

ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ПРОЦЕСАХ РЕСУРСООЩАДНОГО ВИРОБНИЦТВА ПИЛОПРОДУКЦІЇ

Н. В. Марченко, кандидат технічних наук, доцент,

З. С. Сірко, кандидат технічних наук, доцент,

С. М. Мазурчук, асистент,

*В. В. Борячинський, аспірант**

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Наведено характеристику запропонованого програмного продукту для розкрою колод на пиломатеріали та дошок на заготовки. Викладено основні результати експериментальних досліджень із розкрою сировини, виявлення сортоутворюючих вад пиломатеріалів та запропоновано способи оцінювання розмірно-якісної характеристики пиломатеріалів на основі теплового методу.

Ключові слова: сортоутворюючі вади, лісоматеріали, пиломатеріали, заготовки, плани розкрою колод, неруйнівні методи оцінювання якості, ресурсоощадність.

Однією з передумов ресурсоощадності у технологічних процесах лісопиляння є автоматизація технологічних процесів розкрою лісо- й пиломатеріалів, яка зумовлює зменшення впливу людського фактору на корисний вихід і якість продукції та підвищення ефективності використання деревної сировини.

Процеси розкрою круглих лісоматеріалів передбачають врахування розмірно-якісної характеристики сировини та виконання таких основних вимог: максимальний вихід пиломатеріалів або заготовок; відповідність випиляної продукції заданій специфікації; отримання пилопродукції найвищої якості. Виконання цих вимог і пошук ефективних методів, способів та схем розкрою

* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор О. О. Пінчевська.

деревної сировини на пилопродукцію є складним багатокритеріальним завданням, ефективне вирішення якої нині пов'язане з використанням спеціалізованого програмного забезпечення, що розроблене на основі сучасних наукових доробок і передбачає аналіз величезної кількості інформації та вибір оптимального варіанта плану розкрою деревини.

На сьогодні існує велика кількість розробок із комп'ютерного моделювання процесів раціонального розкрою лісоматеріалів [1–12], одні з яких спрямовані на отримання радіальних пиломатеріалів [6–8], інші – заготовок або пиломатеріалів змішаного виду [9–12]. Програмні продукти з планування розкрою колод мають як переваги, так і недоліки, основними з яких є: достатня трудомісткість процесу оптимізації планів розкрою; складність без засобів сканування об'єктивно врахувати якісну характеристику колод і пиломатеріалів, що надходять до розкрою на заготовки; концентрація на формуванні планів розкрою більше за товщиною пилопродукції, ніж за їхніми шириною та довжиною.

Відомо [9, 10, 13], що форма та якість сировини і розташування в ній вад раз по раз змінюються, що ускладнює процес автоматизованого керування розмірно-якісними параметрами отримуваної продукції та її співвідношенням у партії. Такий стан проблеми спонукає спеціалістів із лісопиляння до вдосконалення наявних і створення нових гнучких комплексів автоматизованого планування розкрою лісопродукції та оцінювання її якісних параметрів.

У процесах виробництва пиляних заготовок на сьогодні слід вказати на складність здійснення розкрою пиломатеріалів, особливо листяних порід деревини, без попереднього оцінювання їхньої якості автоматизованими методами неруйнівного контролю [13]. Серед основних методів неруйнівного контролю якості пиломатеріалів найпоширенішими є: оптичне, лазерне, X-променеве СТ-сканування, ультразвукове, мікрохвильове, інфрачервоне сканування, імпульсний радар [14]. Ці методи контролю наразі є дорогими для реалізації їх в умовах України, що разом зі значною матеріалоємністю

виробництва може призвести виробництво до збитковості. Тому актуальним є питання пошуку дешевших методів автоматизованого визначення якості пиломатеріалів, одним з яких може бути тепловий [13, 14].

Метою досліджень є пошук технологічних рішень із підвищення ресурсоощадності у процесах виробництва пилопродукції. Для цього було використано аналітичний, експериментальний і статистичні методи досліджень.

Матеріали і методика досліджень. Завданням досліджень було визначення величини корисного виходу пиляних заготовок із твердолистяних порід деревини у повному технологічному циклі їхнього виготовлення та визначення сортоутворюючих вад у пиломатеріалах тепловим методом. Загальну методику виконання досліджень, що складається з трьох етапів, наведено на рис. 1.

