

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

БІЛЕЦЬКИЙ МИХАЙЛО ОЛЕКСІЙОВИЧ

УДК 674.023.05.002.54(035)

**РЕСУРСОЩАДНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПИЛЮВАННЯ
НИЗЬКОТОВАРНИХ КОЛОД НА БАЗІ КРУГЛОПИЛКОВИХ
ВЕРСТАТІВ**

05.23.06 – технологія деревообробки,
виготовлення меблів та виробів з деревини

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент
Сірко Зіновій Степанович,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України,
доцент кафедри технології деревообробки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Максимів Володимир Михайлович,
Національний лісотехнічний університет України,
завідувач кафедри технологій лісопиляння, столярних і
дерев'яних будівельних виробів

кандидат технічних наук
Хлуд Василь Іванович,
комерційний директор ПП «Маркетліс»

Захист відбудеться «___» _____ 2015 р. о __ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.004.11 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України, за адресою: 03041, м. Київ, вул. Родімцева, 19, навчальний корпус № 1, кімната 97.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України, за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус №4, кімната 41а.

Автореферат розісланий «___» _____ 2015р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Н. В. Буйських

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Щороку в Україні заготовляється близько 15–17 млн м³ деревини, третина з якої переробляється на лісопиляльних виробництвах. Наразі спостерігається тенденція до зменшення середнього діаметру колод, які надходять до лісопиляння, оскільки на необроблену деревину грубих діаметрів (від 26 см і вище) існує високий попит на зовнішньому ринку, що спричинило відчутний дефіцит таких сортиментів за доступною ціною в країні. Тому близько 60 % заготовленої деревинної сировини, що надходить на внутрішній ринок становить низькотоварна деревина. За останнє десятиліття інтенсифікувалося перероблення таких колод діаметрами 14–24 см, які у минулому використовувались, переважно, на плитних та целюлозних виробництвах.

Очевидним резервом деревинних ресурсів для отримання пиломатеріалів невисокої собівартості на сьогодні є низькотоварна деревина середніх діаметрів, збільшення обсягів перероблення якої стало можливим завдяки поширенню технологій зрощення. Пиляння такої деревини, як правило, здійснюють на круглопилкових верстатах. Однак недостатня ефективність технологій перероблення низькотоварної сировини середніх діаметрів на лісопиляльних підприємствах вимагає перегляду як підходу до планування розкрою сировини, так і вдосконалення дереворізального інструменту, від яких залежить якість та корисний вихід пилопродукції.

Отже, актуальним є розроблення ресурсоощадної технології перероблення низькотоварної сировини, що має не лише науково-практичну цінність, але й важливе народногосподарське значення для збереження матеріальних й енергетичних ресурсів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано в межах науково-дослідної роботи згідно з основними напрямками наукової діяльності кафедри «Технології деревообробки» Національного університету біоресурсів та природокористування України, зокрема: «Розробити ресурсозберігаючі технології переробки низькосортної деревини» (номер державної реєстрації 0110U003497, 2010–2012 рр.); «Розробити наукові основи формування вимог до раціонального використання деревної сировини» (номер державної реєстрації 0112U002711, 2012–2016 рр.).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є вдосконалення технології перероблення низькотоварної деревини на базі круглопилкових верстатів. Відповідно до поставленої мети сформульовано такі задачі:

- на основі аналізу особливостей процесу пиляння круглими пилами визначити основні чинники впливу на енергоспоживання та якість обробленої поверхні;
- визначити поправковий коефіцієнт для уточнення розрахунків власної частоти згинальних коливань круглих пил;

- удосконалити конструкцію круглої пилки для поздовжнього розпилювання колод;

- розробити методику експериментальних досліджень величини корисного виходу пиломатеріалів із низькотоварної деревини з урахуванням фактичної розмірно-якісної характеристики сировини, впливу конструкції інструменту на енергоспоживання та якість обробленої поверхні, резонансних властивостей інструменту;

- дослідити вплив конструкції інструменту на величину споживаної потужності, шорсткість обробленої поверхні та частоту власних коливань пилки;

- дослідити експериментальним шляхом корисний вихід пиломатеріалів заданої специфікації з низькотоварної деревини сосни середніх діаметрів із врахуванням її фактичної розмірно-якісної характеристики.

Об'єкт дослідження– технологічні процеси виготовлення пиломатеріалів з низькотоварної деревини сосни із використанням круглопилкового обладнання.

Предмет дослідження– закономірності між технологічними параметрами у процесі виготовлення пиломатеріалів, що забезпечують ресурсоощадне використання низькотоварної деревини.

Наукова новизна одержаних результатів. Вирішено науково-практичну задачу ресурсозбереження низькотоварної деревинної сировини у виробництві обрізних пиломатеріалів шляхом використання раціональних планів розкрою та прогнозування величини витрати деревини за умови застосування удосконаленого дереворізального інструменту круглопилкового обладнання.

Удосконалено науково-практичну базу для оцінки якості обробленої поверхні пиломатеріалів, що виготовляються із низькотоварної деревини на базі круглопилкових верстатів.

Уперше отримано поправковий коефіцієнт, що враховує площу міжзубних западин для визначення резонансних властивостей пилки, це дає змогу уточнити геометричні параметри пилки під час математичного моделювання процесу пиляння деревини.

Уперше отримані значення величини дотичного тиску на бічну поверхню зубця α (інтенсивність тертя) для пилок запропонованої конструкції та отримані величини частот власних коливань досліджуваних пилок базової і нової конструкції.

Практичне значення одержаних результатів полягає:

- у розробленому регламенті з лісопиляння, впровадженому в цеху перероблення ДП «Малинське ЛГ» та ФОП Колесник Ю. М.;

- у розробленому програмному забезпеченні для розрахунків планів розкрою та прогнозування об'ємного (корисного) виходу, що враховує якість та форму розпилюваної деревини;

- у вдосконалених конструкціях дискових пилок (патенти №72632, № 86923), впроваджених на ПП «Іннатекс», ефективність яких підтверджено експериментальними дослідженнями;

- у використанні результатів дисертаційної роботи в навчальному процесі під час викладання дисциплін «Обладнання галузі», «Проектування деревообробного обладнання».

Особистий внесок здобувача. Автором розроблено науково-практичні рекомендації, розроблено програми та методики досліджень, проаналізовано стан питання, обґрунтовано та розроблено наукову концепцію дисертації, сформовано мету і завдання досліджень. У працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить: [1] – дослідження основних параметрів різання рамними пилами, [2] – аналіз існуючих нормативів витрати пиловочної сировини у виробництві пиломатеріалів, [3] – аналіз основних конструкційних параметрів круглих пил для поздовжнього розпилювання деревини, [4,9] – аналіз основних методів визначення якості поверхні пиломатеріалів, [5,12] – визначення конструкційних параметрів круглих пил, які впливають на частоту їх власних коливань, [6] – визначення конструкційних параметрів круглих пил, які впливають на споживану потужність під час різання, [7] – аналіз способів виявлення металічних включень у зоні пропилу під час пиляння на круглопилкових верстатах, [8] – визначення впливу якості пиловочної сировини на сорт пиломатеріалів, [10,18] – розроблення класифікації круглопилкових лісопиляльних верстатів, [13, 14] – формула винаходу на корисну модель, [17] – порівняння технічних характеристик різних груп верстатів для лісопиляння.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації автор доповів на:

– міжнародній науково-практичній конференції «Освіта, наука та інновації у лісовому і садово-парковому господарстві України в контексті регіональних та глобальних викликів» (Київ, 2010 р.);

– міжнародній конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та молодих вчених Національного університету біоресурсів і природокористування України (Київ, 2011 р.);

– міжнародній науково-практичній конференції «Ліс, довкілля, технології: наука та інновації» (Київ, 2012 р.);

– міжнародній науково-практичній конференції «Ліси, парки, технології: сьогодення та майбутнє» (Київ, 2013 р.);

– міжнародній науково-практичній конференції «Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання» (Київ, 2015 р.);

– міжнародній науково-практичній конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» (Чернігів, 2015 р.).

