

УДК 629.114.4

В. І. Савуляк, д. т. н., проф.;**О. В. Березюк, к. т. н., доц.;****В. П. Пурдик, к. т. н., доц.;****С. П. Білошицький, асп.**

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНИХ УМОВ І ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТА ПРИВОДУ ПРЕСУВАННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ З ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ

Отримано регресійні залежності тиску пресування відходів деревини від коефіцієнта ущільнення як у вигляді поліномів шостого порядку, так і за допомогою степеневої функції. Досліджено вплив густини матеріалу тирси на тиск пресування. Визначено умови утворення брикетів достатньої міцності для транспортування та спалювання в енергетичних установках.

Вступ

Одним з альтернативних джерел використання є біомаса, значні запаси якої є в Україні. В процесі переробки деревини, яка є одним із найдавніших конструкційних матеріалів і обсяги використання якої і на сьогоднішній день значні, утворюється велика кількість відходів. В Україні щорічно утворюється до 49 млн т деревних відходів, енергія яких еквівалентна 10...20 млрд м³ природного газу [1].

Відходи деревини систематично утворюються також під час робіт з догляду за зеленими насадженнями комунальними підприємствами, у т. ч. під час проведення рубок догляду (освітлення, прочищення, проріджування, прохідних), санітарних рубок (вибіркових, суцільно санітарних, лісовідновних), рубок, пов'язаних з реконструкцією малоцінних молодняків і похідних деревостанів, обрізування сучків і частини живих нижніх гілок, видалення гілок і сучків, протипожежних обрізувань, догляду за підростом і підліском, ліквідації захаращеності, обрізування крони міських дерев та чагарників.

Однією із найперспективніших і давно відомих технологій утилізації відходів переробки деревини, які вже неможливо використовувати в інших технологіях, є спалювання. У цьому випадку вдається додатково вирішити важливе завдання поповнення енергетичних запасів за умов мінімізації забруднення атмосфери продуктами горіння.

Значні обсяги відходів деревини під час гниття в природних умовах виділяють велику кількість шкідливих газів, а тепло, що утворюється, розсіюється в навколишнє середовище. Доцільно використовувати енергію, що виділяється під час спалювання цих відходів в енергетичних установках. Перешкодою для спалювання є невисока енергетична цінність, яку мають ці відходи без спеціальної підготовки. Сучасний досвід виготовлення паливних брикетів або гранул ґрунтується на використанні в'язучих добавок, або нагрівання. Обидва методи мають недоліки: підвищують собівартість та спричиняють додаткові викиди в атмосферу шкідливих речовин [1].

Заслуговує уваги дослідження можливості пресування відходів деревини, а також тирси без в'язучих компонентів. Крім того, ущільнення відходів деревини під високим тиском дозволяє наблизити їх за енергетичною цінністю до вугілля. Одним з варіантів створення високих тисків, що моделюють тиски земної кори на вугільні пласти, є використання гідравлічних або гідромеханічних пресів.

Основна частина

На роботу гідропривода пуансона пресування суттєво впливають пружні властивості відходів деревини (ВД). Теоретично описати процес ущільнення ВД досить складно внаслідок неоднорідності

їх складу. Тому, на наш погляд, доцільно виконувати експериментальні дослідження з визначення пружних властивостей ВД у вигляді залежності між тиском p_n пресування та їх коефіцієнтом ущільнення $k_y = f(p_n)$ [2]. Для дослідження процесу ущільнення ВД пропонується використовувати експериментальну установку, схема якої зображена на рис. 1.

Установка працює таким чином. З відведеною в сторону траверсою 3 та піднятим у верхнє положення пуансоном 4, в матрицю 5 закладаються ВД, після чого траверса повертається у вихідне положення. Через гвинтову передачу від провертання важеля 7 опускається пуансон, який здійснює пресування ВД. При цьому фіксуються покази динамометра 2 для відповідного переміщення пуансона 4. Тиск p_n пресування знаходиться з формули

$$p_n = \frac{F}{S}, \quad (1)$$

де $S = 0,001018 \text{ м}^2$ — площа пуансона для пресування, F — зусилля пресування (визначається за показами динамометра).

Відносна деформація відходів ε визначається з виразу

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h}, \quad (2)$$

де h — висота бункера з ВД.

Коефіцієнт ущільнення ВД k_y знаходиться з виразу

$$k_y = \frac{h}{h - \Delta h}. \quad (3)$$

Під час експериментального дослідження були використані відходи деревини, які показані на рис. 2.

