



Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412315>

Article received 2023.10.18
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Yuriy Huber

yuriy.huber@nltu.edu.ua

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 674.048

Дослідження колірних характеристик струганого шпону з деревини дуба звичайного в процесі його виготовлення

Ю. М. Губер¹, З. П. Копинець², Ж. Я. Гуменюк³, Р. Б. Щупаківський⁴, В. Р. Партика⁵

Найвищу вартість, як личкувального матеріалу, струганий шпон має за умови збереження природного кольору деревини. Тому дослідження його колірних характеристик має важливе практичне значення.

*Об'єктом дослідження обрано струганий шпон з деревини дуба звичайного (*Quercus robur* L.).*

Експериментальні дослідження проведено у виробничих умовах ТОВ «ЄВРОШПОН», яке спеціалізується на виготовленні струганого шпону. Колірні характеристики шпону встановлювали за допомогою апаратної колірної просторової моделі CIELab.

Досліджували колірні показники струганого шпону, відібраного з пропарених або проварених ванчесів на глибині 50, 100 і 150 мм від поверхні, та висушеного в атмосферних умовах або у сушильній камері. Встановлено, що відбувається потемніння струганого шпону з деревини дуба, виготовленого з пропарених і проварених ванчесів та після його камерного сушіння.

Технологічну операцію проварювання ванчесів з деревини дуба у виробництві струганого шпону рекомендовано застосовувати у випадку, коли потрібно досягнути світлішого та рівномірнішого забарвлення шпону з урахуванням тривалішого процесу теплової обробки. Пропарювання ванчесів з деревини дуба отримує переваги за необхідності збільшення продуктивності виробництва без урахування колірних характеристик шпону.

Ключові слова: *Quercus robur* L.; струганий шпон; колір деревини; CIELab; пропарювання; проварювання; сушіння.

Вступ (Introduction). Деревину дуба застосовують у виробництві різних виробів у вигляді цільних чи клеєних деталей (Білей, Копинець, Лабай, 2010), а також як личкувальний матеріал – струганий шпон (Kral, & Hrazsky, 2003). Важливим якіс-

ним показником струганого шпону є його колір (Wiedenbeck et al., 2003; Dumitrascu, Ciobanu, & Lepadatescu, 2013; Liew et al., 2022). Найвищу вартість, як личкувального матеріалу, струганий шпон має за умови збереження природного кольору де-

¹ Губер Юрій Мирославович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-811-71-18. E-mail: yuriy.huber@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2678-511X>

² Копинець Зоя Павлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-670-20-58. E-mail: zoia_kopynets@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8977-6953>

³ Гуменюк Жанна Ярославівна – асистент кафедри технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-478-44-07. E-mail: zhanna.humenyuk@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9453-5812>

⁴ Щупаківський Роман Богданович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-856-90-54. E-mail: roman.shchupakivsky@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5242-1267>

⁵ Партика Владислав Романович – магістр. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: yuriy.huber@nltu.edu.ua

ревини. Встановлено, що вплив високих температур на деревину призводить до зміни її кольору (Barcick, Gasparick, & Razumov, 2015; Koch, & Skarvelis, 2007; Губер, Гуменюк, 2009; Шупаківський, Андрашек, 2023). У процесі виготовлення струганого шпону передбачено теплову обробку ванчесів (колод, секторів, брусів), проводячи проварювання або пропарювання (Білей, Павлюст, Соколовський, 2008; Салдан та ін., 2012) та сушіння шпону за температур від 50 до 150°C.

На колір деревини впливає низка чинників – умови зберігання сировини та готової продукції (зазвичай на підприємстві готову продукцію зберігають нетривалий період і одразу відправляють замовнику для подальшого використання), температура, вологість деревини і тривалість її теплової обробки. Колірні характеристики шпону визначають його споживчі якості і, відповідно, й ціну. Чим світлішим є струганий шпон з деревини дуба, тим вища його ціна.

Підготовка сировини до стругання полягає у механічній обробці колод для надання їм відповідних розмірів та форми для обробки на стругальних верстатах (Petronije, 2017; Wagenführ et al., 2012) і в теплової обробці ванчесів з метою надання деревині пластичності (Білей та ін., 2008; Wagenführ et al., 2012). Теплову обробку проводять проварюванням або пропарюванням. Попри позитивний вплив теплової обробки на процес стругання деревини, через тривалу дію на неї високих температур можливі зміни кольору (Wagenführ et al., 2012). Колір деревини дуба при цьому може змінюватись у бік потемніння – від світлого кольору до темно-коричневого.

Дослідженням кольірних характеристик деревини дуба займалася низка вчених. Зокрема, у роботі Klumpers et. al. (1993) проведено дослідження впливу віку, вмісту екстрактивних речовин і води в ґрунті на колір деревини дуба. Колір вимірювали спектроколориметром і представляли у CIELab. Досліджували колір на деревині після атмосферного сушіння. Встановлено, що найважливішим фактором, який впливає на колір, є вік дерева. Деревина дуба молодих дерев має світліший і жовтіший колір, порівняно з деревиною вікових дерев.

Sadoth et al. (2007) досліджували зміну кольору деревини дуба в процесі вакуумно-кондуктивного сушіння, порівнюючи його результати з конвективним сушінням. Висушували зразки з деревини дуба круглої форми діаметром 7 см і товщиною 2,5 см. Температуру кондуктивного джерела тепла підтримували на рівні 46°C, 61°C і 70°C, тиск у камері підтримували в різних інтервалах (60-100 мбар, 150-200 мбар і 250-300 мбар). Конвективне сушіння здійснювали за температур 46°C, 61°C і 70°C, відносній вологості 30% і швидкості повітря 2 м/с. Визначали антиоксидантний потенціал у вологих і сухих зразках деревини за допомогою методу катіон-радикалів ABTS⁺. Результати цього дослідження показують, що окислення екстрактивних речовин і термічна деградація геміцелюлоз є основними механізмами зміни кольору, а саме – потемніння.