Публікації. Основні результати роботи опубліковано в 19 працях: із них – 5 статей у фахових виданнях України, 3 статті – в наукових виданнях іншої держави, 3 статті – в інших виданнях, 6 тез наукових доповідей, 2 патенти України на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків та рекомендацій, списку використаних джерел, що містить 179 найменувань, з них іноземних – 28, 4 додатків. Основний текст роботи

викладено на 124 сторінках комп'ютерного тексту, проілюстрований 42 рисунками та 27 таблицями. Загальний обсяг роботи – 209 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** проаналізовано стан науково-технічної проблеми, обґрунтовано доцільність й актуальність теми дослідження, висвітлено її важливість, сформульовано мету і завдання дослідження. Наведено відомості про наукову новизну, практичну цінність і апробацію отриманих результатів дослідження.

Перший розділ роботи – **«Стан питання»** – присвячено актуальності та перспективності способу перероблення низькотоварної деревини за допомогою круглопилкового обладнання.

У розділі наведено аналіз ресурсів низькотоварної деревини в Україні, який переконливо доводить наявність резерву сировини для лісопиляння. Отже, враховуючи особливості структури лісового фонду країни, варто віднайти ефективні шляхи ресурсоощадного використання низькотоварної деревини невеликих діаметрів.

Дослідженням технології перероблення низькотоварної деревини на пиломатеріали на круглопилкових верстатах присвятили свої роботи Н. К. Якунін, Х. Х. Стефановский, Л. І. Фельман та ін. Такий тип обладнання варто застосовувати для перероблення низькотоварних колод, оскільки порівняно з стрічкопилковими, вони мають вищу продуктивність за гарної якості обробленої поверхні; порівняно з лісопиляльними рамами – кращу якість оброблення. Стримуючим фактором широкого використання круглопилкового устаткування в Україні є завищена величина витрати деревини у виробництві пиломатеріалів. Питаннями дослідження корисного, об'ємного та ціннісного виходу пиломатеріалів із лісоматеріалів різної якості займалися: А. В. Чугреєв, І. Г. Дерев'янка, В. В. Коробов, А. Е. Феоктистов, М. Г. Анапольський, В. М. Максимів, Є. М. Миськів, В. О. Маєвський. Однак у дослідженнях не було приділено достатньої уваги питанням нормування витрат низькотоварної лісосировини за умови перероблення її на круглопилковому устаткуванні.

Дослідження окремих питань стійкості та коливань плоских круглих пил виконували: С. М. Муравйов, П. І. Лапін, Н. К. Якунін, С. М. Хасдан, Ю. М. Стахієв, А. Е. Грубе, В. І. Санєв, М. М. Твердиніна, В. І. Лашманов, А. А. Настенко, В. В. Дунаєва, Н. І. Ковзун, Л. А. Фєфілов, А. Є. Рижов, Е. М. Туріков, В. Г. Бодальов, Я. Я. Кистер, Е. Барц, Г. Паліч, Б. Ровінський, Є. Фріббе, Ч. Берольцгеймер, С. Д. Моут. За результатами досліджень названих вчених було створено стандартизовані конструкції круглих пил та розраховано режими їх роботи.

Основними напрямками підвищення ресурсоощадності перероблення круглих лісоматеріалів на круглопилкових верстатах є ефективне використання низькотоварної сировини шляхом удосконалення конструкцій інструменту та покращення планування розкрою низькотоварної деревини. Блок-схему загальної методики запропонованих досліджень наведено на рис. 1.

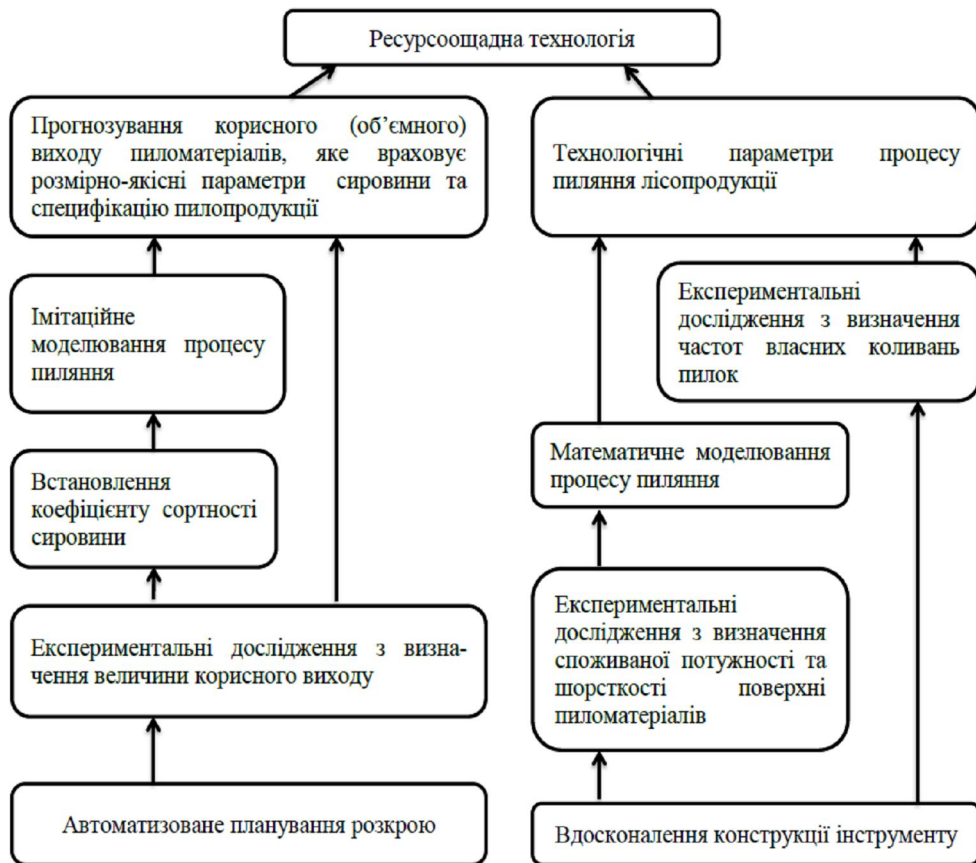


Рис. 1. Загальна методика досліджень технології перероблення низькотоварної деревини на пиломатеріали на круглопилкових верстатах

У другому розділі – «**Теоретичне обґрунтування процесу пиляння круглими пилами**» – наведено теоретичне обґрунтування цього процесу. Зокрема, наведено теоретичні залежності процесу пиляння на круглопилкових верстатах, визначено дотичний тиск стружки на диск пили.

У досліджуваних математичних моделях коливання круглої пилки розглядаються на прикладі круглої пластини з отвором. Проте наявність зубів та западин пилки спричиняє збільшення інерційної та аеродинамічної складової коливань. Для уточнення розрахунків запропоновано врахувати маси зубів пилки та рівномірно розподілену її масу на всій площі диску. Із врахуванням зазначеного було визначено коефіцієнт, що характеризує площі міжзубних западин.

(1)

де z – кількість зубів пилки, шт.;

θ – коефіцієнт форми зубців.

