

УДК 674.093.6; 620.179.119

## ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ПРОЦЕСАХ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК ІЗ ДЕРЕВИНИ ДУБА

**Н. В. МАРЧЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент,

**С. М. МАЗУРЧУК**, асистент,

**І. В. ГОЛОВАЧ**, доктор технічних наук, професор

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,*

**С. З. САГАЛЬ**, кандидат технічних наук,

*Голова правління ЗАТ «Український інститут меблів»*

*E-mails: nv\_marchenko@ukr.net; mazurchuk.s.m@ukr.net*

**Анотація.** У статті наведено основні результати експериментальних досліджень з виявлення основних сортоутворюючих вад деревини в пиломатеріалах дуба тепловим неруйнівним методом контролю. Подано показники інфрачервоного випромінювання (діапазон температур) основних видимих вад деревини, визначені на основі експериментальних досліджень. Запропоновано принципову схему управління лінією і способом ідентифікації основних сортоутворюючих вад деревини в пиломатеріалах.

**Ключові слова:** сканування, неруйнівні методи контролю (НМК) якості, розмірно-якісна характеристика, вади деревини, пиломатеріал, заготовка.

**Постановка наукової проблеми.** На сьогодні деревообробні підприємства України у найбільшому сегменті представлені лісопильними підприємствами, значна кількість яких орієнтована на виготовлення заготовок пиляних із твердолистяних порід деревини. Проте через різну розмірно-якісну характеристику сировини та хаотичне розташування вад деревини у пиломатеріалах технологічний процес розкрою пиломатеріалів на заготовки характеризується значною трудомісткістю та матеріалоємністю, за якого втрати деревини можуть сягати 40 %.

Пошук шляхів підвищення ефективності виготовлення заготовок із круглих лісоматеріалів деревини дуба є досить трудомістким процесом і традиційно розглядався як два напрями – розкрій колод на пиломатеріали та окремо отримання заготовок із дощок. Проблемою в технології виробництва заготовок на етапі розкрою свіжопиляних пиломатеріалів є значна складність передбачення корисного і якісного виходу заготовок без використання ефективних неруйнівних методів оцінювання розмірно-якісних параметрів дощок.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні науково-технічні досягнення в галузі електроніки й обчислювальної техніки призвели до рішучого перевороту у сфері автоматизації технологічних процесів в лісопилянні та загалом у деревообробці. Одним із таких науково-

технічних рішень є оцінювання якості пилопродукції і сировини неруйнівними методами контролю перед їх розкромом [1].

Отримати ту чи ту інформацію про деревину, виявити поверхневі чи внутрішні вади (сучки, тріщини, гнилизна, різного роду забарвлення) можна за допомогою таких НМК: оптичне сканування; лазерне сканування; ультразвукове сканування; X-променеве СТ-сканування; мікрохвильове сканування; інфрачервоне сканування тощо. Відомо, що найефективнішими з-поміж них для оцінювання якості пиломатеріалів є акустичний, радіаційний і тепловий методи сканування [2]. Причому акустичний і радіаційний методи оснований на вимірюванні щільності деревини, що дає змогу оцінювати реальну форму, наявні поверхневі й внутрішні вади без руйнування деревини, однак вони мають спільний недолік – високу вартість та, в більшості випадків, використовуються для оцінки якості сухих пиломатеріалів.

З метою здешевлення процесу неруйнівного контролю якості пиломатеріалів розглянуто гіпотезу про можливість застосування теплового НМК для виявлення й ідентифікації вад деревини в пиломатеріалах дуба початкової вологості, що базується на твердженнях щодо різної структури, теплоємності та вологості бездефектної деревини й деревини з вадами [3]. Для цього було виконано кілька серій досліджень з виявлення та ідентифікації основних сортоутворюючих вад деревини в пиломатеріалах дуба початкової вологості тепловим НМК.

