

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРЕСУВАННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ З ДЕРЕВИННОЇ СИРОВИНИ

¹Вінницький національний технічний університет

Запропоновано методику та комплекс обладнання для експериментального визначення характеристик процесу пресування у виробництві паливних брикетів. Розглянуто конструкцію спеціального стенда з гідравлічним приводом, до складу якого входять: оснащення типу пари «пуансон–матриця» для пресування в брикети відходів деревообробної галузі; реєстраційно-вимірювальна система на основі аналого-цифрового адаптера та комп'ютера, а також вимірювальні засоби для високоточного контролю маси та об'єму вихідної дози деревинної сировини та готового зразка брикету після процесу пресування. Під час проведення експериментальних досліджень реєструвались, в динамічному режимі: тиск в робочій порожнині мультипликаторного гідроциліндра, який визначав рівень тиску пресування, переміщення штока гідроциліндра та швидкість процесу пресування. В результаті цих досліджень отримані залежності густини, як основного показника якості, аналога паливного брикету, від тиску пресування, величини фракції та породи деревинних відходів як сировини, а також від направленості процесу пресування. Встановлено, що найвагомішим фактором у забезпеченні ефективності процесу виготовлення паливних брикетів є тиск пресування, з підвищенням якого суттєво поліпшуються показники якості ущільненого брикету. Також позитивно на густину брикету впливає послідовне застосування різних напрямків пресування. Збільшення розміру фракції вихідної сировини негативно впливає на показник ущільнення брикету. Підвищення швидкості пресування також має негативний вплив на процес ущільнення. Незначною мірою на процес ущільнення впливає порода деревини, хоча встановлено, що відходи деревообробки хвойних порід децю краще піддаються пресуванню, ніж аналогічна сировина листяних порід. Отримані експериментальні залежності пропонують використовувати під час проектування обладнання для виробництва паливних брикетів.

З урахуванням отриманих результатів на кафедрі технологій та автоматизації машинобудування Вінницького національного технічного університету розроблений та виготовлений дослідний зразок автоматизованого гідравлічного преса для виробництва паливних брикетів з деревинної сировини.

Ключові слова: паливні брикети, густина, тиск, розмір фракції, пресування, вид сировини.

Вступ

Обмеженість світових запасів вуглеводних енергетичних ресурсів ставить перед суспільством важливу проблему пошуку альтернативних відновлюваних джерел енергозабезпечення. Одним з реальних, а головне ефективних варіантів, є використання відходів деревообробної промисловості (дерев'яна стружка) та відходів переробної промисловості сільськогосподарського напрямку (солома, лушпиння насіння соняшнику, гречки, льону тощо). Використання вищеназваних видів палива у незпресованому вигляді неефективне, тому його необхідно привести до такого стану, який надасть можливість конкурувати по теплотворності з традиційними видами палива, наприклад, вугіллям. Це брикети та пелети. Проблема можна вирішити методами пресування сировини для досягнення заданої густини (щільності) та інших необхідних кондицій [1], [2]. Ефективність та привабливість такого виду палива полягає не тільки у задовільній теплотворності, а, головне, в його високих якостях щодо екологічності. Залишки (зольність) під час спалювання паливних брикетів та викиди в атмосферу шкідливих речовин в десятки разів менші, ніж у разі спалювання вугілля (табл. 1).

Для отримання паливних брикетів, а саме вони розглядаються в статті, використовується обладнання, що побудовано на принципах ударних кривошипно-шатунних механізмів, створених на основі екструдерних пар та поршневіх систем, а також з приводом на основі гідравтоматики. З

цих типів обладнання перших два є суто механічними і мають низькі показники надійності та довговічності, тому привабливішим типом є останній. Це й підтверджується зарубіжною практикою з виробництва такого обладнання (фірми WEIMA (Австрія), NESTRO, RUF, SCHUKO (Німеччина) та інші).

Таблиця 1

Порівняльні характеристики видів палива

Параметри	Брикетки з відходів деревини	Кам'яне вугілля
Густина, г/см ³	1,0...1,1	1,2...1,5
Теплотворність, ккал/кг	4000...4800	4400...5200
Зольність, %	0,5...1,0	10...20
Викиди в атмосферу сірки, %	0,1	1...3
Викиди в атмосферу вуглекислого газу, кг/ГДж	0	60
Вологість, %	9...12	10...15

Метою роботи є розроблення конструкції експериментального стенда та методики для визначення з його допомогою параметрів процесу пресування деревинної сировини у паливні брикетки.