Ввівши коефіцієнт у відоме з класичної теорії пружності рівняння частоти згинальних коливань, для випадку тонкої круглої пластини, отримаємо:

(2)

де f_1 – частота нижчих згинальних коливань із двома вузловими діаметрами; E – модуль нормальної пружності; ρ – густина; μ – коефіцієнт Пуассона для матеріалу пилки; d – діаметр насадного отвору пилки; D – діаметр диска; h – товщина диска; γ – поправковий коефіцієнт.

За рівнянням (2), знаючи характеристики матеріалу та геометричні параметри круглих пилок, можемо розрахувати уточнені величини їх власних коливань.

Загальним недоліком відомих конструкцій круглих пилок із пластинами для винесення стружки є неповне винесення її із пропилу. Це зумовлено тим, що стружка виводиться пластиною на периферію диска та попадає на передню поверхню зуба пилки, який має позитивний передній кут 25° за ходом обертання інструмента, і частина стружки знову повертається у пропил, що негативно впливає на врівноваженість пилок під час роботи і, таким чином, на якість оброблених поверхонь. Даний недолік стримує можливість збільшення швидкості подачі лісоматеріалу з метою підвищення продуктивності процесу пиляння. Це зумовило розроблення проектної моделі пилки з пластинами для винесення стружки (рис. 2), яка дає змогу практично повністю виносити стружку із пропилу за рахунок зміщення пластини до периферії диску на величину, меншу від діаметра кола різання на 0,6...0,8 мм.

Тому для підвищення ресурсоощадності перероблення низькотоварної деревини створено експериментальні конструкції круглих пилок (рис. 3), під час різання якими стружка під дією відцентрової сили виносить з пропилу, за рахунок чого забезпечується краща якість обробленої поверхні, вища точність геометричних розмірів пиломатеріалів та менше споживання електроенергії.



Рис. 2. Схема відмінності запропонованої конструкції пилки

З метою визначення впливу запропонованої конструкції пилки на якість оброблення поверхні та на споживану під час пиляння потужність було виконано серію експериментальних досліджень.

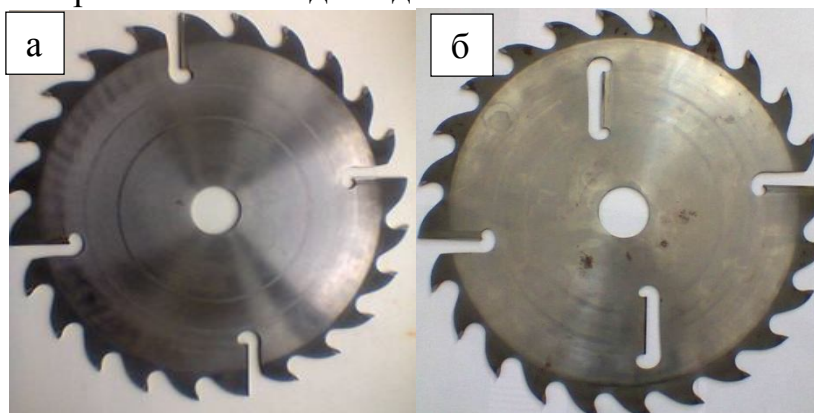


Рис. 3. Експериментальні моделі пилки: а – пилка, призначена для розпилювання заготовок товщиною до 100мм; б – пилка, призначена для розпилювання заготовок товщиною більше 100 мм

На основі теоретичного обґрунтування було визначено інтенсивність тертя стружки об стінки пропилу під час пиляння круглою пилою, її резонансні властивості, розрахований поправковий коефіцієнт, що враховує параметри круглої пилки. Даний коефіцієнт дає змогу уточнити розрахунковий радіус (діаметр) диска пилки у час визначення частот власних коливань.

У третьому розділі – «**Методики експериментальних досліджень**» – наведено методики теоретичних та експериментальних досліджень. Для проведення експерименту з визначення величини витрати низькотоварної пиловочної сировини за основу взята методика, розроблена на кафедрі технології деревообробки Національного університету біоресурсів та природокористування України і наведена в роботах Н. В. Марченко. До вказаної методики було додатково введено визначення параметрів сорту та виду перерізу пиломатеріалів, зміщення серцевини від осі колоди. Програмою експерименту передбачалося здійснення розкрою колод на лінії, що складалася з круглопилкових двовальних брусувального та багатопилкового верстатів. Змінними факторами вважалися сорт та група сортоутворюючих вад лісоматеріалів (2-й, 3-й, технологічна сировина) деревини сосни (*Pinus Sylvestris L.*), діаметр та збіг колод. Для коректної постановки експерименту було використано імітаційну модель процесу розкрою колод у вигляді програмного забезпечення, за допомогою якої визначено найбільш раціональні плани розкрою, відповідно до діаметру колод та специфікацій пиломатеріалів з врахуванням їх відсоткового співвідношення у партії. До основної серії експерименту було включено 1206 штук колод різних сортів та діаметрів.

Експериментальні дослідження із визначення впливу конструкції інструмента на шорсткість поверхні пиломатеріалів та споживану потужність проводилися на експериментальній установці НДІ «Нанобіотехнологій та ресурсозбереження». Методика досліджень полягала в оцінюванні якості

пилматеріалів за параметром шорсткості (R_{max}), котрий визначався згідно ГОСТ 15612–85 «Изделия из древесины и древесных материалов. Метод определения параметров шероховатости поверхности» та ГОСТ 7016–82 «Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости».

Вплив конструкції пилки на споживану потужність досліджувався за методикою, описаною в роботах Л. В. Ковальова та А. В. Івановського у якості змінних чинників прийнято: швидкість подачі, товщина заготовки, конструкція круглої пилки. Упродовж експерименту як вихідні параметри фіксували споживану потужність верстата та шорсткість поверхні зразка, яку визначали оптичним методом за допомогою мікроскопа МИС–11. Розроблено план експерименту із визначення потужності й шорсткості поверхні пилматеріалів,

2

в основу якого покладено повнофакторний план (ПФП), що дає змогу, крім лінійних коефіцієнтів регресії, оцінити різні ефекти взаємодії факторів (табл. 1).

Таблиця 1

Матриця базисних функцій

	x0	x1	x2	x3	x1x2	x1x3	x2x3	x1x2x3	Kп	Vп, м/хв	h, мм
1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	2	2	50
2	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	2	50
3	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	2	5	50
4	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	5	50
5	1	1	-1	1	1	1	1	1	2	2	100
6	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	2	100
7	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	2	5	100
8	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	5	100

Експериментом передбачалися дослідження із використанням двох видів конструкції круглих пилок діаметром 400 мм: за ТУ ТОВ «Інтекс» (показник 1) та вдосконаленої конструкції з пластинами для виносу стружки (показник 2). Фіксованими значеннями були: швидкість подачі – 2 м/хв, 5, 10, 20 м/хв; товщина зразків (висота пропилу) – 50 та 100 мм; частота обертання пилкового валу – 2500 об/хв. З метою уникнення резонансних явищ під час роботи пилки вдосконаленої конструкції на верстатах визначали частоти її власних коливань.

Для реалізації експерименту розроблено методику, котра передбачала використання експериментальної установки (рис. 4), що складалася з пилки, затисненої фланцями на валу та механічно закріпленого на ній п'єзоелемента марки ЦТС–19, що електрично послідовно пов'язаний із входом вимірювальної схеми осцилографу і ПК. Під час удару пилки 1 металевою кулею 3 в ній порушуються згинальні коливання, які за допомогою п'єзоперетворювача 2 перетворюються на електричні та виводяться через осцилографічну приставку 4 на екран ноутбука 5.

