9. РЕСУРСОЩАДНІ ТА ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБКИ

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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412121>
Article received 2021.02.11
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Volodymyr Mayevskyy
volodymyr_mayevskyy@nltu.edu.ua
General Chuprynka str., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 674.214

Оцінювання витрати букової пиловної сировини на виготовлення чорнових заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками

В. О. Маєвський¹, З. П. Копинець², О. Б. Ференц³, Є. М. Миськів⁴, М. М. Федик⁵

Наведено результати експериментальних досліджень поопераційних витрат букової пиловної сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками у виробничих умовах, зокрема під час реалізації таких технологічних етапів: розпилювання пиловної сировини на необрізні пиломатеріали; поздовжнього розкрою необрізних пиломатеріалів на ділянки деревини, поперечний перетин яких відповідає поперечному перетину заготовок; сушіння сирих ділянок деревини; розкрою сухих ділянок деревини за довжиною з вирізанням недопустимих вад деревини на чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками.

За результатами здійснених експериментальних досліджень встановлено, що середні поопераційні витрати букової пиловної сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками для різних технологічних етапів становлять: витрата букової пиловної сировини на сирі необрізні пиломатеріали – 1,243 м³/м³; витрата сирих необрізних пиломатеріалів за поздовжнього розкрою на сирі

¹ Маєвський Володимир Олександрович – доктор технічних наук, професор, директор навчально-наукового інституту деревообробних та комп'ютерних технологій і дизайну, професор кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-44-96, +38-067-670-38-87. E-mail: volodymyr_mayevskyy@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5820-9454>

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. E-mail: zoia.kopynets@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8977-6953>

³ Ференц Олег Богданович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-945-01-24. E-mail: oleh.ferents@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4322-3952>

⁴ Миськів Євстахій Михайлович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: myskivs@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1762-4728>

⁵ Федик Михайло Миколайович – головний технолог. ТОВ «Компанія БІЛ І КА», вул. Вовчинецька, 225, м. Івано-Франківськ, 76006, Україна. E-mail: rmishaf29.96@gmail.com

ділянки деревини – $1,450 \text{ м}^3/\text{м}^3$; витрата сирих ділянок деревини на сухі ділянки деревини – $1,173 \text{ м}^3/\text{м}^3$; витрата сухих ділянок деревини за поперечного розкрою з вирізанням недопустимих вад деревини на чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками – $1,101 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Використання отриманих результатів поопераційних витрат букової пилової сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками для різних технологічних етапів дає змогу розробити відповідні нормативи витрат, придатні для застосування у виробничих умовах.

Ключові слова: пиловна сировина; бук; необрізні пиломатеріали; ділянки деревини, чорнові заготовки; витрата.

Вступ. На цей час виконано значну дослідницьку роботу у технології лісопиляння щодо вирішення проблеми ресурсозатратності сировини у технологічному процесі виробництва пилопродукції, зокрема на його первинній стадії – розпилювання лісоматеріалів (колод) та вторинній стадії – розкрій пиломатеріалів на заготовки.

Розпилювання пилової сировини на пиломатеріали з подальшим їх розкромом на заготовки є одним з важливих технологічних етапів у виробництвах, де для виготовлення продукції використовують цільну деревину. Таке твердження ґрунтується на високій частці вартості деревини (до 70%, а інколи і більше) у вартості пилопродукції (Buehlmann, 1998; Ветшева, Черепанова, 1997). Організація роботи та використання різних схем розпилювання пилової сировини і розкрою пиломатеріалів на кожному із наведених етапів істотно впливають на ефективність усього виробництва продукції (Buehlmann, 1998; Thomas, & Buehlmann, 2016).

Для ефективного планування роботи підприємств, у складі технологічних процесів яких є етапи розпилювання пилової сировини і (або) розкрою пиломатеріалів, важливо встановлювати науково обґрунтовані норми витрати деревинної сировини на усіх етапах виготовлення продукції (Маєвський, Копинець, Ковбасюк, Миськів, Якуба, 2019).