Musat et al., (2016) провели оцінювання варіабельності кольору шпону, виготовленого з деревини дуба звичайного (*Quercus robur* L.). Для досліджень використовували високоякісні колоди. Перед струганням шпону колоди корували і розпилювали на ванчеси, які проварювали в гарячій воді за температури 80-90°C протягом 20 годин. Стругали шпон товщиною 0,55 мм. Висушували струганий шпон впродовж 2 хв за трьох рівнів температури: 100, 120 і 132°C. Кінцева вологість шпону становила приблизно 12,6%. Вимірювання кольору проводили в різних місцях листів шпону. Встановлено, що світлота (яскравість) $L^*=61,15-79,51$, червоно-зелена компонента $a^*=2,65-7$ і жовто-синя компонента $b^*=19,21-24,36$.

У роботі Defoirdt et al., (2012) встановлено, що для повітряно-сухої деревини *Quercus robur* зразки природного кольору мали показники: $L^*=67,0\pm1,8$, $a^*=7,4\pm0,4$, $b^*=22,2\pm0,5$. Якщо колір зразків був з рожевим відтінком, то $L^*=66,7\pm1,9$, $a^*=8,1\pm0,4$, $b^*=22,0\pm0,5$, а якщо з коричневим – $L^*=67,1\pm1,8$, $a^*=7,2\pm0,4$, $b^*=22,2\pm0,6$. У роботі Mosedale, Charrier, & Janin (1996) наведено для термічно необробленої деревини *Quercus robur* показники кольору $L^*=68,7$, $a^*=10,3$, $b^*=23,4$.

Незважаючи на те, що у процесі виробництва струганого шпону з деревини дуба звичайного набуто значного досвіду, все ж технологічні процеси вимагають проведення додаткових досліджень з метою отримання заданих кольірних характеристик продукції.

Об'єкти та методика дослідження (Objects and methods). Об'єкт дослідження – струганий шпон з деревини *Quercus robur* L. Предмет дослідження – зміна кольірних показників струганого шпону з деревини дуба. Мета дослідження – встановити вплив виду та параметрів теплової обробки сировини і режимних параметрів процесу сушіння струганого шпону з деревини дуба на показники його кольору.

Для досягнення поставленої мети виконано такі завдання: здійснено теоретичні розрахунки зміни температури у дубових колодах на різній глибині від поверхні у процесі їх пропарювання та проварювання з метою оцінювання її перепаду; експериментально встановлено кольірні характеристики за системою CIELab струганого шпону з деревини дуба, виготовленого з пропарених та проварених колод (ванчесів); вивчено зміну кольірних характеристик струганого шпону з деревини дуба залежно від способу гідротермічної обробки колод (ванчесів) та його сушіння.

Для досліджень використано шість колод з деревини дуба звичайного завдовжки 2,7 м з серединним діаметром 42 см.

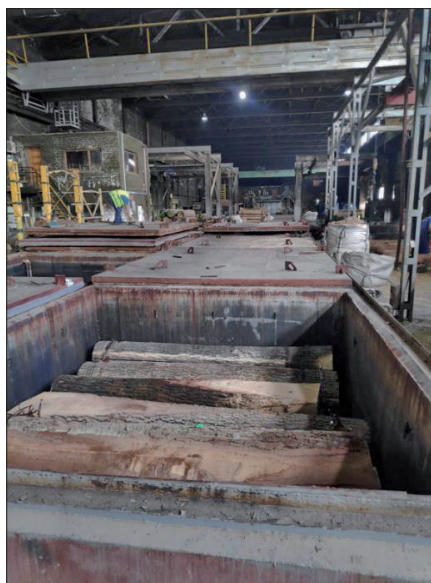
Для гідротермічної обробки ванчесів на підприємстві використовують проварювальні басейни залізобетонної конструкції (рис. 1, а, б). Вони обладнані важкими металевими кришками, які дають змогу герметичного закривати басейни, після чого їх можна використовувати як пропарювальні камери.

На дні басейну встановлено калорифери, теплоносієм в яких є спеціальна термоолива. На висоті 200 мм від дна розташовані обмежувачі, на які вкладають сировину. Під басейном змонтовані дві труби, що забезпечують подачу та відвід води.

У випадку, коли басейн використовують для пропарювання, його наповнюють водою на 5%, завантажують сировину і герметично закривають кришкою. Після цього калорифери з температурою теплоносія 150-170°C підігрівають воду, що забезпечує швидке утворення пари. За рахунок герметичної конструкції басейну у ньому підвищується

тиск, що дає змогу підтримувати температуру водяної пари на рівні 115°C. Під час проварювання ванчеси завантажують у басейни і повністю заповнюють їх водою. Закривають кришки та прогрівають воду до температури 85-98°C.

Керування процесом здійснюють з використанням обладнання та програмного забезпечення фірми «LE.KO» (Польща) (рис. 1, с). Система автоматизованого керування процесом гідротермічної обробки деревини дає змогу задавати, контролювати та регулювати режимні параметри процесу в адаптивному режимі.



a



b



c

Рис. 1. Басейн для гідротермічної обробки деревини: а – загальний вигляд; б – калорифери; с – система автоматизованого керування процесом

Fig. 1. Hot water vats for hydrothermal treatment of wood: a – general view; b – air heaters; c – automated process control system

Для уникнення забруднення та потемніння сировини і належного функціонування обладнання відпрацьовану воду зливають, а басейн очищають від бруду (піску, частинок ґрунту, кори тощо). Після підготовки басейну у нього завантажують ванчеси. Перед завантаженням колоди великих діаметрів розпилюють навпіл та скріплюють за допомогою промислових стяжок. Ванчеси проходять гідротермічну обробку не корованими.

Після завантаження сировиною басейни заповнюють відповідною кількістю води залежно від типу обробки. Під час проведення експериментальних досліджень тривалість процесу пропарювання становила 16 год, а проварювання – 36 год.

Оскільки на зміну кольору струганого шпону впливає розподіл температури по перетину сортименту під час теплової обробки, для визначення її кінетики здійснено теоретичний розрахунок у трьох точках на глибині 50, 100 і 150 мм від поверхні колоди. Розрахунки проводили за відповідною методикою (Білей, 2005) з урахуванням напрацьованих інших дослідників (Козак, Копанський, 2013).