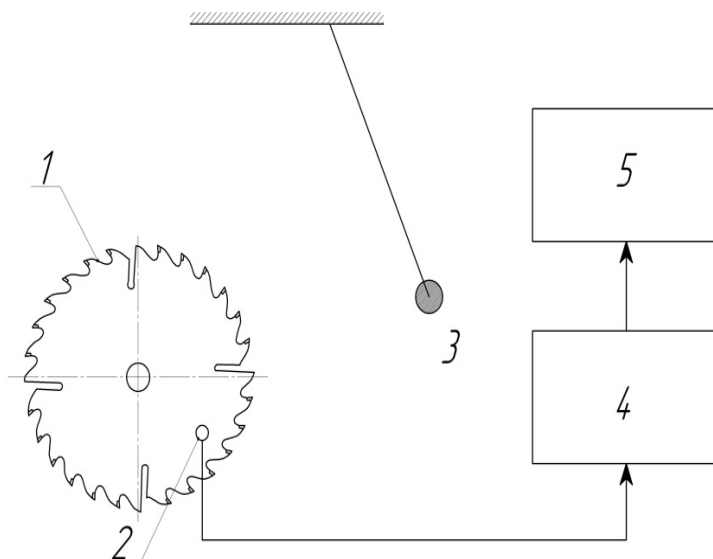


Рис.4. Схема експериментальної установки

Методикою експерименту передбачалося визначення значень частот власних коливань кожної пилки та аналіз спектру частот коливань за отриманими осцилограмами.

У четвертому розділі – «**Результати експериментальних досліджень**» – представлено результати експериментальних досліджень впливу конструкції інструменту на шорсткість та споживану потужність, частот власних коливань пилок та досліджень із визначення корисного виходу пиломатеріалів з низько-товарної деревини. Результати експерименту з визначення впливу інструмента на якість обробленої поверхні матеріалів та величину споживаної потужності наведено в табл. 2, 3.

Таблиця 2

Значення шорсткості поверхні та споживаної потужності (товщина 50 мм)

Параметри процесу пиляння, що вимірювалися	Товщина зразків 50 мм							
	Швидкість подачі, м/хв							
	2		5		10		20	
	Конструкція							
	1	2	1	2	1	2	1	2
Шорсткість $R_{a, max}$, мкм	81,10	75,11	81,14	81,50	81,24	75,11	83,24	81,74
Коефіцієнт варіації, %	11,02	15,14	0,07	0,09	7,86	10,79	3,84	7,10
Показник точності, %	3,49	4,79	2,88	3,36	2,48	3,41	1,21	2,25
Споживана потужність N, кВт	0,68	0,55	0,73	0,59	0,78	0,76	0,81	0,81
Коефіцієнт варіації, %	0,56	0,86	0,58	1,35	0,03	0,03	0,04	0,06
Показник точності, %	0,18	0,27	0,18	0,43	1,08	1,05	1,30	1,94

За результатами досліджень, у разі застосування пил запропонованої конструкції, споживана потужність зменшилася на 10,3 %, а шорсткість поверхні пропилу – на 4 %.

Таблиця 3

Значення шорсткості поверхні та споживаної потужності (товщина 100 мм)

Параметри процесу пиляння, що вимірювалися	Товщина зразків 100							
	Швидкість подачі, м/хв							
	2		5		10		20	
	Конструкція							
	1	2	1	2	1	2	1	2
Шорсткість $R_{m, \max}$, мкм	76,90	74,60	86,40	78,77	97,38	95,81	98,73	96,78
Коефіцієнт варіації, %	13,75	15,08	12,47	15,75	3,32	3,75	3,93	4,34
Показник точності, %	4,35	4,77	3,94	4,98	1,05	1,18	1,24	1,37
Споживана потужність N, кВт	0,75	0,75	0,78	0,57	0,81	0,80	0,10	0,84
Коефіцієнт варіації, %	0,70	1,16	0,59	1,52	0,04	0,04	0,04	0,04
Показник точності, %	0,22	0,37	0,19	0,48	1,38	1,24	1,24	1,41

Реалізація повнофакторного плану експерименту дала змогу отримати адекватні регресійні залежності шорсткості обробленої поверхні та величини споживаної потужності за умови пиляння круглими пилами залежно від типу їх конструкцій (базова модель – тип 1, вдосконалена – тип 2), швидкості подачі (від 2 до 20 м/хв) та товщини заготовки (50 і 100 мм). Адекватність отриманих рівнянь перевірено за критерієм Фішера, значимість коефіцієнтів регресії встановлено за допомогою t-критерію Стьюдента. Регресійні залежності представлено у вигляді рівнянь (3–6) в нормалізованих показниках:

- за умови пиляння зразків на швидкостях подачі 2 і 5 м/хв:

$$R_{m, \max} = 79,45 + 1,95x_1 + 2,51x_2 - 0,27x_3 - 0,13x_1x_2 + 0,54x_1x_3 + 0,9x_2x_3 + 1,46x_1x_2x_3; \quad (3)$$

$$N = 0,68 + 0,06x_1 - 0,01x_2 + 0,04x_3 + 0,03x_1x_2 - 0,01x_1x_3 - 0,03x_2x_3 + 0,03x_1x_2x_3; \quad (4)$$

- за умови пиляння зразків на швидкостях подачі 10 і 20 м/хв:

$$R_{m, \max} = 88,75 + 1,4x_1 + 1,37x_2 + 8,42x_3; \quad (5)$$

$$N = 0,71 - 0,09x_1 - 0,07x_2 - 0,08x_3 - 0,1x_1x_2 - 0,09x_1x_3 - 0,09x_2x_3 + 0,09x_1x_2x_3. \quad (6)$$

У рівнянні регресії (3) коефіцієнт при x_3 (товщина заготовки) має від'ємний знак, а в рівнянні (5) – додатне значення, що свідчить про зниження якості поверхні зі збільшенням товщини зразка, за умов пиляння на високих швидкостях. Отже, для пиляння товстих пиломатеріалів круглими пилами запропонованої конструкції з метою отримання високої якості пропилу варто застосовувати швидкості подачі від 2 до 5 м/хв.

Виявлено, що найбільший вплив типу конструкції пилки на якість поверхні пиломатеріалу спостерігається за низьких швидкостей подачі, тоді як за високих швидкостей більш істотно впливає товщина матеріалу. Встановлено, що застосування нової конструкції пилки сприяє зменшенню споживаної потужності.

За виразом (2), з метою уникнення резонансних явищ під час процесу пиляння, визначено частоти власних коливань пилок базової та вдосконаленої

конструкції. Такий розрахунок дав змогу оцінити можливість виникнення резонансу частот власних коливань інструмента та вимушених коливань валу верстата, а використання коефіцієнта $K_{en}(1)$ при цьому сприяло уточненню значень частоти коливань інструмента. З метою встановлення фактичних значень частоти власних коливань пилок виконано експериментальні дослідження, на підставі яких визначено значення частот коливань базової моделі пилки – 1,59 кГц та вдосконаленої моделі – 1,18 кГц, які знаходяться значно вище частоти обертання пилового валу – 0,06 кГц. Порівняння частот коливань, розрахованих за виразом (2) з експериментальними даними показало, що різниця між ними становить 2–5%, що дає змогу визначати величини власних частот пилок з урахуванням запропонованого коефіцієнту $K_{en}(1)$ із достатнім ступенем точності.

З метою уточнення технологічних параметрів пиляння низькотоварної деревини сосни пилками вдосконаленої конструкції на круглопилкових верстатах було проведено серію пасивних експериментів із визначення корисного виходу обрізних пиломатеріалів заданої специфікації. Перевірка однорідності дисперсій та відкидання грубих промахів проводилися за t-критерієм Стьюдента та G-критерієм Кохрена. Результати експериментальних досліджень із визначення корисного виходу пиломатеріалів за їх сортами якості наведено у табл.4 та на рис.5.

