

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ТРІСКИ ПАЛИВНОЇ З ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ В НЕРУХОМОМУ ШАРІ

*А. В. Ляшенко, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник*

*Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ
E-mail: A.Lyashenko@ukr.net*

Анотація. В Україні вирощування деревини залишається однією з пріоритетних галузей народного господарства. Загальна площа лісів складає 10,4 млн. гектарів [1-3].

Наукові установи та комерційні організації постійно займаються дослідженнями та розробками енергоефективних технологій та обладнання з утилізації органічних відходів (деревинної біомаси), яка утворюється в лісових господарствах для вирішення в першу чергу енергетичних та екологічних проблем.

Біомаса є четвертим за значенням паливом у світі і замінює сьогодні 1250 млн. т умовного палива. Вона становить приблизно 15 % первинних енергоносіїв у світі. Перевагою біомаси як палива є: відновлювальний характер, низька зольність, незначна кількість викидів, збереження рівноваги вуглекислого газу в атмосфері [4].

Енергетичні продукти переробки біомаси можуть використовуватися в розповсюджених енергетичних установках, наприклад, як традиційне паливо. Одним із поширених видів біомаси органічного походження є деревина. Під час розкладу на основні енергетичні елементи, які знаходяться в деревині, отримуємо приблизно 50 % вуглецю, 6 % водню та 44 % кисню. Теплотворна здатність деревини становить від 14-17 МДж/кг.

В інституті технічної теплофізики НАН України (ІТТФ НАНУ) тривалий час проводяться дослідження з різних способів сушки, а також розробляються установки для термообробки мілкодисперсних лабільних матеріалів.

Дослідження проводились з сушки та подрібнення зеленої рослинності, глини, кісної муки, відходів шкір виробництв тощо. Дослідження показують перспективність використання цього методу сушки, необхідність вдосконалення конструкцій установок для різних матеріалів, а також продовження дослідження процесів тепло- та масообміну в них.

Мета дослідження полягає в експериментальному визначенні часу, який необхідний для зневоднення тріски паливної при її сушінні в нерухомому шарі залежно від температури і швидкості теплоносія та можливої продуктивності проєктованих новітніх енергоресурсозберігаючих сушильних установок.

Проведена серія експериментальних досліджень з конвекційного сушіння тріски паливної на лабораторному стенді, який має назву «Стенд сушіння у киплячому шарі» при таких теплотехнічних параметрах: температура на вході в робочу камеру змінювалась в межах від 130 °С до 180 °С; швидкість теплоносія на

вході у робочу камеру – 0,3 – 1,2 м/с; товщина шару матеріалу – 100 мм; діаметр робочої камери – 135 мм; об'єм партії матеріалу, що досліджується – 0,0014м³; діапазон початкової вологості матеріалу, що досліджується (тріска паливна) – від 46 % до 55 %; тріска паливна мала вміст подрібненого листа об'ємом – 10-20 %.

У перспективі отримані результати ляжуть в основу розробки нового обладнання та створення методики інженерного розрахунку ресурсо- та енергоефективних сушільних установок, що є основним завданням подальшої роботи та відповідає сучасним вимогам до сушільного обладнання.

Ключові слова: *органічні відходи, біомаса, утилізація, лісове господарство, сушільні установки, теплофізичні властивості, сумісний процес, інженерний розрахунок*

Актуальність. Ліси поділяють залежно від характеру використання на промислового та непромислового призначення. Ліси промислового призначення необхідні для отримання ділової деревини. Ця деревина за своїми розмірами та якістю придатна для промислової переробки, а також використовується, як кругляк. У них відбуваються санітарні вирубки та промислові вирубки лісу, а потім обов'язкове його відновлення.

У лісах непромислового призначення проводяться лише тільки санітарні вирубки лісу, вибірково, лише для поліпшення стану та видового складу дерев. В Україні лісовий фонд непромислового призначення складає до 57 и% від усього лісового фонду [2 – 5]. Залежно від їх використання такі лісові ділянки поділяють на полезахисні, водозахисні, заповідні, протизсувні, рекреаційні та зелену зону в містах і навколо них.

