

Міністерство освіти і науки України  
Луцький національний технічний університет  
Факультет транспорту та механічної інженерії  
Кафедра галузевого машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

**ПРОЄКТУВАННЯ ДИСКОВОЇ ПИЛКИ ДЛЯ  
ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ РІЗАННЯ  
ДЕРЕВИНИ НА ТОРЦЮВАЛЬНОМУ ВЕРСТАТІ**

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти  
Групи М-41  
**Скопик Станіслав Романович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
К.т.н., доцент  
**Мартинюк Віктор Леонідович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
К.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
**Пуць Віталій Степанович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *транспорту та механічної інженерії*

Кафедра *галузевого машинобудування*

Ступінь вищої освіти: *бакалавр*

Галузь знань: *13 Механічна інженерія*

Спеціальність: *133 Галузеве машинобудування*

Освітня програма: *«Галузеве машинобудування»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *В. Пуць*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

## З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Скопику Станіславу Романовичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *«Проектування дискової пилки для інтенсифікації процесів різання деревини на торцювальному верстаті»*

Керівник роботи: *к.т.н, доцент Мартинюк Віктор Леонідович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «18» березня 2025 р. № 163/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «04» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи *Технічна документація. Патентні матеріали. Технічні умови.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

*Вступ. 1 Оглядова частина. 1 Оглядова частина. Огляд інструменту для пиляння деревини.*

*Обладнання для пиляння деревини. 2 Проектна частина. Технічна характеристика*

*торцювального верстата. Розрахунок клинопасової передачі. Розрахунок пильного вала.*

*Аналіз процесу різання на торцювальному верстаті. Вибір пилки. 3 Експлуатаційна частина.*

*Технічні вимоги до якості різання. Технічні вимоги до круглої пилки. Підготовка до роботи*

*ріжучого інструменту. Висновки. Перелік джерел посилання*

5. Перелік графічного матеріалу:

1. Торцювальний верстат. Складальний кресленник – 1л. ф. А1.

2. Принципова схема сили різання – 1л. ф. А1.

3. Підготовка інструменту до роботи та його конструкція – 1л. ф. А1.

4. Деталювання – 3л. ф. А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мартинюк В.Л., к.т.н., доцент		
Розділ 2	Мартинюк В.Л., к.т.н., доцент		
Розділ 3	Мартинюк В.Л., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання «18» березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми. Вступ</i>	<i>29.03.2025 р.</i>	
2.	<i>1 Оглядова частина</i>	<i>15.04.2025 р.</i>	
3.	<i>2 Проектна частина</i>	<i>10.05.2025 р.</i>	
4.	<i>3 Експлуатаційна частина</i>	<i>24.05.2025 р.</i>	
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>28.05.2025 р.</i>	
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
7.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
8.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
9.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>14.06.2025 р.</i>	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (Скопик С.Р.)  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (Мартинюк В.Л.)  
(підпис) (прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Скопик С.Р. Проектування дискової пилки для інтенсифікації процесів різання деревини на торцювальному верстаті. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, трьох розділів, висновків та пропозицій, переліку джерел посилання, додатків.

У роботі розглянуто особливості конструкції та принцип дії торцювальних верстатів, проведено аналіз їх використання для поперечного розпилювання деревини. Обґрунтовано вибір та спроектовано однопильний малогабаритний торцювальний верстат для виготовлення дерев'яних планок малих розмірів..

Ключові слова: ТОРЦЮВАЛЬНИЙ ВЕРСТАТ, ДИСКОВА ПИЛА, ПРОЕКТУВАННЯ, ПОПЕРЕЧНЕ РІЗАННЯ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ.

## ANNOTATION

Skopyk S.R. Design of a circular saw to intensify the wood cutting processes on a cross-cutting machine. Manuscript.

Qualification work of the bachelor's degree program «Industrial Machinery Engineering» in the specialty 0715 Mechanics and Metal Trades. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The paper examines the design features and operating principles of cross-cutting machines and analyzes their application for transverse cutting of wood. The selection and design of a compact single-saw cross-cutting machine for the production of small wooden slats is substantiated and implemented.

Keywords: CROSS-CUTTING MACHINE, CIRCULAR SAW, DESIGN, TRANSVERSE CUTTING, WEAR RESISTANCE.

					<i>КРБ 0024.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Скопик</i>				<i>Проектування дискової пилки для інтенсифікації процесів різання деревини на торцювальному верстаті</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірив</i>	<i>Мартинюк</i>						4	55
<i>Н. Контр.</i>	<i>Мартинюк</i>					<i>ЛНТУ, ФТМІ, гр. М-41</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Пуць</i>							

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	4
ЗМІСТ .....	5
ВСТУП .....	6
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА .....	11
1.1 Огляд інструменту для пиляння деревини .....	11
1.2 Обладнання для пиляння деревини .....	12
2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА .....	21
2.1 Технічна характеристика торцювального верстата .....	21
2.2 Розрахунок клинопасової передачі .....	23
2.3 Розрахунок пильного вала .....	27
2.4 Аналіз процесу різання на торцювальному верстаті .....	33
2.5 Вибір пилки .....	47
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА .....	51
3.1 Технічні вимоги до якості різання .....	51
3.2 Технічні вимоги до круглої пилки .....	53
3.3 Підготовка до роботи ріжучого інструменту .....	55
ВИСНОВКИ .....	59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	61
ДОДАТКИ .....	63

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Деревина є одним із найдавніших та найпоширеніших природних матеріалів, який активно використовується людиною впродовж усієї історії розвитку цивілізації. Це зумовлено її рядом корисних фізико-механічних властивостей, зокрема легкою оброблюваністю, відносно невеликою питомою масою, високою міцністю при малій теплопровідності, здатністю до шумопоглинання, а також естетичним виглядом. Ці характеристики забезпечують широке застосування деревини у промисловості та побуті.

Деревообробна промисловість України сьогодні перебуває перед необхідністю вирішення ряду ключових завдань, серед яких головними є підвищення продуктивності, покращення якості продукції та ефективності використання ресурсів. Ці проблеми набувають особливої актуальності на фоні зростання конкуренції, вимог до екологічності виробництва та підвищення рівня технологічної культури обробки деревини. Одним із ефективних шляхів досягнення покращення показників діяльності підприємств є модернізація технологічного обладнання, вдосконалення технологічних процесів та впровадження інноваційних рішень, базованих на досягненнях науки і техніки.

У структурі деревообробної галузі провідне місце займає лісопилльне виробництво, яке забезпечує переробку круглого лісу у пиломатеріали. Такі вироби, як дошки, бруси, рейки, використовуються як кінцева продукція або як сировина й напівфабрикати для виготовлення столярних виробів, меблів, конструкційних елементів тощо. Загалом підприємства лісопромислового комплексу випускають понад дві сотні найменувань продукції, включаючи пиломатеріали, деревно-плитні матеріали (ДСП, МДФ), фанеру, деревостружкові вироби, папір, меблі, будівельні конструкції, столярні вироби та лісохімічну продукцію.

Різноманітність деревних матеріалів, що застосовуються у виробництві, зумовлює складність технологічних процесів і, відповідно, потребує широкого спектра ріжучого інструменту та спеціалізованого обладнання. Процес різання деревини є ключовим на всіх етапах її оброблення, при цьому він є не лише

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найпоширенішим, а й технічно складним та енергомістким. Саме тому оптимізація та інтенсифікація процесів різання мають стратегічне значення для підвищення ефективності виробництва.

Вирішальну роль у забезпеченні високої якості обробки деревини та зниженні витрат відіграє ріжучий інструмент, зокрема циркулярні (дискові) пилки, які є основними робочими елементами у верстатах для поперечного розкрою. Саме геометрія, матеріал і технічний стан ріжучого інструменту значною мірою визначають продуктивність обробки, точність розмірів, чистоту поверхні та кількість утворюваних відходів. У цьому контексті різальний інструмент виступає як один із ключових факторів технологічного прогресу, що впливає не тільки на ефективність роботи окремих верстатів, але й на загальну продуктивність виробництва.

Інтенсифікація деревообробного виробництва охоплює комплекс змін, спрямованих на досягнення вищої ефективності без збільшення витрат ресурсів. Вона передбачає зменшення енергоспоживання, зниження частки втрат сировини, підвищення рівня автоматизації, скорочення простоїв обладнання та раціональне використання виробничих потужностей. Одним із важливих завдань є впровадження таких технологічних рішень, які не потребують суттєвих капіталовкладень, але дозволяють прискорити виробничий процес, наприклад, через оптимізацію режимів роботи інструменту та удосконалення його конструкції.

Інтенсивний шлях розвитку виробництва базується на використанні високопродуктивних засобів праці, що дозволяють підвищити ефективність при збереженні або зниженні обсягів використання матеріальних, трудових та енергетичних ресурсів. Таке підвищення продуктивності можливе за рахунок глибшої інтеграції технічних і організаційних новацій, зокрема: зменшення втрат часу внаслідок простоїв, зниження частоти зупинок через поломки ріжучого інструменту, оптимізації підготовчих і допоміжних операцій.

Водночас технічна модернізація деревообробного виробництва тісно пов'язана з оновленням засобів виробництва. Це передбачає як створення нових

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

типів верстатів, так і реконструкцію наявного парку машин шляхом адаптації їх до сучасних вимог. Наприклад, на підприємствах, що працюють із круглими лісоматеріалами, широко використовуються роторні та циркулярні установки. Незважаючи на свій потенціал, багато з таких машин не забезпечують належних техніко-економічних показників. До найпоширеніших проблем належать низька якість розкрою, значні обсяги утворення відходів, нестабільна робота ріжучих механізмів, надмірна вібрація, недостатня жорсткість пилкового полотна, неякісне кріплення пилки на валу, а також невідповідність режимів роботи реальним умовам експлуатації.

Сучасні деревообробні верстати являють собою складні технологічні системи, що включають вузли базування, подачі, різання, регулювання, автоматичного завантаження та вивантаження. Для забезпечення їх надійної роботи необхідна скоординована взаємодія всіх механізмів та відповідність інструментів конкретним вимогам технологічного процесу. В цьому контексті особливої уваги заслуговує удосконалення дискових пилок, що застосовуються у торцювальних верстатах для поперечного розкрою деревини.

Проектування сучасної дискової пилки повинно враховувати такі параметри, як геометрія зубів, матеріал полотна, спосіб загострювання, жорсткість конструкції, режими різання та умови охолодження. Від цих характеристик залежить не тільки якість обробленої поверхні, а й зносостійкість інструменту, рівень шуму, економічність експлуатації. Використання високоякісних сплавів, композитних матеріалів і сучасних методів виготовлення зубців, зокрема тврдосплавного напаявання, дозволяє істотно підвищити ресурс інструменту.

Таким чином, досягнення високої ефективності деревообробного виробництва безпосередньо пов'язане з удосконаленням конструкції дискових пилок і розробкою технологічних рішень, здатних підвищити стійкість інструменту, зменшити коливання при роботі та забезпечити рівномірність подачі. Оптимізація характеристик інструменту та умов його експлуатації є ключовими чинниками, що визначають якість продукції, зниження втрат

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалу та економічну ефективність усього виробничого процесу. Інноваційні підходи до проєктування ріжучого інструменту сприяють підвищенню продуктивності, зменшенню втрат матеріалу, підвищенню точності обробки та забезпеченню конкурентоспроможності продукції. Крім того, сучасні виклики ринку вимагають від фахівців машинобудування глибоких знань у сфері механіки, матеріалознавства, автоматизації та цифрового моделювання, що дозволяє приймати ефективні інженерні рішення в умовах динамічного виробництва.

На лісопильних і деревообробних підприємствах широко застосовуються круглопильні верстати, що відрізняються великим різноманіттям конструкцій і технологічних схем. Досвід експлуатації круглопильних верстатів свідчить, що, маючи значний потенціал, вони у ряді випадків не забезпечують необхідних техніко-економічних показників.

Серед характерних проблем – недостатня якість розпилювання, велика кількість відходів деревини у вигляді тирси, значні простой через відмови механізмів різання, збільшення кількості браку пиломатеріалів. Основні причини цього — втрата стійкості та коливання круглих пил, низька працездатність базуючих пристроїв, незадовільна робота механізмів подачі, порушення вимог до якості підготовки та встановлення круглих пил на пильні вали, недостатнє налаштування і юстування механізмів, недотримання вимог до вибору режимів роботи, а також не завжди належний технічний стан верстатів

Актуальність теми. Одним з ключових елементів механічної обробки деревини є поперечне розрізання матеріалу на торцювальних верстатах, де вирішальну роль відіграє конструкція ріжучого інструменту – дискової пилки. Застарілі або неефективні конструкції призводять до зниження продуктивності, перевитрати матеріалу, збільшення кількості відходів та зниження якості обробки. Удосконалення геометрії та експлуатаційних характеристик дискових пилок дозволяє підвищити ресурс їхньої роботи, забезпечити точніший та чистіший різ, зменшити енерговитрати й досягти стабільного технологічного процесу. У цьому контексті розробка оптимізованої конструкції дискової пилки

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

є актуальним завданням, що відповідає потребам сучасного деревообробного виробництва.

Об'єкт дослідження: Процес поперечного розпилювання деревини на торцювальному верстаті.

Предмет дослідження: Конструкційні особливості дискової пилки та їхній вплив на параметри якості та продуктивності процесу різання деревини.

Метою роботи є проектування технологічно доцільної конструкції дискової пилки для торцювального верстата, яка забезпечує підвищення продуктивності, зниження втрат матеріалу та покращення якості обробки деревини.

					<i>КРБ 0024.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>10</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# 1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

## 1.1 Огляд інструменту для пиляння деревини

Пиляння є одним із базових технологічних процесів механічної обробки деревини, що реалізується шляхом поділу матеріалу ріжучим інструментом із багатьма зубцями – пилками. Під час пиляння деревина відділяється у вигляді стружки, яка утворюється в результаті дії зубів пилки на заготовку. За конструктивними ознаками пили поділяють на рамні, стрічкові та дискові. Кожен тип має власні конструкційні особливості, переваги та сферу застосування.