Таблиця 4

Величини корисного виходу пиломатеріалів

	Пиломатеріал и 1-го сорту, м ³ /%	Пиломатеріал и 2-го сорту, м ³ /%	Пиломатеріал и 3-го сорту, м ³ /%	Пиломатеріал и 4-го сорту, м ³ /%	Всього, м ³ /%
Із колод 2-го сорту	2,07/11	10,15/54	5,07/27	1,50/8	18,79/100
Із колод 3-го сорту	0	2,53/15	9,60/56,1	4,72/28	16,84/100
Із колод тех.сировин и	0	1,22/8	8,52/55,1	5,48/36	15,22/100

Експериментально визначено середні значення величин збігів для сортиментів низькотоварної деревини сосни у залежності від їх груп діаметрів, а саме: для діаметра 16см – 0,93см/м, 18см – 0,8 см/м, 20см – 0,73см/м, 22см – 0,58см/м, 24см – 1,67см/м, які можна використовувати в програмі імітаційного моделювання процесів розкрою.

Корисний вихід пиломатеріалів з пиловника 2-го сорту склав 53,5 %, з пиловника 3-го сорту – 51,9%, із сортиментів технологічної сировини – 43,1%. При цьому спостерігався найбільший вихід пиломатеріалів 3-го сорту – від 14,5 до 31,7%, пиломатеріали вищих сортів отримано з пиловника 2-го сорту (5,9% пиломатеріали 1-го сорту, 28% – 2-го сорту). Визначено коефіцієнти сортності для колод за їх групами якості: для пиловника деревини сосни 2-го сорту він склав 0,97, для пиловника 3-го сорту – 0,93, для сортиментів

технологічної сировини – 0,91. Отримані коефіцієнти дали змогу розрахувати наближені до реальних величини виходу обрізних пиломатеріалів за їх сортами якості, що уможливило прогнозувати такі величини на етапі планування розкрою. Порівняння отриманих величин корисного виходу обрізних пиломатеріалів з довідниковими, якими сьогодні користуються на виробництві, наведено на рис. 5.

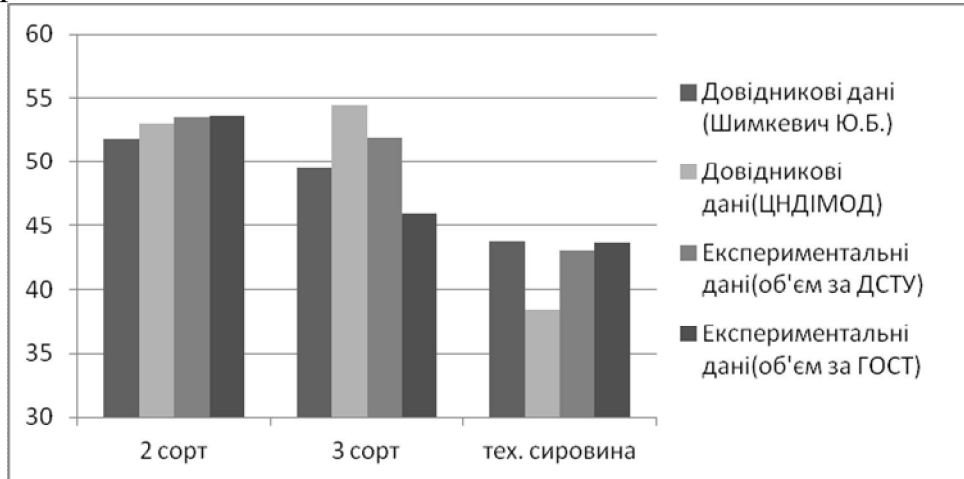


Рис. 5. Порівняння корисного виходу пиломатеріалів за довідниковими та експериментальними даними

Найбільший вплив на величину корисного виходу обрізних пиломатеріалів заданої специфікації мали такі чинники, як діаметр колод, їх збіг та сорт сировини (рис. 6 а, б).

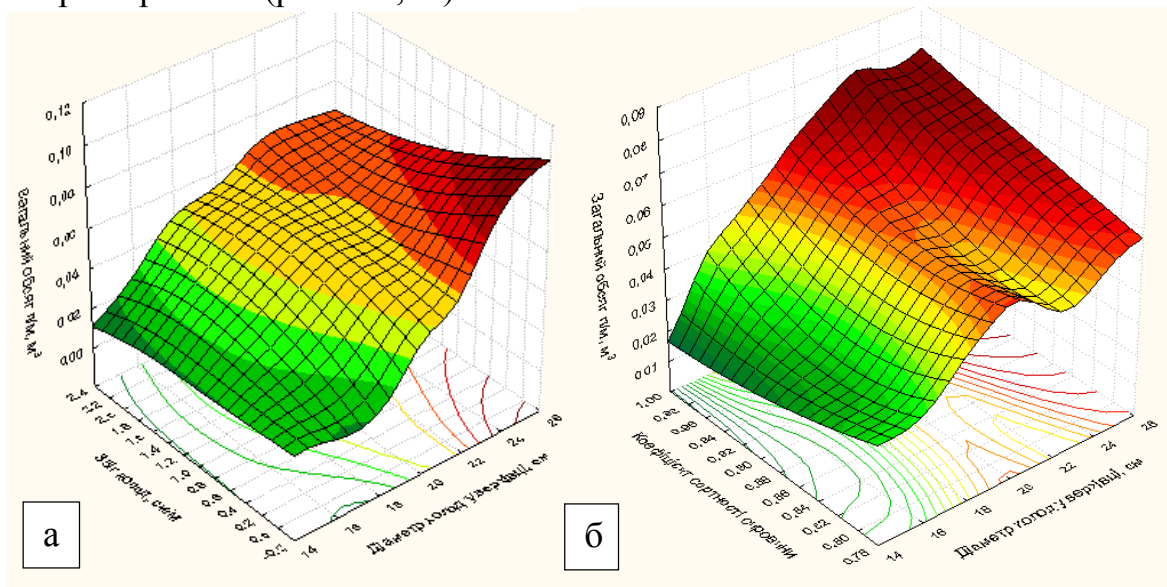


Рис.6. Вплив взаємодії факторів на величину виходу пиломатеріалів: а – взаємодія збігу та діаметру; б – взаємодія коефіцієнта сортності та верхівкового діаметра колод

Як видно з рис. 5, отримані експериментальні значення відрізняються від довідникових на $\pm 5-10\%$. За отриманими результатами зі збільшенням

діаметра колод та зменшенням збігу корисний вихід пиломатеріалів збільшувався, а з погіршенням сортності – зменшувався.

П'ятий розділ – «**Реалізація результатів досліджень**» – присвячено розробці технологічного регламенту з ресурсоощадної переробки низькотоварної деревини на базі круглопилкових верстатів. Технологічним регламентом передбачається використання програмного забезпечення для імітаційного моделювання процесу розкрою колод на обрізні пиломатеріали заданої специфікації за брусово-розвальною схемою розкрою, за допомогою якого встановлюються раціональні плани розкрою.

Програмним забезпеченням через коефіцієнт сортності враховано якість сировини, що дає можливість здійснювати прогнозування корисного виходу пиломатеріалів за їх сортами якості та підвищити ефективність розкрою колод до

8–10 %. Регламент містить рекомендовані нормативи витрат низькотоварної деревини середньої групи діаметрів на обрізні пиломатеріали (табл. 5). Для підвищення ресурсоощадності перероблення низькотоварної деревини, технологічним регламентом передбачено використання запропонованої конструкції круглої пилки, швидкостей подачі в межах 2–20 м/хв, висоти різання до 100 мм, що забезпечить покращення якості обробленої поверхні на 4 % та зменшення споживання електроенергії на 10,3 %, а також вищу точність геометричних розмірів пиломатеріалів. Технічне рішення конструкції пилки реалізовано в корисних моделях патентів № 72632 та № 86923.

