

JUSTIFICATION OF OPERATING MODES FOR PNEUMOTHERMAL MOBILE EQUIPMENT FOR SEPARATION OF SCOTS PINE NEEDLES**A. Herasymchuk*, O. Tkachuk***Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine*

AGRICULTURAL MACHINES

**ABSTRACT**

The growing demand for natural textile materials is driving the search for fundamentally new raw materials for the production of textile fibres, in particular the use of pine needles for the production of textile fibres. The development of a technology for processing Scots pine needles at logging sites using a pneumothermal method with the help of a mobile equipment for separating pine needles requires research in order to substantiate its operating principles. In particular, it is necessary to substantiate the temperature and duration of drying and the amount of vacuum for the pine needle drying process. The use of pine needles, which represent up to 30% of the mass of the crown of a Scots pine, is an important factor in their processing and thus a more complete use of forest resources. Industrial processing of pine crowns requires the separation of needles from wood and bark, which are harmful impurities during the production of textile fibre. Experimental studies were carried out on branches with pine needles. The dimensions of the pine needles were determined and the minimum needle removal force that could be achieved in the drying chamber of the mobile equipment was determined. A two-factor experiment was used to determine the equation of the pine needle removal force on temperature and drying time. The minimum pull-off force was compared with the pull-off forces at different temperatures and drying times. As a result of the studies carried out to justify the operating modes of the mobile equipment for the pine needle separation, the parameters of the drying process have been established: drying temperature 80°C, drying time 90 minutes. Further research is required to establish the level of vacuum in the drying chamber of the mobile equipment, and to determine the dependence of the pine needle removal force on the temperature and drying time in other ranges of variation of these parameters.

Key words:

Scots pine needles,
pine needle detachment force,
pine needle drying temperature,
pine needle drying time,
vacuum level

Article history:

Received 14.05.2023

Accepted 13.06.2023

***Corresponding author:**

alexgop2017@gmail.com

DOI: 10.36910/acm.vi49.1025**To cite this article:**

Herasymchuk, A., & Tkachuk, O. (2023). Justification of operating modes for pneumothermal mobile equipment for separation of Scots pine needles. *Agricultural Machines*, 49, 75-80. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1025>

УДК 630*8:677.1

**ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ПНЕВМОТЕРМІЧНОЇ МОБІЛЬНОЇ
УСТАНОВКИ ДЛЯ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ХВОЇ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ****О.П. Герасимчук*, О.Л. Ткачук***Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна*

AGRICULTURAL MACHINES

**А
С М М**

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

АНОТАЦІЯ

Зростаючий попит на природні текстильні матеріали обумовлює пошук принципово нових сировинних ресурсів для виробництва текстильних волокон, зокрема використання хвої сосни звичайної для отримання текстильних волокон. Розроблення технології перероблення хвої сосни звичайної на місцях лісозаготівлі з використанням пневмотермічного способу за допомогою мобільної установки для відокремлення хвої потребує досліджень з метою обґрунтування режимів її роботи. Зокрема необхідно обґрунтувати температуру й тривалість сушіння та величину вакууму для процесу сушіння хвої. Використання хвої, яка складає до 30% маси крони сосни звичайної, є важливим фактором її перероблення, а отже більш повного використання лісових ресурсів. Промислове перероблення крони сосни звичайної потребує відокремлення хвої від деревини та кори, які є шкідливими домішками під час виробництва текстильного волокна. Експериментальні дослідження проводилися на гілках з хвоєю сосни звичайної. Було визначено розміри хвої, встановлено мінімальне зусилля відривання хвої, яке можна забезпечити в сушильній камері мобільної установки. Із використанням двофакторного експерименту визначено залежність зусилля відривання хвої від температури та тривалості сушіння. Виконано порівняння мінімального зусилля відривання із зусиллями відривання за різних температур та часу сушіння. У результаті проведених досліджень з обґрунтування режимів роботи мобільної установки для відокремлення хвої встановлено параметри процесу сушіння: температура сушіння 80°C, тривалість сушіння 90 хв. Обґрунтування величини вакууму в сушильній камері мобільної установки, встановлення залежності зусилля відривання хвої від температури та тривалості сушіння в інших діапазонах зміни цих параметрів потребує подальших досліджень.

