха & Желєзна, 2014; C.F. Nielsen A/S, n.d.).



Рисю 4 – Прес BP2510 (C.F. Nielsen A/S, n.d.)

Брикети Pini&Kaу – це паливні брикети, що мають циліндричну або багатогранну форму з наскрізним отвором (рис. 2). Наскрізний отвір брикету забезпечує краще горіння внаслідок руху повітря всередині брикету. Ці брикети виготовляються шляхом пресування сухої сировини за високого тиску та температури. Це сприяє оплавленню та

зміцненню поверхні брикетів, що є важливим під час їх транспортування.

Лінія виготовлення паливних брикетів Pini&Kaу містить технологічне обладнання (Shuliy Machinery, n.d.) (рис. 5):

- барабанный подрібнювач – призначено для подрібнення рослинної сировини перед подальшим обробленням;
- дробарку – призначена для подрібнення сировини на частинки розміром до 8 мм;
- барабанну сушарку – призначена для сушіння подрібненого рослинного матеріалу до вологості, яка нижча 12%;
- машину для брикетування – призначена для виготовлення брикетів за високого тиску та температури;
- пристрій для очищення димових газів – сприяє зменшенню забруднення повітря під час виробництва.

Для реалізації технології виготовлення паливних брикетів типу RUF та NIELSEN з стеблової частини сільськогосподарських культур пропонується комплекс обладнання (рис. 6), що містить: подрібнювач, який подрібнює біомасу до необхідних розмірів; аеродинамічну сушарку, яка, за потреби, сушить до необхідної вологості біомасу; ударно-механічний або гідравлічний прес, який спресовує сировину у брикети заданої форми і щільності; пакувальну машину.



Рис. 5 – Лінія виробництва брикетів типу Pini&Kaу (Shuliy Machinery, n.d.):
1 – сировина; 2 – брикети

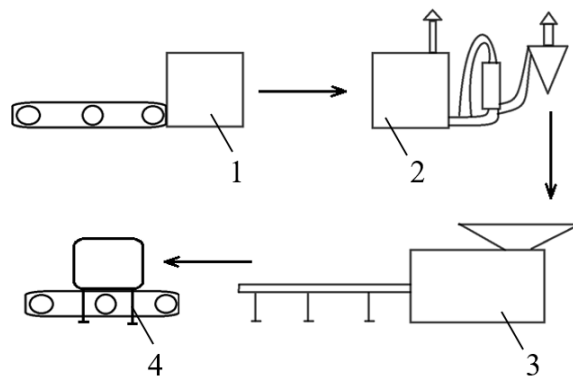


Рис. 6 – Комплекс обладнання для виготовлення паливних брикетів типу RUF та NIELSEN:
 1 – подрібнювач сировини; 2 – аеродинамічна сушарка сировини; 3 – прес сировини;
 4 – машина для пакування брикетів

Перспективною рослинною сировиною для виробництва паливних матеріалів є стеблова складова урожаю льону олійного. Льон олійний – це складна для виробництва і перероблення культура, оскільки потрібні спеціальні технології та обладнання. Огляд сучасних технологій перероблення луб'яних культур подано в науковій праці (Ягелюк та ін., 2022). Із стеблової складової урожаю льону олійного, окрім виготовлення паливних брикетів, перспективним є виробництво малогабаритних паливних рулонів (МПР). Технологічні операції для їх виробництва можуть виконуватися технічними засобами, що обладнані пристосуванням для руйнування стебел (зменшення їх пружних властивостей) та формування МПР (Ягелюк & Дідух, 2020b). Використання МПР дозволить розв'язати актуальну задачу утилізації залишків стебел сільськогосподарських культур, зокрема льону олійного, та забезпечити населення дешевим паливом (Yaheliuk et al., 2020; Ягелюк та ін., 2022).

ВИСНОВКИ

Внаслідок збільшення площ посіву сільськогосподарських культур у великій кількості продукується біомаса, яку необхідно утилізувати. Біомаса стебел може стати перспективним джерелом екологічно чистої енергії в Україні та світі, якщо її переробляти у тверде паливо, зокрема, паливні брикети. Широкий вибір технологій виготовлення брикетів різних типів дозволяє підібрати найбільш придатну з них для певного виду рослинної сировини.

Аналіз технологій та обладнання для виготовлення паливних брикетів із стебел дозволив зробити висновки:

- перевагою паливних брикетів типу RUF є низька собівартість виготовлення; недоліками брикетів є низька щільність ($750\text{--}800\text{ кг/м}^3$), мала стійкість до вологи та механічних пошкоджень, що негативно впливає на їх транспортування;

- перевагами паливних брикетів NIELSEN є низька собівартість виготовлення і достатньо висока щільність ($1000\text{--}1150\text{ кг/м}^3$); недоліком цих брикетів є низька вологостійкість;

- перевагами паливних брикетів Pini&Kay є стійкість до механічних пошкоджень, висока вологостійкість та щільність ($1100\text{--}1400\text{ кг/м}^3$); недоліками цих брикетів є висока собівартість виготовлення та необхідність подрібнення сировини.

