

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ лісового і садово-паркового господарства**

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри технологій та дизайну
виробів з деревини

к.т.н., доц. _____ Андрій СПИРОЧКІН

« ____ » _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Особливості виготовлення пилопродукції на ТОВ «МАННАМ»»

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Гарант освітньої програми

_____ к.т.н. _____
(підпис)

_____ **Олександра ГОРБАЧОВА** _____

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н. _____
(підпис)

_____ **Сергій МАЗУРЧУК** _____

Виконав

_____ (підпис)

_____ **Олександр КОЗЕЛЕЦЬКИЙ** _____

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
ННІ лісового і садово-паркового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
технологій та дизайну виробів з деревини
к.т.н., доц. _____ Андрій СПРОЧКІН
(підпис)

« _____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

_____ Козелецькому Олександр Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи **«Особливості виготовлення пилопродукції на ТОВ «МАННАМ»»** затверджена наказом ректора НУБіП України від «20» листопада 2024 р. № 2068 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 02 червня 2025 року
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до випускної бакалаврської кваліфікаційної роботи – нормативно-технічні документи, звіти та основні конструкторські документи роботи підприємства.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Аналіз ринку пилопродукції та прогнози щодо його розвитку.
2. Опис діяльності підприємства та його характеристика.
3. Оцінка технології виготовлення обрізних і необрізних пиломатеріалів та розрахунок оптимальних параметрів розпилювання. Продуктивність обладнання.
4. Визначити вузькі місця на підприємстві. Описати основні рекомендації щодо підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення продукції на підприємстві.

Дата видачі завдання « _____ » _____ 20__ р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ Сергій МАЗУРЧУК
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ Олександр КОЗЕЛЕЦЬКИЙ
(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД РИНКУ ПИЛОПРОДУКЦІЇ.....	8
1.1. Загальні тенденції розвитку ринку пилопродукції.....	8
1.2. Огляд технології виготовлення пиломатеріалів.....	10
РОЗДІЛ II ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТОВ «МАННАМ».....	13
2.1. Загальна характеристика підприємства.....	13
2.2. Виробниче спрямування підприємства.....	14
2.3. Методика проведення розрахункових показників діяльності підприємства.....	16
РОЗДІЛ III ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ПИЛОПРОДУКЦІЇ НА ТОВ «МАННАМ».....	20
3.1. Особливості та етапи виробничого процесу на ТОВ «МАННАМ»..	20
3.2. Розрахунок норми витрат матеріалів.....	25
3.3. Складання та розрахунок балансу матеріалів.....	47
3.4. Розрахунок продуктивності технологічного устаткування.....	49
РОЗДІЛ IV ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ КОРИСНОГО ВИХОДУ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ.....	54
4.1. Методика виміру розмірів та об'єму пиломатеріалів.....	54
4.2. Результати експериментальних досліджень з визначення корисного виходу пиломатеріалів.....	56
4.3. Техніка безпеки на виробничій ділянці.....	63
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	68

ВСТУП

Деревина є одним з найдавніших матеріалів, який людство використовує у своїй господарській діяльності. З часів виникнення перших осель і до сьогодні дерева залишається затребуваним і універсальним матеріалом, що широко застосовується у будівництві, меблевому виробництві, виготовленні тари, елементів інтер'єру, конструкцій тощо. Вона цінується за природну красу, механічну міцність, невелику масу, легкість в обробці, а також за здатність до створення затишного середовища в інтер'єрах.

Попри це, деревина має і низку недоліків, зокрема схильність до гниття, вогнебезпечність, гігроскопічність та нерівномірність структури. Проте сучасні технології дозволяють значною мірою нівелювати ці недоліки: застосовуються антисептичні просочення, антипірени, технології камерного сушіння та виготовлення клеєних виробів. Все це підвищує стабільність і якість продукції.

В умовах підвищення попиту на пиломатеріали та активного розвитку внутрішнього і зовнішнього ринку деревної продукції особливої актуальності набуває удосконалення процесів розпилювання деревини. Україна має значні лісові ресурси, і ефективна переробка круглих лісоматеріалів у якісну пилопродукцію є важливою складовою економіки. ТОВ «МАННАМ», як приклад сучасного деревообробного підприємства, демонструє гнучкість і технологічну готовність до роботи як із масовими замовленнями, так і зі специфічними запитами клієнтів.

Метою даної бакалаврської кваліфікаційної роботи є дослідження технологічних процесів виготовлення пилопродукції на підприємстві ТОВ «МАННАМ».

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення пилопродукції.

Предмет дослідження – показники корисного виходу пиломатеріалів залежно від типу обробки.