Ключові слова:

хвоя сосни звичайної,
зусилля відривання хвої,
температура сушіння хвої,
тривалість сушіння хвої,
величина вакууму

Історія публікації:

Отримано 14.05.2023

Затверджено 13.06.2023

***Автор для листування:**

alexgor2017@gmail.com

DOI: 10.36910/acm.vi49.1025

Цитувати цю статтю:

Герасимчук, О. П., & Ткачук, О. Л. (2023). Обґрунтування режиму роботи пневмотермічної мобільної установки для відокремлення хвої сосни звичайної. *Сільськогосподарські машини*, 49, 75-80. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1025>

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Зростаючий попит на природні текстильні матеріали обумовлює пошук принципово нових сировинних ресурсів для виробництва текстильних волокон. Одним із перспективних напрямів таких досліджень є використання для отримання текстильних волокон хвої сосни звичайної (Gupta et al., 2020; Ткачук & Герасимчук, 2021; Mandal et al., 2022; Herasymchuk & Tkachuk, 2023).

Використання хвої, яка складає до 30% маси крони сосни звичайної, є важливим фактором її перероблення, а отже більш повного використання лісових ресурсів. Промислове перероблення крони потребує відокремлення хвої від деревини та кори, які є шкідливими домішками під час виробництва текстильного волокна. Перероблення хвої може проходити за допомогою мобільної установки, яка містить сушильну камеру, вакуумну систему пневмотранспортування та накопичувач хвої (Ткачук та ін., 2022). Для ефективної роботи цієї установки необхідно провести дослідження з метою обґрунтування режимів її роботи. Зокрема, потребують визначення величина вакууму, температура й тривалість попереднього сушіння хвойних гілок для послаблення зв'язку між хвоєю та гілками, а також потребує досліджень процес відокремлення хвої потоком повітря. Отже, розроблення технології перероблення хвої сосни звичайної на місцях лісозаготівлі та обґрунтування режиму роботи обладнання для реалізації цієї технології є актуальним завданням досліджень.

Мета дослідження – обґрунтування режиму роботи (температури та тривалості сушіння) мобільної установки, що призначена для відокремлення хвої, функціонування якої ґрунтується на пневмотермічному способі.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

В якості матеріалу для проведення дослідження використовували гілки хвої сосни звичайної (рис. 1, а), що були зібрані із нижньої частини крони дерев. Хвоя розташовується на пагонах пучками по дві хвоїнки (рис. 1, б). У перерізі хвоя сосни звичайної має форму, що подібна до кругового сегмента (рис. 1, в).

Довжину хвої сосни звичайної вимірювали штангенциркулем, а розміри її поперечного перерізу – цифровим мікроскопом Levenhuk (DXT 90) з можливістю збільшення від 10 до 300 крат. Зображення хвої, які отримали за допомогою цифрового мікроскопа, обробляли із використанням MicroCapture Plus (рис. 2).

Для обчислення геометричних параметрів хвої припускали, що її форма – це зрізаний вздовж осі циліндр (рис. 3). Це дозволило провести обчислення площ проєкцій моделі хвої з достатньою для технічних розрахунків точністю. Площі проєкцій хвої з розмірами l , c та h (рис. 3) обчислювали за виразами:

- фронтальна проєкція:

$$S_f = lc ; \quad (1)$$

- горизонтальна проєкція:

$$S_g = R^2 \arcsin\left(\frac{c}{2R}\right) - \frac{c}{4} \sqrt{4R^2 - c^2} ; \quad (2)$$



Рис. 1 – Хвоя сосни звичайної:

а – гілка із хвоєю; б – пучок хвої; в – поперечний переріз хвої



Рис. 2 – Визначення розмірів хвої сосни звичайної:

а – цифровий мікроскоп Levenhuk (DXT 90); б – оброблення зображення у програмі MicroCapture Plus