Після проварювання або пропарювання ванчеси виймали з басейнів, корували, обрізали виступаючі поверхні відземку, фрезерували поздовжні пази для їх фіксації на стругальному верстаті за допомогою «Stay-log» кріплення та проводили стругання.

Перед струганням робили позначки на торці сортименту, що вказували на глибину відбору зразків шпону у процесі його отримання. Відібрано по шість зразків шпону з трьох колод (ванчесів) на різній відстані від поверхні. Глибина відбору шпону становила 50, 100 і 150 мм від поверхні сортименту, довжина листа шпону – 2700 мм. Для забезпечення достовірних результатів зразки відбирали по середині довжини листа шпону, оскільки з торців шпон має темніший відтінок внаслідок дії певних чинників – умов зберігання і транспортування сировини, більшої теплопровідності деревини вздовж волокон. З кожного листа шпону відібрано по два ідентичних зразки. Для чіткої ідентифікації зразки маркували. Маркування містило такі дані: спосіб гідротермічної обробки деревини (пропарювання, проварювання), спосіб

сушіння (атмосферне, камерне), номер колоди (ванчеса) та глибина відбору зразка.

Отриманий на стругальному верстаті шпон одразу транспортували до роликів сушильних камер проходного типу із сопловим дуттям. Для встановлення впливу процесу сушіння на зміну кольору струганого шпону підготовлені листи шпону, які відібрано на глибині 50, 100 і 150 мм від поверхні сортиментів, висушували за температури 135°C . Тривалість сушіння становила 120 с. Початкова вологість шпону становила 40-52%, після сушіння – $\approx 8\%$. Вологість шпону вимірювали з використанням ємнісного вологоміра типу MERLIN HM9-WS1. На середині довжини листів шпону для встановлення кольору відбирали зразки розміром 295×100 мм. Частина зразків струганого шпону виготовлено з пропарених і проварених колод (ванчесів) відбирали для атмосферного сушіння і витримували за температури 20°C та відносної вологості 50%. Після витримки впродовж 14 діб кінцева вологість зразків становила $\approx 8\%$.

З метою визначення натурального кольору деревини дуба було відібрано еталонний зразок струганого шпону, який отримано з ванчеса, що не проходив гідротермічної обробки. Його відібрали з урахуванням однорідної текстури та кольору. Також цей зразок не проходив камерного сушіння.

Оцінка кольорних характеристик за допомогою людського зору має багато недоліків та є суб'єктивною. На цей час чинним стандартом для кольорних характеристик є модель CIELab, яка враховує специфіку оцінки сприйняття кольору людським оком (Janin et al., 2001; ISO 11664-4, 2019). У кольорному просторі CIELab прийнято основні позначення параметрів: L^* – світлота (яскравість); a^* – градація червоно-зелених тонів; b^* – градація жовто-синіх тонів.

Для встановлення кольорних характеристик струганого шпону з деревини дуба застосовували колориметр Minolta CR-300 (рис. 2). Колориметр Minolta CR-300 має розсіяне освітлення D65, геометрію огляду 0° та зону вимірювання кольору $\varnothing 8$ мм.



Рис. 2. Колориметр Minolta CR-300

Fig. 2. Colorimeter Minolta CR-300

Перед початком вимірювання колориметр відкалібровано та перевірено на спеціальній білій композитній пластині. Проведено 20 вимірювань у різних точках на поверхні кожного відібраного зразка струганого шпону.

Результати (Results). Зміна температури за діаметром колоди відбувається по-різному під час проварювання та під час пропарювання. Теоретичний розрахунок у трьох точках від поверхні колоди (рис. 3) дав змогу побудувати криві розподілу температури за діаметром під час проварювання (рис. 4) та під час пропарювання (рис. 5).

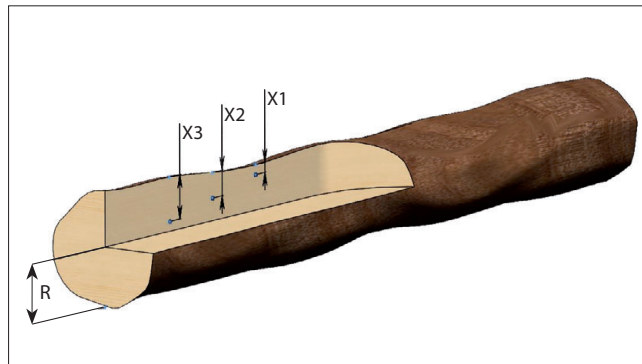


Рис. 3. Схема розташування точок розрахунку температури в колоді при тепловій обробці

Fig. 3. Layout of temperature calculation points in a log during heat treatment

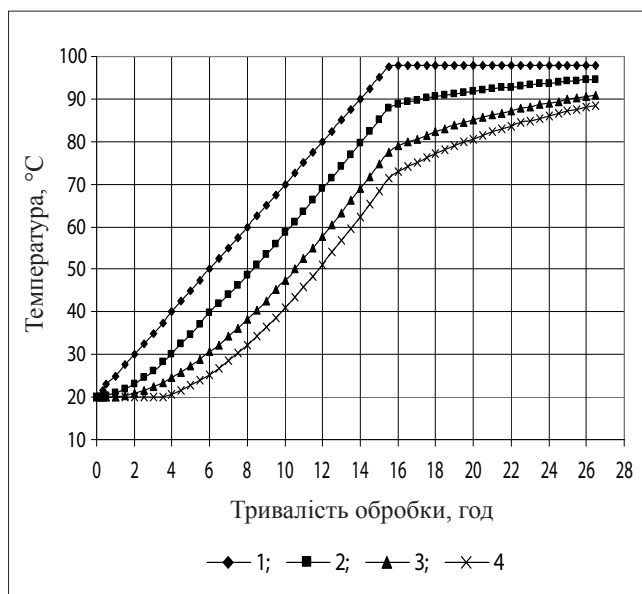


Рис. 4. Зміни температури під час проварювання:

- 1 – зміна температури агента обробки (води);
- 2 – температура деревини на глибині 50 мм ($X_1/R=0,238$);
- 3 – температура деревини на глибині 100 мм ($X_2/R=0,476$);
- 4 – температура деревини на глибині 150 мм ($X_3/R=0,714$)

Fig. 4. Graph of temperature changes during boiling:

- 1 – temperature change of the treatment agent (water);
- 2 – wood temperature at a depth of 50 mm ($X_1/R=0.238$);
- 3 – wood temperature at a depth of 100 mm ($X_2/R=0.476$);
- 4 – wood temperature at a depth of 150 mm ($X_3/R=0.714$)

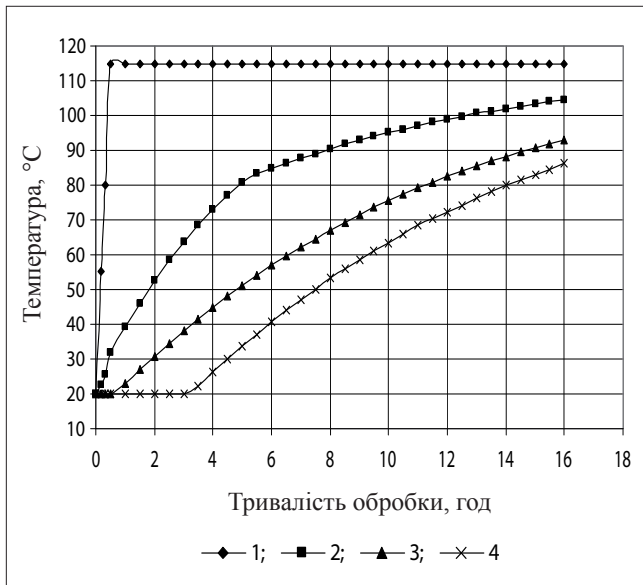


Рис. 5. Зміни температури під час пропарювання:
1 – зміна температури агента обробки (води);
2 – температура деревини на глибині 50 мм ($X_1/R=0,238$);
3 – температура деревини на глибині 100 мм ($X_2/R=0,476$); 4 – температура деревини на глибині 150 мм ($X_3/R=0,714$)

Fig. 5. Graph of temperature changes during steaming:
1 – temperature change of the treatment agent (water);
2 – wood temperature at a depth of 50 mm ($X_1/R=0.238$);
3 – wood temperature at a depth of 100 mm ($X_2/R=0.476$);
4 – wood temperature at a depth of 150 mm ($X_3/R=0.714$)

Вимірювання кольору проводили на еталонному зразку, який не проходив гідротермічної обробки, та на зразках, які проходили технологічні процеси проварювання, пропарювання і сушіння. Загалом проведено 740 вимірювань. Здійснено аналіз вимірювань зміни кольору зразків струганого шпо-

ну, відібраних з різної глибини ванчеса, за різних способів гідротермічної обробки та порівняно їх з контрольним зразком. Також проведено порівняння кольорних характеристик зразків, висушених атмосферно та у сушильній камері після різних процесів теплової обробки (рис. 6).

Для узагальнення результатів досліджень побудовано графіки кольорних координат L^* (рис. 7), a^* (рис. 8), b^* (рис. 9). Глибина відбору зразків, вид теплової обробки та сушіння мають вплив на кольорні характеристики струганого шпону.

Світлота (показник L^* , який змінюється у межах від 0 до 100 залежно від частки білого та чорного ахроматичних кольорів у загальному кольорі) у всіх зразків струганого шпону, які було відібрано для аналізу, нижча ніж в еталонного зразка ($L^*=65,80$). Найнижча світлота у зразків, відібраних з глибини 50 мм від поверхні ванчеса, оскільки на цій глибині швидше досягнуто вищого рівня температури та її вплив був тривалішим. За однакового виду теплової обробки (пропарювання чи проварювання) ванчесів зразки струганого шпону, що пройшли камерне сушіння, мали нижчий показник світлоти ніж зразки, які висушували за атмосферних умов. Зразки шпону, відібрані з проварених ванчесів на глибині 50 мм, мали більшу світлоту від зразків, відібраних з пропарених ванчесів. Зразки шпону, відібрані на глибині 100 мм і 150 мм з пропарених ванчесів, мали вищу світлоту ніж зразки, відібрані з проварених ванчесів. Це можна пояснити меншим рівнем та меншою тривалістю дії високих температур. Протилежний результат на глибині 50 мм пояснюється тривалішим впливом температури понад 70°C під час пропарювання ванчесів.

Показники a^* і b^* знаходяться у жовто-червоній площині, про що свідчать додатні значення цих показників.

