

О.П. Герасимчук, О.Л. Ткачук, В.С. Пуць, А.І. Охремов

Луцький національний технічний університет

ОТРИМАННЯ ТЕКСТИЛЬНОГО ВОЛОКНА З ХВОЇ ЗА ДОПОМОГОЮ МАШИНИ ДЛЯ М'ЯТТЯ З ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИТИСКАННЯМ

Доведено доцільність застосування операції м'яття для інтенсифікації отримання текстильного волокна з хвої сосни звичайної та розроблено принципову схему машини для м'яття з гідравлічним притискуванням.

Ключові слова: текстильне волокно, хвоя, м'яття, гідравлічне притискування.

O. Herasymchuk, O. Tkachuk, V. Puts, A. Okhremov

OBTAINING TEXTILE FIBER FROM PINE NEEDLES USING CRUSHING MACHINE WITH HYDRAULIC PRESSURE

The feasibility of using the crushing operation to intensify the process of obtaining textile fiber from ordinary pine needles has been proven, and a principal scheme of a crushing machine with hydraulic pressure has been developed.

Keywords: textile fiber, needles, crushing, hydraulic pressure.

Постановка проблеми. У сучасному світі, де сталий розвиток та екологічна відповідальність стають все більш важливими, інноваційні підходи до виробництва матеріалів з природних ресурсів набувають особливого значення. Текстильні волокна, що отримані з хвої, представляють собою альтернативу традиційним натуральним текстильним волокнам. Сировина для виробництва таких волокон є побічним продуктом, що отримується під час проведення рубок різних видів, та, на сьогодні, часто утилізується шляхом спалювання або залишається на місцях рубок, захарашуючи лісові ділянки та підвищуючи пожежну небезпеку.

Натуральні текстильні волокна з хвої мають значний екологічний та економічний потенціал. Концепція їх виробництва «Forest Wool/Pine needle fiber» отримала міжнародну нагороду Green Product Award, якою з 2013 року відзначаються далекоглядні концепції, відсутні на ринку продуктів та послуг [1].

Проте, на сьогодні відсутні економічно та екологічно ефективні технології отримання натурального текстильного волокна з хвої, які можуть застосовуватися в промислових масштабах, а тому розробка таких технологій та обладнання для їх реалізації є перспективною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Хвоя на сьогодні широко використовується в різних галузях: медицині, косметології [2, 3], для отримання біопалива [4, 5, 6], целюлози та наноцелюлози [7, 8] тощо. Виробництво натуральних текстильних волокон («лісової вовни») з хвої відомо досить давно [8, 9]. У США запатентована технологія виробництва хвойного волокна, яка не отримала промислового застосування [9].

Для відділення хвої від гілок крони застосовуються різні способи, що ґрунтуються на механічному, пневмомеханічному, електрогідравлічному, високочастотному, криогенному принципі дії [10]. Запропонований також пневмотермічний спосіб отримання хвої, що передбачає використання мобільної установки для її відділення, яка містить сушильну камеру, систему пневмотранспортування, збірник хвої [10, 11].

Для отримання натурального текстильного волокна з хвої можна застосовувати біологічні, механічні, хімічні способи та їх поєднання [12-16]. Біологічні способи включають використання ферментів для розкладання лігніну та інших речовин [8]. Механічні способи включають використання процесів м'яття або плющення [12]. Хімічні способи включають обробку розчинами кислот або лугів, дозволяють розщепити компоненти, що утримують волокна [13]. Запропонована технологія виділення текстильного волокна з хвої шляхом її термічної обробки за температури 100°C тривалістю 40 хв. в розчині натрію гідроксиду (NaOH) з концентрацією 70 г/л [13].

Пошук перспективних напрямків інтенсифікації отримання натурального текстильного волокна з хвої триває і є актуальною задачею.

Постановка завдань. На основі аналізу наявних технологій отримання хвойного волокна обґрунтувати доцільність застосування операції м'яття та розробити принципову схему машини для м'яття з гідравлічним притискуванням для забезпечення сталого зусилля притискування при м'ятті.

