



УДК 662.8.1

ДОСЛІДЖЕННЯ БРИКЕТУВАННЯ СОЛОМИСТИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЗЕРНОВІДХОДІВ УДАРНО-МЕХАНІЧНИМ ПРЕСОМ

Єременко О.І.,¹ к.т.н, доц., eremolex@nubip.edu.ua, **Субота С.В.**,² с.н.с.

¹*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

²*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва
НААН України*

Соломисті матеріали та зерновідходи мають значну неоднорідність щодо технологічних та фізико-механічних властивостей, а саме таких: ступінь подрібнення, вміст вологи, наявність домішок, пружно-в'язкі властивості тощо [1-3]. Для уточнення аналітичних та емпіричних закономірностей брикетування соломистих матеріалів та зерновідходів [3, 4]. Проведені дослідження в лабораторних умовах на брикетному пресі ударно-механічної дії.

Досліди брикетування ударно-механічною дією проведені на трьох видах вторинної біомаси: пшенична солома, полова, суміші соломи зі здрібненими зерновими відходами. Експериментальні дослідження здійснені на вітчизняному брикетному пресі ПБУ-060-800 з матрицею діаметром 60 мм. Вміст вологи у соломі становив від 12 % до 20 %, у полові – від 12,8 % до 16 %, у суміші – від 14 % до 16 %. Фракційний склад стеблової частини соломи становив від 20 мм до 80 мм. Досліди проводились з трикратною повторністю.

Зусилля пресування визначали електронним сило-вимірювачем ПП-1500 з похибкою ± 1 %. Вологість матеріалів визначали за допомогою вологоміра ULTRA-X (Німеччина) з точністю вимірювання $\pm 1,5$ %.

Зважування брикетів проводили на вагах РН-10Ц13 (№ 151234) з точністю 0,5 г.

Загальні закономірності [5] щодо підвищення щільності зі збільшенням зусилля брикетування підтверджуються більш характерно на брикетуванні суміші з зерновідходами. Це пояснюється тим, що даний технологічний матеріал створює найменшу пружну післядію порівняно з соломою чи половиною. Найбільш щільні брикети понад 900 кг/м^3 отримані з суміші соломи і зерновідходів при тиску пресування 65 МПа. Меншу щільність біля 830 кг/м^3 мають брикети з полови, отримані при більш високому тиску пресування – 90 МПа. Брикети найменшої щільності до 800 кг/м^3 одержані зі стеблової соломистої частини, яку, як встановлено дослідями, доцільно брикетувати ударним способом при тисках понад 100 МПа.

З підвищенням вологості соломистого матеріалу щільність брикетів зростає, а при вологості $W=17\%$ щільність має найбільші значення. Подальше зволоження призводить до зменшення щільності, проте, в брикетах, що включають зерновідходи, це явище відбувається несуттєво і пояснюється підвищенням адгезійної здатності в борошністій частині суміші. Виробничий досвід [2, 5] свідчить, що брикети з вологістю понад 17% незадовільно зберігаються, зокрема уражаються мікроорганізмами, частково руйнуються і тому втрачають свою кормову та паливну цінність.

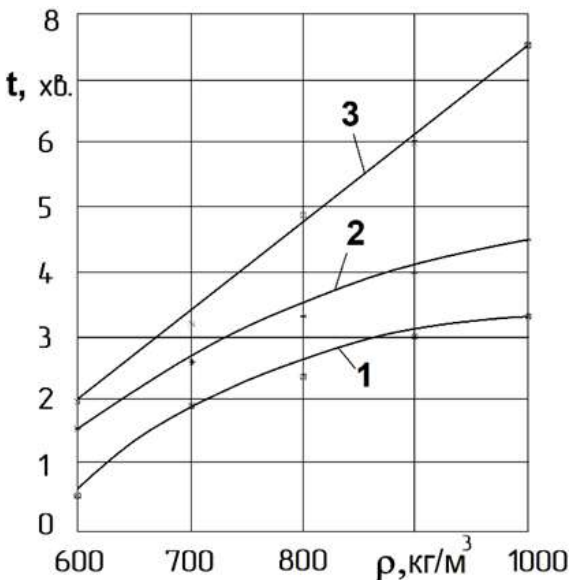
Одним з важливих показників процесу брикетування є фактор тривалості перебування матеріалу в матриці в ущільненому стані (рис. 1) для послаблення внутрішнього напруження (релаксації). Цей показник залежить від кількості сировини, що подається у пресову камеру, а також від тиску (P) пресування (рис. 2). Щільність брикетів визначається значною мірою даними параметрами, що треба враховувати при розробці конструкції преса.

Зі зростанням продуктивності преса за рахунок збільшення подачі матеріалу в камеру пресування, щільність брикетів знижується із-за коротшого терміну перебування в матриці.