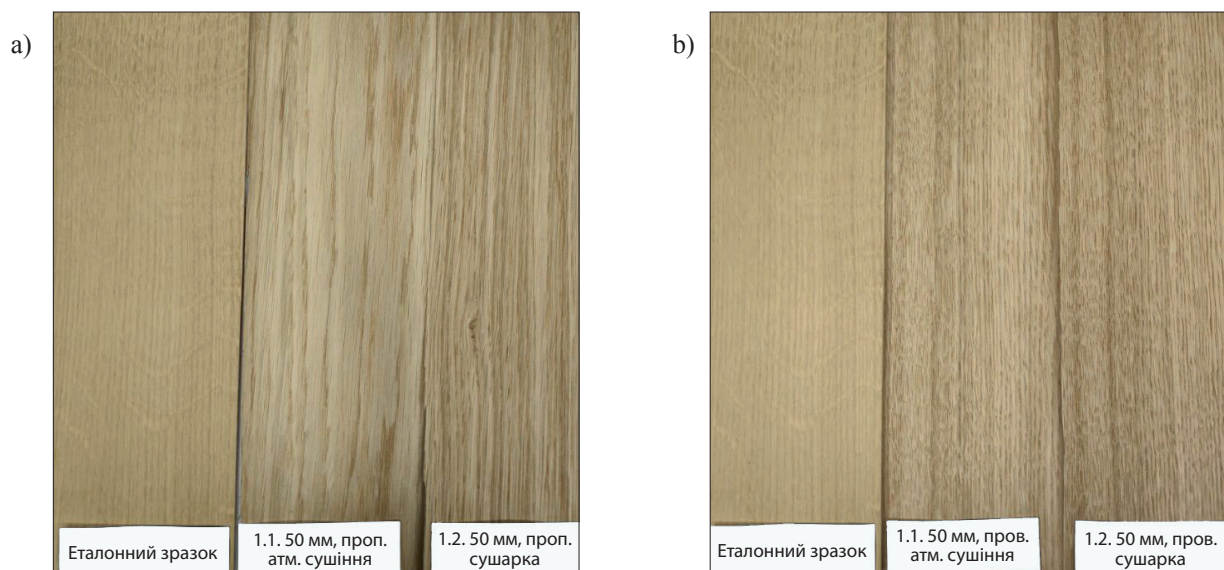


Рис. 6. Порівняння зразків струганого шпону, отриманих з глибини ванчеса 50 мм, з еталонним зразком:
а – після пропарювання; б – після проварювання

Fig. 6. Comparison of sliced veneer samples, obtained from a wainscot depth of 50 mm, with a reference sample:
a – after steaming; b – after boiling

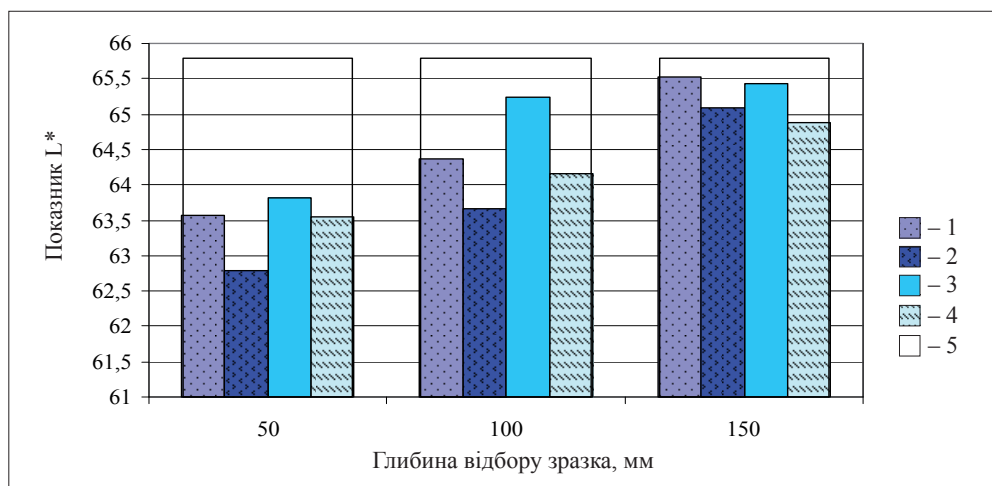


Рис. 7. Порівняння показника L^* на різних глибинах відбору зразків: 1 – шпон, висушений за атмосферних умов, відібраний з пропареного ванчеса; 2 – шпон, висушений в сушильній камері, відібраний з пропареного ванчеса; 3 – шпон, висушений за атмосферних умов, відібраний з провареного ванчеса; 4 – шпон, висушений в сушильній камері, відібраний з провареного ванчеса; 5 – еталонний зразок

Fig. 7. Comparison of the L^* indicator at different sampling depths: 1 – air-dried veneer, taken from a steamed wainscot; 2 – kiln-dried veneer, taken from a steamed wainscot; 3 – air-dried veneer, taken from a boiled wainscot; 4 – kiln-dried veneer, taken from a boiled wainscot; 5 – reference sample

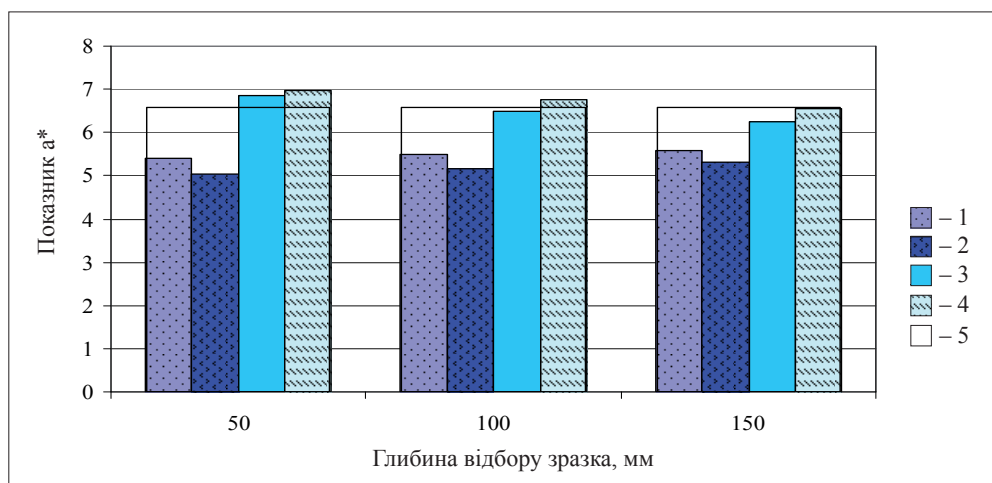


Рис. 8. Порівняння показника a^* на різних глибинах відбору зразків: 1 – шпон, висушений за атмосферних умов, відібраний з пропареного ванчеса; 2 – шпон, висушений в сушильній камері, відібраний з пропареного ванчеса; 3 – шпон, висушений за атмосферних умов, відібраний з провареного ванчеса; 4 – шпон, висушений в сушильній камері, відібраний з провареного ванчеса; 5 – еталонний зразок

Fig. 8. Comparison of the a^* indicator at different sampling depths: 1 – air-dried veneer, taken from a steamed wainscot; 2 – kiln-dried veneer, taken from a steamed wainscot; 3 – air-dried veneer, taken from a boiled wainscot; 4 – kiln-dried veneer, taken from a boiled wainscot; 5 – reference sample

Показник a^* , який характеризує градацію червоно-зелених тонів для еталонного зразка, становить $a^*=6,59$. У випадку зразків, які було відібрано з пропарених ванчесів, показник a^* був нижчим, як для еталонного зразка. Зразки струганого шпону, які відібрано з проварених ванчесів, переважно мали вищий показник a^* , порівняно з еталонним зразком. На всіх глибинах, в межах одного виду теплової обробки ванчесів, незалежно від виду сушіння шпону, параметр a^* був приблизно однаковим і становив для струганого шпону, відібраного з пропарених ванчесів, $a^*=5,03-5,58$; для струганого шпону, відібраного з проварених ванчесів, $a^*=6,24-6,97$.