Викладення основного матеріалу. Хвоя сосни містить три шари: епідерміс, мезофіл та пучки провідних тканин. Епідерміс захищає листок від зовнішніх впливів. Він містить зовні кутикулу, яка вкрита воском. Проникнення активних розчинів через шар епідермісу під час обробки хвої для отримання волокна є проблематичним і потребує попереднього його руйнування. В епідермісі є стоми (продихи), через які здійснюється газообмін із зовнішнім середовищем. Саме через стоми на перших етапах хімічної обробки хвої відбувається проникнення активних розчинів. Руйнування епідермісу механічним шляхом може значно пришвидшити виділення волокна з хвої, так як збільшиться поверхня контакту активного розчину з речовинами, що скріплюють волокна в хвої, а отже пришвидшиться їх видалення.



Руйнування шару епідермісу механічним шляхом можна реалізувати за допомогою м'яття або плющення [12]. Плющення хвої реалізується шляхом її пропускання між гладкими валами під великим тиском. Внаслідок плющення збільшується площа хвої в площині її подачі і зменшуються її розміри в перпендикулярній площині. Шар епідермісу також стає тоншим та тріскає паралельно до напрямку подачі хвої, а отже покращується доступ активного розчину за наступної хімічної обробки.



М'яття реалізується шляхом пропускання хвої між рифленими валами. При цьому відбувається не лише плющення хвої, але й її згинання. Шар епідермісу тріскає як паралельно до напрямку подачі хвої, так і у площині, що проходить через осі валів. Так як під час м'яття механічний вплив на шар епідермісу і його руйнування відбувається більш активно, то наступні дослідження проводилися нами з використанням процесів м'яття.

Для оцінки перспективних способів отримання текстильного волокна з хвої, застосовували способи механічного, хімічного впливу та їх поєднання. Хімічний спосіб реалізовували за технологію [13]. Оцінку результатів впливу та отриманого волокна здійснювали органолептично. Для оцінки мікроструктури хвої та волокна застосовували цифровий мікроскоп Levenhuk (DXT 90), що дає максимальне збільшення 300 крат. Обробку отриманих фотографій мікроструктури хвої та волокна реалізовували у програмі MicroCapture Plus. Результати дослідження наведені в табл. 1.

Табл. 1.

Оцінка хвої та волокна, що оброблене м'яттям, хімічним способом та їх поєднанням

Спосіб	Зображення хвої та волокна в мікроскоп	Органолептична оцінка
М'яття		Шар епідермісу зруйнований. Спостерігаються світлі довгі пучки провідних тканин, з яких можна отримати волокно. Простір між волокнами заповнений речовиною, що має різні відтінки зеленого кольору.
Хімічна обробка		Спостерігаються довгі пучки комплексних волокон, які скріплені між собою залишками смол та інших речовин. Колір волокна темний, що може вказувати на ресорбцію цих речовин у волокно під час обробки.

М'яття після хімічної обробки		Спостерігаються довгі пучки комплексних волокон. Поверхня волокон нерівномірна, на ній наявні виступи, утворені залишками смол та інших речовин. Колір волокна темний.
Хімічна обробка після м'яття		Спостерігаються довгі пучки комплексних волокон. Поверхня волокон нерівномірна, деякі ділянки гладкі, на інших наявні виступи елементарних волокон. Колір волокна варіюється від світлого до темного, що може вказувати на різний вміст у ньому домішок.

На основі аналізу табл. 1 можна зробити висновок, що застосування м'яття перед хімічною обробкою є ефективним способом підвищення якості отриманого волокна.

Важливою вимогою до операції м'яття хвої є забезпечення сталого зусилля, яке, з однієї сторони, повинне бути достатнім для руйнування шару епідермісу, з іншої – не пошкоджувати та не руйнувати волокна.