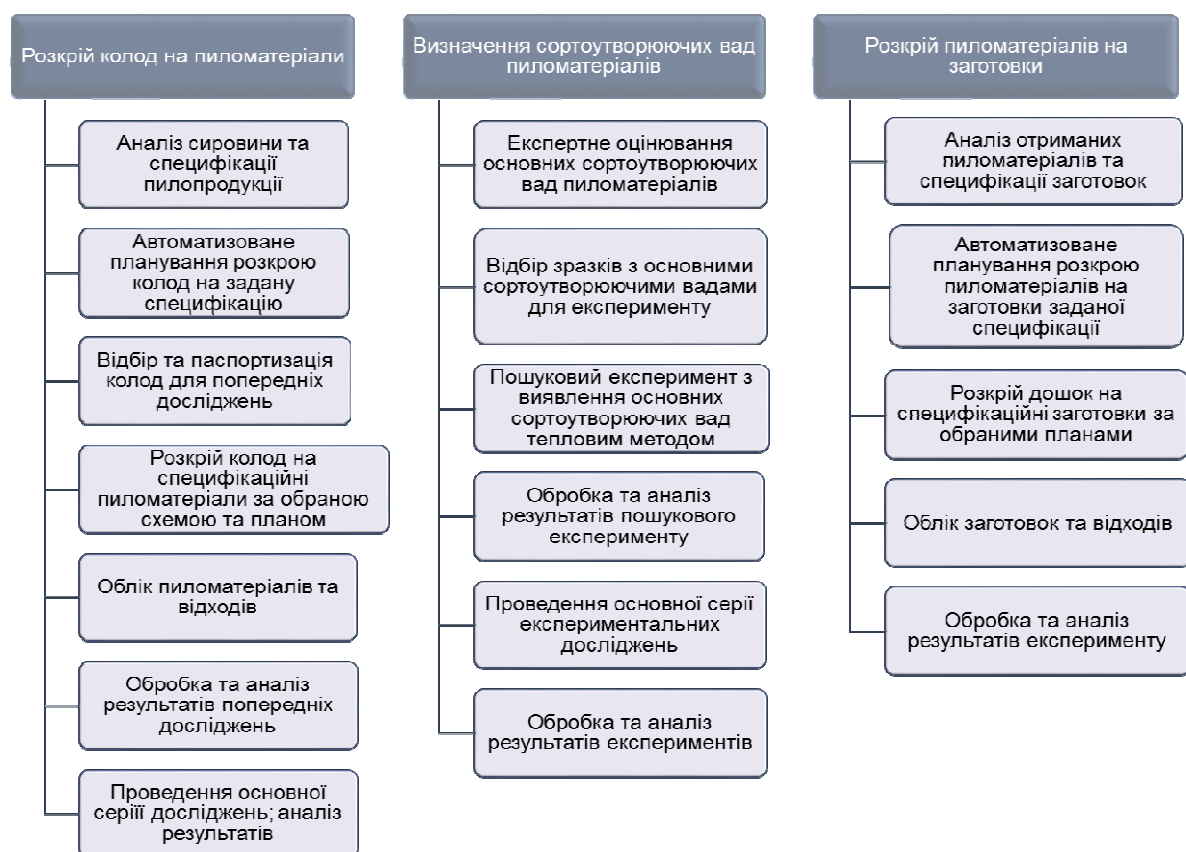


Рис. 1. Блок-схема загальної методики проведення досліджень

На першому етапі досліджень було визначено величину корисного виходу пиломатеріалів заданої специфікації за їхніми сортами якості з колод. При цьому було використано горизонтальні стрічкопилкові верстати зі стрічкою

завширшки 35–120 мм і завтовшки 1,0 мм, ширина пропилу – 2,0 мм. Загальна кількість колод деревини дуба 1-го, 2-го, 3-го сортів і технологічної сировини за всіма схемами розкрою становила 1715 штук, діаметром 14– 46 см, довжиною 3,0 м.

На другому етапі досліджень виконували ідентифікацію сортоутворюючих вад на поверхнях дубових пиломатеріалів тепловим методом контролю, для чого було здійснено експертне оцінювання вагомості основних сортоутворюючих вад пиломатеріалів (рис. 2) та відібрано зразки з сучками, тріщинами і гниллю, вологістю більше ніж 30 % і товщиною 30 мм. У процесі експериментів зразки піддавали тепловому впливу шляхом обдування агентом нагрівання (повітрям), після чого фіксували їхнє теплове випромінювання.