**Матеріали і методика досліджень.** Відомо, що методами теплової стимуляції досліджуваного матеріалу можуть бути: лампи різного типу, теплові пушки та лазери. Загальним критерієм порівняння різних процедур теплового контролю є відношення сигнал/шум, який можна визначити за формулою [4]:

$$S = \frac{\bar{T}_d - \bar{T}_{nd}}{\sigma_{nd}}, \quad (1)$$

де  $\bar{T}_d$  – середня температура в дефектній зоні, °C;

$\bar{T}_{nd}$  – середня температура в бездефектній зоні, °C;

$\sigma_{nd}$  – стандартне відхилення в бездефектній області (дисперсія шуму), що визначається рівнянням:

$$\sigma_{nd} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(T_{ndi} - \bar{T}_{nd})^2}{n-1}}. \quad (2)$$

Встановлено, що внутрішні дефекти можуть бути виявлені за умови, що під час спостереження зумовлений ними сигнал перевищує рівень шумів:

$$S > 1. \quad (3)$$

Встановлено, що внутрішні дефекти матеріалу виявляються тепловим методом, якщо виконується сукупність таких умов:

$$\Delta T(\tau_m) > \Delta T_{res}, \quad (4)$$

$$C(\tau_m) > C_{noise}, \quad (5)$$

$$T_{abs}(\tau = \tau_h) < T_{destr}, \quad (6)$$

де  $\Delta T(\tau_m)$  – оптимальний час дослідження;

$\Delta T_{res}$  – шум детектора;

$C(\tau_m)$  – контраст зображення;

$C_{noise}$  – контраст перешкоди;

$T_{abs}(\tau = \tau_h)$  – абсолютна температура поверхні виробу;

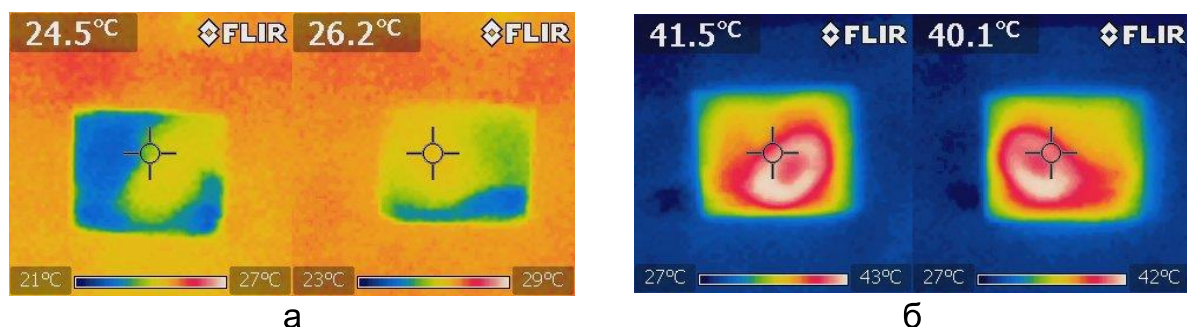
$T_{destr}$  – деструкція матеріалу.

Умови (4–6) базуються на параметрах: устаткування (приладів),  $\Delta T_{res}$ ; виробу,  $C_{noise}$ ; нагрів,  $T_{abs}$ ; дефект,  $\Delta T$  або  $C$ .

Отже, для встановлення найефективнішого методу теплової стимуляції на пиломатеріали початкової вологості з деревини дуба було визначено критерій відношення сигнал/шум,  $S$ , за рівняннями (1–2) та перевірено виконання умов (3–6), для чого виконали ряд експериментальних досліджень.

Для експерименту було відібрано необрізні пиломатеріали з деревини дуба кількістю 720 штук дощок із середньою початковою вологістю 40–50 %, фактичною товщиною 30 мм і довжиною 1,7 м.

**Результати досліджень.** Для визначення більш практичного та недорогого методу теплової стимуляції було виконано експеримент, у якому нагрівання досліджувальних зразків пиломатеріалів здійснювали двома методами: лампами розжарювання та тепловою пушкою (фени), лазери в експерименті не застосовували через високу вартість, великі габарити та низький ККД. Тепловізійну зйомку зразків, нагрітих за допомогою різних методів упродовж 20 с, подано на рис. 1.