Дослідження витрат пилової сировини та пиломатеріалів на чорнові заготовки, а в інших випадках оберненої величини – виходу чорнових заготовок з пилової сировини та пиломатеріалів, тривалий час є предметом дослідження багатьох науковців (Левинський, Левинская, Агафонова, Савина, Волегова, 2006; Маєвський, Максимів, Мацюк, Дадак, 2006; Маєвський, Мацишин, Миськів, 2010; Пижурин, 1989; Руководящие технико-экономические..., 1988; Янушкевич, Ларченко, Чернявский, 2012; Popadić, Šošković, Milić, Todorović, & Furtula, 2014; Muñoz, Gete, & Regueiro, 2013 та ін.). Проте переважну більшість результатів таких досліджень отримано до впровадження у 2019 р. чинної української нормативної бази, гармонізованої з міжнародною (європейською), щодо обліку пилової сировини та її класифікації за якістю (ДСТУ 4020-2-2001; ДСТУ EN 1316-1:2018), а тому їх використання в сучасних умовах – малодоцільне.

Орієнтовні нормативи витрати букової пилової сировини для виготовлення обрізних та необрізних пиломатеріалів на різних типах обладнання з ура-

хуванням чинної української нормативної бази, гармонізованої з міжнародною (європейською), щодо обліку пилової сировини та її класифікації за якістю вперше запропоновано у доповненні до рекомендацій для лісопиляльно-деревообробних підприємств України «Розрахунок норм витрат деревини різних порід на виготовлення пилопродукції залежно від виду лісопиляльного устаткування та вибір лісопиляльного устаткування» (Маєвський та ін., 2019). Зокрема, відсоток виходу необрізних пиломатеріалів, отриманих на стрічкопилкових колодопиляльних верстатах, для діаметрів до 29 см становить 66,10...76,20%, для діаметрів 30...39 см – 67,73...78,62%, а для діаметрів понад 40 см – 68,00...81,10%. Натомість, наразі відсутні результати експериментальних досліджень витрати пилової сировини на виготовлення чорнових заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками, зокрема з деревини бука, що визначає високу актуальність дослідження.

Об'єкти та методика дослідження. Об'єкт дослідження – процес розпилювання букової пилової сировини на чорнові заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками. Предмет дослідження – витрата букової пилової сировини на виготовлення сухих чорнових заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками. Мета роботи – встановити поопераційні витрати букової пилової сировини на виготовлення чорнових різнодовжинних заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками.

Для досягнення поставленої мети здійснено низку експериментальних досліджень у виробничих умовах. Для поетапного нормування витрати букової пилової сировини на чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками, дослідження реалізовано у чотири етапи. На першому етапі експериментальних досліджень визначено об'ємний вихід пиломатеріалів з пилової сировини. На другому етапі встановлено об'ємний вихід сирих ділянок деревини, випиляних з необрізних пиломатеріалів. На третьому етапі враховано фактор вологості деревини і встановлено об'ємний вихід сухих ділянок деревини до вирізання вад. На четвертому етапі визначено вихід сухих чорнових різнодовжинних заготовок після вирізання вад з ділянок деревини. Схему послідовності виконання експериментальних досліджень наведено на рис. 1.

Рис. 1. Схема послідовності етапів експериментальних досліджень

Дослідні розпилювання пиловної сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки виконано у виробничих умовах. Розпилювання пиловної сировини здійснено розвальним способом на гори-

зонтальному стрічкопилковому колодопиляльному верстаті WRAWOR 1200. Отримані необрізані пиломатеріали розпиляно поздовж на багато-пилковому круглопилковому верстаті RAIMAN ProfiRip KR310M. Сирі ділянки деревини висушено у конвективних сушильних камерах періодичної дії MUHLBOCK об'ємом завантаження 70 м³. За результатами оптимізації поперечного розкрою сухих ділянок деревини на лінії Opticut 150 отримано сухі чорнові різнодовжинні заготовки.

Вимірювання розмірів та встановлення об'єму пиловної сировини виконано згідно з ДСТУ 4020-2-2001, якість пиловної сировини встановлено згідно з ДСТУ EN 1316-1:2018; вимірювання розмірів пилопродукції проведено згідно з ДСТУ EN 1309-1-2001. Якість отримуваних сухих чорнових різнодовжинних заготовок відповідала класу j2 згідно з ДСТУ EN 942:2003.