Для забезпечення сталого зусилля притискання між рифленими валами пристрою для м'яття доцільно застосовувати гідравлічні системи, які в даному випадку мають ряд важливих переваг у порівнянні з механічними:

1. Гідравлічні системи можуть підтримувати постійне зусилля притискання незалежно від зовнішніх умов (товщини хвої). Вони менш схильні до змін у зусиллі через вібрації або температурні коливання, що забезпечує більш стабільну роботу.

2. Гідравлічні системи можуть створювати значно більші зусилля порівняно з механічними пристроями за менших габаритів. Це робить їх ефективними для великих навантажень та обсягів роботи.

3. Зусилля притискання в гідравлічних системах можна легко і точно регулювати за допомогою гідравлічних пристроїв.

4. Гідравлічні системи легко інтегруються з автоматизованими системами управління, що дозволяє керувати ними дистанційно та підвищує загальну ефективність виробничих процесів.

Принципова схема машини для м'яття хвої з гідравлічним притисканням наведена на рис. 1. Шар хвої подається між рифленими валами 1 та 2 в зону м'яття. Вал 1 обертається від двигуна Д2 через пасову передачу. За потреби знизити швидкість обертання можливе застосування додаткового редуктора. Вал 2 встановлений в вальницях платформи, що притискається гідроциліндрами односторонньої дії Ц1 та Ц2. Саме за рахунок цих гідроциліндрів створюється постійне зусилля притискання в зоні м'яття хвої.

Напір у системі гідроприводу створюється насосною станцією, основними складовими частинами якої є двигун $Д1$, насос $Н$, запобіжний клапан $КП$, манометр $М$, гідравлічний бак $Б$, що виконані в єдиному корпусі. Рідина від насоса подається по напірній лінії, яка розгалужується на дві гілки до кожного гідроциліндра.