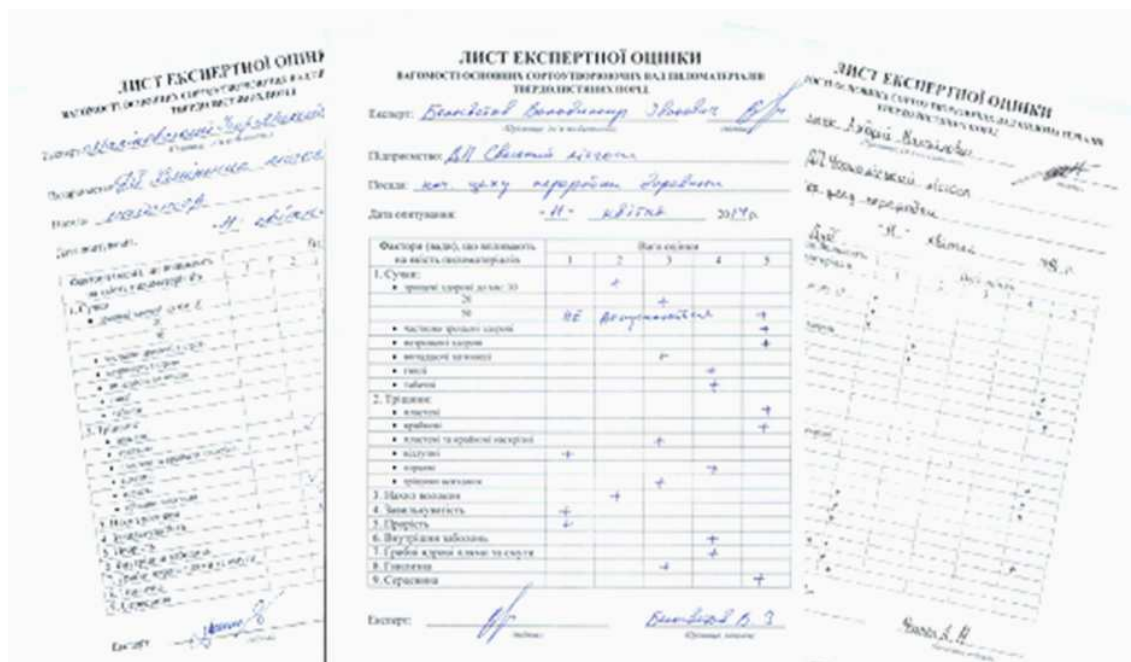


Рис. 2. Листи (частина даних) проведення експертної оцінки вагомості основних сортоутворюючих вад пиломатеріалів твердолистяних порід

Третій етап досліджень передбачав визначення величини корисного виходу заготовок заданої специфікації з отриманих на першому етапі пиломатеріалів з урахуванням автоматизованого планування їхнього розкрою.

Результати досліджень. На основі експериментальних досліджень для розкрою колод та пиломатеріалів запропоновано новий програмний продукт «Технолог лісопиляння», розроблений мовою програмного забезпечення

Delfi 7, яким враховано розмірно-якісну характеристику сировини (рис. 3). Метою створення цієї програми була простота і доступність у використанні, можливість застосування на підприємствах різної виробничої потужності та швидкого адаптування до особливостей конкретного підприємства. Програма орієнтована на отримання максимального виходу специфікаційних пиломатеріалів і заготовок за базовими схемами розкрою на лісопильному устаткуванні будь-якого виду залежно від фактичних параметрів колод. Програмним продуктом передбачено як індивідуальний розкрій дошок на заготовки, так і можливість здійснення виробничого контролю за прогнозованими й фактичними результатами розкрою.