Приклад схеми розпилювання пиловної сировини, яку застосовують у досліджуваному технологічному процесі, на ділянки деревини зображено на рис. 2. У процесі експериментальних досліджень випиляно необрізані пиломатеріали завтовшки 81 та 45 мм (рис. 2), які в подальшому розпиляно на ділянки деревини поперечного перетину 45×81 мм. Це розпилювальний розмір з припусками на всихання.

У процесі експериментальних досліджень встановлено розмірно-якісні характеристики пиловної сировини, пиломатеріалів і чорнових заготовок.

Об'ємний вихід пиломатеріалів з пиловної сировини, сирих ділянок деревини з пиломатеріалів, сухих ділянок деревини із сирих, сухих чорнових різнодовжинних заготовок із сухих ділянок деревини розраховували за формулою:

$$P_{\text{вих.м}} = \frac{V_{\text{вих.м}}}{V_{\text{вх.м}}} \cdot 100, \%, \quad (1)$$

де $V_{\text{вих.м}}$ – об'єм вихідного матеріалу (пиломатеріалів, сирих ділянок деревини, сухих ділянок деревини, сухих чорнових різнодовжинних заготовок), м³; $V_{\text{вх.м}}$ – об'єм вхідного матеріалу (пиловної сировини, пиломатеріалів, сирих ділянок деревини, сухих ділянок деревини), м³.

Рис. 2. Схема розпилювання пиловної сировини на ділянки деревини

Норму витрати вхідного матеріалу на 1 м³ вихідного матеріалу розраховували за виразом:

$$N_{\text{вх.м}} = \frac{1}{P_{\text{вих.м}}} \cdot 100 \text{ м}^3/\text{м}^3. \quad (2)$$

Результати дослідження. Для експериментальних досліджень опрацьовано дані з облікової документації підприємства про розпилювання 302,98 м³ букової пиловної сировини, з якої отримано 164,84 м³ сирих ділянок деревини. Також виконано власні експериментальні дослідження – пасивний експеримент, під час якого розпиляно 15,997 м³ пиловної сировини і отримано 12,871 м³ сирих необрізних пиломатеріалів, з яких отримано 8,877 м³ сирих ділянок деревини.

Результати експериментальних розпилювань занесли у журнал спостережень.

Під час виконання експериментальних досліджень розпилювали букову пиловну сировину діаметром на середині її довжини від 32 до 86 см, завдовжки від 2,9 до 3,2 м. Якісний склад пиловної сировини під час експериментальних досліджень: клас якості А – 10 %; клас якості В – 20 %; клас якості С – 50 %; клас якості D – 20 %.

Відсоток об'ємного виходу сирих ділянок деревини з пиловної сировини за даними облікової документації підприємства становить:

$$P_{\text{сир.ч.з}} = \frac{164,84}{302,98} \cdot 100 = 54,41 \, \%.$$

Тоді витрата пиловної сировини на 1 м³ сирих ділянок деревини становить:

$$N_{\text{сир.ч.з}} = \frac{100}{54,41} = 1,838 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Під час проведення власних експериментальних досліджень встановлено, що відсоток виходу сирих необрізних пиломатеріалів становить:

$$P_{\text{п.м}} = \frac{12,871}{15,997} \cdot 100 = 80,46 \, \%.$$

Тоді витрата пиловної сировини на 1 м³ сирих необрізних пиломатеріалів становить:

$$N_{\text{п.м}} = \frac{100}{80,46} = 1,243 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Статистична обробка результатів досліджень під час розпилювання пилової сировини на необрізні пиломатеріали засвідчила, що коефіцієнт варіації становить 6,64%, на основі чого можна вважати, що експеримент відтворюється. З імовірністю 95% середнє значення витрати пиловної сировини на необрізні пиломатеріали при інших дослідженнях за цих же умов буде знаходитися в межах 1,207...1,280 м³/м³.