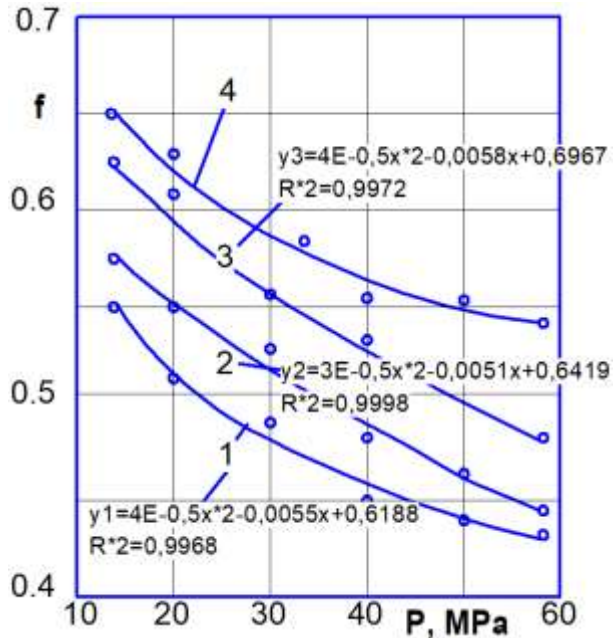
Була розроблена матриця планування згідно з планом Бокса-Бенкіна одно-факторних експериментів $\rho=f(P)$; $\rho=f(W)$; $t=f(\rho)$; $f=f(P)$. Статистичний аналіз і математична обробка коефіцієнтів регресії виконано за допомогою комп'ютерної програми STATISTICA [6].

За даними дослідів з використанням табличного процесора MS Excel методом регресійного аналізу та розрахунків з використанням програми [6]

отримані рівняння регресії другого порядку (рис. 2). Перевірку адекватності моделей досліджуваного процесу виконано за критерієм Фішера. Статистичну значимість коефіцієнтів регресії визначено за критерієм Ст'юдента [6].



1 – солома W=14,6 %; 2 – полова W=12,8 %; 3 – суміш соломи і зерновідходів W=14 %
Рисунок 1 – Графічна залежність тривалості (t) перебування матеріалу в стисненому стані від заданої щільності (ρ) брикетів



1(y₁) – солома (30-80 мм); 2(y₂) – солома (20-30 мм); 3(y₃) – полова; 4 – суміш половини і 30 % зерновідходів
Рисунок 2 – Графічна залежність коефіцієнта зовнішнього тертя (f) від тиску (P)

Триразова повторність дослідів при припустимій помилці у частках 1,0 передбачала надійність 0,9. Відносна похибка 4,3 % дослідів отримання брикетів полягала у нерівномірності вологості, фракційного складу матеріалу тощо. Було застосовано метод рандомізації [6], що дозволило рівномірно розподілити вплив зовнішніх випадкових факторів протягом усіх дослідів.

При визначенні коефіцієнтів зовнішнього тертя f_T (рис. 2) встановлено, що найменші значення мають показники сукупностей (1) і (2). Величина цього коефіцієнта більша у половині (3) та у суміші половини і зерновідходів (4). В межах тисків P до 60 МПа на матеріали спостерігається зменшення коефіцієнта зовнішнього тертя f_T майже за прямолінійною залежністю.

В результаті брикетування соломи, полови та сумішей з зерновими відходами на брикетній установці ПБУ-060-800 формувались брикети з щільністю 0,8-1,1 т/м³ при частоті 200 ударних рухів пуансона за хвилину. Продуктивність брикетного преса для соломи становила 0,3-0,35 т/год.; полови - 0,32 т/год.; суміші полови і 30 % зерновідходів - 0,4 т/год.

Висновки. 1. За результатами лабораторних досліджень доведена ефективність преса ударно-механічної дії на брикетуванні соломистих матеріалів та зерновідходів, яким притаманні складні пружно-в'язкі властивості. При тиску пресування 60 МПа найбільшу щільність понад 900 кг/м³ мали брикети з сумішей завдяки незначній пружній післядії порівняно з соломою. Брикети із соломи з фракційним складом понад 80 мм доцільно брикетувати під тиском біля 100 МПа.

2. Для ефективного брикетування соломистих матеріалів з високими показниками релаксації доцільно забезпечувати найбільш можливе ущільнення матеріалу живильним пристроєм та найменшу довжину нарощування брикету за один прохід пуансона. Тоді щільність брикетів більш рівномірна, а міцність виробів зростає у 1,2-1,5 рази при зменшенні продуктивності на 8-10 %.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Єременко О.І., Поліщук В.М., Шворов С.А., Скібчик В.І. Розрахунок обладнання для отримання біопаливних гранул і брикетів: монографія. Київ: НУБіП України, 2021. 244 с.

2. Piskunova, L.E., Yeremenko, O.I., Zubok, T.O., Serbeniuk, H.A., Korzh, Z.V. Scientific and methodological aspects of solid biofuel production processes in compliance with labor protection and environmental safety measures. *Polityka energetyczna – energy policy Journal*, Volume 25. Issue 1. 2022. 143–154. DOI: 10.33223/epj/144008. URL. <https://epj.min-pan.krakow.pl/>

3. Семірненко С.Л. Дослідження залежності щільності брикетів із соломи озимої пшениці від деяких факторів. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*. Харків: 2011. Вип. 111. С. 112-120.