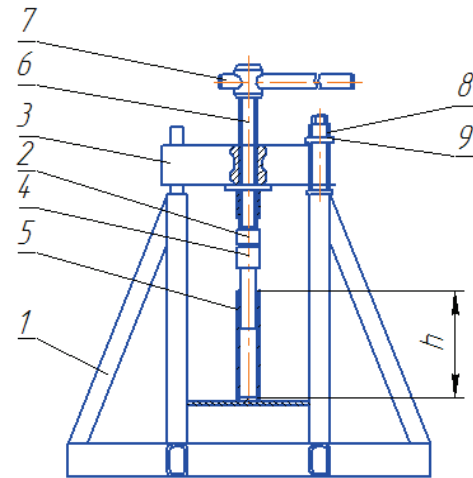


Рис. 1. Схема експериментальної установки:
1 — рама; 2 — динамометр; 3 — траверса;
4 — пуансон для пресування; 5 — матриця;
6 — гвинт силовий; 7 — важіль; 8 — гайка;
9 — шайба



а)



б)



в)



г)



д)

Рис. 2. Види відходів деревини, які були досліджені: а — кора дерев та інші відходи; б — тирса мілка (сосна і граб); в — стружка вільхи; г — стружка з мілкою тирсою (граб); д — стружка від фуговального верстата (граб)

Результати дослідів подано у вигляді графіків, зображених на рис. 3, 4. На графіках компресійні криві для ВД різного походження.

Інтерполяцією, з використанням методу найменших квадратів за експериментальними даними, отримано таке рівняння [3]:

$$k_Y = Ap_n^6 + Bp_n^5 + Cp_n^4 + Dp_n^3 + Ep_n^2 + Fp_n + G, \quad (4)$$

де A, B, C, D, E, F, G — коефіцієнти апроксимації, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Коефіцієнти апроксимації степеневого поліному, МПа

Походження ЛВ	$A \cdot 10^{-11}$	$B \cdot 10^{-8}$	$C \cdot 10^{-6}$	$D \cdot 10^{-4}$	$E \cdot 10^{-3}$	F	$G \cdot 10^{-4}$
Кора дерев та інші відходи	-2,48	1,07	-1,82	1,62	-8,32	0,271	8,2
Тирса мілка (сосна і граб)	-2,77	1,06	-1,59	1,22	-5,62	0,196	-1,86
Стружка вільхи	-7,82	3,19	-5,06	4,05	-20	0,838	-15,1
Стружка з мілкою тирсою (граб)	-1,17	0,656	-1,37	1,41	-8,14	0,303	-1,68
Стружка від фугувального верстата (граб)	-3,42	1,61	-3,04	3,01	-17,4	0,66	0,710

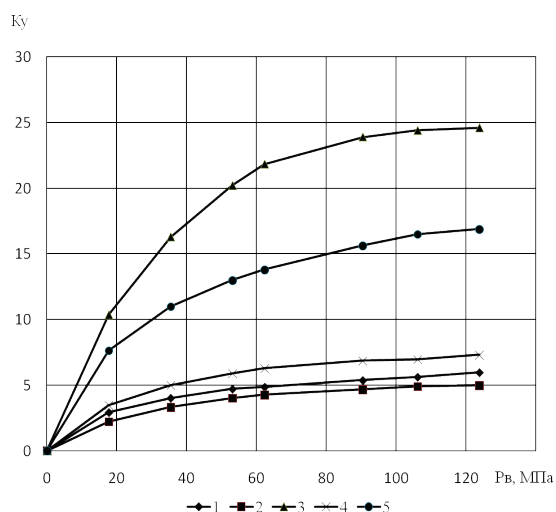


Рис. 3. Коефіцієнт ущільнення k_Y в залежності від тиску p_n пресування ВД: 1 — кора дерев та інші відходи; 2 — тирса дрібна (сосна і граб); 3 — стружка вільхи; 4 — стружка з мілкою тирсою (граб); 5 — стружка від фугувального верстата (граб)

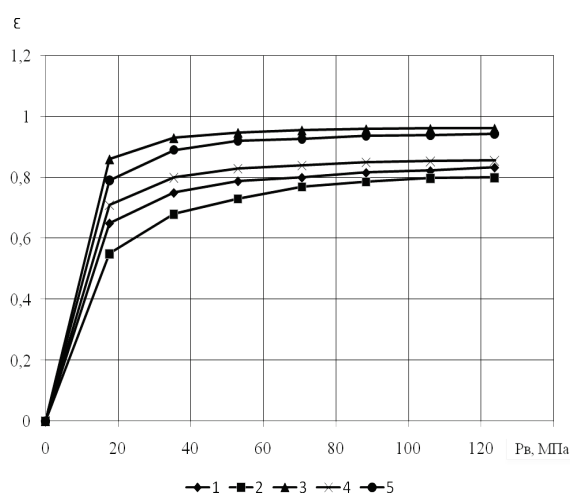


Рис. 4. Відносна деформація ε в залежності від тиску p_B пресування ВД: 1 — кора дерев та інші відходи; 2 — тирса дрібна (сосна і граб); 3 — стружка вільхи; 4 — стружка з мілкою тирсою (граб); 5 — стружка від фугувального верстата (граб)

В результаті проведення додаткового регресійного аналізу результатів експерименту отримано простіше рівняння регресії $k_Y = f(p_B)$:

$$k_Y = Ap_n^B, \quad (5)$$

де A, B — коефіцієнти регресії, що наведені в табл. 2.