За поздовжнього розкрою сирих необрізних пиломатеріалів відсоток виходу ділянок деревини становить:

$$P_{\text{сир.д.д}} = \frac{8,877}{12,871} \cdot 100 = 68,97 \, \%.$$

Тоді норма витрати сирих необрізних пиломатеріалів на 1 м³ сирих ділянок деревини становить:

$$N_{\text{сир.д.д}} = \frac{100}{68,97} = 1,450 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Відсоток виходу сирих ділянок деревини з пиловної сировини досліджуваної специфікації, за даними облікової документації підприємства та власних експериментальних досліджень, становить:

$$P_{\text{сир.д.д}} = \frac{173,717}{318,977} \cdot 100 = 54,46 \, \%.$$

Тоді витрата пиловної сировини на 1 м³ сирих ділянок деревини становить:

$$N_{\text{сир.ч.з}} = \frac{100}{54,46} = 1,836 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Отже, між отриманими результатами і даними підприємства відхилення незначне.

Статистична обробка результатів досліджень під час поздовжнього розкрою необрізних пиломатеріалів засвідчила, що коефіцієнт варіації становить 26,39%, на основі чого можна вважати, що експеримент відтворюється. З імовірністю 95% середнє значення витрати сирих необрізних пиломатеріалів на сирі ділянки деревини при інших дослідженнях за цих же умов буде знаходитися в межах 1,291...1,653 м³/м³.

Після вимірювання розмірів ділянок деревини до і після сушіння встановлено їхнє об'ємне всихання до вологості 8%, яке знаходилося в межах 13,68...16,16%, середнє значення становить 14,76%. Відсоток виходу сухих ділянок деревини із сирих ділянок в середньому становить:

$$P_{\text{сух.д.д}} = \frac{2,0496}{2,4046} \cdot 100 = 85,24 \, \%.$$

Тоді витрата сирих ділянок деревини на 1 м³ сухих ділянок становить:

$$N_{\text{сух.д.д}} = \frac{100}{85,24} = 1,173 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Статистична обробка результатів досліджень після сушіння засвідчила, що коефіцієнт варіації становить 6,03%, на основі чого можна вважати, що експеримент відтворюється. З імовірністю 95% середнє значення витрати сирих ділянок деревини на сухі за цих же умов дослідження буде знаходитися в межах 1,167...1,179 м³/м³.

Лінія оптимізації налаштована на отримання чорнових заготовок завдовжки від 250 до 750 мм. У результаті математичної обробки експериментальних даних встановлено, що на етапі поперечного розкрою сухих ділянок деревини вихід чорнових різнововжинних заготовок знаходиться в межах 82,97...97,97%, а середнє значення досліджу становить 90,80%.

Відсоток виходу чорнових різнововжинних заготовок із сухих ділянок деревини становить:

$$P_{\text{ч.р.з}} = \frac{1,8764}{2,0666} \cdot 100 = 90,80 \, \%.$$

Тоді норма витрати сухих ділянок деревини на 1 м³ чорнових різнодовжинних заготовок становить:

$$H_{ч.р.з} = \frac{100}{90,80} = 1,101 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Статистична обробка результатів досліджень поперечного розкряу сухих ділянок деревини засвідчила, що коефіцієнт варіації становить 5,05%, на основі чого можна вважати, що експеримент відтворюється. З імовірністю 95% середнє значення витрати сухих ділянок деревини на чорнові різнодовжинні заготовки за цих же умов досліджень буде знаходитися в межах 1,075...1,129 м³/м³.

У табл. наведено поопераційні витрати пиловної сировини на 1 м³ сухих чорнових різнодовжинних заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками.

Таблиця

Поопераційні витрати букової пиловної сировини на 1 м³ сухих чорнових різнодовжинних заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками

№з/п	Технологічна операція	Позначення	Витрата, м ³ /м ³
1	Розпилювання пиловної сировини на необрізні пиломатеріали	$H_{п.м}$	1,207...1,280
2	Поздовжній розкряу сирих необрізних пиломатеріалів	$H_{сир.д.д}$	1,291...1,653
3	Сушіння сирих ділянок деревини	$H_{сух.д.д}$	1,167...1,179
4	Поперечний розкряу сухих ділянок деревини	$H_{ч.р.з}$	1,075...1,129
5	Витрата пиловної сировини на 1 м ³ сухих чорнових різнодовжинних заготовок	$H_{п.с.}$	1,955...2,816

Загальну витрату пиловної сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками визначаємо за формулою:

$$H_{п.с} = H_{п.м} \cdot H_{сир.д.д} \cdot H_{сух.д.д} \cdot H_{ч.р.з}, \text{ м}^3/\text{м}^3. \quad (3)$$

Висновки. Аналіз результатів досліджень, пов'язаних із визначенням витрати букової пиловної сировини на чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками, підтверджує, що переважна більшість з них отри-

мана до впровадження у 2019 р. чинної української нормативної бази, гармонізованої з міжнародною (європейською), щодо обліку пиловної сировини та її класифікації за якістю.