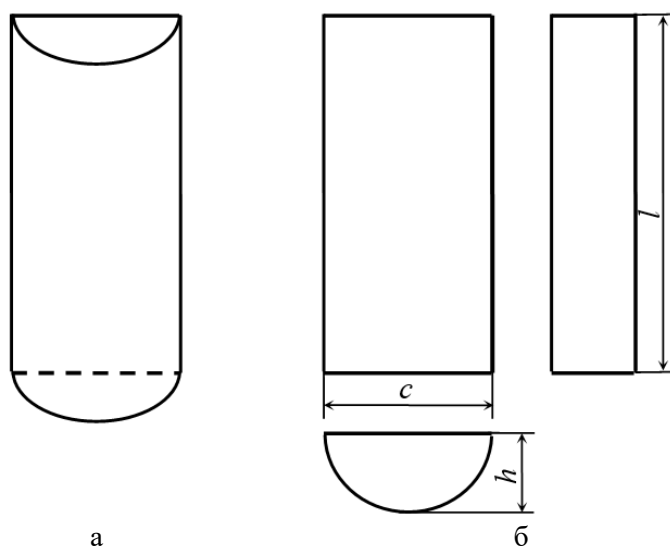


Рис. 3 – Геометричні параметри моделі хвої сосни звичайної:

а – прийнята форма моделі хвої; б – проекції з розмірами моделі хвої

$$\text{де } R = \frac{h}{2} + \frac{c^2}{8h};$$

- профільна проекція:

$$S_p = lh. \quad (3)$$

Мінімальні розміри хвої сосни звичайної, що досліджувалася, становили: $l_{\min} = 70$ мм, $c_{\min} = 1,3$ мм, $h_{\min} = 0,65$ мм.

Сушіння гілок сосни з хвоєю проходило в сушильній лабораторній шафі (рис. 4). Зусилля відривання визначали на установці (рис. 5), в якій гілку з хвоєю закріплювали в затискачі штатива. До хвої сосни за допомогою другого

затискача та нитки кріпили платформу, на яку встановлювали вантажі до моменту відривання хвої сосни від гілки. Зусилля відривання хвої визначали за масою вантажів.



Рис. 4 – Сушіння хвої в сушильній шафі

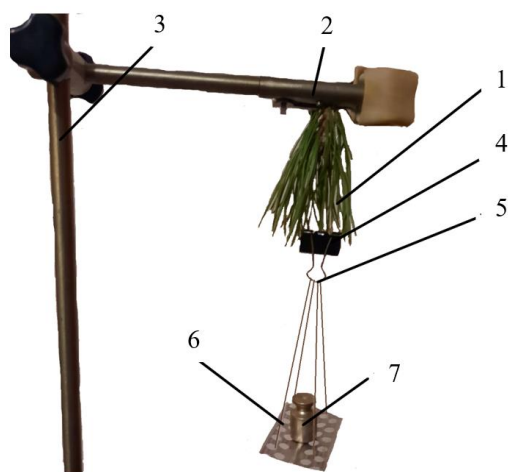


Рис. 5 – Визначення зусилля відривання хвої:
1 – гілка з хвоєю; 2, 4 – затискачі; 3 – штатив;
5 – нитка; 6 – платформа; 7 – вантаж

Дослідження впливу температури T ($^{\circ}\text{C}$) (x_1 – кодований фактор) та тривалості сушіння τ (хв) (x_2 – кодований фактор) хвої на зусилля відривання проводили із використанням методу планування експерименту. План-матриця двофакторного експерименту подана в таблиці 1.

Таблиця 1 – План-матриця проведення двофакторного експерименту

Номер досліджу	Значення кодованих факторів		Взаємодія факторів x_1x_2
	x_1	x_2	
1	2	3	4
1	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1

Таблиця 2 – Результати визначення зусилля відривання хвої

Номер досліджу	Температура сушіння x_1	Тривалість сушіння x_2	Зусилля відривання y , Н (за повтореннями)			Середнє зусилля відривання \bar{y}_u , Н	Оцінка дисперсії S_u^2
			y_{u1}	y_{u2}	y_{u3}		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	-1	-1	1,01	1,13	1,83	1,323	0,1960
2	+1	-1	0,75	0,10	0,53	0,460	0,1090
3	-1	+1	0,95	0,42	0,20	0,523	0,1490
4	+1	+1	0,04	0,02	0,01	0,023	0,0002

Повторюваність усіх проведених дослідів $m = 3$. Оброблення експериментальних даних виконували за допомогою комп'ютерної програми MathCAD 14.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Ураховуючи технічні характеристики механічних вакуумних насосів та втрати тиску в трубопроводах мобільної установки для відокремлення хвої, припускаємо, що різниця тисків у камері установки $\Delta p = 60000$ Па. Тоді мінімальне зусилля, яке діє на хвою в мобільній установці, становитиме $F_{\min} = 0,04$ Н. Результати експериментального визначення зусилля відривання хвої сосни після сушіння хвойних гілок за температур $40\text{--}80^{\circ}\text{C}$ тривалістю $40\text{--}90$ хв, середнє арифметичне значення зусилля відривання та оцінки дисперсії подані в таблиці 2.