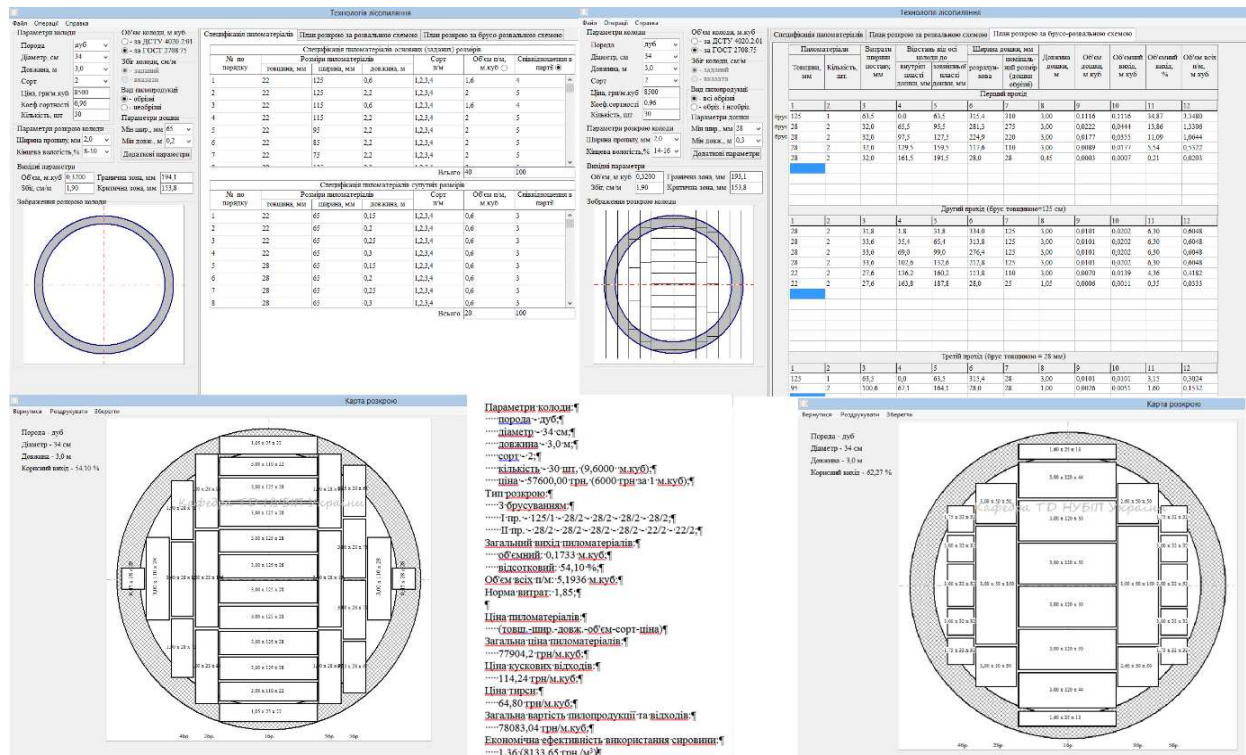


Рис. 3. Вікна вводу специфікацій, виводу карт і планів розкрою з аналізом у програмі «Технолог лісопиляння»

Передбачено також оптимізацію планів розкрою, отримання найбільшого ціннісного виходу продукції та розрахунку економічного ефекту. Результатом моделювання процесу пиляння колод у програмі «Технолог лісопиляння» є карти розкрою на кожен сортимент, за якими безпосередньо можливо здійснювати пиляння на лісопильному устаткуванні будь-якого виду (рис. 3–4).