Витрата букової пиловної сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками за досліджуваних експериментальних умов знаходиться у діапазоні 1,955...2,816 м³/м³.

Визначено поопераційні витрати букової пиловної сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками для різних технологічних етапів, використання яких дасть змогу розробити відповідні нормативи витрат, придатні для застосування у виробничих умовах.

Список літератури

- Ветшева В. Ф., Черепанова С. А. (1997). Совершенствование нормирования расхода древесины в производстве пиломатериалов. *Деревообрабатывающая промышленность*, 1, 12-13. [Vietsheva, V.F., & Chieriepanova, C.A. (1997). Improving the rating of wood consumption in the production of lumber. *Woodworking industry*, 1, 12-13. Retrieved from: https://www.booksite.ru/derevo/1997/1997_1.pdf] (in Russian)
- ДСТУ 4020-2-2001 (pr EN 1309-2:1998) (2001). Лісоматеріали круглі та пиляні. Методи обмірювання та визначення об'ємів. Частина 2. Лісоматеріали круглі. Видання офіційне. Київ: Держстандарт України [DSTU 4020-2-2001 (pr EN 1309-2:1998) (2001) Round and sawn timber. Method of measurement of dimensions. Part 2: Round timber. Edition is official. Kyiv: State standard of Ukraine] (in Ukrainian)
- ДСТУ EN 1316-1:2018 (EN 1316-1:2012, IDT) (2018). Лісоматеріали круглі листяні. Класифікація за якістю. Частина 1. Дуб і бук. Видання офіційне. Київ: Держстандарт України [DSTU EN 1316-1:2018 (EN 1316-1:2012, IDT) (2018). Hardwood round timber. Qualitative classification. Part 1. Oak and beech. Edition is official. Kyiv: State standard of Ukraine] (in Ukrainian)
- ДСТУ EN 1309-1-2001 (2002). Лісоматеріали круглі та пиляні. Метод вимірювання розмірів. Частина 1. Пиломатеріали. Видання офіційне. Київ: Держстандарт України [DSTU EN 1309-1-2001 (2002). Round and sawn timber. Method of measurement of dimensions. Part 1. sawn timber. Edition is official. Kyiv: State standard of Ukraine] (in Ukrainian)
- ДСТУ EN 942:2003 (EN 942:1996, IDT) (2005). Лісоматеріали у столярній справі. Загальна класифікація за якістю. Видання офіційне. Київ: Держспоживстандарт України [DSTU EN 942:2003. Timber in joinery. General classification of timber quality (EN 942:1996, IDT) Edition is official. Kyiv: Stateconsumstandart of Ukraine] (in Ukrainian)
- Левинский Ю. Б., Левинская Г. Н., Агафонова Р. И., Савина В. В., Волегова Н. В. (2006). Рациональ-