Стрічкові пили являють собою безкінечну гнучку смугу з розташованими по одному або обох краях зубцями. Вони встановлюються на двох шківках і приводяться в рух механізмами деревообробного верстата. Рамні пили закріплюються в рамному механізмі, який здійснює зворотно-поступальний рух. Дискові пили мають форму кола з радіально розміщеними зубцями по зовнішньому краю й обертаються навколо осі.

Ключовим конструкційним параметром пил є товщина полотна, яка безпосередньо впливає на міцність, жорсткість і точність обробки. Для рамних і стрічкових пил вона визначається за довжиною полотна, а для дискових – за діаметром. Товщина пиляльного полотна впливає також на втрати деревини у вигляді стружки: чим вона більша – тим більше відходів. Проте надмірне зменшення товщини веде до втрати стійкості інструменту та погіршення якості різь.

При пилянні на пильне полотно діють нормальні сили, що можуть спричинити його вигин. Для стрічкових і рамних пил поперечна жорсткість досягається шляхом поздовжнього натягу полотна за допомогою зовнішніх сил. У дискових пилах стабілізація геометрії під час роботи забезпечується дією відцентрових сил інерції, попереднім пружним гнуттям або проковуванням полотна для створення залишкових напружень.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зуби пилки – це основні ріжучі елементи, які здійснюють поділ деревини. Під час руху в матеріалі зуб працює одночасно трьома ріжучими кромками, що ускладнює процес різання. Западини між зубами виконують функцію виводу стружки, і їх об'єм визначає ефективність очищення пропила та загальну продуктивність процесу. Форма, кут загострення та крок зубів добираються залежно від типу деревини, умов різання та виду пиляння (поздовжнє чи поперечне).

Проблема зменшення додаткової обробки поверхні після пиляння зумовлює потребу у вдосконаленні конструкції пилок. Зокрема, якість пропилу повинна наближатися до якості поверхні різання, щоб уникнути додаткових операцій. Особливо це актуально для операцій вторинного розкрою сухих дощок на заготовки, де широке застосування знаходять саме дискові пили завдяки їх точності, жорсткості та високій швидкості обертання.

Розпилювання сирих колод здебільшого виконується на лісопильних рамах, проте після сушіння геометрія деревини змінюється, що унеможливує використання пиляння як завершального етапу формування деталей. У таких випадках торцювання сухого матеріалу дисковими пилами дає змогу отримати виріб заданих розмірів та якості поверхні.

Незважаючи на технологічні обмеження, пили залишаються основним інструментом для поділу деревини як у первинному, так і вторинному виробництві. Їхнє використання зумовлене не тільки технологічною доцільністю, а й фізичними особливостями процесу пиляння: відносно невелика поперечна сила різання дозволяє ефективно та з мінімальними втратами здійснювати розподіл матеріалу навіть за складної структури деревини.

## 1.2 Обладнання для пиляння деревини

У процесах деревообробки розрізняють два основних типи пиляння: поздовжнє (уздовж волокон деревини) та поперечне (торцювання – перпендикулярно до волокон). Для виконання торцювальних операцій

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найчастіше використовують дискові пили, які забезпечують високу продуктивність завдяки значним швидкостям різання.

Діаметр дискових пилок залежить від призначення і коливається в межах 125-1600 мм. Кількість зубів, їхній крок і товщина полотна добираються з урахуванням характеристик оброблюваного матеріалу та режимів різання. Гранична швидкість різання може сягати високих значень, що вимагає відповідного підбору конструкції пилки та забезпечення надійного кріплення.

Під час поперечного пиляння колод, дощок або заготовок дискові пили формують торцеві поверхні. При цьому подача заготовки зазвичай здійснюється переривчасто, а швидкість подачі може змінюватись як за величиною, так і за напрямом. Такі коливання обумовлені зміною глибини пропили при входженні пилки в деревину або її виході з неї.

Розміри дискових пилок для поперечного різання, як правило, незначно відрізняються від пил для поздовжнього пиляння. Водночас до товщини полотна ставляться менш жорсткі вимоги, оскільки об'єм відходів (тирси) при поперечному пилянні менший, ніж при поздовжньому. Торцева поверхня після такого пиляння часто не має конструкційного значення, проте у випадках, коли короткі елементи заготовок з'єднуються в довгі деталі (наприклад, при склеюванні), вимоги до якості цієї поверхні значно зростають.

Для забезпечення високої точності та якості розпилювання застосовуються одно- та багатопильні торцювальні верстати. Вони широко використовуються у деревообробній та лісопильній промисловості. Однопильні торцювальні верстати можуть мати різні конструктивні схеми: з нерухомим супортом; з прямолінійним переміщенням плити (супортні); маятникового типу; балансувальні.

До багатопильних агрегатів належать тримери та слешери, які забезпечують одночасну обробку кількох елементів. Серед типових моделей варто відзначити ЦМЕ-3, ЦПА-2, ЦКБ-5, ТС-1, ЦКБ-40 – для однопильного пиляння, та ЦЗТ-2М, Ц27К – для багатопильного.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зокрема, торцювальний агрегат Ц27К призначений для розкроювання дощок з одночасним видаленням дефектів та формуванням стандартних довжин (градація 250 мм). Агрегат складається з 27 пил, які можуть незалежно підніматися й опускатися за командою оператора. Кожна пильна головка приводиться в рух через ланцюгову передачу від загального вала, змонтованого на станині. До складу агрегату входять: станина, пильні головки, транспортер подачі, рольганг, командно-керуючий апарат та електрообладнання.

Торцювальний верстат ЦЗТ-2М оснащено трьома окремими пильними вузлами з індивідуальними електродвигунами, подвійним рольгангом і транспортером з шістьма ланцюгами (рис. 1.1). Перший диск виконує обрізку нижнього кінця дошки, а два інші – видаляють дефекти та формують верхній торець. Швидкість подачі матеріалу забезпечується електроприводом з трьома режимами роботи, а рух ланцюгів синхронізований для рівномірного переміщення заготовок.

Таким чином, вибір способу пиляння та типу обладнання залежить від вимог до точності обробки, продуктивності, якості поверхні та типу заготовок. Удосконалення конструкцій верстатів і ріжучих інструментів залишається актуальним напрямом для підвищення ефективності деревообробних процесів.



Рисунок 1.1 Торцювальний верстат ЦЗТ-2М

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Для поперечного розпилювання дощок, брусків і рейок застосовують торцювальний верстат ЦКБ-5 (рис. 1.2). Конструкція верстата включає станину, пильний вал та гідропривід для піднімання ріжучого інструменту. Пильний вал обертається в кулькових підшипниках, змонтованих у гніздах чавунної станини. Привід вала здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу.

Активация процесу розпилювання відбувається натисканням педалі, що приводить у дію гідросистему. В результаті піднімається робоча плита, а заслінка циліндра повертається на заданий кут за допомогою системи важелів, забезпечуючи необхідний режим подачі.



Рисунок 1.2 Торцювальний верстат ЦКБ-5

Іншим прикладом торцювального обладнання є верстат ЦПА-2 (рис. 1.3), який відрізняється автоматизованою подачею та реалізацією прямолінійного руху пилки. Його основними складовими є станина з вертикальною напрямною колонкою, в яку запресовано корпус, що переміщується разом з колоною.

Головна частина верстата містить горизонтальний супорт, переміщення якого направляють 12 кулькових підшипників, змонтованих у корпусі. Електродвигун, встановлений на супорті, безпосередньо обертає пилку, закріплену на його валу.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 Торцювальний верстат ЦПА-2

### 1.3 Характеристика ріжучого інструменту дискового типу

Дискові пили є багаторізцевим інструментом, робоча частина якого має форму плоского диска, а в окремих випадках – сферичної або циліндричної поверхні. Процес пиляння здійснюється за рахунок обертального руху інструмента та поступального руху заготовки або інструмента разом із приводом. Обертальний рух характеризується окружною швидкістю, що прийнято називати швидкістю різання, а поступальний рух – швидкістю подачі. У деревообробних верстатах дискового типу швидкість різання значно перевищує швидкість подачі. Повноцінне здійснення процесу пиляння можливе лише за наявності обох видів руху.

Для забезпечення стійкості до дії різальних, інерційних, теплових та інших навантажень, які виникають під час роботи, дискові пили виготовляють із високоякісних легованих сталей. Геометричні параметри пиляльного диска, а також форма та розміри його зубців регламентуються державними стандартами (ДСТУ) та технічними умовами.

Ріжучий елемент дискової пили представлений зубцями, рівномірно розміщеними по колу полотна. Геометрія зубів (форма, профіль) визначається

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



У виробничій практиці застосовуються різновиди дискових пил із плоским полотном однакової товщини по всьому перерізу, конічним полотном, полотном із піднутренням, а також сферичні та циліндричні пили. Вибір типу полотна залежить від характеру обробки, вимог до точності та умов роботи інструменту.

Останніми роками для зменшення тертя та поліпшення експлуатаційних характеристик поверхню пиляльного полотна почали покривати тонким шаром антифрикційного матеріалу тефлону. Цей матеріал має низький коефіцієнт тертя, що знижує нагрів диска під час роботи, сприяє стабільнішій роботі пилки та збільшує її довговічність. Проте, така обробка ускладнює процес підготовки та загострювання інструменту, тому пили з тефлоновим покриттям поки що не отримали широкого розповсюдження у серійному виробництві.

Геометрія ріжучих зубців дискових пил включає низку кутів, що визначають їх ефективність і характер різання. Передній кут  $\gamma$  – це кут між радіусом пили та передньою гранню зуба. Кут загострення  $\beta$  – кут між передньою та задньою гранями зуба. Кут  $\alpha$  визначається між задньою гранню зуба та дотичною до кола обертання пилки, проведеною з вершини зуба. Ця дотична завжди перпендикулярна до відповідного радіуса пилки.

Кут різання – це кут між передньою гранню зуба та дотичною до окружності обертання, що проведена з вершини зуба. Він визначається як сума кута загострення та заднього кута:

$$\delta = \beta + \alpha. \quad (1.1)$$

Сума трьох основних кутів (переднього  $\gamma$ , заднього  $\alpha$  та кута загострення  $\beta$ ) у більшості випадків становить:

$$\gamma + \beta + \alpha = 90^\circ. \quad (1.2)$$

У пилах для поздовжнього розпилювання деревини передній кут, як правило, є додатним, а кут різання меншим за  $90^\circ$ . Натомість, для поперечного пиляння передній кут може дорівнювати нулю або навіть бути від'ємним, що пов'язано з іншим характером навантаження на ріжучу кромку.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен зуб дискової пилки має три ріжучі кромки: одну фронтальну (коротку), що утворена перетином передньої та задньої поверхонь, і дві бокові – результат перетину передньої поверхні із боковими площинами диска. Ці кромки забезпечують як основне різання, так і часткове бокове розділення волокон деревини.

Диск круглої пилки характеризується рядом геометричних параметрів: зовнішнім діаметром  $D$  (включаючи зубці), діаметром внутрішнього (посадкового) отвору  $d$ , а також товщиною полотна  $s$ , які вимірюються в міліметрах (рис. 1.5). Від правильного підбору цих параметрів залежить ефективність пиляння, стійкість інструмента та якість оброблюваної поверхні.

На практиці застосовуються різні конструкції пиляльних дисків залежно від умов роботи, напрямку різання, а також вимог до точності й чистоти обробки. Серед основних типів дискових пил вирізняють (рис 1.5):

а – плоска пилка постійної товщини по всій ширині полотна. Це найпоширеніший тип, який забезпечує простоту виготовлення та прийнятну якість розпилу за стандартних умов;

б – одноконічна пилка правостороння, в якій одна з бокових поверхонь утворює кут до площини полотна. Конічність полегшує вихід пилки з пропилу та зменшує тертя;

в – одноконічна пилка лівостороння, аналогічна до попередньої, але з протилежною орієнтацією конусності, що підбирається залежно від напрямку обертання або особливостей верстата;

г – двоконусна пилка, у якої обидві бокові поверхні мають нахил до середньої площини диска. Така геометрія покращує відвід стружки та зменшує ймовірність заклинювання в матеріалі;

д – пилка з піднутренням бокових поверхонь (так звана стругальна пилка), яка має зменшену товщину полотна за межами зубчастої частини. Це дозволяє зменшити тертя при розпилюванні й використовується для точного чистового розпилу.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

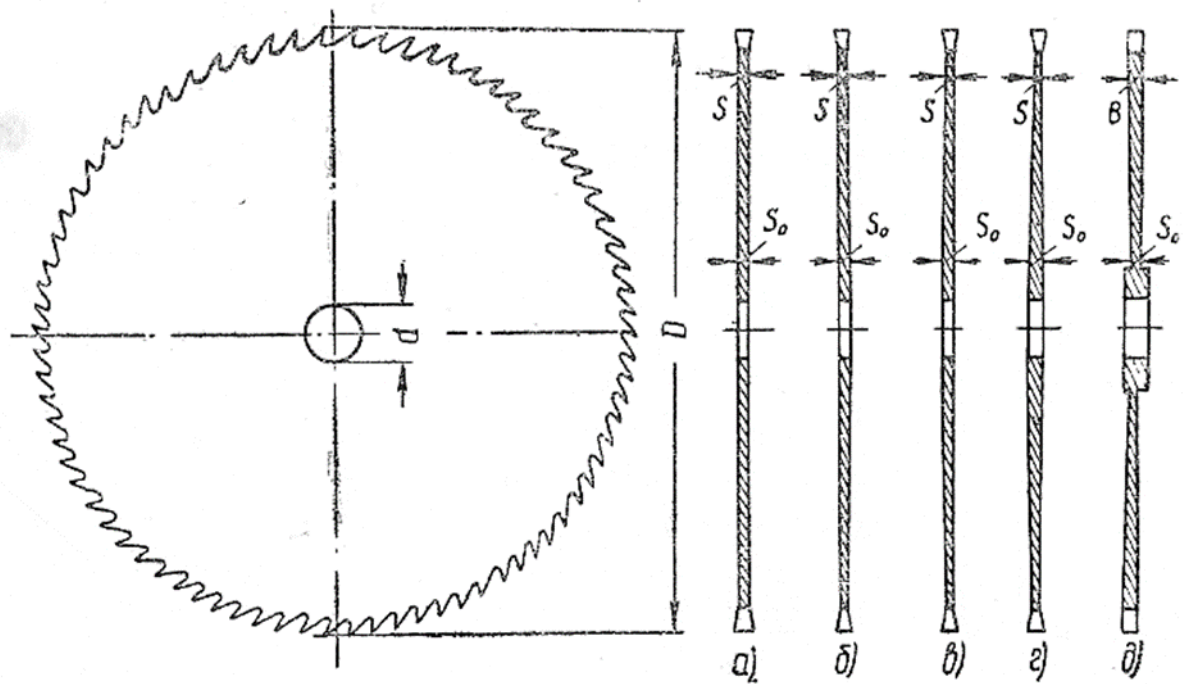


Рисунок 4.1 – Варіанти конструкцій дискових пил за геометрією полотна

У рамках даної роботи проектується спеціалізований верстат для поперечного розпилювання дощок на дрібні планки розмірами  $100 \times 10 \times 10$  мм, що призначені для виготовлення прищепок. Обробка таких заготовок на стандартному деревообробному обладнанні є енергетично та технічно неефективною через невиправдано великі розміри інструменту та надмірну витрату потужності.