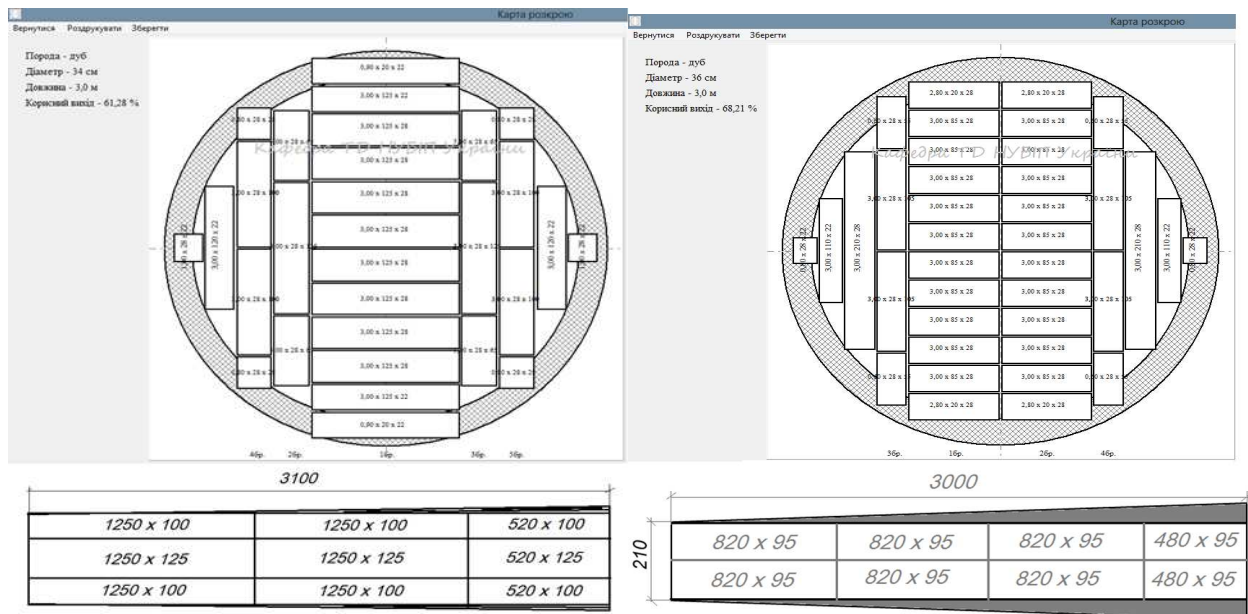
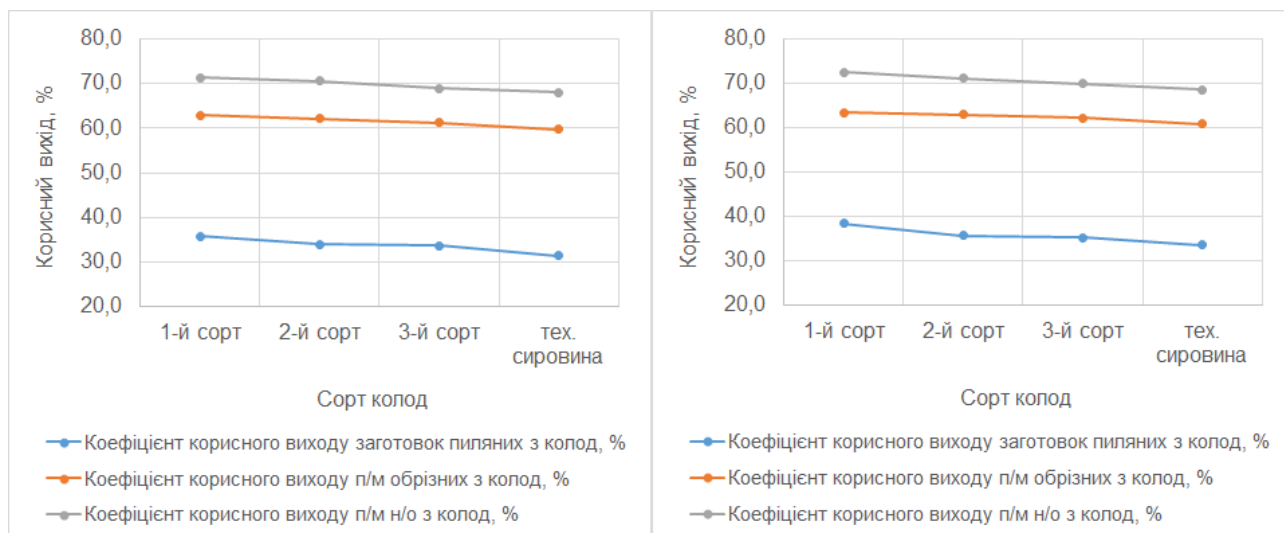


Рис. 4. Приклад карт розкрою колод і пиломатеріалів

Визначено, що витрата пиломатеріалів необрізних деревини дуба 1-го, 2-го і 3-го сортів на заготовки паркетні становить $1,391 \text{ м}^3/\text{м}^3$; витрата круглих лісоматеріалів 1-го, 2-го і 3-го сортів та техсировини на заготовки пиляні складала $2,893 \text{ м}^3/\text{м}^3$ (рис. 5); величини збігів дощок варіювали від 0 см/м до 6,0 см/м; кращими з погляду ресурсощадності на задану специфікацію пилопродукції є плани розкрою із сортиментів діаметром 22 см, 24 см і 28–40 см, максимальний об'ємний вихід отримується за умови збігу дошки 2,0 см/м, мінімальний об'ємний вихід – за ширини дошки 220 мм та максимального збігу пиломатеріалу.

У рамках цієї роботи було виконано масштабні експериментальні дослідження з визначення якості твердолистяних пиломатеріалів за допомогою тепловізорів (табл. 1), які підтвердили можливість використання в технологічному процесі виробництва заготовок пиляних теплового методу оцінювання якості пиломатеріалів.