Вплив на зусилля відривання хвої сосни температури сушіння описується рівнянням:

$$F = 2,396 - 0,015T - 0,014\tau, \quad (4)$$

де F – зусилля відривання хвої сосни, Н; T – температура сушіння хвої, $^{\circ}\text{C}$; τ – тривалість сушіння хвої, хв.

За рівнянням (4) побудована поверхня відгуку (рис. 6). На рис. 6 зображена площина, що відповідає мініимальному зусиллю, яке діє на хвою в мобільній установці. Усі точки поверхні відгуку, що побудована за рівнянням (4), які лежать нижче площини, забезпечують відокремлення хвої від гілок. Отже, для забезпечення відокремлення хвої від гілок за величини вакууму $\Delta p = 60000$ Па, хвою потрібно висушити за температури $t = 80^{\circ}\text{C}$ упродовж $\tau = 90$ хв.

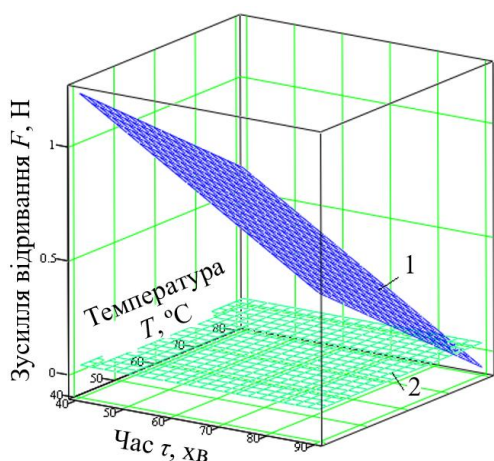


Рис. 6 – Графічні залежності:

1 – поверхня відгуку, що побудована за рівнянням (4); 2 – площина, що відповідає мінімальному зусиллю відривання хвої

ВИСНОВКИ

За результатами проведеного дослідження відокремлення хвої у мобільній установці, що містить сушильну камеру, вакуумну систему пневмотранспортування та збірник хвої, рекомендовано параметри процесу сушіння: температуру сушіння 80°C та тривалість сушіння 90 хв. У подальших дослідженнях доцільно теоретично та експериментально обґрунтувати величину вакууму в сушильній камері мобільної установки, дослідити залежність зусилля відривання хвої від

температури та тривалості сушіння в інших діапазонах зміни цих параметрів.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Gupta, P. K., Joshi, G., Rana, V., Rawat, J. S., & Sharma, A. (2020). Utilization of pine needles for preparation of sheets for application as internal packaging material. *Indian Forester*, 146(6), 538-543. <http://dx.doi.org/10.36808/if%2F2020%2Fv146i6%2F150420>
- Herasymchuk, O., & Tkachuk, O. (2023). Regarding the question of obtaining natural textile fibers from pine needles In *The V-th International Symposium Creativity. Technology. Marketing*. Chişinău, Republic of Moldova.
- Mandal, S., Sharma, R. K., Bhattacharya, T. K., Tanna, H., & Haydary, J. (2022). Charring of pine needles using a portable drum reactor. *Chemical Papers*, 76, 1239-1252. <https://doi.org/10.1007/s11696-021-01893-4>
- Ткачук, О., & Герасимчук, О. (2021). Стан та перспективи застосування деревної целюлози для виробництва хімічних волокон (*The state and prospects of the use of wood pulp for the production of chemical fibers*). В *IX Ukrainian-Polish Scientific Dialogues: Conference Proceedings. International Scientific Conference* (с. 204-205). Хмельницький, Україна.
- Ткачук, О. Л., Герасимчук, О. П., & Резнікова, В. В. (2022). Пневмотермічний спосіб отримання хвої для виготовлення текстильних волокон (*Pneumothermal method of obtaining coniferous needles for production of textile fibers*). *Сільськогосподарські машини*, 48, 67-73. <https://doi.org/10.36910/acm.vi48.842>