

УДК 631.572

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ СТЕБЛОВИХ РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ

С. Левко, асистент

Львівський національний аграрний університет

Ключові слова: рослинні матеріали, паливні брикети, пресування, тиск, щільність, подрібнення, фізико-механічні властивості.

У статті розглянуто вплив довжини подрібнення рослинних матеріалів та тиску пресування на щільність паливних брикетів. Описана методика проведення експериментальних досліджень та подано результати і встановлено залежності між тиском та щільністю за певної довжини подрібнення.

Постановка проблеми. Нині значна частина стеблових рослинних відходів аграрного виробництва, лісопильної та деревообробної промисловості з багатьох причин не знаходять подальшого технологічного застосування. Проте в умовах постійного росту цін на енергоресурси і підвищеного попиту на екологічно чисті відновлювані джерела енергії утилізація відходів рослинного походження шляхом виготовлення з них різних видів твердого палива стає високорентабельним способом економії традиційних енергоресурсів.

Використання рослинних матеріалів для отримання теплової енергії ускладнюється їх низькою щільністю та необхідністю застосування складного технологічного процесу підготовки до спалювання. Існуючі на сьогодні час технології переробки рослинних матеріалів у тверде паливо супроводжуються використанням значної кількості енергії, часу та коштів, тому стоїть гостра проблема подальшого їх вдосконалення та розробки більш ефективних процесів підготовки матеріалів до пресування та їх пресування. Ці два процеси в технології виготовлення паливних брикетів є однаково важливими і взаємозалежними. Зокрема якість та енергозатрати на пресування матеріалів залежать від довжини подрібнення, вологості, виду рослинного матеріалу [1]. З іншого боку, надмірне подрібнення і сушіння матеріалу вимагає додаткових затрат енергії, що у свою чергу підвищує вартість паливних брикетів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пресування рослинних матеріалів широко застосовують у сільськогосподарському виробництві.

Процесу стискання піддаються сіно-соломисті рослинні матеріали для утворення тюків, рулонів, брикетів та гранул з метою заготівлі кормів, стебла льону з метою утворення снопів та рулонів. Найбільш вагомі та глибокі дослідження проведені вченими саме в питанні стиснення та пресування групи матеріалів. Такі дослідження провели В. П. Горячкін, М. А. Пустигін, И. В. Сахаров, С. А. Алферов, И. А. Долгов, В. И. Особов, Г. К. Васільєв, А. А. Григорєв, В. Д. Дутов, Дж. Л. Батлер, Х. Ф. Мак-Коллі, Эрнст Мевес, Г. А. Хайліс, В. С. Брік, Г. А. Аверянова, Б. П. Можаров, І.Я. Федоренко [2;4;6;11;12].

Проте дослідження проводилися лише для стеблових рослинних матеріалів з метою використання їх як кормів у тваринництві у вигляді тюків, рулонів, брикетів чи гранул, де щільність є не достатньо високою – 600...900 кг/м³ [6;10]. Для отримання паливних брикетів високої якості необхідно досягти щільності 1100...1300 кг/м³ [1;3].

Процес пресування тирси та стружки із деревини з метою отримання паливних брикетів досліджували О.М. Кіріченко, Є.М. Малишев, І.Я. Федоренко. За їх даними вихідна вологість сировини складала 10...16%, а щільність брикетів – 1100...1400 кг/м³ [7-9;11]. Проте в процесі пресування цих матеріалів не врахована довжина подрібнення.

Постановка завдання. Завданням досліджень є визначення впливу довжини подрібнення стебел рослин на щільність спресованої маси та зусилля пресування.

Виклад основного матеріалу. Процес пресування рослинних матеріалів здійснюється за допомогою шнекових чи поршневих пресів і характеризується зміною тиску в камері пресування. На зміну щільності рослинної маси залежно від тиску в робочій камері значний вплив має неоднорідність фізико-механічних властивостей рослинної маси, зокрема геометричні розміри частинок стебел (соломи). З метою проведення досліджень впливу довжини подрібнених частинок на щільність брикета було виготовлено експериментальну установку для визначення залежності щільності рослинної маси від зусилля пресування (рис. 1, а).

Експериментальна установка (рис. 1, б) складається з рами 1, на якій через підшипниковий вузол змонтовано гвинтовий механізм 2. У верхній частині на кінці тяги прикріплено велику противагу 7, а на протилежному боці тяги прикріплена вертикальна тяга 8, що відхиляє важіль терезів 12 із малою противагою 10 та повзуном 11. Між верхньою тягою 8 та гвинтовим механізмом 2 за допомогою пальців закріплене пристосування для випробування матеріалів на стиск 4, у верхній частині якого прикріплено поршень 6, у нижній – циліндр 5.