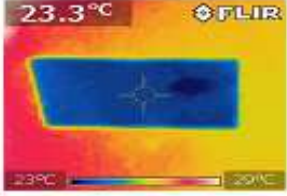
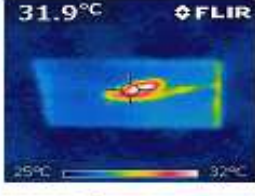



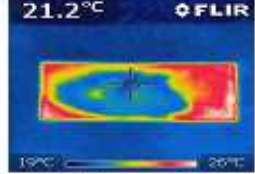
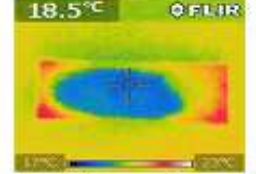


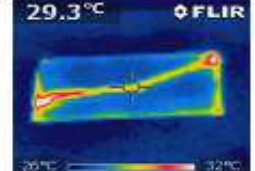



а

б

Рис. 5. Значення величини корисного виходу пиломатеріалів та заготовок за результатами експериментів на основі автоматизованого планування: а – з колод діаметром 14–25 см; б – з колод діаметром 26 см і більше

1. Частина масиву даних експериментальних досліджень параметрів оцінювання якості дубових пиломатеріалів

№ п/п	Цифрове зображення зразка	Зображення теплового випромінювання зразка перед експериментом	Зображення теплового випромінювання зразка після нагрівання	Зображення теплового випромінювання зразка після охолодження
1				
2				
3				

Під час нагрівання пиломатеріалів спостерігається чітка різниця між тепловим випромінюванням бездефектної деревини і ділянок із вадами, яке

можна пояснити такими причинами: різною теплоємністю деревини і фіксованих вад; різною вологістю окремих ділянок пиломатеріалів; неоднорідністю структури деревини, що впливає на її коефіцієнт випромінювання.

На основі експериментальних даних було розроблено та запропоновано корисні моделі способу [15] та лінії [16] для теплового неруйнівного виявлення сортоутворюючих вад пиломатеріалів, які базуються на використанні фотовідеотепловізійної зйомки поверхонь матеріалу та установки з обдування пиломатеріалу гарячим повітрям.

Спосіб теплового неруйнівного виявлення сортоутворюючих вад пиломатеріалів (рис. 6) полягає у такому: пиломатеріал 2 встановлюють на роликовий транспортер 1 і подають його до установки для подання нагрітого повітря 4, яка обдуває потіком нагрітого повітря до температури 80–160 °С поверхню пиломатеріалу, фото-відеотепловізором 3 виявляють сортоутворюючі вади (сучки, гнилизну тощо) пиломатеріалу 2. Якщо температура нижче ніж 80 °С, то значно збільшується час подання нагрітого повітря, а за температури понад 160 °С спостерігається зміна структури поверхневого шару пиломатеріалу (потемніння).

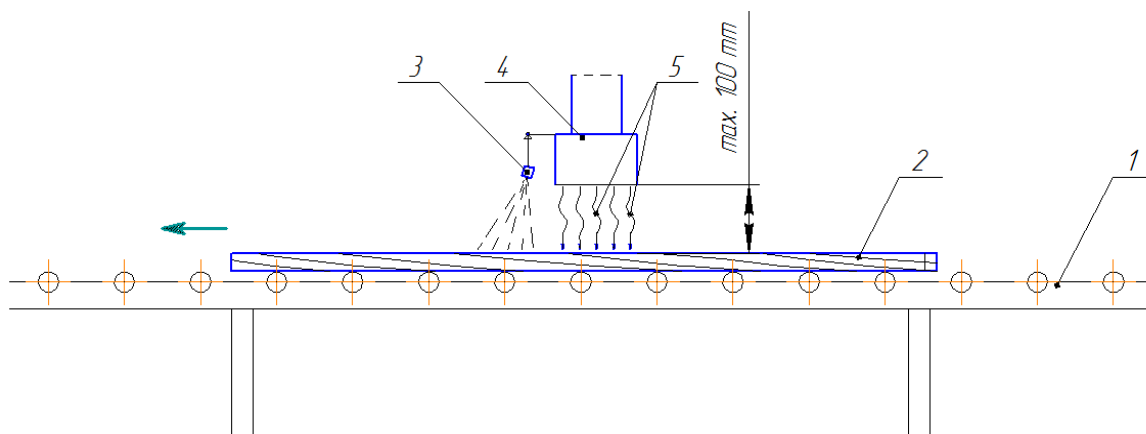


Рис. 6. Установка для теплового неруйнівного виявлення сортоутворюючих вад пиломатеріалів

Лінія для теплового неруйнівного виявлення сортоутворюючих вад пиломатеріалів (рис. 7) працює таким чином: пиломатеріал 4 за допомогою роликового транспортера 1, опорного роликового транспортера 2, притискних

роликів 3 і привідного притискного ролика 5 подають для нагрівання з двох сторін до установки обдування гарячим повітрям 6, яке подається установкою 6 гофрованим трубопроводом 11 через сопло 7.