Відходи деревини утворюються на всіх стадіях: росту, заготовки і переробки. На стадіях санітарної чистки та заготовки відходи утворюються у вигляді галузей, кори, хмизу, суків, вершин, коренів, тріски, які в сумі становлять близько 21 % від усієї маси деревини. При переробці деревини на пиломатеріали відходи утворюються у вигляді зрізок, ошурок, шматків, обапола, стружок і становлять 35-40 % від маси матеріалів, що переробляються.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нині при відомих способах переробки деревних відходів в Україні переробляється близько 50 % всієї деревної сировини різного походження [1-3]. З актуальності теми видно, що кількісні показники санітарних чисток деревини мають великі об'єми, які можна і необхідно

використовувати в народному господарстві. В основному використовуються традиційні способи сушки з використанням, наприклад, барабанних сушарок [6], одним з недоліків яких є великі питомі витрати теплоти на випаровування (до 5000 кДж/кг випареної вологи). Для переробки великої кількості відходів біомаси (після санітарних чисток) необхідна розробка вітчизняних ресурсоенергоєфективних технологій та обладнання з процесу переробки та сушіння відходів деревини, наприклад на тріску паливну.

Мета дослідження полягає у експериментальному визначенні часу, що необхідний для зневоднення тріски паливної при її сушінні в нерухомому шарі залежно від температури і швидкості теплоносія та можливої продуктивності проєктованих новітніх енергоресурсозберігаючих модульних сушильних установок.

Матеріали і методи дослідження. Для проведення серії експериментальних досліджень з процесу сушіння тріски паливної в нерухомому шарі спочатку був підготовлений досліджуваний матеріал. В якості нього були використані дерева різних порід, що розташовані на території ІТТФ НАНУ (рис. 1, а, б).



а

б

Рис. 1, а, б. Фото паростків деревинного матеріалу.

В якості сировини використовували зрублені паростки довжиною від 1,5 м до 2,5 м та товщиною від 0,5 см до 2,5 см.

Тріску паливну заготовляли безпосередньо перед початком проведення експериментів за допомоги гілкоподрібнювача (рис. 2).



Рис. 2. Загальний вигляд тріски паливної (після гілкоподрібнювача)

Приблизний вміст 80-90 % - деревина, 20-10 % - зелене листя.

Для експериментального дослідження процесу конвекційного сушіння тріски паливної на першому етапі був використаний існуючий експериментальний стенд та розроблена методика проведення експерименту рис. 3.

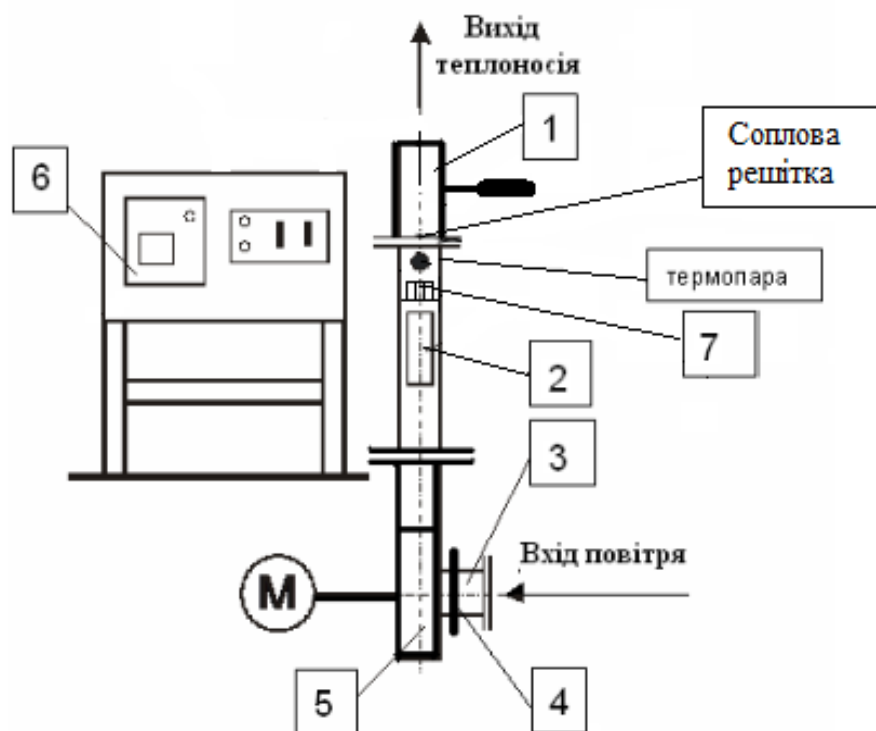


Рис. 3. Схема експериментального стенду дослідження кінетики процесу сушіння:

1 – спеціальна камера соплової сушки; 2 – підігрівачі повітря; 3 – вхідний патрубок; 4 – заслінка; 5 – відцентровий вентилятор; 6 – щит управління; 7 – розподільно-екрануючий пристрій

Соплова решітка має такі характеристики: вона представляє собою металічний лист товщиною 0,5 мм з отворами діаметром 0,5 мм, що розташовані квадратами один відносно іншого на довжині 5 мм.