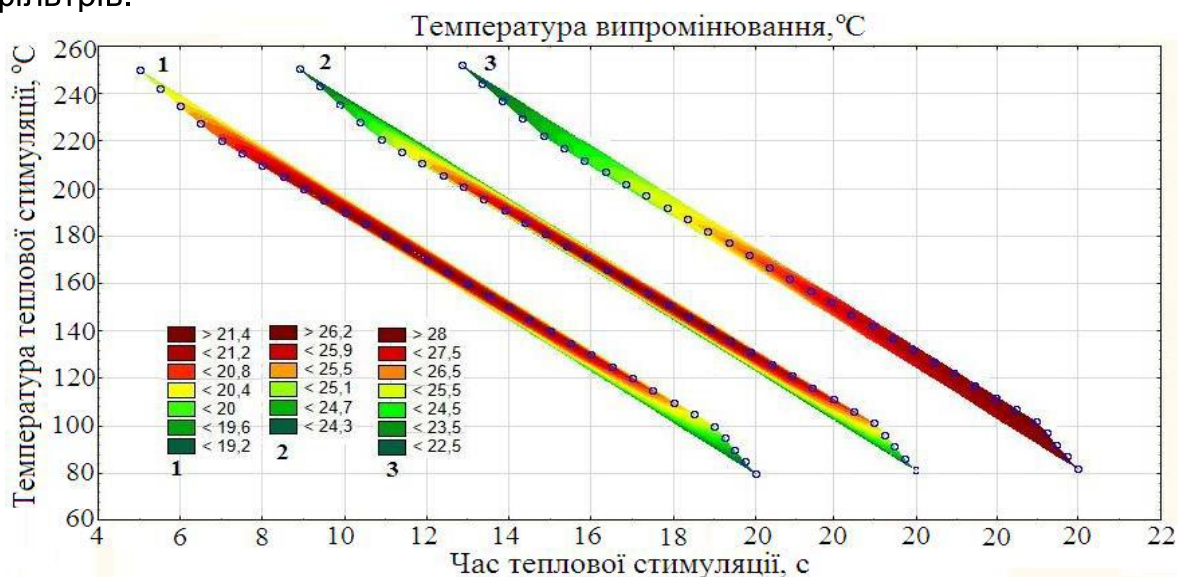


**Рис. 1. Зображення теплового випромінювання досліджуваного зразка, нагрітого різними методами: а – лампою розжарювання; б – тепловою пушкою**

Отже, найбільш ефективним методом теплової стимуляції для виконання експериментальних досліджень з ідентифікації основних сортоутворюючих вад деревини в пиломатеріалах дуба є метод з використанням теплової пушки ( $S = 2,6$ ).

Під час виконання досліджень із застосуванням теплового НМК для виявлення сортоутворюючих вад деревини в пиломатеріалах дуба початкової вологості отримано такі показники інфрачервоного випромінювання вад, а саме: сучків –  $t = 16–24$  °С, гнилизни –  $t = 22–27$  °С, тріщин –  $t = 24–31$  °С. У результаті експерименту виявлено накладання

діапазонів температур інфрачервоного відображення досліджуваних вад деревини (рис. 2), що можливо усунути шляхом використання RGB-фільтрів.



**Рис. 2. Діапазони розподілу температур відображення основних сортоутворюючих вад деревини в пиломатеріалах дуба за температури теплової стимуляції: 1 – сучків; 2 – гнилизни; 3 – тріщин**

На основі результатів досліджень отримано регресійні залежності температур відображення вад від основних чинників, що наведено у нормалізованих значеннях для кожної із сортоутворюючих вад:

- сучків:  $y_c = 22,23 - 3,38x_1 + 2,98x_2 - 2,13x_1x_2$ , ( $F_{\text{розрах}} = 0,10$ ;  $F_{\text{табл}} = 1,3$ ), (7)

- гнилизни:  $y_g = 26,85 - 4,25x_1 + 4,40x_2 - 2,10x_1x_2$ , ( $F_{\text{розрах}} = 0,11$ ;  $F_{\text{табл}} = 1,3$ ), (8)

- тріщин:  $y_m = 26,75 - 2,75x_1 + 5,85x_2 - 1,25x_1x_2$ , ( $F_{\text{розрах}} = 0,16$ ;  $F_{\text{табл}} = 1,3$ ), (9)

де  $x_1$  – температура теплової стимуляції пиломатеріалу повітрям, °C;

$x_2$  – час теплової стимуляції пиломатеріалу, с.