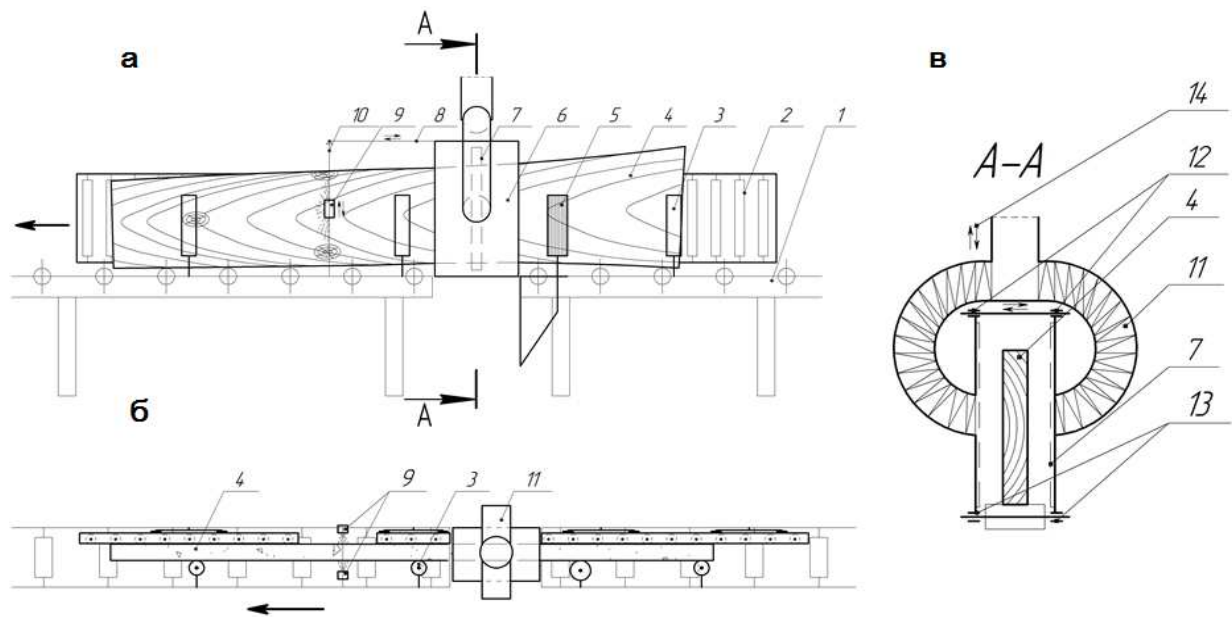


Рис. 7. Лінія для теплового неруйнівного виявлення сортоутворюючих вад пиломатеріалів: а – фронтальна проекція; б – горизонтальна проекція; в – переріз А-А фронтальної проекції

За допомогою фотовідеотепловізора 9, який регулюється за висотою та шириною пиломатеріалу за допомогою направляючих 8 і 10 механізму регулювання, виявляють сортоутворюючі вади – сучки, гнилизну, тріщини тощо. Направляючими 12, 13 та 14 установка 6 із гофрованим трубопроводом 11 регулюється залежно від висоти та товщини пиломатеріалу 4.

Висновки. Порівняння прогнозованої у програмі «Технолог лісопиляння» величини корисного виходу листяних пиломатеріалів із колод та заготовок із дошок з величиною фактичного корисного виходу засвідчило, що похибка становить 2–5 % і не перевищує допустимі межі ± 5 %. У результаті експериментальних досліджень застосування теплового методу контролю для виявлення сортоутворюючих вад на поверхнях вологих пиломатеріалів встановлено, що такий метод є дієвим і може використовуватися в технологічному процесі виробництва пиляних заготовок із пиломатеріалів.

Як показали дослідження, запропоновані спосіб та лінія для теплового неруйнівного виявлення сортоутворюючих вад пиломатеріалів дадуть можливість виявляти вади в пиломатеріалах одразу після розпилювання на лісопиляльному устаткуванні та в подальшому оптимізувати їхній розкрій на верстатах для поздовжнього та поперечного розпилювання з автоматичним видаленням виявлених вад і, таким чином, підвищити корисний вихід заготовок на 10-12 %. Результати експериментальних досліджень можуть слугувати основою для розробки технології, пристроїв та автоматизованих систем комп'ютерного керування процесами розкрою пиломатеріалів на заготовки.