Результати дослідження

Визначальним параметром паливного брикету є його густина (див. табл. 1), яка визначається відношенням маси брикету до його об'єму.

Для забезпечення потрібної кондиції паливного брикету по параметру густини необхідне використання спеціального обладнання, оскільки вихідну сировину (наприклад, відходи деревообробки) необхідно зменшити в об'ємі приблизно у 910 разів.

Для того, щоб отримати продукцію відповідної якості, необхідно на початку проектування обладнання для виробництва паливних брикетів знати його основні вихідні технічні параметри – це тиск та швидкість пресування, розмір фракції та вид породи вихідної сировини.

Для визначення вказаних параметрів авторами проведені експериментальні дослідження на спеціальному стенді з гідравлічним приводом (рис. 1) [2].

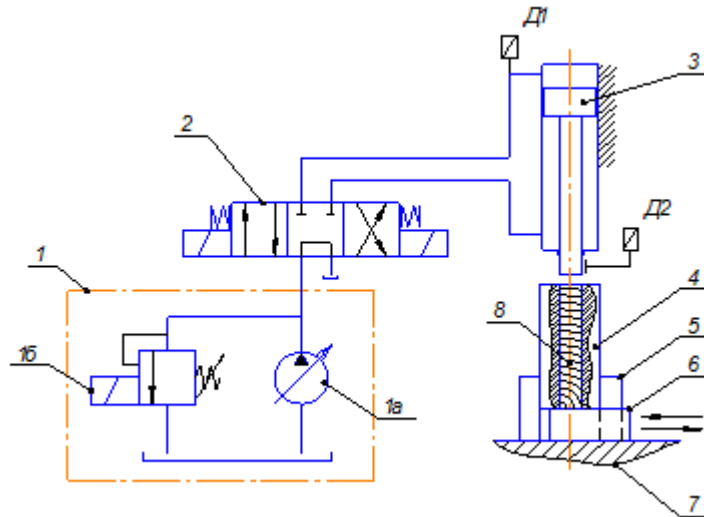


Рис. 1. Гідромеханічна схема експериментального стенда для дослідження впливу параметрів сировини на якість процесу пресування паливних брикетів

До складу стенда входять: насосна станція 1, яка містить насос 1а, типу НП34 ($p_{\max} = 21,0$ МПа, $Q = 235$ л/хв) змінної продуктивності та запобіжнопереливний клапан 1б з дистанційним електромагнітним керуванням; виконавчий орган у вигляді мультиплікаторного гідроциліндра 3, який здатний створювати тиск пресування до 100,0 МПа (1000 кг/см²); трипозиційний розподільник 2 з електромагнітним керуванням, призначений для управління робочим рухом виконавчого органу; матриця 4, що закріплена в спеціальному корпусі 5 з шиберам 6, в яку завантажується сировина 8 для дослідження. Для реєстрації зусилля, що створює виконавчий орган 3, передбачено датчик тиску $D1$, а його переміщення — датчик переміщення $D2$. Загальний вигляд стенда показано на рис. 2а.