Для вибору режимних параметрів процесу ідентифікації для кожної з досліджуваних вад деревини дуба у свіжопиляних пиломатеріалах запропоновано шкалу з визначення часу теплової стимуляції ( $\tau$ , с) і температури випромінювання вад деревини ( $t$ , °C) залежно від температури теплової стимуляції ( $T$ , °C) (рис. 3). Встановлено тривалість фототепловізійного процесу оцінювання розмірно-якісних характеристик пиломатеріалу дуба початкової вологості на один погонний метр, що лежить у діапазоні від 19 с до 64 с з інтервалом фіксації дошки 2 с за умов, що ширина дошки не більше ніж 350 мм, а масштабний коефіцієнт ( $K_M$ ) – 6.

Для реалізації досліджень з ідентифікації вад деревини дуба в пиломатеріалах початкової вологості було розроблено і запропоновано спосіб та лінію для теплового неруйнівного виявлення вад, які базуються на використанні фото-відеотепловізійної зйомки поверхонь матеріалу та



установки з обдування пиломатеріалу гарячим повітрям [5]. Також розроблено принципову схему управління способом ідентифікації основних сортоутворюючих вад деревини в свіжопиляних пиломатеріалах дуба, яку наведено на рис. 4. Схемою управління передбачено застосування фотофільтрів (RGB) для вловлювання певної довжини хвилі інфрачервоного випромінювання вад пиломатеріалів після обдування їх гарячим повітрям.