Запропонована конструкція передбачає компактний, однопильний верстат, що вирізняється простотою конструкції, малими габаритами, зниженою потужністю приводу та підвищеною безпекою в експлуатації. Управління передбачено за допомогою двокнопкової системи, що виключає можливість потрапляння рук оператора в зону різання, забезпечуючи відповідність сучасним вимогам охорони праці.

Для досягнення поставленої мети в роботі були вирішені такі основні завдання: розроблено загальну компоновку та конструкцію основних вузлів торцювального верстата; проведено розрахунок приводу пили; здійснено вибір дискової пили відповідно до технологічних вимог.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Технічна характеристика торцювального верстата

Запроектований верстат призначений для виконання поперечного розпилювання дощок на заготовки малих розмірів – зокрема, планки для прищепок розміром 100×10×10 мм. Його конструкція орієнтована на обробку вузьких і коротких дерев'яних елементів, що вимагає підвищеної точності та стабільності процесу різання. Такий верстат доцільно застосовувати в умовах деревообробного цеху невеликої продуктивності, де важливо забезпечити економне використання енергії, простоту обслуговування й безпеку роботи оператора. Його компактність і малопотужний привід роблять обладнання оптимальним для дрібносерійного або спеціалізованого виробництва.

Технічні характеристики запропонованого верстата відображають його функціональні можливості, конструктивні особливості та параметри живлення. Верстат призначений для обробки дерев'яних заготовок (дощок) довжиною до 1500 мм та максимальною висотою в пакеті до 90 мм. Частота обертання шпинделя становить 3000 обертів на хвилину, що забезпечує стабільну швидкість різання на рівні 60 м/с. Розрахункова продуктивність машини – до 60 заготовок на хвилину, що свідчить про достатню ефективність для дрібносерійного виробництва.

У якості ріжучого інструмента використовується дискова пилка діаметром 400 мм. Габаритні розміри верстата становлять: висота – 495 мм, довжина – 812 мм, ширина – 380 мм, при загальній масі конструкції 200 кг. Це свідчить про компактність та зручність розміщення верстата в умовах обмеженого простору виробничих приміщень.

Електрообладнання передбачає підключення до трифазної змінної мережі з напругою 380 В і частотою струму 50 Гц. Потужність встановленого електродвигуна становить 3 кВт, при цьому на верстаті використовується один електродвигун.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Верстат для поперечного розпилювання заготовок обладнано простою та надійною системою керування, що забезпечує безпечну експлуатацію. Керування здійснюється за допомогою двох кнопок: «Пуск» – для вмикання електродвигуна приводу пили, і «Загальний стоп» – для його вимкнення. Обертання пильного вала з пилкою відбувається за допомогою клинопасової передачі, що з'єднує електродвигун і вал. Пилка здійснює лише обертальний рух, а матеріал подається вручну.

Конструкція верстата складається з кількох основних вузлів: сталевій зварної рами, механізму приводу пили, та каретки зі столом. На рамі змонтовані всі елементи електрообладнання, зокрема вимикачі та пускачі, а також сам привід пили, що включає електродвигун, встановлений шарнірно на піддвигунній плиті, клинопасову передачу та пильний вал з дисковою пилкою.

Стіл каретки виготовлений зі сталевих плит та посилений елементами жорсткості – ребрами, упорами, огорожами. Для забезпечення безпеки оператора верстат обладнаний захисними елементами, серед яких – кожух для пильного диска, кожух клинопасової передачі, а також інші огороження.

Електроживлення здійснюється від трифазної мережі змінного струму з номінальною напругою 380 В та частотою 50 Гц. Система електрозахисту включає автоматичний вимикач із номінальним струмом 6,3 А. У приводі використовується трифазний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором, що забезпечує надійне та стабільне функціонування.

На рисунку 2.1 зображено кінематичну схему приводу, де видно передачу обертального моменту від електродвигуна через клинопасову передачу (з ведучим і веденим шківками та пасами) до пильного вала, який обертається на двох підшипниках. На валу закріплена дискова пилка.

Основні вихідні дані, необхідні для проектування приводу, включають частоту обертання пильного вала, потужність, яка передається на нього, швидкість різання та діаметр дискової пилки.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

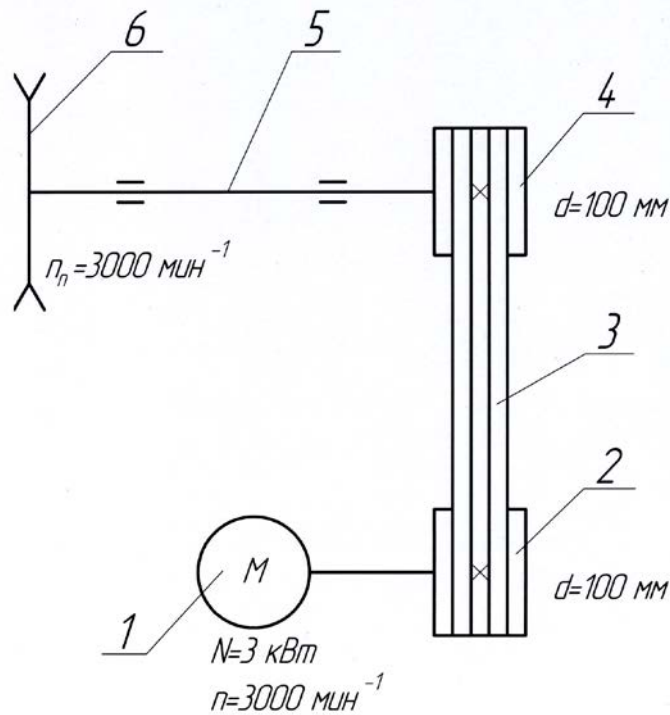


Рисунок 2.1 Кінематична схема привода торцювального верстата:

1 - електродвигун; 2 - ведучий шків; 3 - клинопасова передача; 4 - ведений шків; 5 - пильний вал; 6 – пила

Для привода торцювального верстата вибираємо стандартний електродвигун 4А112МА6У3, потужність двигуна  $P = 3 \text{ кВт}$ , частота обертання  $n_{об} = 1000 \text{ хв}^{-1}$ , коефіцієнт перевантаження  $k = 2,2 / [5]$ .

## 2.2 Розрахунок клинопасової передачі

Вихідні дані для розрахунку клинопасової передачі:

Потужність на ведучому валу  $P_1 = 3000 \text{ кВт}$ ;

Частота обертання вала електродвигуна  $n_1 = n_{об} = 1000 \text{ хв}^{-1}$ ;

Частота обертання пильного вала  $n_2 = 3000 \text{ хв}^{-1}$ ;

Розрахунок здійснюється відповідно до прийнятої методики [6].

Діаметр ведучого шківа визначається за формулою:

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_1 = (520 \dots 610) \cdot \sqrt[3]{\frac{P_1}{\omega_1}}, \quad (2.1)$$

де  $\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,7 \text{ c}^{-1}$  – кутова швидкість ведучого вала.

Тоді:

$$D_1 = (520 \dots 610) \cdot \sqrt[3]{\frac{3000}{104,7}} = 159,12 \dots 183 \text{ мм}.$$

Приймаємо:  $D_1 = 160 \text{ мм}$ .

Діаметр веденого шківа:

$$D_2 = D_1 u, \quad (2.2)$$

де  $u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1000}{3000} = 0,33$ .

$$D_2 = 160 \cdot 0,33 = 52,8 \text{ мм}.$$

Приймаємо:  $D_2 = 63 \text{ мм}$ .

Лінійна швидкість паса розраховується за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,16 \cdot 1000}{60} = 8,37 \text{ м / с}$$

Для передавання заданої потужності вибираємо клиновий пас перетином типу Б [5] з такими характеристиками:

площа поперечного перерізу – 118 мм<sup>2</sup>,

ширина – 17 мм,

висота – 11 мм.

Мінімальна міжосьова відстань визначається за формулою:

$$a_{\min} = 0,55(D_1 + D_2) + h = 0,55(160 + 63) + 10,5 = 123 \text{ мм}.$$

Максимальна міжосьова відстань:

$$a_{\max} = 2(D_1 + D_2) = 2(160 + 63) = 446 \text{ мм}.$$

Попередньо приймаємо міжосьову відстань  $a_n = 450 \text{ мм}$ :

Обчислюємо розрахункову довжина паса:

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_n = 2a_n + \left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot (D_1 + D_2) + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4a_n} =$$

$$= 2 \cdot 450 + \left(\frac{3,14}{2}\right) \cdot (160 + 63) + \frac{(160 - 63)^2}{4 \cdot 450} = 1053 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартне значення  $L_n = 1060 \text{ мм}$  згідно ГОСТ 1284.1-89.

Уточнюємо міжосьову відстань:

$$a = \frac{\left[ 2L_n - \pi(D_1 + D_2) + \sqrt{\left[ 2L_n - \pi(D_1 + D_2) \right]^2 - 8(D_1 - D_2)^2} \right]}{8} =$$

$$= a \frac{\left[ 2 \cdot 1060 - 3,14 \cdot (160 + 63) + \sqrt{\left[ 2 \cdot 1060 - 3,14 \cdot (160 + 63) \right]^2 - 8 \cdot (160 - 63)^2} \right]}{8} =$$

$$= 450 \text{ мм.}$$

Обчислюємо кут обхвату пасу за формулою:

$$\alpha \approx 180^\circ \cdot \left( \frac{D_1 - D_2}{a} \right) \cdot 60^\circ \approx 180^\circ - \left( \frac{160 - 63}{450} \right) \cdot 60^\circ = 168^\circ.$$

Кут обхвату пасу впливає на тягову здатність. Згідно рекомендацій для клипопасової передачі  $\alpha > 120^\circ$ , в нашому випадку умова виконується.

Визначаємо частоту пробігу паса:

$$i = \frac{V}{L_n} = \frac{8,37}{1,053} = 7,95 \text{ с}^{-1}.$$

Згідно ГОСТ 1284.3-89 для параметрів передачі:  $D_1 = 63 \text{ мм}$ ,  $L_p = 1049 \text{ мм}$ ,  $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$  номінальна потужність, що передається одним пасом, рівна  $P = 2,92 \text{ кВт}$ .

Розрахункова потужність обчислюється:

$$P_p = \frac{P_o \cdot C_a \cdot C_L \cdot C_u}{C_p}, \quad (2.3)$$

де  $C_a = 1$  - коефіцієнт кута обхвату;  $C_L = 0,9$  - коефіцієнт довжини паса;  $C_u = 1$  - коефіцієнт передаточного відношення;  $C_p = 1,2$  - коефіцієнт динамічності навантаження.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_n = \frac{2,92 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1}{1,2} = 2,19 \text{ кВт}.$$

Визначаємо розрахункове число пасів пасової передачі:

$$z = \frac{P_1}{P_n \cdot C_z}, \quad (2.4)$$

де  $C_z = 0,95$  - коефіцієнт числа пасів за  $z = 2..3$ .

$$z = \frac{3}{2,19 \cdot 0,95} = 1,44$$

Приймаємо кількість пасів клинопасової передачі  $z = 2$ .

Попередній натяг гілок пасів обчислюється за залежністю:

$$F = \frac{850P \cdot C_n \cdot C_L}{z \cdot V \cdot C_a \cdot C_u} + \rho \cdot A \cdot V^2, \quad (2.5)$$

де  $\rho = 1250 \text{ кг} / \text{м}^3$  - густина матеріалу паса;  $A = 138 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$  - площа поперечного перерізу паса.

Тоді:

$$F = \frac{850 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 0,9}{2 \cdot 8,37 \cdot 1 \cdot 1} + 1250 \cdot 138 \cdot 8,37^2 = 130,13 \text{ Н}.$$

Розміри веденого шківa [6]:  $d_p = 63 \text{ мм}$  – розрахунковий діаметр,  $d_0 = 25 \text{ мм}$  – діаметр отвору вала,  $L = 40 \text{ мм}$  – ширина шківa з маточиною,  $l_p = 8,5 \text{ мм}$  – розрахункова ширина канавок,  $e = 12 \text{ мм}$  – відстань між осями канавок,  $f = 8 \text{ мм}$  – відстань між торцем шківa та віссю крайньої канавки, інші параметри:  $b = 2,5 \text{ мм}$ ,  $h = 9 \text{ мм}$ ,  $b1 = 17 \text{ мм}$ ,  $\alpha = 34^\circ$ .

Зовнішній діаметр веденого шківa:

$$d_3 = d + 2b = 63 + 2 \cdot 2,5 = 68 \text{ мм}.$$

Діаметр западин:

$$d_6 = d - 2h = d_6 = 63 - 2 \cdot 9 = 45 \text{ мм}.$$

Довжина маточини шківa:

$$l_m = 1,8d = 1,8 \cdot 22 = 40 \text{ мм}.$$

Ширину шківa:

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M = e(z-1) + 2f = M = 12 \cdot (2-1) + 2 \cdot 8 = 28 \text{ мм.}$$

Після проведення обчислень виконуємо ескіз шків, який подано на рисунку 2.2.