З даних табл. 2 видно, що коефіцієнти регресії рівняння (5) в значній мірі залежать від походження ВД.

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу експериментальних даних

$\rho, \text{кг/м}^3$	Походження ЛВ	A	B	Коефіцієнт апроксимації R^2
95	Стружка вільхи	3,18	0,445	0,937
115	Стружка від фугувального верстата (граб)	2,39	0,419	0,990
190	Стружка з мілкою тирсою (граб)	1,266	0,374	0,963
255	Кора дерев та інші відходи	1,11	0,353	0,983
265	Тирса мілка(сосна і граб)	0,74	0,410	0,961

Використовуючи результати, показані в табл. 2, в рівнянні (5), отримано залежність коефіцієнта ущільнення ВД від їх відносної деформації та походження (густини) [3]:

$$k_Y = (A \ln \rho + B) P_n^{C\rho^4 + D\rho^3 + E\rho^2 + F\rho + H}, \quad (6)$$

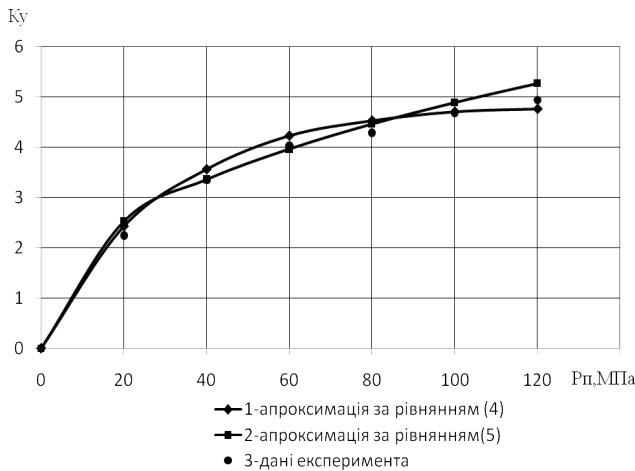


Рис. 5. Порівняння кривих апроксимацій та експериментальних досліджень

де $A = -2,13$; $B = 12,67$; $C = 3,27 \cdot 10^{-9}$;
 $D = -2,18 \cdot 10^{-6}$; $E = 5,21 \cdot 10^{-4}$;
 $F = -5,37 \cdot 10^{-2}$; $H = 2,45$; $\rho_0 = 190 \text{ кг/м}^3$;
 $P_{\text{пр}} = 123,8 \text{ МПа}$;

Похибка між значеннями коефіцієнта ущільнення, знайденими експериментально, $k_Y = 7,33$ та обчисленим за рівняннями регресії (6) $k_Y = 8,63$ не перевищує 17,7 %

Порівняння кривих за рівняннями регресії (4) та (5) з експериментальними даними показано на рис. 5. З аналізу отриманих залежностей випливає, що похибка між експериментальними результатами та двома апроксимаціями не перевищує 6,8%. Меншу похибку забезпечує апроксимація поліномом (4) і складає до 5,6 %, а степенева функція — 6,8 %.

Висновки

1. Коефіцієнт ущільнення відходів деревини залежить від тиску пресування та їх походження.
2. Для утворення міцних брикетів необхідно забезпечити тиск пресування не менший 100 МПа.
3. Регресійна залежність коефіцієнта ущільнення відходів деревини від їх відносної деформації адекватно описується поліномом шостого порядку або степеневою функцією. При цьому встановлено, що степенева функція забезпечує кращу достовірність апроксимації з меншою кількістю коефіцієнтів регресії.
4. Досліджено також вплив густини матеріалу тирси на коефіцієнт ущільнення, що дало можливість отримати регресійну залежність. Коефіцієнт ущільнення відходів деревини описується регресійною залежністю від двох параметрів: тиску пресування і густини, що може бути використано для моделювання процесу пресування та для проектування привода пресування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Портал України «Український Лісовий Ринок» [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.Woodex.ua>.
2. Морсин В. М. Оптимальная технология экспериментальных исследований гидроприводов строительных и дорожных машин / В. М. Морсин // Строительные и дорожные машины. — 1991. — № 11. — С. 23—25.
3. Савуляк В. І. Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів : моног. / В. І. Савуляк, О. В. Березюк. — Вінниця : УНІВЕРСУМ — Вінниця, 2006. — 218 с. — ISBN 966-641-194-6 (в пер.).

Рекомендована кафедрою технології підвищення зносостійкості

Надійшла до редакції 11.06.10
 Рекомендована до друку 30.06.10

Савуляк Валерій Іванович — завідувач кафедри технології підвищення зносостійкості;

Березюк Олег Володимирович — доцент кафедри менеджменту будівництва, охорони праці та безпеки життєдіяльності;

Пурдик Віктор Петрович — доцент кафедри технології і автоматизації машинобудування;

Вінницький національний технічний університет;

Білошицький Сергій Петрович — аспірант, викладач Вінницького транспортного коледжу