Рис. 4. Загальний вигляд спеціальної камери соплової сушки

Проведена серія експериментальних досліджень з конвекційного сушіння тріски паливної на лабораторному стенді, який має назву «Стенд сушіння у киплячому шарі» при наступних теплотехнічних параметрах: температура на вході в робочу камеру змінювалась в межах від 130 °С до 180 °С; швидкість теплоносія на вході у робочу камеру – 0,3 – 1,2 м/с; товщина шару матеріалу – 100 мм; діаметр робочої камери – 135 мм; об'єм партії матеріалу, що досліджується – 0,0014 м³; діапазон початкової вологості матеріалу, що досліджується (тріска паливна) – від 46 % до 55 %; тріска паливна мала вміст подрібненого листя об'ємом – 10-20 %.

Методика проведення експериментальних досліджень полягає в такому: визначаємо початкову вологість матеріалу; зважуємо на вагах спеціальну камеру соплової сушки без матеріалу (1,84 кг); насипаємо у спеціальну камеру соплової сушки експериментальний матеріал (підготовлену тріску паливну) масою 0,3 кг; ставимо спеціальну камеру соплової сушки на лабораторний стенд для проведення процесу сушки тріски паливної при встановлених параметрах температури та швидкості теплоносія; через визначені проміжки часу спеціальну камеру соплової сушки з тріскою паливною перевертаємо на 180 градусів (рис.4). На вагах вимірюємо зміну маси матеріалу в процесі сушіння та продовжуємо процес сушки

до тих пір, поки зміна маси матеріалу, що досліджується, не буде змінюватись через визначені проміжки часу.

По закінченню експерименту проводимо визначення кінцевої вологи матеріалу, що досліджується за допомоги сушильної шафи.

Результати досліджень та їх обговорення. При дослідженні кінетики процесу сушіння досліджуваного матеріалу проводились визначення зі зміни вологи матеріалу під час сушіння залежно від температури теплоносія та його швидкості при однаковій вологості тріски паливної. У таблиці наведені передбачувана проектна кількість зон сушарки залежно від її продуктивності при різних показниках температури теплоносія.

Дослідження проводились при таких параметрах: температура на вході в камеру – 130 – 180 °С; швидкість руху теплоносія – 1,1 м/с. У трісці паливній присутні від 10 – 20 % листя за об'ємом. Маса робочої ємності=1,84 кг. Маса досліджуваного матеріалу дорівнює 0,3 кг.

1. Зміна вологості тріски паливної по блокам сушарки

№ п/п	G, кг/год	v, м/с	W, %	τ, хв.	t, °С	Кількість зон сушіння					
						1	2	3	4	5	6
1	500	1,1	47	13хв.	130	15	6				
					150	13	4				
					180	10					
2	1000	1,1	47	7хв.	130	28	17	8			
					150	27	13	6			
					180	23	8				
3	1500	1,1	47	5хв.	130	35	26	17	12	7	
					150	34	23	15	10	5	
					180	29	17	8			
4	2000	1,1	47	3хв.	130	39	31	23	18	14	9
					150	37	28	20	14	9	6
					180	35	24	16	10	6	

З аналізу таблиці видно, що зі збільшенням проектної продуктивності сушарки (G) в 4 рази максимальна проектна довжина сушарки збільшиться в 3 рази. Проектно-габаритні характеристики сушарки такі: ширина – 2 м, довжина кожної зони – 3 м.

Висновки і перспективи.

Отримані експериментальні дані будуть використані при створенні експериментальних стендів, чисельному дослідженні процесу в робочій камері сушильних установок, а також при створенні інженерного розрахунку установок для енергоефективної утилізації термолабільних органічних відходів.