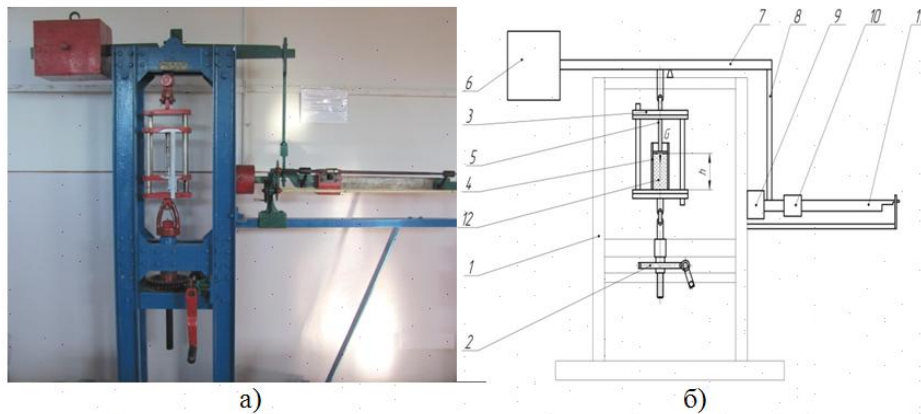


Рис. 1. Схема установки для визначення щільності рослинної маси від прикладеного зусилля: 1 – рама; 2 – гвинтовий механізм; 3 – пристосування для випробування на стиск; 4 – циліндр; 5 – поршень; 6 – противага; 7 і 8 – велика та мала тяги; 9 – мала противага; 10 – повзунок; 11 – важіль терезів; 12 – рослинна маса.

Зусилля пресування G (зусилля на штоці поршня) встановлювалося переміщенням повзунка 10 по важелю терезів 11 та обертанням гвинтового механізму 2 до встановлення рівноваги (рівень носика важеля терезів повинен збігатися з міткою на рамі).

Тиск пресування p визначали так:

$$p = \frac{G}{S}, \text{ МПа}, \quad (1)$$

де G – встановлене зусилля пресування, Н;

S – площа поперечного перерізу робочого каналу циліндра, мм^2 .

Для проведення дослідів використовували солому озимої пшениці та вівса (вологістю 14%), озимого ріпаку (вологістю 16%) та очерету (вологістю 15%). Вологість визначали вологоміром АВД-6100 ОП. Рослинний матеріал подрібнений на довжину 5, 10 і 20 мм. Поперечні розміри матеріалу залежать від виду культури і під час подрібнення суттєво не змінювалися.

Досліджуваний матеріал засипали у циліндр, який встановлювали в пристосування для випробування на стиск. За допомогою гвинтового механізму та повзуна на важелі терезів встановлювали відповідне навантаження G . Далі штангенциркулем (МТ-3006, точність 0,02 мм) замірювали висоту ущільненого матеріалу h та визначали об'єм V :

$$V = S \cdot h, \text{ см}^3, \quad (2)$$

де h – висота ущільненої рослинної маси, см;

S – площа поперечного перерізу циліндра, см^2 (діаметр робочого каналу циліндра $d = 38$ мм).

Щільність отриманого зразка визначали із залежності.

$$\gamma = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3, \quad (3)$$

де m – маса зразка рослинної маси, що знаходиться в циліндрі.

Масу вимірювали за допомогою електронної ваги МН-200, точність приладу 0,01 г.

Необхідно зауважити, що, зважаючи на незначний об'єм рослинної маси, ми припускали, що щільність є однаковою у всьому об'ємі.

Результати експериментів у вигляді точок та теоретичні залежності у вигляді кривих показані на графіках (рис. 2).

Щільність брикета із соломи пшениці (рис. 2) за однакового тиску є дещо більшою для довжини подрібнення 5 мм (становить 1146 кг/м^3), ніж для довжин 10 і 20 мм. Це зумовлено тим, що за більш подрібнених частинок соломи утворюється менше порожнин і наростання щільності відбувається швидше.

Рівняння, що описують теоретичні залежності (рис. 2, а) щільності соломи пшениці від тиску в робочому каналі, отримані методом найменших квадратів [5] із високим ступенем достовірності:

- для довжини 5 мм – $\rho = 207,7 + 248,07 \ln p$, ($r = 0,99$);
- для довжини 10 мм – $\rho = 162,47 + 235,52 \ln p$, ($r = 0,98$);
- для довжини 20 мм – $\rho = 142,94 + 222,15 \ln p$, ($r = 0,98$).

Щільність соломи вівса (рис. 2, б) дещо відрізняється для довжин подрібнення 5, 10, 20 мм і змінюється в межах $900 \dots 1150 \text{ кг/м}^3$ за тиску 40 МПа. Це зумовлено досить низькою вологістю та високою міцністю стебел.