- ная переработка пиловочного сырья на заготовки для производства клееных материалов строительного назначения. *Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды международ. евразийского симпозиума*, Екатеринбург, 2006. С. 53-56. [Levinskij, J.B., Levinskaja, G.N., Agafonova, R.I., Savina, V.V., & Volegova, N.V. (2006). Rational processing of raw material for sawn timber on preparations for manufacture glued constructive materials. *Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century*, 53-56. Yekaterinburg, Russia: Ural State Forestry University 53-56. Retrieved from http://symposium.forest.ru/article/2006/2_tehnology/levinskyi_01.htm] (in Russian)
- Маєвський В.О., Копинець З.П., Ковбасюк В.М., Миськів Є.М., Якуба М.М. (2019). Технологічні аспекти регулювання витрат деревинної сировини під час виготовлення віконних блоків з тришарового клеєного бруса. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 18, 208-216 [Mayevskyy, V., Kopynets, Z., Kovbasyuk, V., Myskiv, Ye., & Yakuba, M. (2019) Technological aspects of raw wood material consumption regulation in the manufacture of window units from three-layer glued bars. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 18, 208-216. <https://doi.org/10.15421/411922>] (in Ukrainian)
- Маєвський В.О., Максимів В.М., Мацюк Р.І., Дадак, Р.М. (2006). Визначення об'ємного виходу пилопродукції для технологічних потоків на базі стрічкопилкового обладнання. *Науковий вісник НЛТУ України*, 16(1), 150-158. [Mayevskyy, V.O., Maksymiv, V.M., Matsyuk, R.I., & Dadak R.M. (2006). Evaluation of lumber volume recovery for processing lines on the basis of band saws. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 16(1), 150-158. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16_1/index.htm] (in Ukrainian)
- Маєвський В.О., Марченко Н.В., Ференц О.Б., Андрашек Й.В., Копинець З.П., Мазурчук С.М., Буйських, Н.В. (2019). Доповнення до рекомендацій для лісопиляльно-деревообробних підприємств України «Розрахунок норм витрат деревини різних порід на виготовлення пилопродукції залежно від виду лісопиляльного устаткування та вибір лісопиляльного устаткування». Київ: НУБіП, НЛТУ України. [Maevsky, V.O., Marchenko, N.V., Ferents, O.B., Andrashek, J.V., Kopynets, Z.P., Mazurchuk, S.M., Buyskykh, N.V. (2019). Guide supplement for sawmills and woodworking enterprises of Ukraine «Calculation of wood consumption rates of different species for the manufacture of sawn timber products depending on the type and choice of sawmill equipment». Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Маєвський В.О., Мацишин Я.В., Миськів Є.М. (2010). Особливості розкрою пиломатеріалів на радіальні та тангенціальні заготовки. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20(15), 81-90. [Mayevskyy, V.O., Matsyshyn, Ya.V., & Myskiv, Ye.M. (2010). The features of sawn timber sawing into quarter and plain blanks. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 20(15), 81-90. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_15/index.htm] (in Ukrainian)
- Руководящие технико-экономические материалы по нормированию расхода материалов в производстве столярно-строительных изделий (1988). Балабаново: ВНПО «Союзнаучстандартдом» Минлеспрома СССР [Guiding technical and economic materials on the rationing of material consumption in the manufacture of joinery and construction products (1988). Balabanovo: VNPO "Soyuznauchstandart" of the USSR Ministry of Forest Industry] (in Russian)
- Пижурин А.А. (1989). Оптимизация раскroy хлыстов пиловочных брёвен и пиломатериалов на заготовки для деревянного домостроения: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Москва: МЛТИ. 197 с. [Pizhurin, A.A. (1989). *Optimization of cutting logs and sawn timber into blanks for wooden housing construction* (Doctoral dissertation, Moscow Forestry Institute, Moscow, Russia) (in Russian)
- Янушкевич А.А., Ларченко А.В., Чернявский Е.А. (2012). Индивидуальный раскрой бревен на радиальные пиломатериалы для клееных брусев. *Актуальные проблемы лесного комплекса*, 34. [Yanushkevich, A.A., Larchenko, A.V., & Charniauski, Y.A. (2012) Individual cutting of logs into quarter-sawn lumber for glued bars. *Current problems of the forest sector*, 34. Retrieved from: http://www.science-bsea.bgita.ru/2012/les_komp_2012/yanushkevich_ind.htm] (in Russian)
- Buehlmann, U. (1998). Understanding the relationship of lumber yield and cutting bill requirements: a statistical approach (Doctoral dissertation, State University, Blacksburg, Virginia, the USA). Retrieved from: https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/30745/diss_bue.PDF?sequence=1
- Muñoz, G.R., Gete, A.R., & Regueiro, M.G. (2013). Variation in log quality and prediction of sawing yield in oak wood (*Quercus robur*). *Annals of Forest Science*, 70, 695-706. <https://doi.org/10.1007/s13595-013-0314-8>
- Popadić, R., Šoškić, B., Milić, G., Todorović, N., & Furtula, M. (2014). Influence of the sawing method on yield of beech logs with red heartwood. *Drvna industrija*, 65(1), 35-42. <https://doi.org/10.5552/drind.2014.1312>
- Thomas, R.E., & Buehlmann, U. (2016). Potential for Yield Improvement in Combined Rip-First and Crosscut-First Rough Mill Processing. *BioResources*, 11(1), 1477-1493. <https://doi.org/10.15376/biores.11.1.1477-1493>