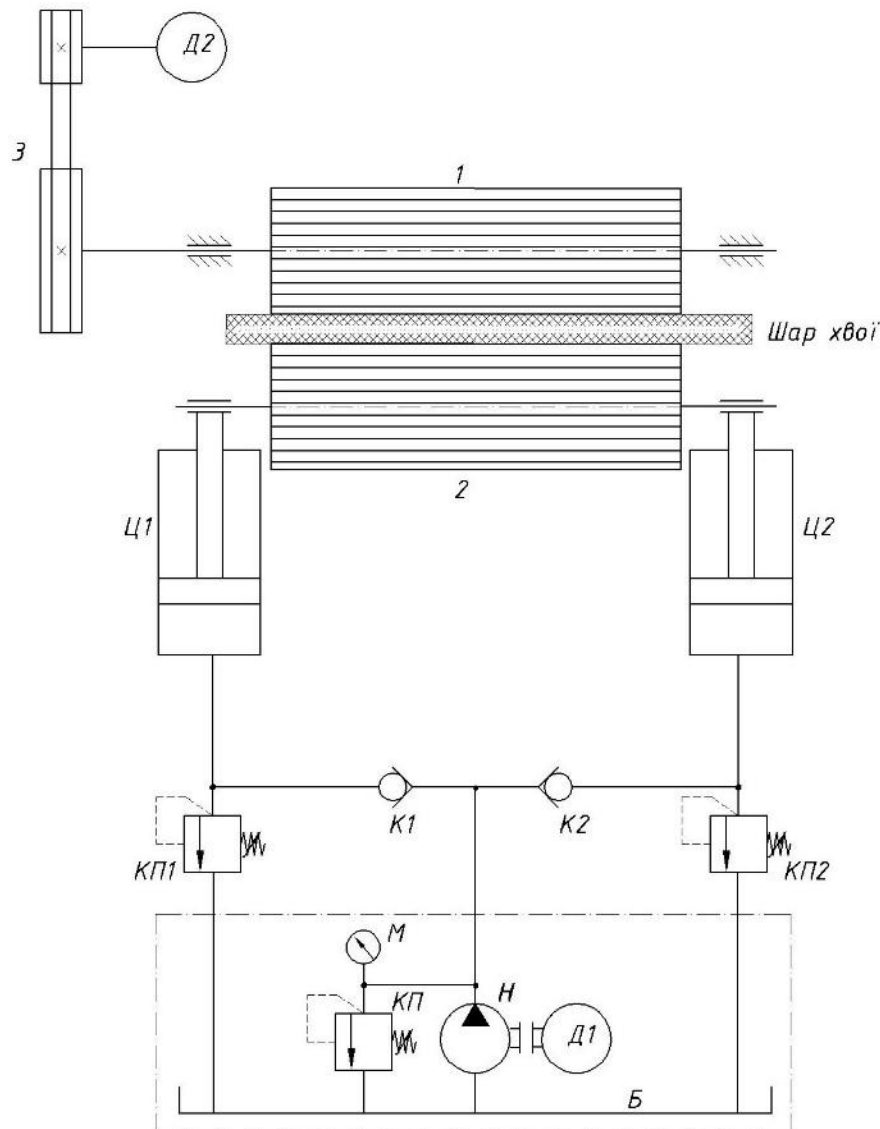


Рис. 1. Принципова схема машини для м'яття хвої з гідравлічним притискуванням

На кожному розгалуженні встановлений зворотній клапан $K1$ та $K2$ відповідно, що пропускають рідину лише від насоса до гідроциліндра і не пропускають в зворотному напрямку. Для підтримки необхідного тиску в порожнинах гідроциліндрів $Ц1$ та $Ц2$, що забезпечують потрібне зусилля м'яття, використовуються регульовані клапани тиску $КП1$ та $КП2$. При перевищенні встановленого значення тиску в порожнинах гідроциліндрів $Ц1$ або $Ц2$ відповідний напірний клапан $КП1$ або $КП2$ відкривається і надлишкова рідина зливається в гідравлічний бак $Б$.

Машина для м'яття хвої може мати різне конструктивне виконання. Відрізнитися також може спосіб підтримання сталого тиску в системі гідроприводу, а отже і набір гідравлічних апаратів.

Висновки. В статті виконано аналіз наявних технологій отримання текстильного волокна з хвої сосни звичайної з огляду на якість отриманого волокна. За результатами виконаного аналізу із застосуванням мікроструктурних досліджень хвої та волокна доведено доцільність застосування операції м'яття для інтенсифікації отримання текстильного волокна з хвої сосни звичайної. Для реалізації операції м'яття розроблено принципову схему машини для м'яття з гідравлічним притискуванням, що забезпечує стале зусилля притискування між рифленими валами. Обґрунтування параметрів машини для м'яття та режимів її роботи потребує подальших теоретичних та експериментальних досліджень.

Список використаних джерел:

1. Forest Wool/Pine needle fiber. <https://www.gp-award.com/en/produkte/Forest-Wool>.
2. Dziejński M., Kobus-Cisowska J., Stachowiak B. (2021). Pinus Species as Prospective Reserves of Bioactive Compounds with Potential Use in Functional Food—Current State of Knowledge. 10(7). <https://doi.org/10.3390/plants10071306>.
3. Волинське ОУЛІМГ. Екстракт хвойний натуральний: виробництво унікального продукту стимулює до більш раціонального використання деревини. <https://lisvolyn.gov.ua/?p=48314>.
4. Bisht A.S., Singh S. & Kumar S.R., (2014). Pine needles a source of energy for himalayan region. International Journal of Scientific & Technology Research, 3(12), 161-164. <https://www.ijstr.org/final-print/dec2014/Pine-Needles-A-Source-Of-Energy-For-Himalayan-Region.pdf>.
5. Mandal S, Bhattacharya TK, Verma AK, Haydary J (2018) Optimization of process parameters for bio-oil synthesis from pine needles (Pinus roxburghii) using response surface methodology. Chem Pap 72(3). <https://doi.org/10.1007/s11696-017-0306-5>.
6. Chaturvedi, S., Singh, S.V., Dhyani, V.C. et al. (2021). Characterization, bioenergy value, and thermal stability of biochars derived from diverse agriculture and forestry lignocellulosic wastes. Biomass Conv. Bioref. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-01239-2>.
7. Ashvinder Rana, Sanjay Guleria, Vijai Kumar Gupta, Vijay Kumar Thakur. (2022). Cellulosic Pine Needles-Based Biorefinery for a Circular Bioeconomy. Bioresource Technology 367:128255. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128255>.
8. Ткачук О., Герасимчук О. (2021). Стан та перспективи застосування деревної целюлози для виробництва хімічних волокон. IX Ukrainian-Polish Scientific Dialogues: Conference Proceedings. International Scientific Conference, 20-23 October 2021, Khmelnytskyi, Ukraine, (pp. 204-205).
9. John B. N. Berry. Process of making p n e - need le fber. Specification forming part of Letters Patent No. 437,555, dated September 30, 1890. Application filed March 21, 1889, Serial No, 304,177. <https://patents.google.com/patent/US437555A/en>.
10. Ткачук, О. Л., Герасимчук, О. П., Резнікова, В. В. (2022). Пневмотермічний спосіб отримання хвої для виготовлення текстильних волокон. Сільськогосподарські машини, 48, 67-73. <https://doi.org/10.36910/acm.vi48.842>.
11. Герасимчук, О.П., Ткачук, О.Л. (2023). Обґрунтування режиму роботи пневмотермічної мобільної установки для відокремлення хвої сосни звичайної. Сільськогосподарські машини, 49, 75-80. / URL: <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1025>.
12. Герасимчук О. П., Ткачук О. Л., Пуць В. С., Охремів А. І. Отримання текстильних волокон з хвої сосни звичайної за допомогою процесів м'яття. Матеріали та технології в інженерії (МТІ-2024): інженерія, матеріали, технології, транспорт: збірник наукових доповідей міжнародної конференції, Луцьк, Україна, 14-16 травня 2024 р. Луцьк : Вежа-Друк, 2024. Ст. 86-88.
13. Herasymchuk Oleksandr, Tkachuk Oksana. Regarding the question of obtaining natural textile fibers from pine needles «Creativitate. Tehnologie. Marketing», simpozion internațional (5;2023; Chișinău). Creativitate. Tehnologie. Marketing. СТМ 2023 : Al Vlea Simpozion International, 31 martie. Chișinău/ Comitetul științific: Viorel Bostan (președinte) [et al.]. Chișinău: Tehnica-UTM, 2023. Pp 203-209. URL: <https://fd.utm.md/wp-content/uploads/sites/37/2023/11/Simpozion-CTM-2023.pdf>.
14. Герасимчук О.П., Ткачук О.Л. Аналіз способів виділення натуральних текстильних волокон з хвої. Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції «Синергія освіти, науки, виробництва в умовах глобальних викликів сьогодення», 29 березня 2023, Луцьк. – Луцький національний технічний університет, 2023. С 19-21. / URL: <https://drive.google.com/file/d/1gGkiePbgUvzfEo5jYa0BemeTBKYxkA4a/view>.
15. Tkachuk O.L., Gerasymchuk O.P. Perspective technologies of obtaining natural textile fibers from pine needles. Якість та безпечність товарів: [матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції, Луцьк (28 квітня 2023 року) / за наук. ред. д.т.н., проф. В. В. Ткачук. – Луцьк: Вежа-Друк, 2023. С. 183-185. / URL: https://drive.google.com/file/d/1rADR7tuZmsrwRRmnqYIV_ynN9AXXu6kr/view.
16. Герасимчук О.П., Ткачук О.Л. До питання використання хвої для отримання натуральних текстильних волокон. Лісівництво, деревообробка та озеленення: стан, досягнення і перспективи. (ДБТУ, 24-25 жовтня 2023 р.). Харків, 2023. С. 35-37. URL: https://drive.google.com/file/d/1oze6nm7zCqp_pLqRvFeK6K7V2HSxNx5n/view?usp=share

Рецензент: Мартинюк Віктор Леонідович, доцент кафедри галузевого машинобудування, к.т.н., доцент.