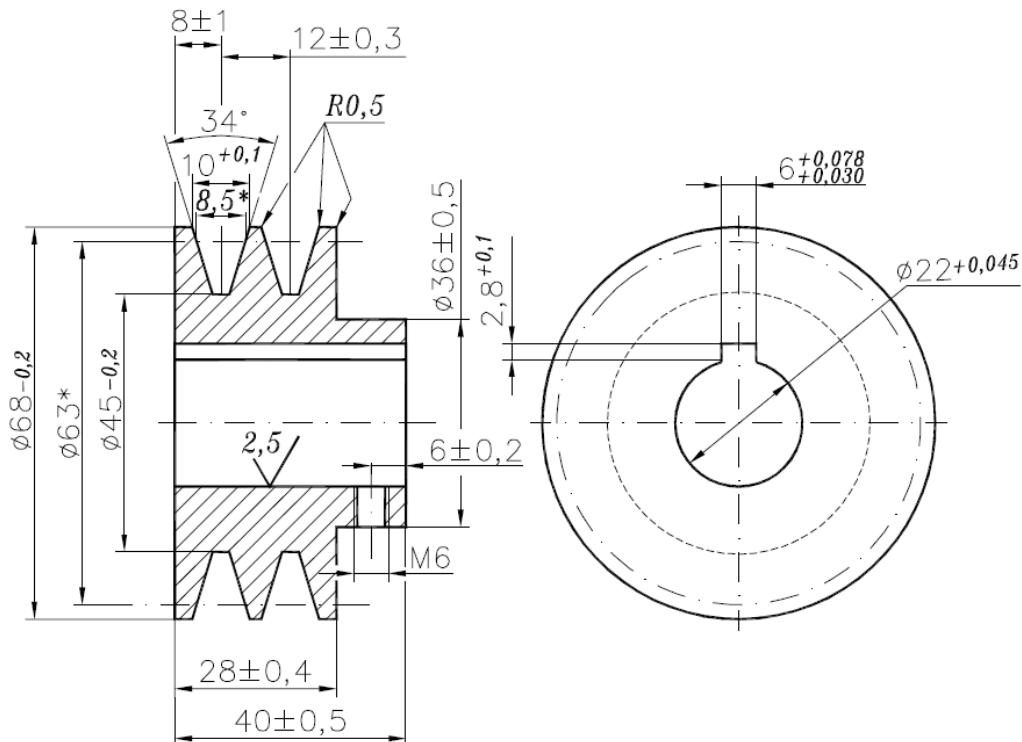


Рисунок 2.2 Ведений шків

### 2.3 Розрахунок пильного вала

Діаметр вихідного відрізка пильного вала визначається з умови:

$$d \geq 3 \sqrt{\frac{16T_2}{\pi[\tau_k]}}, \quad (2.6)$$

де  $T_2 = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{3000}{168,54} = 17,8 \text{ Нм}$  - крутний момент на пильному валу;  $[\tau_k]$  -

умовне допустиме напруження кручення  $[\tau_k] = 35 \dots 40 \text{ МПа}$ , приймаємо

$[\tau_k] = 35 \text{ МПа}$ .

Тоді:

$$d = 3 \sqrt{\frac{16 \cdot 17,8 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 40}} = 21,55 \text{ мм}$$

									Арк.
									27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



$[\sigma_{зм}] = 20 \text{ МПа}$  - допустиме напруження зминання.

Робоча довжина шпонки:

$$l_p \geq \frac{4T_2}{d_6 \cdot h \cdot [\sigma_{зм}]}, \quad (2.8)$$

$$l_p \geq \frac{4 \cdot 17,8 \cdot 10^3}{30 \cdot 7 \cdot 20} = 19,7 \text{ мм.}$$

Загальна довжина шпонки:

$$l = l_p + b = 19,7 + 8 = 27,9 \text{ мм.}$$

Відповідно, для нашого випадку умова міцності виконується. Шпонкове з'єднання наведено на рис. 2.4

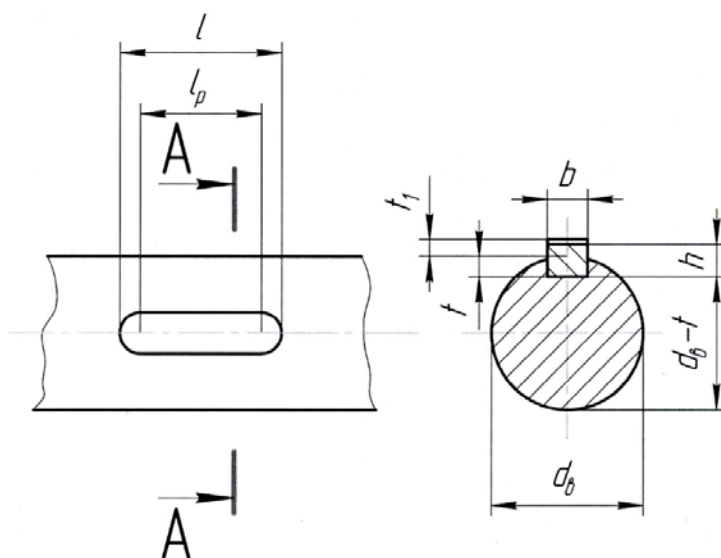


Рисунок 2.4 З'єднання за допомогою шпонки

Перевірковий розрахунок пильного вала. Розрахункова схема пильного вала наведена на рис. 2.5.

Визначаємо сили, що діють на вал, реакції опор, будуємо епюри крутних та згинальних моментів.

Сила різання:

$$F_k = \frac{1000 \cdot P_p}{V_p}, \quad (2.9)$$

де  $P_p$  - потужність різання;  $V_p$  - швидкість різання.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_k = \frac{1000 \cdot 5,64}{60} = 90 \text{ H}.$$

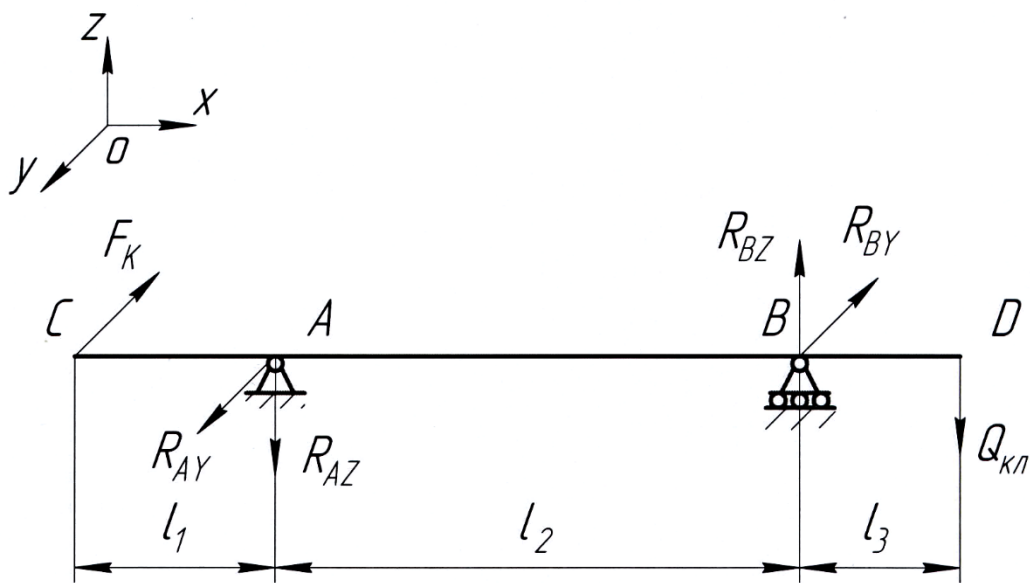


Рисунок 2.5 Розрахункова схема вала

Сила клинопасової передачі  $F_k = 130,38 \text{ H}$ .

З конструкції вала (рис.2.4):  $l_1 = 77 \text{ мм}$ ,  $l_2 = 103 \text{ мм}$ ,  $l_3 = 79 \text{ мм}$ .

Реакції в опорах горизонтальної площини.

$$\Sigma M_B = 0. \quad -R_{AY} \cdot l_2 + F_k (l_1 + l_2) = 0.$$

$$R_{AY} = \frac{F_k (l_1 + l_2)}{l_2}, \quad R_{AY} = \frac{90 \cdot (0,077 + 0,103)}{0,103} = 157,28 \text{ H}.$$

$$\Sigma M_A = 0. \quad -R_{BY} \cdot l_2 + F_k \cdot l_1 = 0$$

$$R_{BY} = \frac{F_k \cdot l_1}{l_2}, \quad R_{BY} = \frac{90 \cdot 0,077}{0,103} = 67,28 \text{ H}.$$

Сума усіх сил на вісь  $\Sigma Y = 0$ .

$$-F_k + R_{AY} - R_{BY} = 0.$$

$$-90 + 157,28 - 67,28 = 0.$$

Реакції в опорах вертикальної площини.

$$\Sigma M_B = 0. \quad -R_{AZ} \cdot l_2 + Q_{кл} \cdot l_3 = 0,$$

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{AZ} = \frac{Q_{кл} \cdot l_3}{l_2}, \quad R_{AZ} = \frac{781,38 \cdot 0,079}{0,103} = 576,91 \text{ H}.$$

Сума моментів сил відносно точки А дорівнює 0  $\Sigma M_A = 0$ :

$$-R_{BZ} \cdot l_2 + Q_{кл} \cdot (l_2 + l_3) = 0. \quad R_{BZ} = \frac{Q_{кл} \cdot (l_2 + l_3)}{l_2}$$

$$R_{BZ} = \frac{781,38 \cdot (0,107 + 0,079)}{0,107} = 1358,29 \text{ H}$$

Реакції в опорах:

$$R_A = \sqrt{R_{AY}^2 + R_{AZ}^2}, \quad R_A = \sqrt{117,39^2 + 186,85^2} = 220,67 \text{ H}.$$

$$R_B = \sqrt{R_{BY}^2 + R_{BZ}^2}, \quad R_B = \sqrt{27,39^2 + 968,23^2} = 968,62 \text{ H}.$$

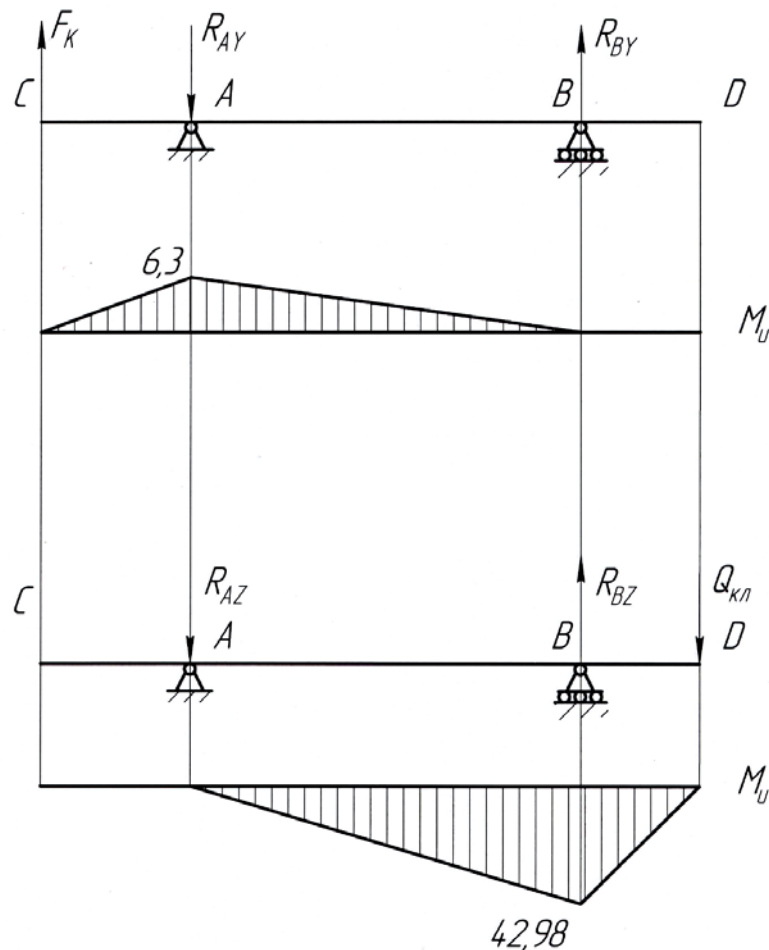


Рисунок 2.6 Епюри згинальних моментів

Згинальні моменти:  $M_A = \sqrt{M_{AY^2} + M_{AZ^2}}$ ,  $M_A = 6,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

$$M_B = \sqrt{M_{BY^2} + M_{BZ^2}}, M_B = 42,98 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Відповідно до рис. 2.6 небезпечним перерізом буде переріз в точці  $B$ .

Розрахунок вала на втомну міцність. Коефіцієнт запасу втомної міцності:

$$s = \frac{I}{\sqrt{\left(\frac{I}{s_\sigma}\right)^2 + \left(\frac{I}{s_\tau}\right)^2}} \leq [s], \quad (2.10)$$

де  $s_\tau, n_\sigma$  - коефіцієнти запасу міцності;

$[s] = 2,5$  - допустимий коефіцієнт запасу міцності/

Розрахунок ведемо лише за  $s_\sigma$ .

Коефіцієнт запасу міцності:

$$s_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\beta \cdot \varepsilon_\sigma} \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m}, \quad (2.11)$$

де  $\sigma_{-1} = 410 \text{ МПа}$  - границя витривалості сталі;  $\beta = 1,6$  - коефіцієнт впливу стану поверхні вала;  $k_\sigma = 1$  - ефективний коефіцієнт концентрації напружень;  $\sigma_a$  - амплітуда напружень;  $\varepsilon_\sigma = 0,83$  - масштабний фактор;  $\sigma_m = 0$  - середнє напруження циклу;  $\psi_\sigma = 0,1$  -- коефіцієнт впливу циклу напружень.