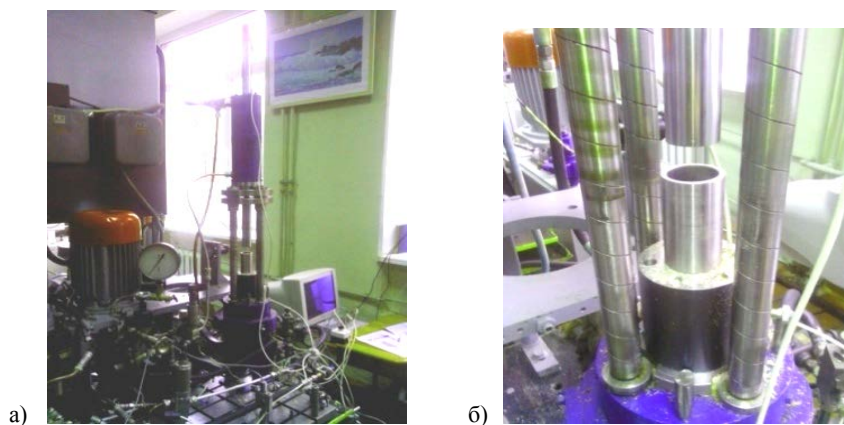


Рис. 2. Експериментальний стенд: а — загальний вигляд; б — робоча зона

Методика проведення експерименту така. В робочу зону (рис. 2б), яка утворена циліндричною матрицею та пуансоном діаметром 40 мм, завантажується попередньо підготовлена сировина (відходи деревообробки) відповідної вологості (12...16 %), після цього відбувається процес пресування, при положенні «закрито» шибера 6, за допомогою мультиплікаторного гідроциліндра. Після завершення циклу пресування подальшим рухом штока гідроциліндра 3, при положенні «відкрито» шибера 6, дослідний зразок брикету видаляється із зони пресування. Далі брикет зважувався з необхідною точністю та обмірювався за допомогою обладнання та оснащення, показано на рис. 3. До початку пресування вимірювались об'єм і маси вихідної порції сировини, після пресування — об'єм і маса брикету. Це дозволяло визначити густину зразка брикету. Густина є основним експлуатаційним параметром паливного брикету, від якого залежать його теплотворність, зольність та інші показники якості.

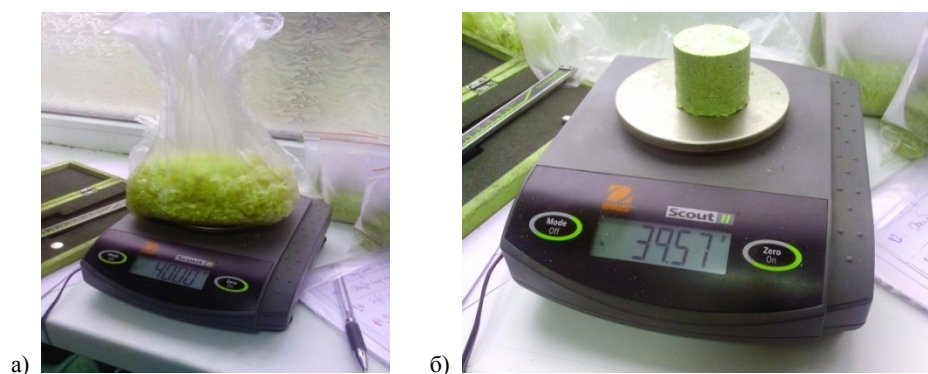


Рис. 3. Обладнання та оснащення для визначення параметрів сировини: а — до пресування; б — після пресування

Більшість експериментів проведено за умови одноразового завантаження вихідної сировини та подальшого одноразового циклу пресування (умовно в одному напрямку при переміщенні пуансона по вертикалі «зверху–вниз»), видалення зразка із зони пресування і аналізу його геометричних та вагових характеристик. Під швидкістю пресування розумілась швидкість руху пуансона в процесі ущільнення зразка. Так як конструкція стенда не дозволяла здійснити процес об'ємного пресування, тобто прикладення зусилля пресування до зразка одночасно з трьох напрямків (у декартовій системі координат), тому такий вид пресування реалізувався послідовно. Після виконання першого циклу пресування дослідний зразок видалявся із матриці встановленим порядком і після повороту на 90° (для суміщення з відповідним напрямком слідкуючої координати) повторно завантажувався в порожнину матриці і відбувався процес повторного пресування з подальшим видаленням дослідного зразка та виконанням реєстрації його геометричних та вагових параметрів. Таким чином реалізувався процес пресування умовно «у двох напрямках». Аналогічно реалізувався і процес пресування «у трьох напрямках».

Аналіз результатів проведених досліджень показав, що основними параметрами, які впливають на ступінь ущільнення вихідної сировини (у цьому випадку деревинної стружки) є тиск, швидкість та напрямок пресування, розмір фракції вихідної сировини та певною мірою порода деревини. Результати експериментальних досліджень показані на діаграмах (див. рис. 4—7).