Показник b^* , який характеризує градацію жовто-синіх тонів для еталонного зразка, становить $b^*=23,39$. У всіх зразків струганого шпону, що було відібрано для аналізу, цей показник нижчий, ніж в еталонного зразка. На всіх глибинах в межах одного виду теплової обробки ванчесів, незалежно від виду сушіння шпону, параметр b^* був приблизно однаковим і становив для струганого шпону, відібраного з пропарених ванчесів – $b^*=20,21-20,85$, а для струганого шпону, відібраного з проварених ванчесів – $b^*=20,47-20,99$.

Дискусія (Discussion). Світлота струганого шпону з деревини дуба, виготовленого з пропарених

ванчесів і висушеного за атмосферних умов, становить $L^* = 63,57-65,52$, висушеного в сушильній камері – $L^* = 62,79-65,09$. Світлота струганого шпону з деревини дуба, виготовленого з проварених ванчесів і висушеного за атмосферних умов, становить $L^* = 63,82-65,43$, висушеного в сушильній камері – $L^* = 63,55-64,88$.

Процес пропарювання за температури 115°C і тривалості 16 год вплинув на зменшення показника світлоти струганого шпону з деревини дуба L^* на 2,23 одиниці на глибині 50 мм від поверхні. Процес проварювання за температури 98°C і тривалості 36 год вплинув на зменшення координати світлоти L^* на 1,98 одиниці струганого шпону, відібраного

на глибині 50 мм від поверхні. Колір змінився менше у процесі проварювання, незважаючи на більшу в два рази тривалість обробки, ніж під час пропарювання. Отже, на зміну світлоти більше впливає температура агента обробки, ніж тривалість її дії.

Процес камерного сушіння струганого шпону з деревини дуба, порівняно з атмосферним, відібраного на усіх глибинах зменшує значення координати L^* в середньому на 0,63 під час проварювання та на 0,64 – під час пропарювання. Отже, на зміну кольору струганого шпону з деревини дуба звичайного в результаті камерного сушіння вид попередньої теплової обробки (проварювання, пропарювання) впливу не має.

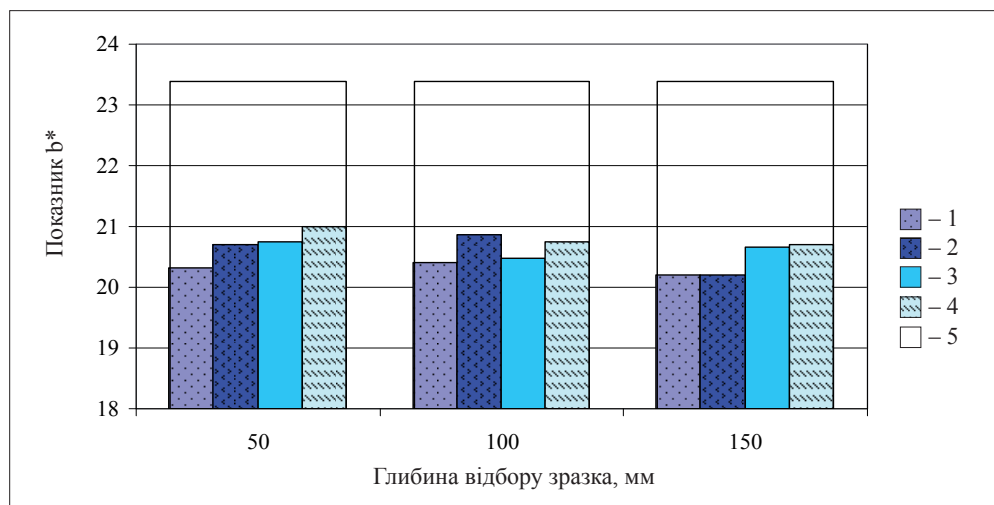


Рис. 9. Порівняння показника b^* на різних глибинах відбору зразків: 1 – шпон, висушений за атмосферних умов, відібраний з пропареного ванчеса; 2 – шпон, висушений в сушильній камері, відібраний з пропареного ванчеса; 3 – шпон, висушений за атмосферних умов, відібраний з провареного ванчеса; 4 – шпон, висушений в сушильній камері, відібраний з провареного ванчеса; 5 – еталонний зразок

Fig. 9. Comparison of the b^* indicator at different sampling depths: 1 – air-dried veneer taken from a steamed wainscot; 2 – kiln-dried veneer, taken from a steamed wainscot; 3 – air-dried veneer, taken from a boiled wainscot; 4 – kiln-dried veneer, taken from a boiled wainscot; 5 – reference sample

Також відбулася зміна кольорних характеристик струганого шпону, відібраного на глибині 100 та 150 мм, проте не так інтенсивно, як на глибині 50 мм. Така зміна відбулася внаслідок дії нижчих температур під час теплової обробки (пропарювання, проварювання), через повільніше прогрівання деревини на глибині 100 мм і 150 мм.

Загалом отримані результати досліджень корелюють з результатами подібних досліджень інших авторів, що вивчали кольорні характеристики деревини дуба звичайного за різних умов (Defoirdt et al., 2012; Mosedale et al., 1996; Musat et al., 2016).