Для соломи вівса теоретична залежність (рис. 2, б) описується рівняннями:

- для довжини 5 мм – $\rho = 183,34 + 260,16 \ln p$ ($r = 0,99$);
- для довжини 10 мм – $\rho = 178,5 + 242,68 \ln p$ ($r = 0,99$);
- для довжини 20 мм – $\rho = 157,27 + 220,81 \ln p$ ($r = 0,98$).

Щільність соломи ріпаку для різних довжин подрібнення практично не відрізняється і становить близько 1000 кг/м^3 за тиску $35 \dots 40$ МПа. Це зумовлено тим, що стебла ріпаку, на відміну від стебел колосових культур, є щільнішими і не мають внутрішніх пустот.

Для соломи ріпаку теоретична залежність (рис. 2, в) описується рівняннями:

- для довжини 5 мм – $\rho = 241,79 + 214,49 \ln p$ ($r = 0,99$);

- для довжини 10 мм – $\rho = 203,24 + 223,01 \ln p$ ($r = 0,97$);
- для довжини 20 мм – $\rho = 154,55 + 224,76 \ln p$ ($r = 0,95$).

Щільність брикетів із стебел очерету для довжини подрібнення 5 мм є вищою, ніж для 10 і 20, мм і складає 1140 кг/м^3 внаслідок того, що під час подрібнення на меншу довжину частинки стебел частково площатся та руйнуються.

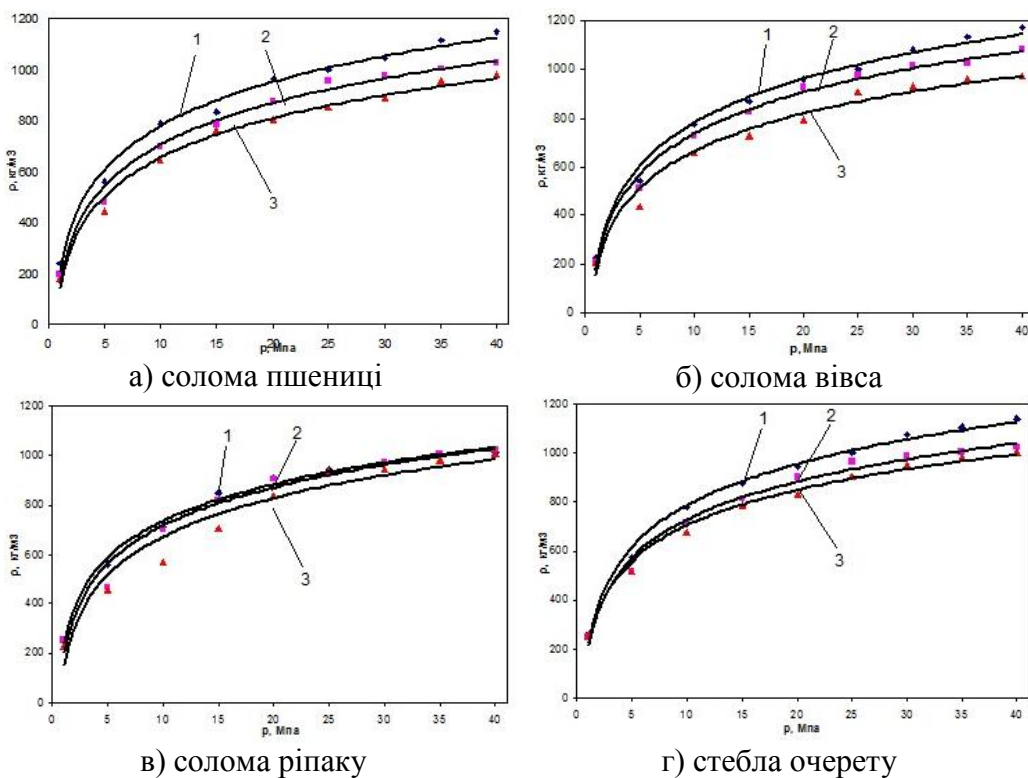


Рис. 2. Залежність щільності від рослинної маси тиску для різної довжини подрібнення:
1 – 5 мм; 2 – 10 мм; 3 – 20 мм.

Для стебел очерету теоретична залежність (див. рис. 2, г) описується рівняннями:

- для довжини 5 мм – $\rho = 227,9 + 243,32 \ln p$ ($r = 0,99$);
- для довжини 10 мм – $\rho = 215,83 + 223,02 \ln p$ ($r = 0,98$);
- для довжини 20 мм – $\rho = 225,37 + 208,55 \ln p$ ($r = 0,99$).