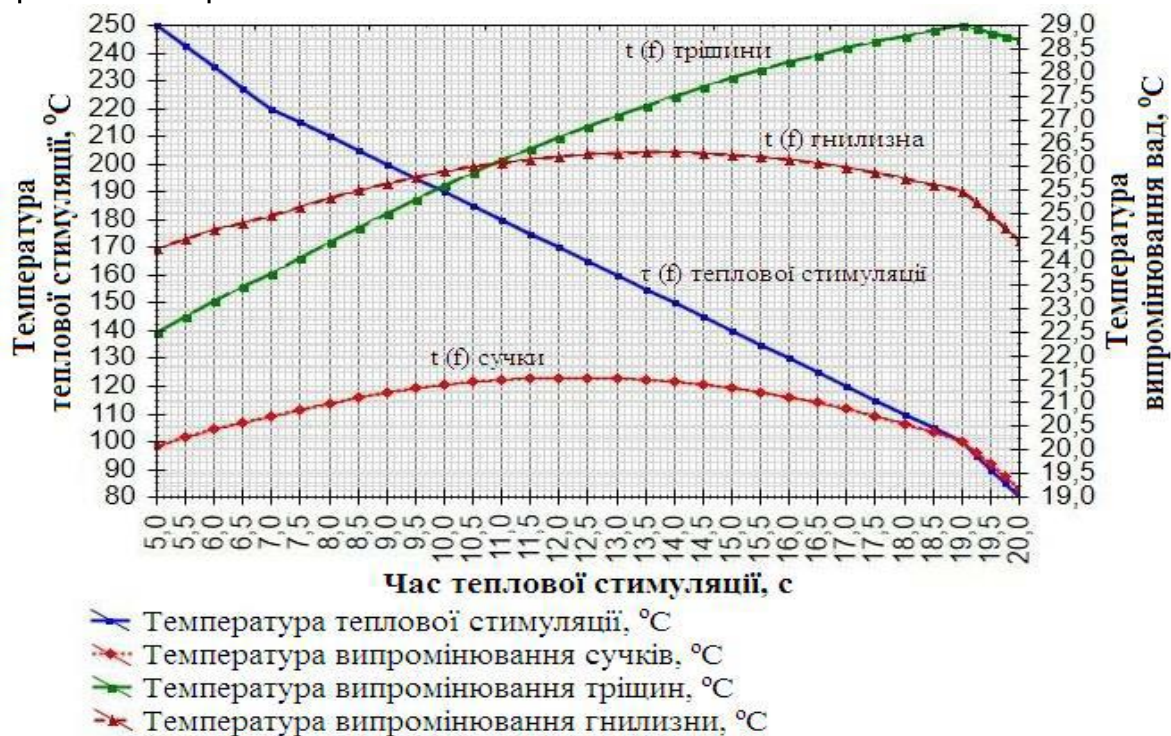


Рис. 3. Шкала визначення часу теплової стимуляції ( $t$ , с) і температури випромінювання вад деревини ( $t$ , °C) залежно від зміни параметру температури теплової стимуляції ( $T$ , °C)

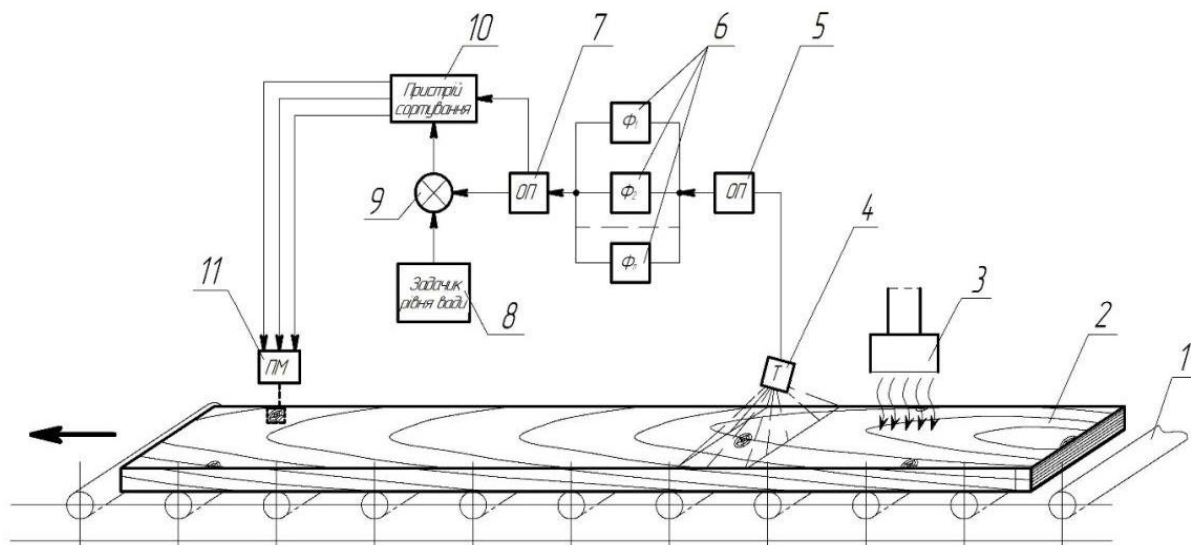


Рис. 4. Принципова схема управління способом ідентифікації основних сортоутворюючих вад деревини в пиломатеріалах: 1 – роликівий транспортер; 2 – пиломатеріал; 3 – установка подання

*нагрітого повітря; 4 – фото-відеотепловізор; 5 – обчислювальний пристрій; 6 – фотофільтри; 7 – обчислювальний пристрій; 8 – визначник рівня вади; 9 – суматор; 10 – пристрій сортування; 11 – пристрій маркування*

За результатами виконаних досліджень, із метою підвищення ефективності використання деревної сировини розроблено Рекомендації виробникам заготовок з деревини дуба, що впроваджено на трьох лісопилно-деревоброблювальних підприємствах.

**Висновки і перспективи.** . За результатами експериментальних досліджень доведено доцільність застосування теплового методу контролю для ідентифікації основних сортоутворюючих вад деревини в пиломатеріалах дуба шляхом тепловізійної зйомки із застосуванням теплової стимуляції пушками, ефективність якої встановлено за критерієм відношення сигнал/шум (S).

Отримано регресійні залежності температури інфрачервоного випромінювання сортоутворюючих вад деревини від температури та часу теплової стимуляції дошки, на основі яких розроблено шкалу з прогнозування температури випромінювання вад, що дає можливість управляти процесом ідентифікації сортоутворюючих вад.