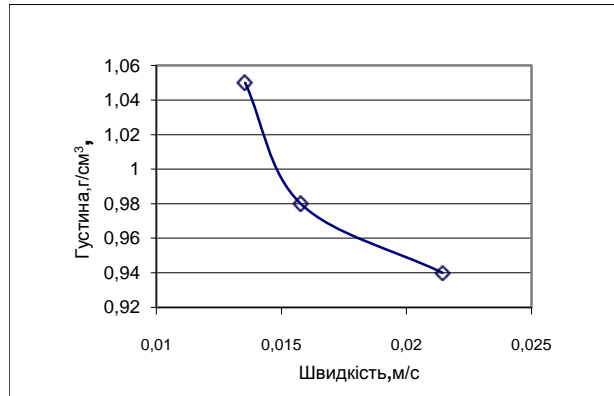
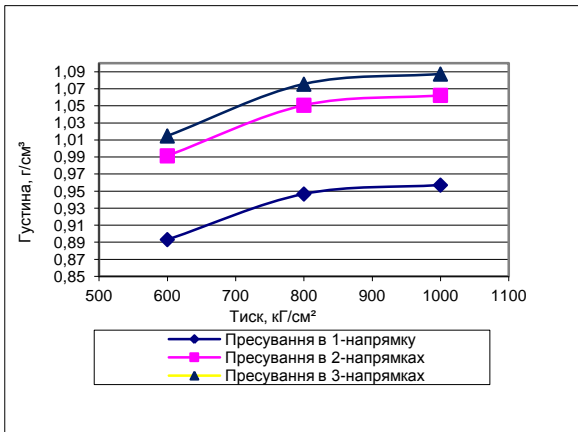
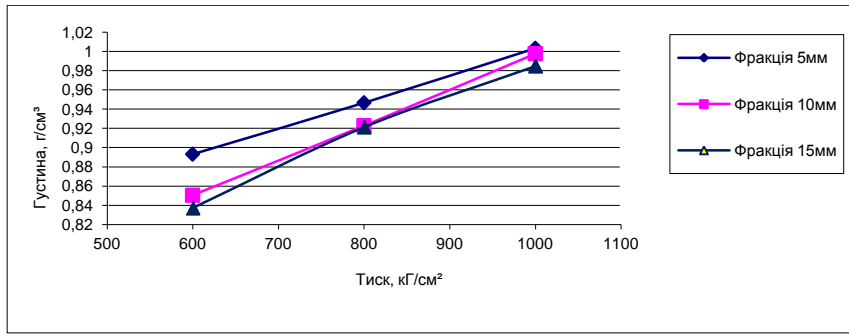
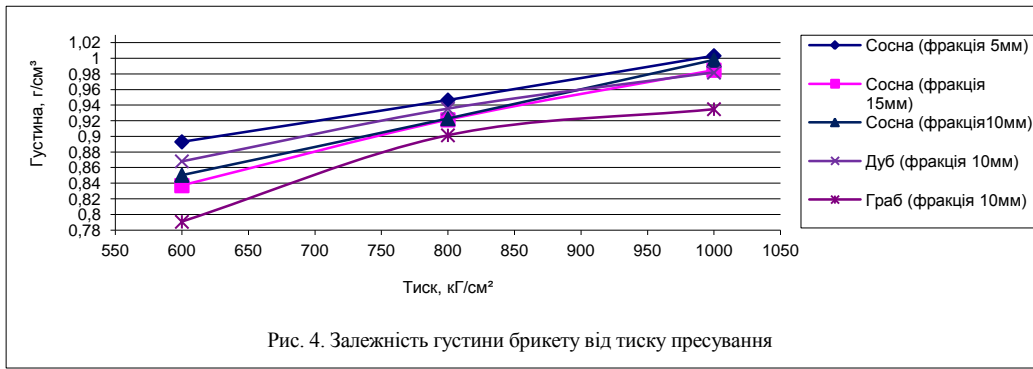


Рис. 8. Автоматизований гідравлічний прес для виробництва паливних брикетів

З урахуванням отриманих результатів на кафедрі технологій та автоматизації машинобудування Вінницького національного технічного університету розроблений та виготовлений дослідний зразок автоматизованого гідравлічного преса для виробництва паливних брикетів з деревинної сировини (рис. 8).

Висновки

В результаті проведених експериментальних досліджень, отримані залежності, що дозволяють обґрунтовано вибрати умови пресування вихідної сировини, а саме відходів деревообробки, в паливні брикети необхідної якості для їх успішного використання як альтернативне паливо. Тобто, для досягнення потрібної якості паливного брикету, обладнання для його виробництва має забезпечувати тиск пресування не менший 40,0 МПа.

При цьому максимальний розмір фракції вихідної сировини не повинен перевищувати 15 мм. Оптимальна швидкість процесу пресування повинна бути в межах 0,010...0,015 м/с.

Ці фактори є важливими для проектування промислового обладнання для виробництва паливних брикетів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] В. І. Савуляк, О. В. Березюк, В. П. Пурдик, та С. П. Білошицький, «Експериментальне визначення необхідних умов і параметрів процесу та приводу пресування паливних брикетів з відходів деревини,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 5, с. 96-99, 2010.

[2] В. П. Пурдик, «Обґрунтування основних експлуатаційних параметрів обладнання для виробництва паливних брикетів. Тези доповідей,» на *12-му Міжнародному симпозіумі українських інженерів-механіків у Львові*. Львів: 28-29 травня 2015, с. 73-74.

[3] И. А. Немировский, *Расчет гидроприводов технологических машин*. Киев: Техника, 1992, 181 с.