Висновки (Conclusions). Оскільки всі дослідження проводили у виробничих умовах, отримані результати можна вважати прийнятними для використання на підприємстві з метою коригування режимів гідротермічної обробки та інших процесів під час виготовлення струганого шпону з деревини дуба звичайного. Технологічну операцію проварювання ванчесів з деревини дуба у виробництві струганого шпону рекомендовано застосовувати у випадку,

коли потрібно досягнути світлішого та рівномірнішого забарвлення шпону з урахуванням тривалішого процесу теплової обробки. Пропарювання ванчесів з деревини дуба отримує переваги за необхідності збільшення продуктивності виробництва без урахування кольорних характеристик шпону.

Список літератури (References)

- Білей, П.В. (2005). *Теоретичні основи теплової обробки і сушіння деревини*. Коломия: Вік [Biley, P.V. (2005). *Theoretical foundations of heat treatment and drying of wood*. Kolomyia: Vik] (in Ukrainian)
- Білей, П.В., Копинець, З.П., Лабай, В.Й. (2010). Принципи побудови раціональних режимів сушіння тонких пиломатеріалів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20.15, 75-78 [Biley, P.V., Kopynets, Z.P., & Labaj, V.Yo. (2010). Principles of the rational modes of thin lumber drying. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 12.15, 75-78. Retrieved

- from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_15/index.htm (in Ukrainian)
- Білей, П.В., Павлюст, В.М., Соколовський, І.А. (2008). Тепловогогообробка в процесах сушіння деревини. *Науковий вісник НЛТУ України*, 18.4, 71-76 [Biley, P.V., Pavlyust, V.M., & Sokolovskiy, I.A. (2008). Warming moistness machining in the processing of wood drying. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 18.4, 71-76. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2008/18_4/index.htm] (in Ukrainian)
- Губер, Ю.М., Гуменюк, Ж.Я. (2009). Експериментальні дослідження зміни кольору деревини в процесі пропарювання. *Науковий вісник НЛТУ України*, 19.9, 98-105 [Huber, Yu.M., & Humenyuk, Zh.Ya. (2009). Experimental investigation of colour change of the wood the steaming process are given. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 19.9, 98-105. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_9/index.htm] (in Ukrainian)
- Козак, Р.О., Копанський, М.М. (2013). Визначення критерію Фур'є для розрахунків режимів теплового оброблення циліндричних сортиментів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23.3, 346-350 [Kozak, R.O., & Kopansky, M.M. (2013). Determination of Fure's criterion for the calculations of the thermal treatment regimes for cylinder wood raw materials. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23.3, 346-350. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_3/index.htm] (in Ukrainian)
- Салдан, Р.Й., Козак, Р.О., Шепелюк, О.О., Кузьмин, О.М. (2012). Вплив процесу проварювання деревини бука на колір струганого шпону. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22.13, 143-146 [Saldan, R.Yo., Kozak, R.O., Shepelyk, O.O., & Kuzmyn, O.M. (2012). Influence of process of boiling thoroughly of beech wood on a colour planed lead. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 22.13, 143-146. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_13/index.htm] (in Ukrainian)
- Шупаківський, Р.Б., Андрашек, Й.В. (2023). Закономірності зміни кольору шпону деревини бука та вільхи при термомеханічному ущільненні. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2023): матеріали XIII Міжнарод. наук.-практ. конф., м. Чернігів, 25-26 травня 2023 р. Т. 1. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка»*, 266-269 [Shchupakivskyy, R., & Andrashek, J. (2023). Patterns of color changes in beech and alder rotary-cut veneer due to thermomechanical densification. In *Comprehensive quality assurance of technological processes and systems: Proceedings of the XIII International scientific-practical conference*. Chernihiv, May 25-26, 2023. Volume I: 266-269. Chernihiv, Ukraine: Chernihiv Polytechnic National University] (in Ukrainian)
- Barcick, S., Gasparick, M., & Razumov, E.Y. (2015). Effect of Temperature on the color changes of wood during thermal modification. *Cellulose Chemistry and Technology*, 49(9-10), 789-798. Retrieved from [https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT9-10\(2015\)/p.789-798.pdf](https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT9-10(2015)/p.789-798.pdf)
- Defoirdt, N., Wuijstens, I., De Boever, L., Coppens, H., Van den Bulcke, J., & Van Acker, J. (2012). A colour assessment methodology for oak wood. *Annals of Forest Science*, 69, 939-946. <https://doi.org/10.1007/s13595-012-0214-3>
- Dumitrascu, A.-E., Ciobanu, V.D., & Lepadatescu, B. (2013). Valorization of wood resources for the cutting of decorative veneer in the context of sustainable development of Romanian forests. *BioResources*, 8(3), 4298-4311. <https://doi.org/10.15376/biores.8.3.4298-4311>
- ISO 11664-4: 2019 Colorimetry – Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour space.
- Janin, G., Goncalez, J., Ananías, R., Charrier, B., Fernandes da Silva, G., & Dilem, A. (2001). Aesthetics appreciation pf wood colour and patterns by colorimetry. Part 1. Colorimetry theory for the CieLab system. *Maderas Ciencia y tecnologia*, 3(1-2). <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2001000100001>
- Klumpers, J., Janin, G., Becker, M., & Lévy, G. (1993). The influences of age, extractive content and soil water on wood color in oak: the possible genetic determination of wood color. *Annales des sciences forestières*, 50 (Number Supplement), 403-409. <https://doi.org/10.1051/forest:19930746>
- Koch, G., & Skarvelis, M. (2007). Discolouration of wood during drying. In: *Fundamentals of Wood Drying. COST E-15, published by A.R.B.O.L.O.R.*, France.
- Kral, P., & Hrazsky, J. (2003). Effect of negative factors on the use of oak and beech for decorative veneers. *Journal of Forest Science*, 49(6), 281-289. Retrieved from https://jfs.agriculturejournals.cz/artkey/jfs-200306-0005_effect-of-negative-factors-on-the-use-of-oak-and-beech-for-decorative-veneers.php
- Liew, S.J., Ng, S.Ch., Mustapa, M.Z., Usop, Z., Fauhan, M.A., Mahalil, K., & Tan, Ch.O. (2022). Colour Sorting of Red Oak, Yellow Poplar and Maple Veneers using Self-Organizing Map: Comparisons between Different Camera Genres. *European Journal of Wood and Wood Products*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1892867/v1>
- Mosedale, J.R., Charrier, B., & Janin, G. (1996). Genetic control of wood color, density and heartwood ellagitannin concentration in European oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*). *Forestry*, 69(2), 111-124. <https://doi.org/10.1093/forestry/69.2.111>
- Musat, E.-C., Salca, E.-A., Dinulica, F., Ciobanu, V.D., & Dumitrascu, A.-E. (2016). Evaluation of Color Variability of Oak Veneers for Sorting. *BioResources*, 11(1), 573-584. <https://doi.org/10.15376/biores.11.1.573-584>
- Petronije, J. (2017). Mechanical preparation of raw materials in production of sliced veneer. *Thirteenth International Scientific Conference the Teacher of the Future*, 1437-1441. 25-28.05.2017, Budva, Montenegro
- Sadoth, S., François, M., Wahbi, J., & Jean-Rodolphe, P. (2007). Discolouration of oakwood during vacuum-drying. *II Conference de la Société Française de Génie de Procédés. At: Saint Etienne, France*. Volume 96.