Практична реалізація результатів досліджень представлена розробленим способом та лінією для теплового неруйнівного виявлення сортоутворюючих вад деревини в пиломатеріалах (патенти України № 98967 та № 104328), для яких розроблено та запропоновано засіб управління процесом ідентифікації вад.

#### **Список використаних джерел**

1. 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.
2. Мазурчук С. М. Засоби удосконалення технології виготовлення заготовок з деревини дуба : дис. канд. техн. наук : спец. 05.23.06 / Сергій Миколайович Мазурчук. – К., 2016. – 240 с.
3. Вавилов В. П. Тепловізори и их применение / В. П. Вавилов, А. Г. Климов. – М. : Интел универсал, 2002. – 88 с.
4. Вавилов В. П. Неразрушающий контроль. Тепловой контроль / В. П. Вавилов. – М. : Машиностроение, 2004. – 679 с.
5. Технологічні рішення у процесах ресурсощадного виробництва пилопродукції [Електронний ресурс] / [Н. В. Марченко, З. С. Сірко, С. М. Мазурчук, В. В. Борячинський] // Лісове і садово-паркове господарство. – 2016. – № 9. – Режим доступу: <http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-9/ukr/marchenko-sirko-mazurchuk-boryachynskyj>.

## References

1. Mazurchuk, S. M. (2014). Zastosuvannia neruinivnykh metodiv otsiniuvannia yakosti pyloproduksii pry yii rozkroi [The use of non-destructive methods for evaluation of sawn timbers quality while cutting]. Bulletin KHNTUS named after Peter Vasilenko. "Woodworking technologies and System engineering of the forest complex ", " Transport technologies ", Kharkiv, 147, 78–84.
2. Mazurchuk, S. M. (2016). Zasoby udoskonalennia tekhnolohii vyhotovlennia zahotovok z derevyny duba [Means of improving production technology pieces of oak timber pieces]. Candidate's thesis. Kyiv, 240.
3. Vavilov, V. P. (2002). Teplovizory i ih primeneniya [Thermal imagers and their applications], Moscow: Intel universal, 88.
4. Vavilov, V. P. (2004). Nerazrushayuschiy control. Teplovoy kontrol [Unbrakable control. Thermal control]. Moscow, 679.
5. Marchenko, N. V., Sirko, Z. S., Mazurchuk, S. M., Boriachynskiy, V. V. (2016). Tekhnolohichni rishennia u protsesakh resursooshchadnoho vyrobnytstva pyloproduksii. [Technological solutions to resource-saving production at sawn timber manufacturing]. Forestry and landscape gardening, 9. Available at: <http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-9/ukr/marchenko-sirko-mazurchuk-boryachynskij>.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГOTOVK ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА

**Н. В. Марченко, С. М. Мазурчук, І. В. Головач, С. З. Сагаль**

**Аннотація.** В статті приведені основні результати експериментальних досліджень по виявленню основних сортообразующих пороков древесины в пиломатериалах дуба тепловым неразрушающим методом контроля. Представлены определенные на основе экспериментальных исследований показатели инфракрасного излучения (диапазон температур) основных видимых пороков древесины. Предложена принципиальная схема управления линией и способом идентификации основных сортообразующих пороков древесины в пиломатериалах.

**Ключевые слова:** сканирование, неразрушающие методы контроля (НМК) качества, размерно-качественная характеристика, пороки древесины, пиломатериал, заготовка.

## TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN THE MANUFACTURE OF WOOD OAK BLANKS

**N. Marchenko, S. Mazurchuk, I. Golovach, S. Sagal**

**Abstract.** The article presents the main results of experimental studies to identify major defects of basic sort forming defects oak saw wood thermal non-destructive method of control. Presents some experimental studies based on performance of infrared radiation (temperature range) major visible defects of wood. A schematic diagram control line and the main way to identify defects of basic sort forming defects of woods in the saw-timbers wood lumber.

**Keywords:** scanning, non-destructive testing methods (SMC) the quality, the size-qualitative characteristics, defects of wood, timber, harvesting.