Список використаних джерел

1. Лісове господарство [Електронний ресурс]. Державний комітет статистики України. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 17.04.2023).
2. Івануса А. В. Особливості утворення, переробки та утилізації деревинних відходів. *Деревообробник*. 2006. №11. С. 4 – 5.
3. Шершун М. Х. Аналіз діяльності лісогосподарських підприємств та ефективність використання лісоресурсного потенціалу в умовах розвитку економічної кризи. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2012. №4 (70, Т.1). С. 194 – 199.
4. Апостолук С. О. Промислова екологія: навчальний посібник. Київ: Знання, 2012. 430 с.
5. Олійничук О. І. Особливості лісогосподарського виробництва та підвищення його ефективності. *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону: науковий збірник*. 2009. Вип. V. Т.2. С. 148 – 154.
6. Каталог сушарок [Електронний ресурс] / Сайт електронного ресурсу. – Режим доступу: <https://www.agrovektor.com/ua/category/417-sushilki-promyshlennye.html>. (дата звернення: 14.04.2023).

References

1. Lisove hospodarstvo [Forestry]. State Statistics Committee of Ukraine. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Ivanusa, A. V. (2006). Osoblyvosti utvorennia, pererobky ta utylizatsii derevynnykh vidkhodiv. [Peculiarities of formation, processing and disposal of wood waste]. *Derevoobrobnyk*, 11, 4 – 5.
3. Shershun, M. Kh. (2012). Analiz diialnosti lisohospodarskykh pidpriumstv ta efektyvnist vykorystannia lisoresursnoho potentsialu v umovakh rozvytku ekonomichnoi kryzy. [Analysis of the activities of forestry enterprises and the effectiveness of the use of forest resource potential in the conditions of the development of the economic crisis]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU*, 4/70, 194 – 199.
4. Apostoliuk, S. O. (2012). Promyslova ekolohiia: navchalnyi posibnyk. [Industrial ecology: a study guide]. *Znannia*, 430.
5. Oliinychuk, O. I. (2009). Osoblyvosti lisohospodarskoho vyrobnytstva ta pidvyshchennia yoho efektyvnosti. [Peculiarities of forestry production and increasing its efficiency]. *Aktualni problemy rozvytku ekonomiky rehionu: naukovyi zbirnyk*, 2, 148 – 154.
6. Kataloh susharok [Catalog of dryers]. Available at: <https://www.agrovektor.com>.

EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE PROCESS OF DRYING FUEL CHIPS FROM WOOD WASTE IN A FIXED BED

A. Liashenko

Abstract. *In Ukraine, wood production remains one of the priority sectors of the national economy. The total area of forests is 10.4 million hectares [1-3].*

Scientific institutions and commercial organizations are constantly engaged in research and development of energy-efficient technologies and equipment for the utilization of organic waste (wood biomass) generated in forestry to solve primarily energy and environmental problems.

Biomass is the fourth most important fuel in the world and currently replaces 1250 million tons of conventional fuel. It accounts for about 15% of the world's primary energy sources. The advantages of biomass as a fuel are its renewable nature, low ash content, low emissions, and the preservation of the balance of carbon dioxide in the atmosphere [4].

Energy products of biomass processing can be used in common energy installations, for example, as a traditional fuel. One of the most common types of biomass of organic origin is wood. When decomposed into the main energy elements found in wood, we get about 50 % carbon, 6 % hydrogen, and 44 % oxygen. The calorific value of wood ranges from 14-17 MJ/kg.

The Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine (ITTF NASU) has been conducting research on various drying methods for a long time, as well as developing installations for heat treatment of fine labile materials.

Studies have been conducted on drying and grinding green vegetation, clay, bark meal, industrial leather waste, etc. The studies show the prospects of using this drying method, the need to improve the design of plants for different materials, and the continuation of research on heat and mass transfer processes in them.

The aim of the study is to experimentally determine the time required for dehydration of fuel chips during its drying in a fixed bed, depending on the temperature and speed of the coolant and the possible productivity of the designed new energy-saving drying plants.

A series of experimental studies on convection drying of fuel wood chips on a laboratory bench called the "Fluidized bed drying bench" was carried out at the following thermal parameters temperature at the inlet of the working chamber varied from 130 °C to 180 °C; coolant velocity at the inlet of the working chamber - 0.3 - 1.2 m/s; material layer thickness - 100 mm; diameter of the working chamber - 135 mm; volume of the batch of material under study - 0.0014 m³; range of initial moisture content of the material under study (fuel wood chips) - from 46 % to 55 %; fuel wood chips had a volume content of shredded leaves - 10-20 %.

In the future, the results obtained will form the basis for the development of new equipment and the creation of a methodology for engineering calculation of resource- and energy-efficient drying plants, which is the main task of further work and meets modern requirements for drying equipment.

Key words: *organic waste, biomass, utilization, forestry, drying plants, thermophysical properties, compatible process, engineering calculation*