Таблиця 5

Рекомендовані нормативи витрат деревини у виробництві обрізних пиломатеріалів

Показник	Сировина									
	Пиловник 2-го сорту			Пиловник 3-го сорту			Технологічна сировина			
Норма витрат (об'єм за ГОСТ 2708–75 / об'єм за ДСТУ4020), м ³ /м ³	2,11 <u>2,1</u>			2,37 <u>2,27</u>			2,38 <u>2,2</u>			
Вихід пиломатеріалів за сортами, %	Сорт пиломатеріалів									
	1	2	3	4	2	3	4	2	3	4
	11	54	27	8	15	57	28	8	56	36

Отримані за результатами експериментів регресійні моделі (6–9) дають підставу прогнозувати величини шорсткості та споживаної під час різання потужності залежно від параметрів швидкості подачі, товщини заготовки, що розпилюється, від конструкції інструмента. Значення прогнозованих та експериментальних величин шорсткості, наведених на рис. 8, відповідають очікуваному нормальному розподілу з незначним розсіюванням.

Значний вплив на раціональне використання сировини та виробничих потужностей має правильний підбір режиму роботи, яким передбачаються

параметри швидкості подачі та швидкості різання, розміри оброблюваного матеріалу.

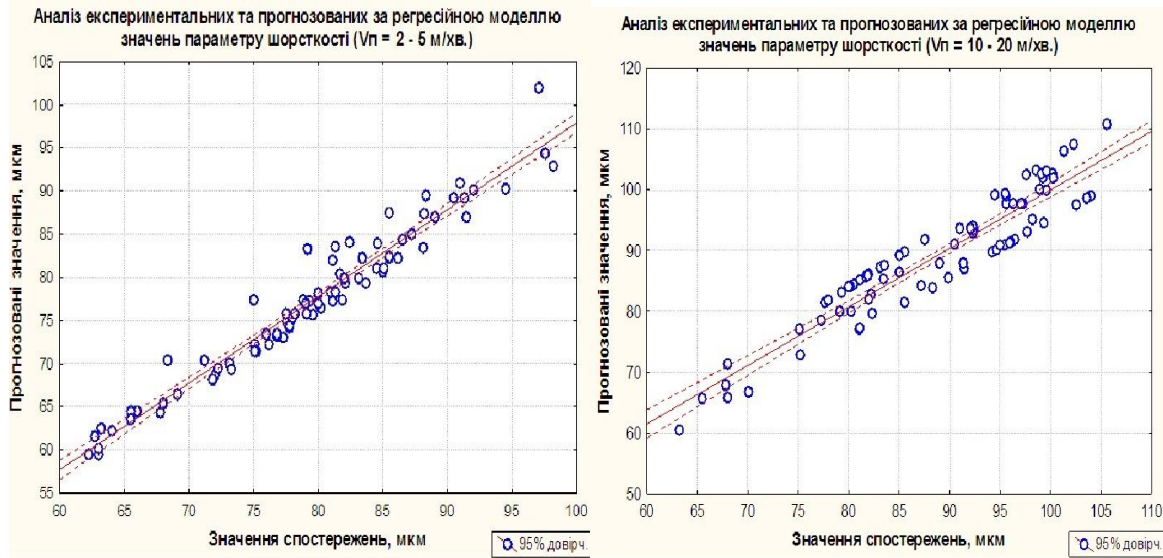


Рис.8. Експериментальні та прогнозовані за рівнянням регресії (3, 5) значення шорсткості поверхні пиломатеріалів за умови низьких і високих швидкостей подачі

Технологічним регламентом рекомендуються швидкості подачі в межах від 2–5 м/хв. для отримання пиломатеріалів із шорсткістю поверхні до 100 мкм за параметром $R_{m, \max}$ та 10–20 м/хв. – для отримання пиломатеріалів шорсткістю більше 100 мкм. Рекомендована частота обертання вала становить 2500 об/хв, товщини розпилюваних матеріалів – до 200 мм.

Річна ефективність від упровадження у виробництво запропонованої технології переробки складе 976077 грн (65 грн на 1 м³ переробленої деревини), з яких 940500 грн – за рахунок економії деревини, 35577 грн – за рахунок економії електроенергії.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичну задачу ресурсозбереження низькотоварної деревини у виробництві пиломатеріалів шляхом встановлення раціональних планів розкрою, режимів роботи обладнання та прогнозування величини витрати лісосировини за умови застосування круглопилкового обладнання.

1. Аналіз літературних джерел зумовив необхідність наукового обґрунтування вдосконалення технології розпилювання низькотоварної деревини на базі круглопилкових верстатів та дав змогу визначити основні параметри під час пиляння круглими пилами, що ефективно впливає на енергоспоживання та якість обробленої поверхні.

2. Уперше визначено поправковий коефіцієнт K_{en} для уточнення розрахунків власної частоти згинальних коливань круглих пилок та встановлено резонансні частоти коливань круглих пилок.

3. Запропоновано конструкцію круглої пилки для поздовжнього пиляння деревини, яка дасть змогу покращити якість поверхні пиломатеріалів та зменшити енергоспоживання устаткування. Обґрунтовано доцільність дослідження впливу на енергоспоживання та якість поверхні пиломатеріалів конструкції дереворізального інструмента та його резонансних властивостей.

4. Експериментальним шляхом розроблено методики досліджень величини корисного виходу пиломатеріалів із низькотоварної деревини з урахуванням фактичної розмірно-якісної характеристики сировини, якою враховано по-сортний вихід пиломатеріалів; впливу конструкції інструмента на енергоспоживання та якість обробленої поверхні, резонансних властивостей інструмента. Експериментально визначено резонансні частоти власних коливань пилок базової конструкції – 1,98 кГц та запропонованої – 1,18 кГц. Отримані результати підтвердили теоретичні розрахунки і довели неможливість виникнення резонансу з обертовими коливаннями валу пилки, частота яких становить 0,6 кГц.

5. Експериментальними дослідженнями визначено шорсткість та споживану потужність оброблених поверхонь пиломатеріалів під час пиляння пилками базової конструкції за ТУ ТзОВ «Інтекс» і запропонованої конструкції пилки. Шорсткість під час різання пилками запропонованої конструкції складала 85,5 мкм, тоді як під час застосування пил базової конструкції – 89 мкм. Споживана потужність під час різання пилами базової конструкції становила 0,79 кВт, пилами запропонованої конструкції – 0,7 кВт. Отримані результати підтверджують можливість підвищення ефективності переробки лісосировини за умови застосування дискових пилок запропонованої конструкції.

6. За результатами експериментів у виробничих умовах встановлено корисний вихід пиломатеріалів за їх сортами якості та коефіцієнти сортності деревинної сировини під час розпилювання на базі круглопилкового обладнання, що дасть змогу прогнозувати величини витрат деревини. На основі результатів дисертаційної роботи розроблено програмне забезпечення для розрахунку планів розкрою колод у процесі виробництва пилопродукції, що дасть можливість враховувати якісні характеристики сировини та отримувати посортний вихід пиломатеріалів. Застосування програмного забезпечення в умовах виробництва забезпечить збільшення об'ємного виходу пиломатеріалів на 8–12 %.