Рекомендована кафедрою технологій та автоматизації машинобудування ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 26.10.2018

Пурдик Віктор Петрович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, e-mail: victor.purdik@gmail.com ;

Возній Наталія Аркадієвна — аспірантка кафедри технологій та автоматизації машинобудування.

V. P. Purdyk¹

N. A. Vozni¹

Experimental Researches to Process of Pressing of Fuel Preforms from Wood Raw Material

¹Vinnitsia National Technical University

There has been proposed the methodology and design equipment for the determination of characteristics of the raw materials for the production of fuel briquettes. There has been considered the special stand with hydraulic actuators, which includes: equipment as a pair of "punch-matrix for pressing raw materials as waste of wood industry, briquettes; measuring and registering system based on analog-to-digital adapter and PC as well as measuring tools for precise control of weight and size of the initial dose of raw materials and the finished briquette samples after pressing. During research the following experiments were recorded in dynamic mode: multiplicative pressure hydraulic cylinders, which defined the load level during pressing and moving the last stock that characterized speed of this process. As a result of the pilot study of density dependence was received as a leading indicator of the quality of fuel briquettes from analogue pressure, size fractions and wood waste rocks. It has been established that the influential factors in ensuring the required level of quality fuel briquette pressing, the increasing of which greatly improves the process of sealing a briquette. Also the consistent compaction in different directions affects the density of briquette positively. The increase of the size of fraction of raw materials affects the briquette industry adversely. Also the increased speed of pressing affects the sealing process adversely. The breed of wood influences insignificantly on the process of compression, it is although set that wastes of woodworking of coniferous breeds are better for pressing than the raw material of leafy breeds. The experimentally received dependencies are encouraged to be used when designing the equipment for manufacture of fuel briquettes.

Taking into account the obtained results there has been constructed the pre-production model of the automated hydrohammer for the production of fuel preforms from wood raw material on the Chair of technologies and automation of engineering of Vinnitsia National Technical University.

Keywords: fuel briquettes, density, pressure, size, pressing, type of raw material.

Purdyk Victor P. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Technologies and Automation of Engineering, e-mail: victor.purdik@gmail.com ;

Vozni¹ Natalia A. — Post-Graduate Student of the Chair of Technologies and Automation of Engineering

В. П. Пурдик¹
Н. А. Возний¹

Экспериментальные исследования процесса прессования из отходов деревообработки топливных брикетов

¹Вінницький національний технічний університет

Предложена методика и комплекс оборудования для экспериментального определения характеристик процесса прессования в производстве топливных брикетов. Рассмотрена конструкция специального стенда с гидравлическим приводом, в состав которого входят: оснащение типа пары «пуансон–матрица» для прессования в брикеты отходов деревообрабатывающей отрасли; регистрационно-измерительная система на основе аналого-цифрового адаптера и компьютера, а также измерительные средства для высокоточного контроля массы и геометрических размеров исходной дозы сырья и готового образца брикета после процесса прессования. При проведении экспериментальных исследований регистрировались, в динамическом режиме: давление в рабочей полости мультипликаторного гидроцилиндра, который определял уровень давления прессования, перемещения штока гидроцилиндра и скорость процесса прессования. В результате этих исследований получены зависимости плотности, как основного показателя качества, аналога топливного брикета, от давления прессования, величины фракции и породы древесных отходов в качестве сырья, а также от направленности процесса прессования. Установлено, что наиболее значимым фактором в обеспечении нужного уровня качества топливного брикета является давление прессования, при повышении которого существенно улучшается качество уплотняемого брикета. Также положительно на плотность брикета влияет последовательное применение различных направлений прессования. Увеличение размера дозы исходного сырья негативно влияет на показатель уплотнения брикета. Повышение скорости прессования также оказывает негативное влияние на процесс уплотнения. Незначительно на процесс уплотнения влияет порода древесины, хотя установлено, что отходы обработки хвойных пород несколько лучше поддаются прессованию, чем аналогичное сырье лиственных пород. Полученные экспериментальные зависимости предлагается использовать при проектировании оборудования для производства топливных брикетов.

С учетом полученных результатов на кафедре технологий и автоматизации машиностроения Винницкого национального технического университета разработан и изготовлен опытный образец автоматизированного гидравлического пресса для производства топливных брикетов из древесного сырья.

Ключевые слова: топливные брикеты, плотность, давление, размер фракции, прессование, вид сырья.

Пурдик Виктор Петрович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологий и автоматизации машиностроения, e-mail: victor.purdik@gmail.com ;

Возний Наталья Аркадьевна — аспирант кафедры технологий и автоматизации машиностроения