Перспективним для брикетування стебел сільськогосподарських культур є технологія та технологічне обладнання для виробництва брикетів типу RUF або NIELSEN, що забезпечують низьку собівартість продукції. Комплекси із виготовлення брикетів цих типів можна розташовувати в агропідприємствах, що дозволить переробляти стеблову масу в паливні брикети безпосередньо на місці.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Abd-Rabboh, A. M. K., Mazrou, Y., El-Borhamy, A. M. A., Abdelmasie, H. W. K. L., Hafez, Y., & Abdelaal, K. A. (2021). Effect of sowing dates and seed rates of flax intercropped with sugar beet on productivity of both crops and competitive relationships. *Rom Biotechnol Lett*, 26(6), 3074-3089. <https://doi.org/10.25083/rbl/26.6/3074-3089>

- Calzolari, D., Magagnini, G., Lucini, L., Grassi, G., Appendino, G. B., & Amaducci, S. (2017). High added-value compounds from Cannabis threshing residues. *Industrial Crops and Products*, 108, 558-563.
- C.F. Nielsen A/S. (n.d.). *Turn waste into value*. Retrieved March 28, 2023, from <https://cfnielsen.com>
- Dey, P., Mahapatra, B. S., Pramanick, B., Pyne, S., & Pandit, P. (2022). Optimization of seed rate and nutrient management levels can reduce lodging damage and improve yield, quality and energetics of subtropical flax. *Biomass and Bioenergy*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106355>
- FAOSTAT. (n.d.). *Виробництво сільськогосподарських культур для отримання зерна (насіння) (Production of agricultural crops for obtaining grain (seeds))*. Retrieved March 26, 2023, from <https://www.fao.org/faostat/en/#compare>
- Grégoire, M., Barthod-Malat, B., Labonne, L., Evon, P., Luycker, E., & De Ouagne, P. (2020). Investigation of the potential of hemp fibre straws harvested using a combine machine for the production of technical load-bearing textiles. *Industrial Crops and Products*, 145, 111988. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111988>
- RUF briquetting systems. (n.d.). *Our proven briquetting systems change how you process and dispose of your byproducts*. Retrieved March 28, 2023, from <https://www.ruf-briquetter.com>
- Shuliy Machinery. (n.d.). *8–10 t/d Biomass Charcoal Project*. Retrieved March 28, 2023, from <https://charcoalmachines.com>
- Yaheliuk, S., Didukh, V., Busnyuk, V., Boyko, G., & Shubalyi, O. (2020). Optimization on efficient combustion process of small-sized fuel rolls made of oleaginous flax residues. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 62(3), 361-368.
- Гелетука, Г. Г., & Железна, Т. А. (2014). Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні (*Prospects for using agricultural waste for energy production in Ukraine*). Аналітична записка БАУ, 7, 12-16.
- Портал bio.ukr.bio. (n.d.). *Паливні брикети – сировина і стандарти (Fuel briquettes – raw materials and standards)*. Retrieved March 28, 2023, from <https://bio.ukr.bio/ua/articles/1589/>
- Розпорядження КМУ № 820-р. (2017). *Національна стратегія управління відходами (National Waste Management Strategy)*. Retrieved March 26, 2023, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>
- Фомич, М. І. (2022). Можливість виготовлення будівельних матеріалів з відходів сільськогосподарських рослин (*The possibility of manufacturing building materials from agricultural plant waste*). *Молодіжна наука заради миру та розвитку*, 595-597.
- Ягелюк, С., & Дідух, В. (2020a). Напрямки використання продукції переробки льону олійного та льону-довгунця (*The use of produce of the flax processing*). *Товарознавчий вісник*, 1(13), 292-305. <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2020-13-25>
- Ягелюк, С. В., & Дідух, В. Ф. (2020b). Концептуальна модель технологій переробки стебел льону (*A concept model of technologies for processing flax stems*). *Сільськогосподарські машини*, 44, 155-164. <https://doi.org/10.36910/agromash.vi44.300>
- Ягелюк, С. В., Фомич, М. І., Голій, О. В., & Хомич, А. В. (2021). Ідентифікація та класифікація залишків сільськогосподарських культур для подальшого використання (*The identification and classification of the agricultural crops residues for further use*). *Сільськогосподарські машини*, 47, 95-101. <https://doi.org/10.36910/acm.vi47.654>
- Ягелюк, С. В., Фомич, М. І., & Ягелюк, О. О. (2022). Сучасні технології переробки біомаси луб'яних культур (*The modern technologies of bast crops biomass processing*). *Сільськогосподарські машини*, 48, 59-66. <https://doi.org/10.36910/acm.vi48.841>