Амплітуда циклу напружень:

$$\sigma_a = \frac{M_B}{W_B}, \quad (2.12)$$

де  $M_B$  - момент в небезпечному перерізі;

$W_B$  - момент опору згину:

$$W_u = \frac{\pi d^3}{32}, W_u = \frac{3,14 \cdot 35^3}{32} = 4207,11 \text{ мм}^3.$$

Амплітуда напружень:

$$\sigma_a = \frac{42,98 \cdot 10^3}{4207,11} = 10,22 \text{ МПа}.$$

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт запасу міцності:

$$s_{\sigma} = \frac{410}{\frac{1}{1,6 \cdot 0,83} \cdot 10,22 + 0,1 \cdot 0} = 53,28 /$$

Коефіцієнт запасу міцності вала:

$$n = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{53,28}\right)^2}} = 53,28 \geq 2,5.$$

Умова міцності вала виконується.

## 2.4 Аналіз процесу різання на торцювальному верстаті

Процес поперечного розпилювання деревини на торцювальному верстаті є прикладом переривчастого різання, що здійснюється за допомогою круглої дискової пилки. Принципова кінематична схема процесу подана на рисунку 2.7 [6]. Під час роботи верстата оброблювана заготовка, якою може бути дошка чи брусок, подається в зону дії інструмента вручну або за допомогою автоматичної подачі. Кругла пилка, закріплена на обертовому валу, виконує основний (головний) рух – обертання навколо власної осі, внаслідок чого здійснюється безпосереднє відокремлення частин деревини.

Суть процесу різання полягає у взаємодії ріжучих кромки зубців пилки з матеріалом. Кожен зубець при обертанні періодично входить у контакт із деревиною, викликаючи її локальне руйнування. Такий процес є високошвидкісним, з інтенсивним утворенням теплоти в зоні різання, однак завдяки короткотривалості контакту окремого зубця з заготовкою та здатності пилки ефективно відводити тепло в свою масу, перегрів ріжучого інструмента значно знижується.

Для здійснення повноцінного процесу розпилювання необхідна наявність двох основних рухів: обертального, який виконує пилка, забезпечуючи різання

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



оптимізувати процес з точки зору енергоефективності, зносу інструмента та продуктивності верстата.

У процесі поперечного пиляння деревини на торцювальному верстаті відстань від центру дискової пилки до базової поверхні позначається як параметр  $a$ . Вихід пилки з заготовки характеризується величиною  $l$ , тоді як  $h$  визначає товщину оброблюваної заготовки, тобто висоту пропили.

Головний рух в системі різання здійснюється обертанням пилки з кутовою швидкістю, яка набагато перевищує швидкість подачі матеріалу. Через це в межах заготовки результуюча траєкторія переміщення ріжучої кромки фактично збігається з траєкторією головного обертального руху.

Швидкість головного руху визначається як:

$$V_z = \frac{\pi D n}{60 \cdot 1000}, \quad (2.13)$$

де:  $n$  – частота обертання вала;  $D$  – діаметр кола різання (зовнішній діаметр пилки).

Швидкість подачі розраховується за формулою:

$$V_s = \frac{S_z z n}{1000}, \quad (2.14)$$

де:  $S_z$  – подача на один зуб;  $z$  – кількість зубів на диску пилки;  $n$  – частота обертання пилки.

Важливо враховувати напрямки проєкцій швидкостей різання та подачі: якщо вони направлені назустріч одна одній маємо зустрічну подачу, якщо ж співпадають – подачу попутну. Попутне пиляння при поздовжньому розпилюванні майже не використовується через ризик затягування заготовки пилкою, що може спричинити перевантаження електродвигуна і порушення стабільності подачі. Натомість при поперечному розпилюванні попутна подача є цілком прийнятною та поширеною.

Рух ріжучого зуба пилки описується за допомогою параметричних рівнянь колового руху:

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{cases} x_1 = R \sin \varphi_a = R \sin \omega t; \\ y_1 = R \cos \varphi_a = R \cos \omega t, \end{cases} \quad (2.15)$$

де  $R$  - радіус обертання пилки (до вершини зуба);  $x_1, y_1$  - положення вершини зуба;  $\varphi_a$  - кут між вершиною зуба  $A$  та віссю координат  $y$ ;  $t$  - час;  $\omega$  - кутова швидкість обертання пилки.

Траєкторія осі обертання пилки, яка переміщується вздовж напрямку подачі, яка є прямолінійною і може бути описана рівняннями поступального руху:

$$\begin{cases} x_2 = V_s t; \\ y_2 = 0, \end{cases}$$

Справжній рух вершини зуба щодо заготовки є сумарною траєкторією обох рухів – головного обертального та подачі, яка описується як результат додавання відповідних координат у кожен момент часу. Це дає змогу графічно змодельовати процес різання і оцінити вплив параметрів на якість обробки та навантаження на інструмент.

Параметричні рівняння руху різання:

$$\begin{cases} x = x_1 + x_2 = R \sin \omega t + v_s t; \\ y = y_1 + y_2 = R \cos \omega t. \end{cases}$$

Отримані параметричні рівняння траєкторії руху вершини зуба пилки дозволяють визначити її у вигляді циклоїди, яка утворюється внаслідок накладення двох рухів – обертального (головного) та поступального (подачі). Перетворивши ці рівняння, можна отримати вираз для траєкторії різання, що описує реальний шлях переміщення зуба пилки відносно деревини.

При повороті пилки на чверть оберту (тобто на  $\omega t = \pi / 2$  радіан) зуб переміщується у точку Б з координатами  $y = 0$ ,  $x = R + \frac{S_z z}{2\pi} \cdot \frac{\pi}{2} = R + 0,25S_0$ , де  $S_0 = 1000v_s / n$  – подача на один оберт пилки. Це дозволяє визначити, як змінюється положення зуба при фрагментарному обертанні.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість різання, тобто відносна швидкість руху зуба щодо деревини, визначається як:

$$V = \sqrt{V_2^2 + V_s^2 + 2V_2V_s \cos \varphi},$$

де:  $\varphi$  – кут між векторами  $\vec{V}_2$  і  $\vec{V}_s$ .

Оскільки в більшості випадків  $V_2 > V_s$ , то напрям і значення  $V_2$  практично збігаються з  $V_s$ , а вплив подачі на вектор різання можна вважати незначним.

Шар деревини зрізується по дузі контакту зуба з матеріалом – по дузі АВ. Точка А відповідає моменту входу зуба в деревину, точка В – виходу, точка С – середині дуги. Кожній із цих точок відповідає певний кут:  $\varphi_{ex}$  кут входу,  $\varphi_{вих}$  кут виходу,  $\varphi_{cp}$  кут середини:

$$\cos \varphi_{ex}^{всп} = -\cos \varphi_{вих}^{non} = \frac{a_1 + h}{R},$$

$$\cos \varphi_{вих}^{всп} = -\cos \varphi_{ex}^{non} = \frac{a_1}{R},$$

де  $h$  - висота заготовки (або висота пропилу);  $a_1$  - відстань від центру обертання пилки до ближньої (вхідної) поверхні заготовки;  $R$  — радіус пилки

Кут, що відповідає довжині дуги різання (зрізаного шару), називають кутом контакту. Він обчислюється як різниця між кутом входу зуба в заготовку та кутом його виходу:

$$\varphi_{\kappa} = \varphi_{вих} - \varphi_{ex}.$$

Цей кут визначає загальну протяжність ділянки, де зуб пилки безпосередньо контактує з матеріалом, формуючи стружку.

Поточний кут  $\varphi(t)$ , який визначає положення конкретного зуба на дузі різання в певний момент часу, зростає лінійно відповідно до рівняння:

$$\varphi(t) = \omega t.$$

де  $\omega$  – кутова швидкість обертання пилки.

Характеристика режиму пиляння задається добутком подачі на зуб і кількості зубів:

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varphi_{cp} = \frac{(\varphi_{ex} + \varphi_{вых})}{2}.$$

Номінальна довжина стружки  $l_k$  визначається довжиною дуги контакту:

$$l_k = \frac{2\pi R}{360} \varphi_k.$$

Під час пиляння два сусідні зуби формують поверхню дна пропилу: попередній залишає слід  $t_{ex}t_{cp}t_{вых}$ , а наступний – слід  $t_{ex1}t_{cp1}t_{вых1}$ . Відстань між ними по напрямку подачі відповідає подачі на зуб  $S_z$ . Таким чином, кінематична товщина зрізаного шару в кожен момент часу визначається як:

$$a = S_z \sin \varphi.$$

Звідси впливають наступні оцінки товщини стружки:

Максимальна товщина стружки:

$$a_{max} = a_{вых} = S_z \sin \varphi_{вых}.$$

Мінімальна товщина стружки:

$$a_{min} = a_{ex} = S_z \sin \varphi_{ex}.$$

Середня товщина стружки:

$$a_{cp} = S_z \sin \varphi_{cp}.$$

Також середню величину товщини стружки можна розрахувати, виходячи з площі бічної поверхні шару:

$$a_{cp} = \frac{f_{сл}}{l} = \frac{S_z h}{l},$$

де:  $f_{сл}$  – площа бічної поверхні зрізаного шару (мм<sup>2</sup>),

$l$  – номінальна довжина стружки (мм).

У розрізі, що проходить через вісь обертання пилки, форма стружки буде залежати від геометрії зуба, подачі та способу розширення пропилу наприклад, боковими або нижніми гранями зуба.

При поздовжньому пилянні, коли пилка рухається вздовж волокон деревини, середню товщину шару по середньому перерізу дуги контакту можна розрахувати за формулою:

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_{cp\lambda} = \frac{B_{np}}{b} a_{cp}; \quad a_{cp\Delta} = a_{cp},$$

де  $a_{cp\Delta}$  – товщина стружки, сформованої плющеним зубом;

$a_{cp\lambda}$  – товщина стружки, сформованої розведеним зубом;

$b$  – товщина зуба;

$B_{np}$  – ширина пропилу.

Ці величини пов'язані з формою зуба пилки, який буває або розведеним (із розширеними боками для формування ширшого пропилу), або плющеним (формує тонший слід).

Товщина зуба пилки  $b$  – геометрична товщина самого зуба, а ширина пропилу  $B_{np}$  – загальна ширина канавки, яку залишає зуб у матеріалі.

Ширина шару, який формується зубами пилки, розраховується як:

$$b_{\lambda} = b; \quad b_{\Delta} = B_{np},$$

де:  $b_{\Delta}$  – ширина стружки, сформованої плющеним зубом, мм.

У процесі пиляння дія ріжучих елементів на деревину передається через розподілені навантаження, які утворюються на передній і задній гранях зуба, а також на його лезі. Ці навантаження включають дотичні сили (від тертя) та нормальні сили (тиск).

Щоб спростити розрахунки, розподілене навантаження замінюється зосередженою силою різання  $F$ , яку можна подати у вигляді проєкцій на координатні осі (рис. 2.8). Вісь  $X$  збігається з напрямком вектора швидкості різання. Вісь  $Y$  перпендикулярна до  $V$  та лежить у площині різання. Вісь  $Z$  перпендикулярна до площини різання.

Тоді:  $F_x$  – дотична сила, що є основною ріжучою силою,  $F_y$  – бічна сила, яка відповідає за поперечне зусилля,  $F_z$  – нормальна сила, яка може бути силою затягування (якщо напрямлена в бік стружки) або силою віджимання (якщо напрямлена до заготовки).

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила взаємодії також деталізується для кожної поверхні зуба:  $F_n$  сила, що діє на передню грань,  $F_s$  сила, що діє на задню грань,  $F_l$  сила, що прикладається до леза. В теоретичних розрахунках сили  $F_l$  та  $F_s$  об'єднують у силу по задній грані  $F_3$ .

Під час розрахунків процесів різання деревини використовуються два основні показники – одинична та питома сили різання.

Одинична сила різання  $F_1$  визначається як відношення сили різання  $F$  до ширини стружки  $b$ . Вона показує, яка сила необхідна для зрізання шару товщиною 1 мм по всій ширині різання:

$$F_1 = \frac{F}{b},$$

де  $F$  – сила різання;  $b$  - ширина стружки.

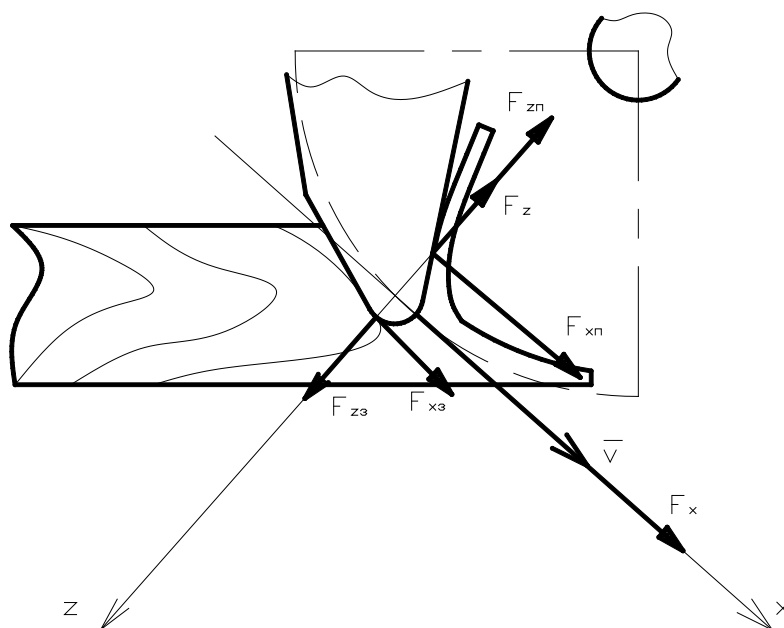


Рисунок 2.9 Сили різання

Це дає змогу порівнювати ефективність різання при різних умовах або конструкціях ріжучого інструмента.

Питома сила різання  $F_n$  дотична сила, необхідна для зрізання шару з площею поперечного перерізу  $a \cdot b$ :

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$F_n = \frac{F_x}{ab},$$

де  $a$  і  $b$  - товщина та ширина зрізаного шару.

Ці величини є важливими для оптимізації режимів різання, вибору конструкції ріжучого інструмента та прогнозування навантажень на елементи верстата.