4. Кіндзера Д.П., Атаманюк В.М., Госовський Р.Р., Мотіль І.М. Дослідження процесу формування брикетів з рослинної сировини та визначення їх характеристик. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. Збірник науково-технічних праць*. Львів: НЛТУ України, 2013. Вип. 23.17. С. 138-146.

5. Geletukha, G.G., Zhelezna, T.A., Dragnev, S.V. Analysis of the possibilities of production and use of briquettes from agrobiomass in Ukraine. *UAB Analytical Note*. No. 20. 2018. Retrieved from: www.uabio.org/activity/uabio-analytics

6. Данілов В.Я. Статистична обробка даних: навчальний посібник. Київ: КНУ ім. Т. Шевченка, 2019. 196 с.





ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА
АВТОМАТИКИ
АГРОПРОМИСЛОВОГО
ВИРОБНИЦТВА НААН
України



НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
України



ІНСТИТУТ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА
ПРИРОДНИЧИХ НАУК
НАЦІОНАЛЬНОГО
ДОСЛІДНИЦЬКОГО ІНСТИТУТУ
(Польща)

МАТЕРІАЛИ
XIV-ї Науково-технічної конференції
«Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»

01-17 жовтня 2025 року

Глеваха - Київ
2025

УДК 631.171

Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: XIV Міжнародна науково-технічна конференція, смт Глеваха Київської області – м. Київ, Україна, 1-17 жовтня 2025 року: матеріали конференції. Глеваха-Київ. 2025. - 204 с.

В матеріалах конференції коротко викладені основні результати теоретичних та експериментальних досліджень з пріоритетних напрямків розвитку тваринництва та кормовиробництва. Наведені дані про ефективність результатів наукових досліджень та їх виробничої перевірки.

Матеріали розраховані на науковців та здобувачів наукового ступеня.

Організаційний комітет конференції: *Адамчук В.В.*, д.т.н., проф., академік НААН, директор Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України (голова оргкомітету); *Братишко В.В.*, д.т.н., проф., декан механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України (співголова оргкомітету); *Штробель В.Р.*, доктор наук, директор Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща, (співголова оргкомітету); *Собчук Генрик*, професор, голова вченої ради Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща, (співголова оргкомітету); *Viacheslav Adamchuk*, д.т.н., професор і завідувач кафедри інженерії біоресурсів в Університеті McGill, Канада, (співголова оргкомітету); *Simone Pascuzzi*, д.т.н., професор кафедри агроекологічних та територіальних наук Університету Варі, Італія, (співголова оргкомітету); *Hristo Beloev*, д.т.н., професор Русенського університету, Болгарія, (співголова оргкомітету); *Maroš Korenko*, д.т.н., професор Словацького університету сільського господарства в Нітрі, Словачія, (співголова оргкомітету); *Jüri Olt*, д.т.н., професор агротехніки Естонського університету наук про життя, Естонія, (співголова оргкомітету); *Ребенко В.І.*, к.т.н., доц., доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України (секретар оргкомітету); *Кузьменко В.Ф.*, к.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник відділу механіки та автоматики біотехнічних систем у тваринництві ІМА АПВ НААН; *Хмельовський В.С.*, д.т.н., проф., завідувач кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Ткач В.В.*, к.т.н., с.н.с. завідувач відділу механіки та автоматики біотехнічних систем у тваринництві ІМА АПВ НААН; *Фененко А.І.*, д.т.н., проф., головний науковий співробітник ІМААПВ; *Голуб Г.А.*, д.т.н., проф., професор кафедри тракторів, автомобілів та біоенергосистем НУБіП України; *Собчук Генрик*, професор, голова вченої ради Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща; *Ревенко І.І.*, д.т.н., проф., професор кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Роговський І.Л.*, д.т.н., проф., завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка; *Заболотько О.О.*, к.т.н., доц., доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Сівак І.М.*, к.т.н., доц., доцент кафедри сільськогосподарських машин і системотехніки ім. П.М. Василенка НУБіП України; *Тітова Л.Л.*, к.т.н., доц., доцент кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка НУБіП України.

Рекомендовано до видання:

вченою радою ІМААПВ НААН України (протокол № 5 від «21» листопада 2025 р.);
вченою радою механіко-технологічного факультету НУБіП України
(протокол № 4 від «20» листопада 2025 року)

Адреси для листування:

08631, Київська обл., Васильківський р-н, смт. Глеваха, вул. Вокзальна, 11
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12, к. 11

E-mail: ima.apv.naan@gmail.com, mtf11k@ukr.net, info@animal-conf.inf.ua

Сайт конференції: <http://animal-conf.inf.ua>

© ІМА АПВ НААН України, 2025

© НУБіП України, 2025