7. За результатами дисертаційної роботи розроблено технологічний регламент ресурсоощадної переробки низькотоварної деревини на базі круглопилкових верстатів, упровадження якого у виробництво з обсягом переробки близько 15000 м³/рік забезпечить зменшення витрат сировини на 940500 грн, електроенергії – на 143514 грн, що в загальному складі 1084014 грн на рік (72 грн на 1 м³ переробленої деревини).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України:

1. Сірко З. С. Вплив параметрів рамних пилок на процес розпилювання лісоматеріалів твердих листяних порід / З. С. Сірко, **М. О. Білецький** // Вісник Харківського національного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Серія: Системотехніка і технології лісового комплексу –2012. – Вип. 123. – С. 86–91. *(Здобувачем досліджено основні параметри різання рамними пилами)*

2. Марченко Н. В. Визначення величини витрати круглих лісоматеріалів у виробництві обрізних пиломатеріалів / Н. В. Марченко, **М. О. Білецький** // Науковий вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2012. – №16. – Ч. 1. – С. 153–160. *(Здобувачем проаналізовано існуючі нормативи витрати пиловочної сировини у виробництві пиломатеріалів)*

3. Білецький М. О. Аналіз конструктивних особливостей круглих пилок для поздовжнього розпилювання круглих лісоматеріалів / **М. О. Білецький**, З. С. Сірко // Національний лісотехнічний університет України.– 2013. – Вип. 39.1. – С. 119–122. *(Здобувачем проаналізовано основні конструкційні параметри круглих пил для поздовжнього розпилювання деревини)*

4. Білецький М. О. Визначення якості обробленої поверхні матеріалів / **М. О. Білецький**, З. С. Сірко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК – 2013. – Вип. 185.– Ч. 2. – С. 126–130. *(Здобувачем визначено основні методи визначення якості поверхні пиломатеріалів)*

5. Білецький М. О. Вплив резонансних характеристик пили на якість оброблюваної поверхні / **М. О. Білецький**, В. М. Головач, З. С. Сірко // Вісник Харківського національного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Серія: Системотехніка і технології лісового комплексу – 2014. – Вип. 147. – С. 150–155. *(Здобувачем визначено конструкційні параметри круглих пил, які впливають на частоту їх власних коливань)*

6. Білецький М. О. Залежність споживаної потужності від конструкції пилки під час різання деревини / **М. О. Білецький**, З. С. Сірко, В. І. Хлуд// Вісник Харківського національного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Серія: Системотехніка і технології лісового комплексу – 2014. – Вип. 147. – С. 68–73. *(Здобувачем визначено конструкційні параметри круглих пилок, які впливають на споживану під час різання потужність)*

Статті в наукових виданнях іншої держави:

7. Головач В. М. Особености обнаружения металлических включений в древесных материалах в зоне пропила / В. М. Головач, **М. О. Белецкий** // Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology. –2010. – №71. –Р. 194–199. *(Здобувачем проаналізовано способи виявлення металічних включень у зоні пропила під час пиляння на круглопилкових верстатах)*

8. Марченко Н. В. О влиянии качественно-размерной характеристики сырья на величину его расхода в производстве пиломатериалов / Н. В. Марченко, **М. А. Белецкий** // Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology. – 2012. –№79. –Р. 12–19.*(Здобувачем*

визначено вплив якості пиловочної сировини на сорт пиломатеріалів, які виготовляються за допомогою круглопилкового устатакування)

9. Biletskiy M. Determination of quality of sawn timber surface / **M. Biletskiy**, Z. Sirko // Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology. – 2013. – №81. – P. 22–25. *(Здобувачем визначено основні методи визначення якості поверхні пиломатеріалів)*

Статті в інших виданнях

10. Білецький М. О. Круглопилкові верстати в лісопилянні / **М. О. Білецький**, О. О. Пінчевська // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: «Лісівництво та декоративне садівництво». – 2010. – Вип. 152. – Ч. 2. – С. 307–312. *(Здобувач особисто розробив класифікацію круглопилкових лісопиляльних верстатів).*

11. Білецький М. О. Аналіз лісопилкового обладнання в деревооброблювальній галузі України / **М. О. Білецький** // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: «Лісівництво та декоративне садівництво». – 2011. – Вип. 164. – Ч.1. – С. 227–231.

12. Дослідження впливу зміни конструкції інструменту на якість поверхні деревини. / Н. В. Марченко, **М. О. Білецький** // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Лісівництво та декоративне садівництво». – 2013. – Вип. 187. – Ч. 2. – С. 200–205. *(Здобувачем визначено види зміни конструкції інструменту, які впливають на якість обробленої поверхні)*

Патенти на корисну модель:

13. Патент на корисну модель №72632 Україна, МПК(2012.01) В27В 33/00. Кругла пилка з пластинами для винесення стружки / **Білецький М. О.**, Сірко З. С.; заявник та патентовласник Український державний науково-дослідний інститут «РЕСУРС», Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № 2012u 01347; заявл. 08.02.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. №16. *(Здобувачем особисто запропонована формула винаходу на корисну модель).*

14. Патент на корисну модель №86923 Україна, МПК(2013.01) В27В 33/00. Кругла пилка з пластинами для винесення стружки / **Білецький М. О.**, Сірко З. С., Лазарчук Я. В.; заявник та патентовласник Український державний науково-дослідний інститут «РЕСУРС», Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № 2013 u 10129; заявл. 15.08.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. №1. *(Здобувачем особисто запропонована формула винаходу на корисну модель).*

Тези наукових доповідей:

15. Білецький М. О. Щодо використання круглопилкових верстатів у лісопилянні / **М. О. Білецький** // «Освіта, наука та інновації у лісовому і садово-парковому господарстві України у контексті регіональних та

глобальних викликів»: міжнар. наук.-практ. конф.: тези доп. – К., 2010. – С. 207–208.

16. Білецький М. О. Використання фрезерно-пилних та фрезерно-брусуючих верстатів для виробництва пилопродукції та технологічної тріски / **М. О. Білецький** // Тези доповідей учасників міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та молодих вчених Національного університету біоресурсів і природокористування України, ННІЛіСПГ – К., 2011.– С.191–193.

17. Марченко Н. В. Щодо питання розкрою пиловочної сировини на кругло- пиляльних верстатах /Н. В.Марченко, **М. О. Білецький** // «Ліс, докілля, технології: наука та інновації»: міжнар. наук.-практ. конф., 29 березня 2012р.: тези доп.// – К., 2012. –С.287–289. *(Здобувачем виконано порівняння технічних характеристик різних груп верстатів для лісопиляння)*

18.Марченко Н. В. Лісопиляльні круглопилкові верстати / Н. В. Марченко,**М. О. Білецький** // «Ліси, парки, технології: сьогодення та майбутнє»:міжнар. наук.-практ. конф., 28–29 березня 2013р.: тези доп. – К., 2013. –С.219–221. *(Здобувачем розроблено класифікацію круглопилкових верстатів для лісопиляння)*

19. Білецький М. О. Ресурсоощадна технологія розпилювання тонкомірних колод на базі круглопилкових верстатів / **М. О. Білецький** // «Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання»:міжнар. наук.-практ. конф., 23–24квітня 2015р.: тези доп.– К., 2015. –С.186–187.

20. Сірко З. С. Ресурсоощадна технологія переробки низькотоварної деревини на круглопилкових верстатах / З. С. Сірко, Н. В. Марченко, **М. О. Білецький** // «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»: міжнар. наук.-практ. конф., 19–22 травня 2015 р.: тези доп. – Чернігів, 2012. –С.287–289. *(Здобувачем розроблено рекомендації щодо підвищення ресурсоощадності технології розпилювання деревини)*

АНОТАЦІЯ

Білецький М. О. Ресурсоощадна технологія розпилювання низькотоварних колод на базі круглопилкових верстатів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.06 – технологія деревообробки, виготовлення меблів та виробів з деревини. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2015.