- Wagenführ, A., Buchelt, B., Kairi, M., & Weber, A. (2023). Veneers and Veneer-Based Materials. In book: *Springer Handbook of WoodScience and Technology*, 61, 1347-1407. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81315-4_26
- Wagenführ, A., Tobisch, S., Emmeler, R., Buchelt, B., & Schulz, T. (2012). Veneer in Interior Work. Definitions – Properties – Veneering – Examples of Veneer Use. *An information brochure published by Initiative Furnier+Natur e.V. Furnier im Innenausbau. 1st english issue.*
- Wiedenbeck, J., Wiemann, M., Alderman, D., Baumgras, J., & Luppold, W. (2003). Defining hardwood veneer log quality attributes. *Northern Research Station, USDA Forest Service, Newtown Square, PA.*

Evaluation of color variability of sliced oak veneer in the process of its manufacture

Yu. Huber¹, Z. Kopynets², Zh. Humeniuk³,
R. Shchupakivskyi⁴, V. Partyka⁵

Sliced veneer has the highest value as a facing material, provided that the natural color of the wood is preserved. Therefore, the study of the color characteristics of sliced veneer is of considerable practical importance.

The object of the study is sliced veneer from European oak wood (*Quercus robur* L.), since it is produced in significant quantities by Ukrainian enterprises.

The experimental studies were carried out under the production conditions of the *Euroshpon* LLC, which specializes in the production of sliced veneer. The co-

lor properties of sliced veneer were studied using the *CIELab* chromatic system.

During the experimental studies, the duration of the steaming process was 16 hours at a steam temperature of 115 °C, and the boiling process was 36 hours at a water temperature of 98 °C.

The sliced veneer samples were taken at a depth of 5 cm, 10 cm, 15 cm from the surface of the specimens for atmospheric drying and kept at a temperature of 20 °C and relative humidity near 50% during 14 days (for chamber drying at a temperature of 135 °C – within 120 s).

In order to determine the natural color of oak wood, a reference sample of sliced veneer was taken, obtained from wainscots that had not undergone hydrothermal treatment. The sample was taken based on its uniform texture and color and obtained from logs that had not undergone hydrothermal treatment. Also, this sample was not subject to kiln drying. During the heat treatment (steaming, boiling), the temperature distribution across the cross section of the sample is not uniform. Wood at a depth of 50 mm warms up faster and to higher temperatures than at depths of 100 and 150 mm.

According to the results of the experimental studies, the color scale readings of the reference sample are as follows: $L^*=65.80$; $a^*=6.59$; $b^*=23.39$. The brightness of sliced oak veneer made from steamed wainscots and dried in the atmospheric conditions is $L^*=63.57-65.52$, while the brightness of the sample dried in a drying chamber is $L^*=62.79-65.09$. The brightness of sliced oak veneer made from boiled logs and dried in the atmospheric conditions is $L^*=63.82-65.43$, the brightness of the sample dried in a drying chamber is $L^*=63.55-64.88$.

The parameter a^* for sliced veneer sample taken from steamed wainscots is $a^*=5.03-5.58$, and for sliced veneer sample taken from boiled wainscots is $a^*=6.24-6.97$. The parameter a^* for sliced veneer taken from steamed wainscots is $a^*=5.03-5.58$, and for sliced veneer sample taken from steamed wainscots, the parameter $a^*=6.24-6.9$.

The component b^* for sliced veneer sample taken from steamed wainscots is $b^*=20.21-20.85$, and for sliced veneer sample taken from steamed wainscots – $b^*=20.47-20.99$.

The obtained research results can be applied in production conditions for the purpose of adjusting hydrothermal treatment modes and other processes in the manufacture of sliced oak veneer. The technological operation of oak logs boiling in the production of sliced veneer is recommended to be used in the case when it is necessary to achieve a lighter and more uniform color of the veneer, taking into account a longer process of heat treatment. Steaming oak logs has some advantages when it is necessary to increase manufacturing productivity without taking into account the color characteristics of the veneer.

Key words: *Quercus robur* L.; sliced veneer; wood color; CIELab; steaming; drying; heat treatment.

- ¹ Yuriy Huber – PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of environment and wood protection and safety of life. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +380678117118. E-mail: yuriy.huber@ntu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2678-511X>
- ² Zoya Kopynets – PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-670-20-58. E-mail: zoya_kopynets@ntu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8977-6953>
- ³ Zhanna Humeniuk – Assistant Professor at the Department of environment and wood protection and safety of life. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-097-478-44-07. E-mail: zhanna.humenyuk@ntu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9453-5812>
- ⁴ Roman Shchupakivskyi – PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-097-856-90-54. E-mail: roman.shchupakivskyi@ntu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5242-1267>
- ⁵ Vladyslav Partyka – Master of Science, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: yuriy.huber@ntu.edu.ua