Сила різання при поперечному пилянні деревини на дузі контакту між зубом пилки та заготовкою визначається з урахуванням комплексу факторів:

$$P_z = 24\pi a_n a_w a_{\delta,\varphi} a_p S_z^{0,85} b^{0,5} \sin \Theta_{cp},$$

де  $a_n, a_w$  – коефіцієнти, що враховують породу деревини та її вологість;

$a_{\delta,\varphi}, a_p$  – коефіцієнти впливу кута загострювання та ступінь затуплення зуба;

$b$  – ширина пропилу, мм;

$\Theta_{cp}$  – кінематичний кут зустрічі;

$S_z$  – подача, мм.

Коефіцієнт затуплення зуба:

$$a_p = 1 + \frac{0,2\Delta\rho}{\rho_0}$$

де:  $\rho_0 \approx 10$  мкм – початковий радіус заокруглення ріжучої кромки;

$\Delta\rho$  – приріст заокруглення внаслідок зношення, мкм.

Визначення сили різання для поперечного пиляння також може враховувати відношення дотичної та радіальної складових сили:

$$R_z = m_p P_z,$$

де  $m_p = 0,4..0,5$  коефіцієнт для гострих і  $m_p = 1$  для тупих зубів.

Сили опору подачі – це складові результуючої сили різання, які діють у напрямку подачі та перпендикулярно до неї. Вони мають важливе значення при аналізі енергетики процесу різання та виборі конструктивних параметрів верстата.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила опору подачі визначається як проекція сили різання на напрям подачі:

$$S_1 = P_z \cos \Theta_{cp} + R_z \sin \Theta_{cp}.$$

Сила, нормальна до подачі, яка притискає заготовку до опорної поверхні:

$$S_2 = P_z \sin \Theta_{cp} - R_z \cos \Theta_{cp}.$$

Ця сила позитивна (додатна) за зустрічного пиляння та при нижньому розташуванні пилки — вона стабілізує положення заготовки.

Потужність різання, що витрачається на здійснення різального процесу:

$$P_{piz} = F_p V.$$

Потужність, що забезпечує поступальний рух заготовки:

$$P_{под} = S_1 V_s,$$

Лінійна швидкість різання визначає швидкість переміщення різальної кромки по колу:

$$V = \frac{\pi D n}{60 \cdot 1000},$$

де  $D = 450$  мм - діаметр пилки;  $n = 3000$   $хв^{-1}$  - частота обертання пилки.

$$v = \frac{3.14 \cdot 450 \cdot 3000}{60 \cdot 1000} = 68,33 \text{ м / с}.$$

Швидкість подачі:

$$U = \frac{U_z z n}{1000},$$

де  $U_z$  - подача на один зуб;  $z = 56$  - число зубів пилки.

$$U = \frac{S}{t},$$

де  $t = 4$  с - час різання,  $S = 890$  мм - шлях різання.

$$U = \frac{890}{4} = 13,28 \text{ м / хв}$$

$$U_z = \frac{U 1000}{z n} = \frac{13,28 \cdot 1000}{56 \cdot 2900} = 0,082 \text{ мм}.$$

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжина дуги контакту зуба пилки з деревиною розраховується за формулою:

$$\ell_{\kappa} = \frac{\pi D}{360} (\varphi_{\text{вих}} - \varphi_{\text{вх}}),$$

де  $\varphi_{\text{вх}}, \varphi_{\text{вих}}$  – кути входу та виходу зуба в матеріал:

$$-\cos \varphi_{\text{вих}}^{\text{non}} = \frac{a_1 + H}{R}, \quad -\cos \varphi_{\text{вх}}^{\text{non}} = \frac{a_1}{R},$$

де  $a_1 = 100 \text{ мм}$  – відстань від осі пилки до найближчої поверхні заготовки;

$R = 225 \text{ мм}$  – радіус пилки;  $H = 100 \text{ мм}$  – висота пропилу.

$$-\cos \varphi_{\text{вих}}^{\text{non}} = \frac{100 + 100}{225} = 0,889; \quad \varphi_{\text{вих}} = 27,3^{\circ};$$

$$-\cos \varphi_{\text{вх}}^{\text{non}} = \frac{100}{225} = 0,444; \quad \varphi_{\text{вх}} = 63,6^{\circ}.$$

$$\ell_{\kappa} = \frac{3,14 \cdot 450}{360} (27,3 - 63,6) = 142,7 \text{ мм}$$

Середній кінематичний кут зустрічі обчислюється як:

$$\theta_{\text{cp}} = 180^{\circ} - \arccos \frac{H}{\ell_{\kappa}} = 180^{\circ} - \arccos \frac{100}{142,7} = 135,5^{\circ}.$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$P_{\text{різ}} = \frac{P_{\text{cp}} V}{1000},$$

де  $P_{\text{cp}}$  – середня дотична сила різання.

Середня дотична сила різання для одного оберту пилки:

$$P_{\text{cp}} = 24 a_n a_w a_{\delta, \varphi} a_p U_z^{0,85} b^{0,5} \frac{zH}{D},$$

де  $a_n = 1$  - коефіцієнт, який залежить від породи деревини;  $a_{\delta, \varphi} = 0,5615$  - коефіцієнт загострювання та різання;  $a_w = 1,08$  - коефіцієнт, який залежить від вологості деревини;  $a_p = 1,3$  - коефіцієнт, який залежить від затуплення зубів;  $b = 4,1 \text{ мм}$  - ширина пропилу.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{cp} = 24 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 0,5615 \cdot 1,3 \cdot 0,082^{0,85} \cdot 4,1^{0,5} \cdot \frac{56 \cdot 100}{450} = 56,8 \text{ Н},$$

$$P_{piz} = \frac{56,8 \cdot 68,33}{1000} = 3,88 \text{ кВт},$$

Радіальна сила пилки (за оберт):

$$R_{cp} = m_p P_{cp},$$

де  $m_p = 1$  - коефіцієнт врахування затуплення зубів.

$$R_{cp} = 1 \cdot 56,8 = 56,8 \text{ Н}.$$

Сила опору подачі:

$$S_1 = P_{cp} \cos \theta_{cp} + R_{cp} \sin \theta_{cp} = 56,8 \cos 135,5 + 56,8 \sin 135,5 = -0,73 \text{ Н}.$$

Сила нормальна до подачі:

$$S_2 = P_{cp} \sin \theta_{cp} - R_{cp} \cos \theta_{cp} = 56,8 \sin 135,5 - 56,8 \cos 135,5 = 80,26 \text{ Н}.$$

Сили тертя:

$$F_{тр} = F_n + F_k + F_{рн},$$

де  $F_n$  - сила тертя заготовки по столу;  $F_k$  - сила тертя вальців;  $F_{рн}$  - сила тертя заготовки по пилці.

Сила тертя заготовки по столу:

$$F_n = (z_n S_2 + G) f,$$

де  $S_2 = 80,26 \text{ Н}$  - нормальна сила;  $f = 0,3$  - коефіцієнт тертя;  $G$  - сила ваги заготовки:

$$G = ((m_{пилки} + m_{ел.дв.}) + m_{рух.ч.}) g \text{ Н},$$

де  $m_{пилки}$  - маса пилки;  $m_{рух.ч.}$  - маса рухомої частини;  $m_{ел.дв.} = 42 \text{ кг}$  - маса двигуна.

$$m_{пилки} = V_{пилки} \gamma,$$

де  $V_{пилки}$  - об'єм пилки;  $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$  - питома вага сталі.

$$V_{пилки} = \frac{\pi D^2}{4} S,$$

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $S = 2,8$  мм - товщина пилки.

$$V_{\text{пилки}} = \frac{3,14 \cdot 450^2}{4} 2,8 = 445095 \text{ мм}^3,$$

$$m_{\text{пилки}} = 445,095 \cdot 7,8 = 3471,741 \text{ г},$$

$$m_{\text{рух.ч.}} = m_{\text{пилки}} + m_{\text{ел.дв.}} = (3,47 + 42) = 45,47 \text{ кг},$$

$$G = ((3,47 + 42) + 45,47) 9,8 = 891,2 \text{ Н},$$

$$F_n = (1 \cdot 80,26 + 891,2) 0,3 = 971,76 \text{ Н},$$

$$F_n = 971,76 \text{ Н}.$$

$$F_{\text{под}} = 1,5(1 \cdot (-0,73) + 971,76) = 1456,54 \text{ Н},$$

$$P_{\text{под}} = \frac{1456,54 \cdot 13,28}{60 \cdot 1000} = 0,322 \text{ кВт}.$$

Швидкість подачі:

$$U = \frac{1,415 \cdot 10^6 P_{\text{різ}}^{1,1765}}{(75 a_n a_w a_{\delta, \phi} a_p H)^{1,1765} b^{0,59} (zn)^{0,176}},$$

де  $H = 50, 60, 70, 80, 90, 100$  мм - висота пропилу;  $P_{\text{різ}}$  - потужність різання;  
 $b = 4,1$  мм - ширина пропилу;  $a_n = 1$  - коефіцієнт виду деревини (сосна);  
 $a_{\delta, \phi} = 0,5615$  - коефіцієнт загострювання та різання;  $a_w = 1,08$  - коефіцієнт вологості деревини ( $W = 25\%$ );  $a_p = 1,3$  - коефіцієнт затуплення.

$$U = \frac{1,415 \cdot 10^6 \cdot 4,31^{1,1765}}{(75 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 0,5615 \cdot 1,3 \cdot 50)^{1,1765} 4,1^{0,59} (56 \cdot 2900)^{0,176}} = 34,30 \text{ м / хв},$$

$$U = \frac{1,415 \cdot 10^6 \cdot 4,31^{1,1765}}{(75 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 0,5615 \cdot 1,3 \cdot 60)^{1,1765} 4,1^{0,59} (56 \cdot 2900)^{0,176}} = 27,68 \text{ м / хв},$$

$$U = \frac{1,415 \cdot 10^6 \cdot 4,31^{1,1765}}{(75 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 0,5615 \cdot 1,3 \cdot 70)^{1,1765} 4,1^{0,59} (56 \cdot 2900)^{0,176}} = 23,09 \text{ м / хв},$$

$$U = \frac{1,415 \cdot 10^6 \cdot 4,31^{1,1765}}{(75 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 0,5615 \cdot 1,3 \cdot 80)^{1,1765} 4,1^{0,59} (56 \cdot 2900)^{0,176}} = 19,73 \text{ м / хв},$$

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U = \frac{1,415 \cdot 10^6 \cdot 4.31^{1,1765}}{(75 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 0,5615 \cdot 1,3 \cdot 90)^{1,1765} \cdot 4,1^{0,59} (56 \cdot 2900)^{0,176}} = 17,18 \text{ м / хв},$$

$$U = \frac{1,415 \cdot 10^6 \cdot 4.31^{1,1765}}{(75 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 0,5615 \cdot 1,3 \cdot 100)^{1,1765} \cdot 4,1^{0,59} (56 \cdot 2900)^{0,176}} = 15,17 \text{ м / хв}.$$

Графік залежності швидкості подачі від висоти пропилу, побудований за розрахованими значеннями, представлено на рисунку 2.10.

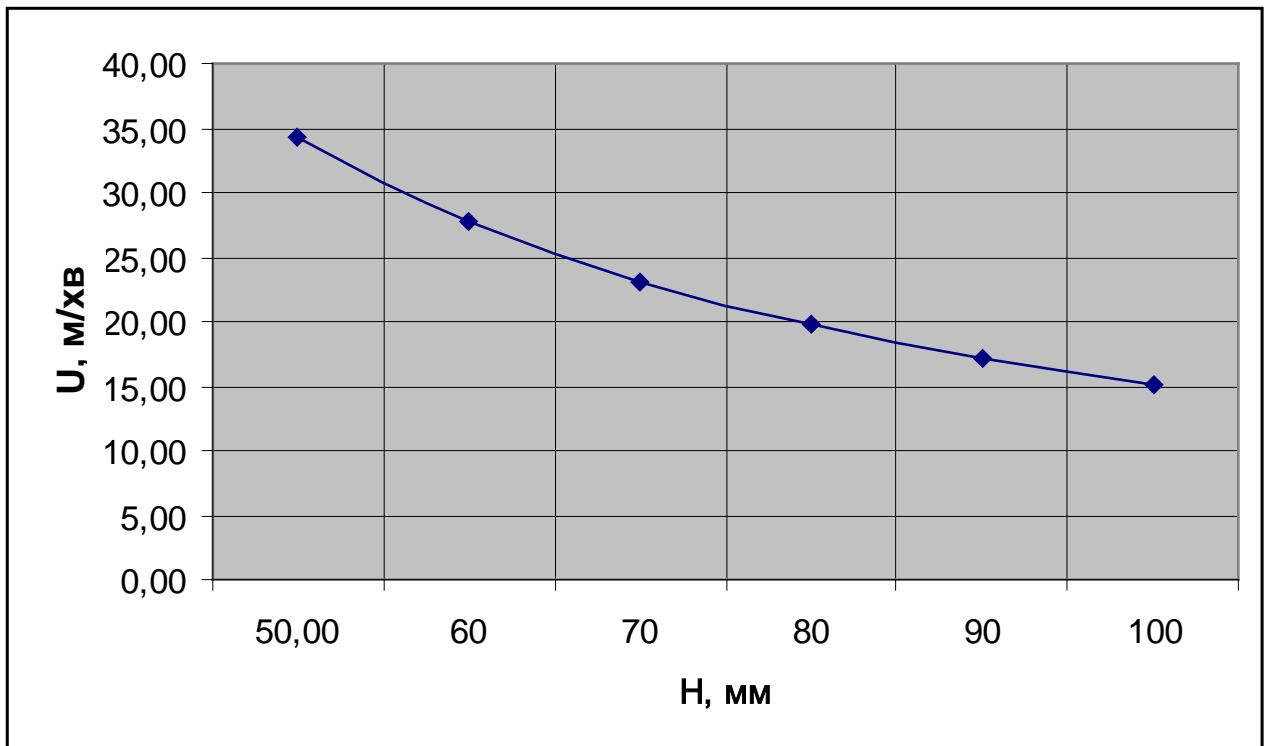


Рисунок 2.10 Графік залежності швидкостей подачі від висоти пропилу

Згідно з графіком, мінімальне значення швидкості подачі становить  $U = 15,17 \text{ м / хв}$ . У цьому розрахунку не враховано обмеження, пов'язані з шорсткістю поверхні розпилу та заповненням западин між зубами пилки.