Evaluating the beech log input in the rough blanks manufacture with specified dimensional and quality characteristics

V. Mayevskyy¹, Z. Kopynets², O. Ferents³,
Ye. Myskiv⁴, M. Fedyk⁵

Log-to-lumber converting processes with subsequent cutting into blanks is one of the important processing stages in industries where solid wood is used for the products manufacture. Therefore, the study of wood consumption at these stages is relevant in today's production conditions.

The results of experimental studies are obtained on the beech log input for producing rough blanks of different lengths with specified dimensional and qualitative characteristics in production conditions. The step-by-step operational beech log input for obtaining dry rough blanks of different lengths with specified dimensional and qualitative characteristics have been investigated, in particular, during the implementation of the following processing stages: sawing the wood into unedged lumber; rip-sawing unedged lumber into separate parts of wood, the cross-section of which corresponds to the cross-section of the blanks; drying of damp parts of the wood; cutting dry parts of the wood along the length, while cutting out unacceptable wood defects, into rough blanks of different lengths with specified dimensional and quality characteristics.

The dimensions of the beech log, which was sawn during the experimental studies, were following: diameter in the middle of its length – from 32 cm to 86 cm, log length – from 2.9 m to 3.2 m. The qualitative composition of the sawing log in the experimental

studies: quality class A – 10%; quality class B – 20%; quality class C – 50%; quality class D – 20%.

In the process of experimental studies, unedged lumber with a thickness of 81 mm and 45 mm was obtained which was further cut into wood parts with a cross-section of 45 × 81 mm.

The analysis of the results of the experimental studies made it possible to find that the average step-by-step operational indexes of the beech log input for obtaining dry rough blanks of different lengths with specified dimensional and qualitative characteristics for various processing stages are of the following values: beech log input for obtaining damp unedged lumber – 1.243 m³/m³; consumption of damp unedged lumber in case of length cutting into damp parts of wood – 1.450 m³/m³; consumption of damp wood parts for obtaining dry wood parts – 1.173 m³/m³; consumption of dry parts of wood, in case of cutting them along the length with cutting out unacceptable wood defects, into rough blanks of different lengths with specified dimensional and quality characteristics – 1.101 m³/m³.

The determined values of the beech log input for obtaining dry rough blanks of different lengths with specified dimensional and qualitative characteristics under the experimental conditions are in the range of 1.955 ... 2.816 m³/m³.

The use of the results of the step-by-step operational beech log input to obtain dry rough blanks of different lengths with specified dimensional and qualitative characteristics for various processing stages will allow developing appropriate consumption rates that are applicable in production conditions.

Key words: sawing timber; beech; unedged lumber; wood parts; rough blanks; consumption.

¹ Volodymyr Mayevskyy – Doctor of Sciences, Professor, Director of Educational-Scientific Institute of Woodworking and Computer Technologies and Design, Professor of Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka str., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-44-96, +38-067-670-38-87. E-mail: volodymyr_mayevskyy@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5820-9454>

² Zoya Kopynets – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka str., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-670-20-58. E-mail: zoya_kopynets@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8977-6953>

³ Oleh Ferents – PhD in Technical Sciences, associate Professor, Head of Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka str., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-945-01-24. E-mail: oleg.ferents@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4322-3952>

⁴ Yevstakhii Myskiv – PhD in Technical Sciences, Senior teacher of Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka str., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: myskivs@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1762-4728>

⁵ Fedyk Mykhaylo – chief technologist. Limited Liability Company «КОМПАНИЯ БИЛ І КА», str. Vovchynetska, 225, Ivano-Frankivsk, 76006, Ukraine. E-mail: rmishaf29.96@gmail.com

Оценка расхода букового пиловочного сырья на изготовление черновых заготовок с заданными размерно-качественными характеристиками

В. О. Маевский¹, З. П. Копинец², О. Б. Ференц³,
Е. М. Мыськив⁴, М. М. Федик⁵

Распиловка пиловочного сырья на пиломатериалы с последующим раскромом их на заготовки является одним из важных технологических этапов в производствах, где для изготовления продукции используют цельную древесину. Поэтому исследование расхода древесины на этих этапах является актуальным в современных производственных условиях.