Дисертація присвячена розв’язанню актуальної науково-практичної задачі ресурсозбереження низькотоварної деревинної сировини у виробництві пиломатеріалів шляхом підбору раціональних планів розкрою, режимів роботи обладнання та прогнозування витрати пиловочної сировини за умови застосування круглопилкового обладнання. Уперше визначено поправковий коефіцієнт для уточнення розрахунків власної частоти згинальних коливань

круглих пилок. Удосконалено конструкцію твердосплавної круглої пилки з пластинами для винесення стружки, що забезпечує ефективне винесення стружки з пропилу та дає можливість покращити якість поверхні пиломатеріалів на 4%. Експериментально визначено шорсткість та споживану потужність оброблених поверхонь пиломатеріалів під час пиляння пилками регламентованої конструкції згідно ТУ ТзОВ «Інтекс» та розробленої експериментальної конструкції пилки. Шорсткість під час різання пилками запропонованої конструкції – 85,5 мкм, тоді як під час застосування пилок базової конструкції – 89 мкм. Споживана потужність під час різання пилками базової конструкції за середніми значеннями була 0,79 кВт, пилками запропонованої конструкції – 0,7 кВт. Експериментально визначено корисний вихід пилопродукції під час розпилювання низькотоварної деревини на пиломатеріали із застосуванням круглопилкового обладнання, а також визначено відповідні коефіцієнти сортності.

Ключові слова: низькотоварні круглі лісоматеріали, шорсткість обробленої поверхні, частота власних коливань, споживана потужність, конструкції круглих пилок, енергоспоживання.

АННОТАЦИЯ

Белецкий М. А. Ресурсосберегающая технология распиловки низкотоварных колод на базе круглопильных станков. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.06 – технология деревообработки, изготовление мебели и изделий из древесины. – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2015.

В диссертационной работе решена научно-практическая задача ресурсосбережения низкотоварного древесного сырья в производстве пиломатериалов путем подбора рациональных планов раскроя, режимов работы оборудования и прогнозирования расхода пиловочного сырья при условии применения круглопильного оборудования. По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что наибольшее влияние на качество поверхности пиломатериалов имеет конструкция пилы и скорость подачи.

Впервые определен поправочный коэффициент $K_{вп}$ для уточнения расчетов собственной частоты изгибных колебаний круглых пил. По результатам теоретических исследований определены резонансные частоты колебаний круглых пил. Предложена конструкция круглой пилы для продольного пиления древесины, которая позволит улучшить качество поверхности пиломатериалов и уменьшить энергопотребление оборудования. Обоснована целесообразность исследования влияния на энергопотребление и качество поверхности пиломатериалов конструкции дереворежущего инструмента и его резонансных свойств. Аналитические исследования деревообрабатывающего оборудования показали, что самый продуктивный

способ переработки низкотоварных круглых лесоматериалов возможно осуществить по технологии, основанной на использовании круглопильной техники, а именно брусочного и многопильного станков.

Разработана методика экспериментальных исследований влияния конструкции инструмента на энергопотребление и качество обработанной поверхности, резонансные свойства инструмента. Усовершенствована методика определения величины полезного выхода пиломатериалов из низкотоварной древесины с учетом фактической размерно-качественной характеристики сырья.

Экспериментально определена шероховатость и потребляемая мощность обработанных поверхностей пиломатериалов во время пиления пилами регламентированной конструкции согласно ТУ ООО «Интекс» и разработанной экспериментальной конструкции пилы. Шероховатость во время резания пилами предложенной конструкции – 85,5 мкм, в то время как при применении пил базовой конструкции – 89 мкм. Потребляемая мощность во время резания пилами базовой конструкции по средним значениям была 0,79 кВт, пилами предложенной конструкции – 0,7 кВт. Полученные результаты подтверждают, что усовершенствованная конструкция твердосплавной круглой пилы с пластинами для вынесения стружки, обеспечивает эффективное вынесение стружки из пропила и позволяет улучшить качество поверхности пиломатериалов на 4 % и уменьшить потребление электроэнергии на 10,3 %.

Полученные по результатам экспериментов регрессионные модели позволяют прогнозировать величины шероховатости и потребляемой во время резания мощности в зависимости от скорости подачи, толщины заготовки, которая распиливается, и от конструкции инструмента.

Определены экспериментально резонансные частоты собственных колебаний пил базовой конструкции – 1,98 кГц и предложенной – 1,18 кГц. Полученные результаты подтвердили теоретические расчеты и доказали невозможность возникновения резонанса с колебаниями пильного вала, частота которых составляет 0,6 кГц.

По результатам экспериментов в производственных условиях установлено полезный выход пиломатериалов по их сортам качества и коэффициенты сортности древесного сырья при пилении на базе круглопильного оборудования. Полезный выход пиломатериалов пиловника 2-го сорта составил 53,5 %, с пиловника 3-го сорта – 51,9 %, с сортиментов технологического сырья – 43,1 %. При этом наблюдался наибольший выход пиломатериалов 3-го сорта – от 14,5 % до 31,7 %, пиломатериалы высших сортов получено с пиловника 2-го сорта (5,9 % пиломатериалы 1-го сорта, 28 % – 2-го сорта). Определены коэффициенты сортности для бревен по их группам качества: для пиловника древесины сосны 2-го сорта он составил 0,97, для пиловника 3-го сорта – 0,93, для сортиментов технологического сырья – 0,91. Полученные коэффициенты позволили рассчитать приближенные к реальным величины выхода обрезных пиломатериалов по их сортами качества, что позволяет прогнозировать такие величины на этапе планирования раскроя. На

основе результатов диссертационной работы разработано программное обеспечение для расчета планов раскроя бревен в процессе производства пилопродукции, что позволит учитывать качественные характеристики сырья и получать по сортовой выход пиломатериалов. Применение программного обеспечения в условиях производства позволит увеличить объемный выход пиломатериалов на 8–12 %.

По результатам диссертационной работы разработан технологический регламент ресурсосберегающей переработки низкотоварной древесины на базе круглопильных станков, внедрение которого в производство с объемом переработки около 15000 м³/год обеспечит уменьшение расхода сырья на 940500 грн, электроэнергии на 143514 грн, что в общем составит 1084014 грн в год.

Ключевые слова: низкотоварные круглые лесоматериалы, конструкции круглых пил, шероховатость обработанной поверхности, частота собственных колебаний, потребляемая мощность, энергопотребление.

SUMMARY

Biletskiy M. O. Technology of resource-saving sawyer of lower commodity pinewood. – On the rights of manuscript.

The thesis is for Candidate Degree of Technical Sciences with the specialty 05.23.06 – wood technology, furniture and wooden goods production. – The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2015.

The thesis is dedicated to solve current scientific and practical task of resources saving of lower commodity wooden raw materials in the manufacturing of lumber by selecting efficient cutting plans, equipment operation procedures and anticipating the costs of raw materials on the condition of using circular saw equipment. For the first time correction factor calculation is defined to specify the proper frequency of flexural vibrations of circular saws. The construction of hard metal circular saws with plates is improved for cuttings removal that provides efficient cuttings removal and allows the improvement of lumber surface quality at 4%. Roughness and power consumption of processed timber surfaces are experimentally determined while sawing with saws made upon construction regulated according to TULLC «Intex» and experimental saw design is developed. The roughness during the cutting by saws of the offered design was within 75–95 mkm, while using saws of basic construction was 81–98 mkm. Power consumption of using the saws of basic design by the average measures was 0.79 kW, while of the saws of offered design – 0.7 kW.

For the first time was defined the roughness range of lumber surface of initial moisture content for the circular saw machines of sawmill. The useful output of timber was experimentally defined while cutting low commodity wood into timber, as well as the corresponding variety factors were determined.

Key words: low commodity round timber, roughness of processed surface, frequency of proper fluctuations, power consumption, construction circular saws, power consumption.