Список літератури

1. Hébert F. Mathematical modeling of curve sawing techniques for lumber industry / F. Hébert, F. Grondin, J. Plaice // Applied Mathematical Modelling. – 2000. – № 24 – P. 677–687 – [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X00000093>.
2. Wenshu Lin. Development of a 3D log sawing optimization system for small sawmills in central Appalachia / Wenshu Lin, Edward Thomas // Wood and Fiber Science. – 2011. – Vol. 43 (4) – P. 379–393.
3. Kazem Ghabrie. Simulation of Sawmill Yields at Hune Tuan Pine Mill / Ghabrie Kazem, Mr. Eyre Campbel // ENG4112 Research Project University of Southern QLD. – 2013. – October 23. – 82 p.
4. Vukićević M. Simulation of primary log cutting plan (pprt) in sawmill wood processing / M. Vukićević // Bulletin of the Faculty of Forestry. – Гласник Шумарског факултета, Београд. – 2011. – Бр. 104. – Стр. 7–18. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=RS2011002732>.
5. Oscena L. G. A prototype interactive Graphic sawing program / L. G. Oscena, D. L. Schmoldt // MU-IE Technical Report 019501. – 1995. – 17 p.
6. Марченко Н. В. Особливості технології пиляння деревини на радіальні пиломатеріали / Н. В. Марченко // Науковий збірник «Вісник Чернігівського

державного технологічного університету». – Технічні науки. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т. – 2013. – № 4 (69). – С. 216–221 (режим доступу у базі РИНЦ: <http://elibrary.ru/item.asp?id>).

7. Інформаційний портал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://vezds.vologda.ru/radial_raskr.html.

8. Інформаційний портал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.1c-soft.ru/radial_cutting.htm.

9. Коваль В. С. Автоматизація процесів розкрою пиломатеріалів з урахуванням їх розмірно-якісної характеристики / В. С. Коваль, С. М. Мазурчук // Науковий вісник НУБіП України, «Лісівництво та декоративне садівництво». – Вип. 171 (Ч. 2). – К. : НУБіП, 2012. – С. 208–214.

10. Марченко Н. В. Складання плану розкрою сировини з застосуванням математичних методів / Н. В. Марченко, Т. В. Коваль // Современные строительные конструкции из металла и древесины. – Одесса : ОГАСА, ООО «Внешреклам-сервис», 2012. – № 16, Ч. 1. – С. 162–165.

11. Інформаційний портал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://logger-soft.ru/>.

12. Інформаційний портал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dekosoftware.ru/product/415/index.htm>.

13. Коваль В. С. Оптимізація процесу розкрою пиломатеріалів з врахуванням розмірно-якісної характеристики / В. С. Коваль, С. М. Мазурчук // Науковий вісник НУБіП України, «Техніка та енергетика АПК». – Вип. 185 (Ч. 2). – К. : НУБіП, 2013. – С. 161–166.

14. Мазурчук С. М. Застосування неруйнівних методів оцінювання якості пилопродукції при її розкрої / С. М. Мазурчук // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Вип. 147. «Деревооброблювальні технології та системотехніка лісового комплексу», «Транспортні технології». – Харків, 2014. – С. 78–84.

15. Патент України на корисну модель № 98967. Спосіб теплового неруйнівного виявлення сортоутворюючих вад пиломатеріалів / С. М. Мазурчук, В. С. Коваль, З. С. Сірко; заявник та патентовласник

Національний університет біоресурсів та природокористування України. – № у 2014 13333; заявл. 12.12.2014; опубл. 12.05.2015, Бюл. № 9.

16. Патент України на корисну модель № 104328. Лінія для теплового неруйнівного виявлення сортоутворюючих вад пиломатеріалів / С. М. Мазурчук, В. С. Коваль, З. С. Сірко; заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів та природокористування України. – № у 2015 06741; заявл. 07.07.2015; опубл. 25.01.2016, Бюл. № 2.

В статье наведена характеристика предложенного программного продукта для раскроя бревен на пилопродукцию и пиломатериалов на заготовки. Изложены основные результаты экспериментальных исследований по раскрою сырья и выявлению сортообразующих пороков пиломатериалов, а также представлены предлагаемые способы оценивания размерно-качественной характеристики пиломатериалов на основе теплового метода.

Ключевые слова: сортообразующие пороки, лесоматериалы, пиломатериалы, заготовки, планы раскроя бревен, неразрушающие методы оценивания качества, ресурсоэкономичность.

In article is induced characteristics of the proposed software for cutting logs to sawn timber and sawn into billets. The main results of experimental studies on the identification of raw materials and cutting defects of wood determining its grade lumber defects, as well as presented the proposed methods of estimation dimension - qualitative characteristics of lumber based on the thermal method.

Key words: timber, lumber, blanks, timber cutting plans, non-destructive evaluation of the quality.