Отримані експериментальні дані показують, що за однакових тисків найбільшої щільності досягають, коли рослинний матеріал подрібнений до

розмірів 5 мм і, відповідно, найменшої – за довжини 20 мм, а для стебел ріпаку така відмінність незначна завдяки будові та складу стебла.

Як бачимо з графіків та отриманих теоретичних залежностей, із збільшенням тиску (зусилля пресування) наростання щільності поступово зменшується, що пояснюється інтенсивним витісненням порожнин з маси в початковий період пресування. Процес ущільнення описується експоненціальною залежністю

$$p = a \cdot e^{c\rho}, \quad (4)$$

де p – тиск у робочому каналі;

ρ – щільність брикета;

a і c – емпіричні коефіцієнти, що залежать від механіко-технологічних властивостей рослинного матеріалу та конструктивних параметрів преса.

Для визначення оптимальної довжини подрібнення рослинних матеріалів необхідно провести додаткові дослідження із визначення затрат енергії на пресування та подрібнення.

Висновки. Дослідження щільності рослинної маси дає змогу визначити необхідні зусилля пресування рослинної маси для досягнення відповідної щільності, а також вибрати розмір частинок, що відповідатиме найменшим затратам енергії на ущільнення.

Запропоновано методику дослідження процесу пресування з метою визначення щільності брикету від зусилля пресування для будь-якого рослинного матеріалу без використання додаткових пристосувань.

Проведені дослідження впливу довжини подрібнення на щільність спресованої маси та зусилля пресування показали, що для стебел колосових культур розмір подрібнення частинок має значний вплив на щільність брикету, а для стебел ріпаку такий вплив менш суттєвий.

Аналіз отриманих експериментальних даних показує експоненціальну залежність між тиском пресування та щільністю готового виробу.

Бібліографічний список

1. Механіко-технологічні властивості сільсько-сподарських матеріалів : підручник / [О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.] – К. : Мета, 2003. - 448 с.
2. Бурмистрова М. Ф., Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений / Бурмистрова М. Ф., Колюлькова Г.Г. М. : Сельхозиздат, 1955. – 360 с
3. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений (методы исследования, приборы, характеристики) / под ред. А.И. Буянова – М. : Колос, 1970. – 424 с.

4. Кормодробилки: конструкция, расчет : учеб. пособие / Ф. Е. Ялпачик [и др.] ; под ред. Г. С. Ялпачик. – Запорожье : Коммунар, 1992. – 290 с.

5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agrotonprom.at.ua>.

6. Аналітичний огляд процесів і засобів для виготовлення паливних брикетів з рослинних матеріалів / Д. В. Кузенко, Л. М. Кузенко, О. М. Крунич, С. І. Левко // Збірник праць V Міжнародної науково-технічної конференції "MOTROL-2011". Т.13D. – С.258-268

7. Троїцька О. О. Ефективність використання кормових брикетів на основі соломи, виготовлених на прес-брикетувальнику паливних брикетів /Троїцька О. О., Бакарджиєв Р. О. // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 1996. – Вип. 10, Т. 4. С. 64 – 69.

8. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П.М. Рошин. – Л. : Колос, 1980. – 168 с.

9. Технично-економическіе аспекты производства топливных гранул и брикетов из отходов древесины // Деревообработка. – М. : Изд-во ВНИПИЭИлеспром, 1991. – Вып. 10. – С. 15-24.

10. Пат. України 8251U, МПК В 30 В 11/22. Установка для одержання паливних брикетів / О. М. Кіріченко. – заявл. 25.02.05 ; опубл. 15.07.05, Бюл. № 6.

11. Пат. України 27142U, МПК В 27 Н 3/00. Шнековий прес-екструдер для отримання паливних брикетів / Є. М. Малишев, В. В. Біленький, О. І. Рябко [та ін.]. – заявл. 20.03.07 ; опубл. 25.10.07, Бюл. № 6.

12. Федоренко И. Я. Метод определения коэффициентов основного уравнения прессования / Федоренко И. Я., Наумов И. А. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. Барнаул, 2007, – № 8 (34). – С. 52 – 55.

Levko S. Results of experimental research of seal stem plant material

This article considered the influence lengths shredding plant material and compaction pressure on the density of fuel pellets. The described method of experimental studies and the results of and dependencies between pressure and density for a certain length of grinding.

Key words: plant materials, fuel briquettes, pressing, pressure, density, grinding, physical and mechanical properties

Левко С. Результаты экспериментальных исследований процесса уплотнения стеблевых растительных материалов

В статье рассмотрено влияние длины измельчения растительных материалов и давления прессования на плотность топливных брикетов. Описана методика проведения экспериментальных исследований и представлены результаты, а также установлены зависимости между давлением и плотностью по определенной длине измельчения.

Ключевые слова: растительные материалы, топливные брикеты, прессования, давление, плотность, измельчения, физико-механические свойства.