Получены результаты экспериментальных исследований расхода букового пиловочного сырья на черновые заготовки разной длины с заданными размерно-качественными характеристиками в производственных условиях. Исследованы пооперационные расходы букового пиловочного сырья на сухие черновые заготовки разной длины с задан-

ными размерно-качественными характеристиками, в частности при реализации таких технологических этапов: распиловка пиловочного сырья на необрезные пиломатериалы; продольного раскря необрезных пиломатериалов на отдельные участки древесины, поперечное сечение которых соответствует поперечному сечению заготовок; сушки сырых участков древесины; поперечного раскря сухих участков древесины с вырезкой недопустимых пороков древесины на черновые заготовки разной длины с заданными размерно-качественными характеристиками.

При выполнении экспериментальных исследований распиливали буковое пиловочное сырье диа-

метром на середине его длины от 32 до 86 см, длиной от 2,9 до 3,2 м. Качественный состав пиловочного сырья при экспериментальных исследованиях: класс качества А – 10%; класс качества В – 20%; класс качества С – 50%; класс качества D – 20%.

В процессе экспериментальных исследований выпиловали необрезные пиломатериалы толщиной 81 и 45 мм, которые в дальнейшем раскраивали на отдельные участки древесины поперечного сечения 45×81 мм.

Анализ полученных результатов экспериментальных исследований позволил установить, что средние пооперационные показатели расхода букового пиловочного сырья на сухие черновые заготовки разной длины с заданными размерно-качественными характеристиками для различных технологических этапов составляют: расход букового пиловочного сырья на сырые необрезные пиломатериалы – $1,243 \text{ м}^3/\text{м}^3$; расход сырых необрезных пиломатериалов при их продольном раскря на сырые участки древесины – $1,450 \text{ м}^3/\text{м}^3$; расход сырых участков древесины на сухие участки древесины – $1,173 \text{ м}^3/\text{м}^3$; расход сухих участков древесины при их поперечном раскря с вырезкой недопустимых пороков древесины на черновые заготовки разной длины с заданными размерно-качественными характеристиками – $1,101 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Установленные величины расхода букового пиловочного сырья на сухие черновые заготовки разной длины с заданными размерно-качественными характеристиками при исследуемых экспериментальных условиях находятся в диапазоне $1,955 \dots 2,816 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Использование полученных результатов пооперационных расходов букового пиловочного сырья на сухие черновые разной длины заготовки с заданными размерно-качественными характеристиками для различных технологических этапов позволит разработать соответствующие нормативы расхода, которые применимы в производственных условиях.

Ключевые слова: пиловочное сырье; бук; необрезные пиломатериалы; участки древесины; черновые заготовки; расход.

¹ *Маєвський Володимир Олександрович* – доктор технических наук, профессор, директор учебно-научного института деревообрабатывающих и компьютерных технологий и дизайна, профессор кафедры технологий лесопиления, столярных и деревянных строительных изделий. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-238-44-96, +38-067-670-38-87. E-mail: volodymyr_mayevskyy@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5820-9454>

² *Копинець Зоя Павлівна* – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий лесопиления, столярных и деревянных строительных изделий. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-067-670-20-58. E-mail: zoya.kopynets@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8977-6953>

³ *Ференц Олег Богданович* – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологий лесопиления, столярных и деревянных строительных изделий. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-067-945-01-24. E-mail: oleh.ferents@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4322-3952>

⁴ *Миськів Євстахій Михайлович* – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологий лесопиления, столярных и деревянных строительных изделий. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. E-mail: myskivs@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1762-4728>

⁵ *Федик Михаил Николаевич* – главный технолог. ООО «Компани БИЛ И КА», ул. Вовчинецкая, 225, г. Ивано-Франковск, 76006, Украина. E-mail: rmishaf29.96@gmail.com