## 2.5 Вибір пилки

Круглі пилки – це багатозубцевий ріжучий інструмент, що має форму диска, кулі або циліндра. Процес пиляння здійснюється за рахунок обертального руху інструмента при одночасному поступальному русі заготовки або самої пилки разом із приводом. Обертальний рух характеризується коловою швидкістю, яку умовно називають швидкістю різання, а поступальний рух – швидкістю подачі. У круглопилних верстатах швидкість різання завжди в кілька разів перевищує швидкість подачі. Реалізація процесу пиляння є можливою лише за наявності обох видів руху.

Для вибору круглої пилки необхідно попередньо визначити мінімально допустимий діаметр пили  $D_{\min}$  для заданого перерізу оброблюваного матеріалу. Без урахування запасу на переточування він визначається за формулою:

$$D_{\min} = 2 \cdot (H + r_{\phi} + \Delta a + a_2), \quad (2.16)$$

де  $H = 100 \text{ мм}$  – висота пропилу,  $r_{\phi} = 62,5 \text{ мм}$  – радіус затискних фланців,  $\Delta a = 10 \text{ мм}$  – зазор між затискним фланцем і поверхнею заготовки,  $a_2 = 25 \text{ мм}$  – виступ пили з пропилу.

Підставляючи числові значення у формулу, отримаємо:

$$D_{\min} = 2 \cdot (100 + 62,5 + 10 + 25) = 395 \text{ мм}.$$

З урахуванням розрахунків обрано дискову пилу з твердосплавними пластинами стандартного ряду діаметрів згідно з ГОСТ 9769-79 для обробки деревини (тип 2) зі значенням діаметра пилки – 450 мм. Її зображення наведено на рисунку 2.11.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тип 2

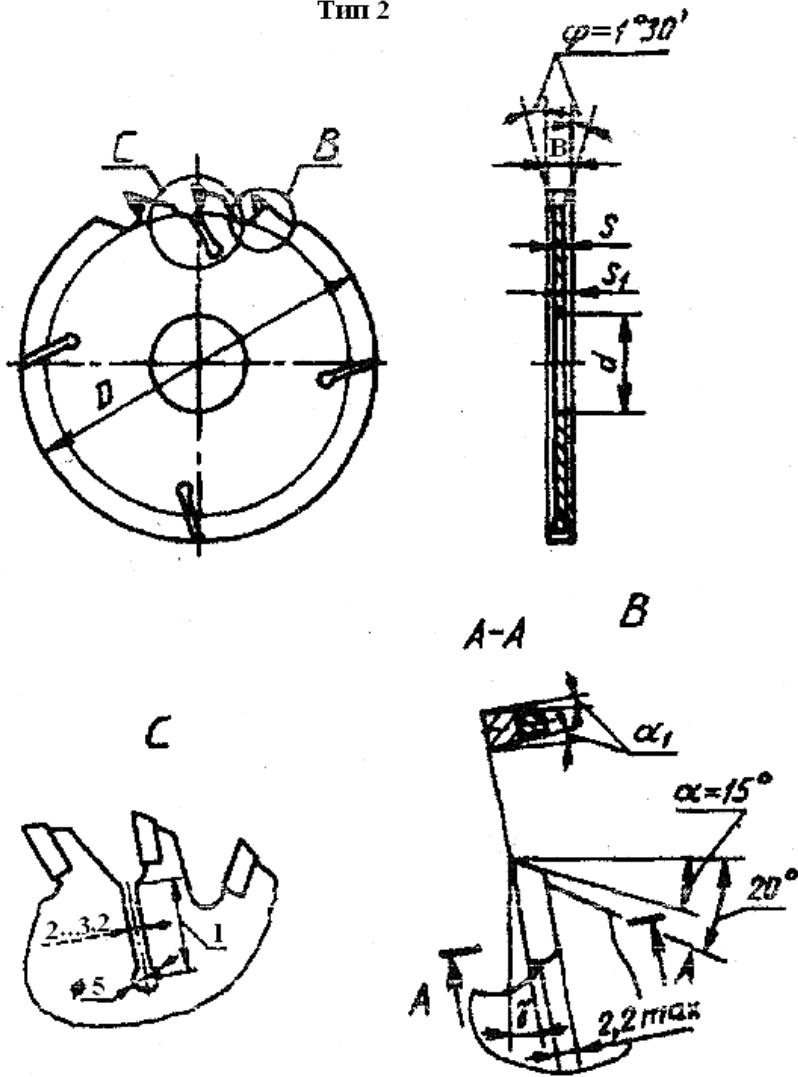


Рисунок 2.11 Кругла пила з пластинками з твердого сплаву

Кругла пила повинна виготовлятися відповідно до вимог чинного стандарту за кресленнями, затвердженими в установленому порядку. Диск круглої пили з твердосплавними пластинами виготовляють зі сталі 9ХФ згідно з ГОСТ 5950-73. Ріжучі твердосплавні пластини зубів пили виготовляють з твердого сплаву ВК15 згідно з ГОСТ 3882-74. Форма і розміри пластин повинні відповідати ГОСТ 13833-77.

Пластини з твердого сплаву припаюють припоем марки ПСр40 за ГОСТ 19738-74. Паяний шов повинен бути суцільним. Допускаються розриви паяного шва, але не більше 10% від його загальної довжини. Твердість пильного диска

						КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			48

повинна бути в межах 40-45 HRC. Зона термічного впливу від нагріву при пайці має бути розташована між вершиною зуба та його основою; такі зони мають перекривати одна одну у сусідніх зубів. У цих зонах твердість допускається в межах від 21 до 45 HRC при пайці припоєм ПСр40.

Для компенсації температурних деформацій у тілі пили передбачено спеціальні прорізи, які розташовують на протилежних кінцях взаємно перпендикулярних діаметрів пили. Глибина цих прорізів становить 20% радіуса.

На поверхнях корпусу пил не допускаються тріщини, сліди корозії, сколи та тріщини на ріжучих кромках зубів. Не повинно бути також перегріву під час пайки пластин.

Параметри шорсткості поверхонь пили повинні відповідати ГОСТ 2789-73. Для передніх і задніх головних і допоміжних поверхонь, що прилягають до допоміжних ріжучих кромek, допускається шорсткість Rz не більше 1,6. Для задніх допоміжних поверхонь зубів, що прилягають до коротких допоміжних ріжучих кромek не більше Rz 6,3. Для торцевих поверхонь корпусу пил у зоні видалення кольору побежалості не більше Ra 3,2, а для торцевих поверхонь корпусу та посадкового отвору не більше Rz 6,3. Для решти поверхонь не більше Rz 25.

Висока зносостійкість круглих пил із твердосплавними пластинами забезпечує значну тривалість їх експлуатації до переточування у 30-40 разів довшу, ніж у пил, виготовлених із легованої сталі. Це робить їх застосування економічно доцільним для всіх видів робіт. Особливо ефективні вони при розпилюванні склеєних заготовок, деревинно-шаруватих пластиків або деревини, просоченої антипіренами.

Матеріалом для пластин служать твердосплави на основі карбиду вольфраму марок ВК6, ВК6-ОМ, ВК15 згідно з ГОСТ 3882. Диск виготовляють зі сталі марок 50ХФА за ГОСТ 14959 або 9ХФ за ГОСТ 5950. За умови ретельного шліфування бокових граней пластин після припаювання такі пилки забезпечують високу якість оброблюваної поверхні.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Збільшена ширина ріжучої кромки твердосплавних пил, порівняно зі звичайними, компенсується відсутністю потреби у додатковому струганні поверхонь деталей, що дозволяє знизити втрати деревини. У процесі експлуатації такі пилки періодично піддаються заточуванню, а в разі потреби, ремонту з припаюванням нових пластин.

					<i>КРБ 0024.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>50</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### 3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Технічні вимоги до якості різання

Якість обробки виробу безпосередньо пов'язана з процесом утворення стружки, кінематикою різання, силами, що діють у зоні різання, та рухом зубців круглих пил у пропилі. Ці фактори визначають стан поверхні пиломатеріалів, що є одним з найважливіших показників роботи торцювальних верстатів. Якість поверхні оцінюється за геометричними та фізичними характеристиками. Геометрично її визначають формою та розмірами нерівностей на поверхні, а фізично – властивостями поверхневого шару деревини.

Головним геометричним показником є висота нерівностей: чим вона більша, тим грубішою вважається поверхня, і навпаки. Усі нерівності поділяються на макронерівності (рис. 3.1, а), хвилястість (рис. 3.1, б), шорсткість (рис. 3.1, в), хвилястість та шорсткість (рис. 3.1, г) хвилястість та шорсткість (рис. 3.1, д) їх поєднання або одночасну наявність усіх типів. Макронерівності являють собою значні відхилення поверхні від правильної геометричної форми на великих ділянках і зумовлені недоліками у налаштуванні або конструкції верстата. Ці нерівності визначають точність роботи верстата і зумовлені дефектами системи базування та налаштування обладнання, тому вони відносяться не до чистоти обробки поверхні, а до точності форми деталі (пиломатеріалу). Хвилястість – це повторювані періодичні нерівності поверхні меншого розміру, які не досягають масштабів макронерівностей, але більші, ніж мікронерівності. Шорсткість – це найдрібніші нерівності поверхні, які безпосередньо визначають ступінь її гладкості. Вона характеризується середнім арифметичним значенням висот мікронерівностей.

Таке розуміння нерівностей дозволяє більш об'єктивно оцінити результат пиляння та впливати на підвищення якості обробки шляхом вибору відповідних режимів різання, конструкцій інструменту і технічного стану обладнання.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

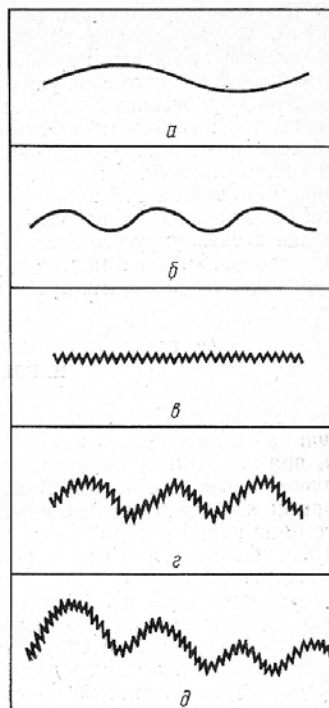


Рисунок 3.1 Нерівності на оброблювальній поверхні

Причини виникнення шорсткості на обробленій поверхні деревини доволі різноманітні. Частина з них пов'язана з властивостями самої деревини, інші з геометрією та точністю руху ріжучого інструменту, ще інші з кінематикою і режимами різання. Якість поверхні, отриманої після обробки круглими пилами, часто визначається наявністю дрібної хвилястості, шорсткості, виривів, ворсистості.

Під час розпилювання зуби пилки взаємодіють із деревиною по головній ріжучій кромці та прилеглих до неї передній і задній гранях, а також по бокових кромках і гранях. Оскільки міцність деревини на стиск, розтяг і згин неоднакова для її біологічних елементів, разом зі зніманням нормованої стружки відбувається нерівномірне виривання матеріалу як у площині розпилу, так і по дну пропилу. Це спричиняє появу нерівностей різної глибини та кроку.

Із ростом ступеня затуплення ріжучих елементів обсяг вирваної деревини збільшується, а якість обробленої поверхні погіршується. Для таких поверхонь характерні кінематичні нерівності – сліди, що залишаються внаслідок руху

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вершини зуба при знімання стружки. Їхні розміри залежать від форми зубів, величини подачі на зуб і точності виготовлення зубів. Деформація цих слідів відбувається внаслідок затуплення зубів, пружного відновлення поверхні, неточностей у русі зубів та структурних особливостей деревини.

Теоретичний профіль поверхні, обробленої круглими пилами, головним чином визначається формою зубчастого вінця пилки в радіальній площині та величиною подачі на один зуб. У розрахункових умовах теоретична висота кінематичних нерівностей не перевищує 0,3 мм. Однак фактичні значення висоти цих нерівностей на практиці значно перевищують розрахункові показники.

Це пояснюється тим, що в умовах реального розпилювання деревини на якість поверхні істотно впливає низка додаткових чинників, пов'язаних із точністю руху пили та якістю її підготовки до роботи. Зокрема, теоретичний профіль може бути спотворений внаслідок взаємодії зубців із стінками пропилу в холостій зоні, похибок уширення зубів, пружного відновлення волокон деревини після контакту зі зрізом, відгинання зубців у процесі утворення стружки, затуплення ріжучих кромek і кутів зубців.

Також якість поверхні погіршується через тертя стружки об стінки пропилу, радіальне та осьове биття пилки, неоднакову висоту і крок зубців, вібрації інструменту, зміщення матеріалу під час різання та інші фактори. У сукупності ці причини призводять до істотного відхилення фактичного профілю від ідеального та погіршення якості обробленої поверхні.

### 3.2 Технічні вимоги до круглої пилки

Основні технічні вимоги до круглої пилки передбачають забезпечення високої точності геометричних параметрів, які мають прямий вплив на якість обробки деревини та стабільність роботи інструмента. Допустимі відхилення кутів зубців становлять: переднього кута не більше  $\pm 1^{\circ}30'$ , головного заднього кута, а також кутів нахилу передньої і головної задньої поверхонь щодо

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

торцевої поверхні корпусу не більше  $\pm 2^\circ$ , допоміжних кутів у плані та задніх кутів допоміжних поверхонь не більше  $\pm 30'$ . Для пил діаметром понад 160 мм допустиме відхилення по зовнішньому діаметру становить  $\pm 2$  мм. Посадковий отвір повинен відповідати допуску H8, а товщина диска – допуску h12. Різниця між двома будь-якими кроками зубців при значеннях кроку від 10 до 18 мм не повинна перевищувати 0,6 мм, при кроку понад 18 до 30 мм – 0,7 мм, при кроку понад 30 мм – 0,8 мм. Відхилення від площинності корпусу пилки, встановленої у вертикальній площині, для пил діаметром понад 400 мм не повинне перевищувати 0,15 мм. Відхилення виступів твердосплавних пластинок відносно торця корпусу пилки при товщині пластин понад 0,5 мм допускається в межах +0,15 мм та -0,1 мм. Зменшення цього допуску позитивно впливає на якість обробки поверхні.

Торцеве биття на вершинах зубців круглих пил не повинно перевищувати 0,25 мм для пил діаметром понад 400 мм. Радіальне биття на вершинах зубців не повинно перевищувати 0,15 мм. Пили проходять статичне урівноваження на заводі-виробнику, а також перед експлуатацією після загострювання або ремонту. Допустимий дисбаланс (статична неурівноваженість) не повинен перевищувати 550 г·мм для пил діаметром до 450 мм, при цьому для пил вищої категорії якості цей показник зменшується до 450 г·мм.

Ознакою затуплення пил є порушення вимог до якості різання. Наприклад, при форматній обрізці облицьованих плит припустима глибина відколів облицювального шару не повинна перевищувати 0,3 мм, а при розкрою облицьованих і необлицьованих плиткових матеріалів не більше 5 мм.

Різниця товщини в межах однієї і тієї ж пили в різних місцях не повинна перевищувати 0,07 мм для пил діаметром понад 400 мм; для пил вищої категорії – не більше 0,06 мм. Торцеве биття на вершинах зубців не повинно перевищувати 0,25 мм, а радіальне биття – 0,15 мм для пил такого ж діаметра. Перед введенням в експлуатацію, а також після ремонту або загострювання, пили мають проходити статичне урівноваження. Допустиме значення дисбалансу становить до 550 г·мм, для пил вищої категорії – 450 г·мм.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3 Підготовка до роботи ріжучого інструменту

Круглі пили з твёрдосплавними пластинками у процесі експлуатації періодично заточують, а при необхідності ремонтують з припаюванням нових пластинок. Технологічна послідовність операцій припаювання пластинок із твёрдого сплаву до зубів круглих пил включає: підготовку пильного диска, підготовку пластинок із твёрдого сплаву, встановлення, базування та закріплення пластинок у диску, припаювання пластинок, очищення місць пайки, контроль якості пайки, бокове шліфування зубів, сточування перемичок зуба, які здійснюють попереднє закріплення пластинок (якщо вони були зроблені), заточку і доводку зубів пил, остаточний контроль.

Пильний диск очищують від бруду, прилиплих смолистих речовин, виправляють деформовані ділянки та надають йому пласку форму, потім проковують середню зону на потрібний режим роботи. Формування у зубів гнізд для пластинок із твёрдого сплаву відповідальна операція. Спосіб виготовлення гнізд (фрезерування чи штампування) не має суттєвого впливу на міцність пайки пластинок.

При виготовленні пил або заміні пластинок із твёрдого сплаву на нові їх вставляють у гнізда зубів і кріплять, домагаючись щільного прилягання до стінок гнізда. Мікронерівності на базових поверхнях гнізда не перевищують 8-10 мкм. Гнізда для пластинок із твёрдого сплаву можуть бути відкритими або закритими. Для оцінки ефективності застосування відкритих і закритих гнізд проведено дослід на відрив пластинок від пильного диска.

Натяг. Натяг – це створення початкових напружень розтягування в периферійній зоні диска з метою підвищення його динамічної стійкості під час пиляння. Особливу увагу виконанню цієї операції слід приділяти, коли пили експлуатуються без прорізів.

Натягування диска при підготовці пов'язане зі створенням у ньому залишкових напружень. Традиційними способами створення напружень на лісопильно-деревообробних підприємствах є проковування та вальцювання.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проковування це обробка середньої зони диска з обох боків інструментом бойкового типу (проковочними молотками на пилоправній ковадлі), вальцювання – прокатка між двома вальцювальними роликами (на спеціальних верстатах). Обидва методи можуть застосовуватися як окремо, так і у комбінації. Метод вальцювання особливо ефективний для початкового (грубого) натягу диска пили (зокрема для усунення підвищеної двосторонньої криловатості, тарілчастості, наприклад, після перевідрізання пил та насічки зубів).

Зуби всіх пил у процесі роботи з часом затуплюються. При поперечному пилянні затуплення відбувається переважно у вершинках зубів — головним чином по боковій ріжучій кромці.

Технологічна операція загострювання призначена для відновлення ріжучої здатності (гостроти) затуплених зубів, а також для забезпечення їх нормативних кутових і лінійних параметрів.

При поперечному розпилюванні неокорених колод пили не повинні працювати безперервно більше ніж 3...4 години, а при торцюванні брусів і дошок не більше ніж 5...7 годин. Після 4 годин торцювання брусів питома робота різання зростає більш ніж на 30 %, а зусилля подачі майже на 100 %. При цьому на поверхні розпилу з'являються вириви, риски різної глибини, а на виході пилки з пропилу рвані краї. Затуплені пили сильніше нагріваються, частіше втрачають стійкість, ведуться вбік, а їх пильні диски значно деформуються.

На загострювання сильно затуплених зубів витрачається у 3...5 разів більше часу і зусиль, ніж на обробку помірно затуплених. Крім того, пили з надмірно затупленими зубами вимагають правки і проковування пильних дисків.

Вимоги до правильно загострених зубців. Профіль зубів у процесі загострювання не повинен змінюватися, а після загострювання форма, кутові величини, висота та крок усіх зубів мають бути однаковими. Усі зуби мають бути гостро загостреними, а їх вершинки розташованими на одній відстані. Усі

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ріжучі кромки зубів після загострювання мають знаходитись на однаковій відстані від середньої площини симетрії пильного диска, що проходить перпендикулярно до осі його обертання. Дно міжзубних впадин повинно мати плавне заокруглення, оскільки гострі й деформовані заокруглення сприяють поломці зубів і появі тріщин на пилі. На кінчиках і ріжучих гранях не повинно бути загинів, надломів, задирок і синців (посиніння металу).

Відомо декілька способів загострювання зубів пил. Для пил, призначених для поперечного та комбінованого розпилювання, застосовується косе загострювання зубів одночасно по передній та задній гранях.

Косе загострювання зубів пил використовується для пил з розведеними зубами, стругальних пил і пил, оснащених твердосплавними пластинками. У випадку плющення зубів застосовується лише пряме загострювання. Зуби пил для поперечного та комбінованого розпилювання розводяться і мають косе загострювання передньої та задньої граней. Якщо в таких пилах є сколюючий зуб, він не розводиться і повинен мати пряме загострювання передньої поверхні.

Пили з твердосплавними пластинками після загострювання та доведення можуть мати такі допуски: відхилення контурних кутів не більше  $\pm 1^\circ$ ; радіус заокруглення ріжучої кромки не більше 15 мкм; глибина вищерблень на ріжучій кромці не більше 20 мкм; радіальне биття не більше 0,15 мм; дисбаланс не більше 200...450 г·мм (залежно від діаметра); шорсткість оброблених поверхонь не нижче 9-го класу за ГОСТ 2789–73.

Наявність тріщин на зубах пил не допускається. Зуби пил зі складним загострюванням по передній і задній поверхнях не повинні мати відхилення кутів загострювання більше  $\pm 0,5^\circ$ . Під час загострювання слід суворо контролювати збереження профілю зубів і досягнення необхідних кутів різання.

У процесі загострювання контролюють якість оброблених поверхонь, положення пилки відносно шліфувального круга та правильність його руху.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вісь обертання шліфувального круга має розташовуватись точно посередині товщини (в площині симетрії) пили, яку заточують.

При прямому заточуванні кут між площиною обертання шліфувального круга і передньою поверхнею зубів пилки дорівнює  $0^\circ$ . При косому заточуванні усі зуби повинні мати однаковий кут косоного загострювання. Якщо ці вимоги не дотримано, то навіть гостро заточена пила буде зарізати уліво або управо.

					<i>КРБ 0024.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<b>58</b>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВИСНОВКИ

У межах кваліфікаційної роботи здійснено аналіз конструктивних рішень торцювальних верстатів та обґрунтовано доцільність проєктування малогабаритного однопильного верстата з проєктуванням дискової пилки для поперечного розпилювання дерев'яних заготовок. Запропонована конструкція орієнтована на виготовлення планок малих розмірів (100×10×10 мм), що використовуються у виробництві дерев'яних прищіпок, і враховує особливості розмірного ряду, режимів різання та вимоги до точності обробки.

У процесі проєктування було виконано компоувальне рішення верстата з урахуванням його ергономічних, технологічних і експлуатаційних характеристик. Розроблено конструкцію приводу пильного вузла, включаючи вибір двигуна і розрахунок клинопасової передачі та проєктування пильного вала, що відповідає умовам забезпечення необхідної жорсткості, надійності та безпечної роботи.

Проведено інженерні розрахунки силового навантаження під час поперечного різання, а також визначено параметри процесу обробки, зокрема, потужність різання та оптимальну швидкість подачі. Отримані результати підтверджують технологічну ефективність запропонованої конструкції при розкрої дошок на вузькі планки. Встановлено, що за збільшення висоти пропилю швидкість подачі закономірно зменшується, що враховано при виборі робочих режимів.

У результаті техніко-технологічного обґрунтування обрано ріжучий інструмент – дискову пилу з твердосплавними пластинами. Розглянуто дискову пилку, як одного з ключових вузлів, що безпосередньо впливає на інтенсивність і якість процесів різання деревини. Здійснено підбір геометричних і механічних параметрів пили. Особливу увагу приділено забезпеченню балансу між швидкістю подачі, стабільністю ходу пили та якістю обробленої поверхні. Такий інструмент забезпечує високу стійкість до зношування, стабільність ріжучих кромок та мінімальні витрати часу на технічне обслуговування.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Твердосплавні елементи характеризуються високою твердістю (88...92 HRC), низьким коефіцієнтом термічного розширення, не потребують гартування та відпуску, що позитивно впливає на збереження геометрії зуба в процесі експлуатації.

Також було розглянуто та систематизовано технологічні етапи обробки круглих пил перед введенням в експлуатацію, включаючи підготовку пильного диска, припаювання нових твердосплавних пластин, операції шліфування, заточування та контрольні процедури. Це дозволяє забезпечити необхідну точність заточки, відповідність геометричних параметрів та стійкість пил у процесі роботи.

Результати дослідження можуть бути використані у деревообробних виробництвах, що спеціалізуються на виготовленні дрібних дерев'яних виробів, з метою покращення ефективності розкрою та забезпечення стабільної якості готової продукції.

Враховуючи сучасні вимоги до енергоефективності та продуктивності деревообробного обладнання, торцювальний верстат із запропонованою дисковою пилою спроектований таким чином, щоб забезпечити інтенсифікацію процесів різання деревини, підвищену стійкість ріжучої кромки, зменшення втрат енергії на подолання тертя та мінімізацію утворення відходів. Це сприяє інтенсифікації процесу розпилювання за збереження високої точності й чистоти різу. Такий підхід дозволяє досягти не лише стабільної продуктивності, але й зниження рівня шуму та вібрацій при роботі торцювального верстата, що позитивно позначається на загальному ресурсі обладнання.

Загалом, реалізоване у роботі проектування дискової пилки спрямоване на інтенсифікацію процесів розкрою деревини, підвищення надійності та точності обробки, а також забезпечення тривалої експлуатації верстата без втрати якості різання.

					<i>КРБ 0024.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>60</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Деревообробні верстати загального призначення: підручник / В. В. Шостак, Я. І. Савчук, А.С. Григор'єв та ін. Київ: Знання, 2007. 279 с.
2. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів. Підручник для вищих навчальних закладів. – Львів: КН, 2006. – 412 с.
3. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: підручник. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
4. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
5. Деревообробні верстати загального призначення: підручник / В. В. Шостак, Я. І. Савчук, А.С. Григор'єв та ін. Київ: Знання, 2007. 279 с.
6. Деревообробні верстати загального призначення / за ред. В.В. Шостака : підручник. – К., 2007. – 279 с.
7. Анельчик, Д.Є. Система різання: фізичні основи і оптимізація /Д.Є. Анельчик, С.В. Швець, І.В. Луців, І.Д. Дубецький. Під ред. І.В. Луціва. – Одеса-Тернопіль: вид-во ТДТУ, 2000. – 145с.
8. Розвиток наукових основ розпилювання деревини на стрічкопилкових верстатах [Текст] : автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.05.04 / Ребезнюк Ігор Тарасович ; Національний лісотехнічний ун-т України. - Л., 2008. - 35 с.
9. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р.М. Деталі машин. – К.: Кондор, 2004. – 584 с.
10. Деталі машин [Текст]: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навчання / М.П. Ярошевич, М.М. Толстушко, В.Л. Мартинюк. – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – 272 с.
11. В.М. Павлов, А.С. Крижановський, Г.М. Борозенець та ін. Деталі машин. Конспект лекцій. – К.: НАУ, 2008. – 164 с.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Іванчук, А. В. Деталі машин: навч. посібник [для студ. вищ. пед. навч. закл.] / Анатолій Васильович Іванчук. – Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2010. – 336 с.
13. Коновалюк Д. М. Деталі машин: Підручник/Д.М. Коновалюк, Р.М.Ковальчук. – Київ: Кондор, 2004. – 584 с. – (2-е видання).
14. Деталі машин. Практикум: Навчальний посібник / Д.Ю. Коновалюк, Р.М. Ковальчук, В.О. Байбула, М.М. Толстушко. – К.: Кондор, 2009. – 278 с.
15. Малащенко В.О., Павлице В.Т. Деталі машин. Збірник завдань та прикладів розрахунків. – Львів: НУЛП, 1999. – 116 с.
16. Деталі машин. Електронний навчальний посібник для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної скорочених форм навчання. Луцьк : Луцький НТУ, 2018.

					КРБ 0024.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**ДОДАТКИ**

					<i>КРБ 0024.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		63