Для досягнення мети бакалаврської роботи використано такі методи: аналітичний – для вивчення сучасного стану ринку пилопродукції та

нормативної бази; розрахунковий – для визначення технічних показників виробництва; експериментальний – для оцінки фактичного виходу пиломатеріалів; порівняльний – для зіставлення отриманих результатів з нормативними значеннями.

Основні завдання дослідження:

- охарактеризувати виробничу базу ТОВ «МАННАМ» та умови його функціонування;
- провести аналітичний огляд ринку пилопродукції в Україні;
- дослідити технологічні особливості виготовлення пилопродукції на підприємстві;
- розрахувати продуктивність обладнання, матеріальні баланси та вихід продукції;
- виконати експериментальні дослідження корисного виходу пиломатеріалів;
- порівняти експериментальні та теоретичні результати;
- сформулювати висновки та рекомендації щодо підвищення ефективності виробництва.

Дослідження, проведені в рамках бакалаврської кваліфікаційної роботи, мають важливе практичне значення для підвищення ефективності виробничих процесів ТОВ «МАННАМ». Оцінка виробничої бази підприємства, аналіз ринку пилопродукції в Україні, дослідження технологічних особливостей виробництва, а також розрахунки продуктивності обладнання і виходу продукції дозволяють оптимізувати виробничі процеси, знизити витрати та покращити якість пиломатеріалів. Експериментальні дослідження корисного виходу продукції, порівняння результатів з теоретичними даними, а також розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності сприяють модернізації технологій і зменшенню відходів виробництва, що в свою чергу дозволяє збільшити конкурентоспроможність підприємства на ринку.

У першому розділі було проведено аналітичний огляд ринку пилопродукції в Україні. Після введення мораторію на експорт круглих лісоматеріалів у 2015

році, ринок змістився на глибоку переробку деревини. Воєнні дії у 2022–2024 роках мали негативний вплив на логістику та виробничі потужності, але попит на пиломатеріали залишався стабільним, зокрема в будівництві та меблевому виробництві. Внутрішнє споживання становить 60–70 %, а експорт 30–40 %. Найбільший попит спостерігається на обрізну дошку та брус. Встановлено, що основними проблемами ринку є нестача кваліфікованих кадрів, зношеність обладнання, сезонність заготівель і енергоємність процесу сушіння. Однак відзначено позитивні тенденції, такі як розвиток деревообробних кластерів, сертифікація та зростання експортного потенціалу.

У другому розділі було охарактеризовано ТОВ «МАННАМ», підприємство, яке спеціалізується на лісопильному виробництві у місті Павлоград. Описано основні напрямки діяльності, зокрема переробку круглих лісоматеріалів у пилопродукцію, а також основну продукцію, таку як обрізні та необрізні дошки, брус. Було надано історію довідку компанії, що пройшла через етапи адаптації до змін на ринку та технічного переоснащення, що дозволило підвищити ефективність виробництва. Крім того, було зазначено основне технологічне обладнання підприємства та перспективи розвитку, включаючи плани на розширення складування та впровадження автоматичних систем для підвищення ефективності та зниження витрат.

У третьому розділі описано технологічний процес виготовлення пилопродукції на ТОВ «МАННАМ». Так, зазначено, що підприємство здійснює виробництво за двома паралельними технологічними потоками, що дозволяє обробляти сировину різних порід і діаметрів для масових і індивідуальних замовлень. Проведено технологічні розрахунки розкрою лісосировини на пилопродукцію, складено баланс сировини та визначено продуктивність основного технологічного обладнання.

У четвертому розділі було проведено експериментальні дослідження для визначення корисного виходу пиломатеріалів. Згідно з результатами експериментів, було виявлено, що корисний вихід пиломатеріалів при розкрої колод врозвал та при розпилюванні з брусунням перевищує теоретичні

розрахунки: на 0,34 % та 0,75 % відповідно. Дослідження включало попереднє вимірювання лісоматеріалів, визначення їх об'єму та подальше вимірювання отриманих пиломатеріалів за стандартами. Також розглянуто важливість техніки безпеки на виробничих дільницях, де детально описано основні вимоги щодо безпеки працівників, використання засобів індивідуального захисту та організацію аварійних ситуацій.

Бакалаврська кваліфікаційна робота викладена на 67 сторінках, містить 27 рисунків, 21 таблицю та 38 використаних джерел інформації.

РОЗДІЛ І

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД РИНКУ ПИЛОПРОДУКЦІЇ

1.1. Загальні тенденції розвитку ринку пилопродукції

Ринок пилопродукції в Україні є великою частиною лісопромислового комплексу, що відіграє відчутну роль у формуванні національної економіки. Він охоплює широкий перелік продукції: обрізну та необрізну дошку, брус, заготовки для піддонів, ламелі тощо. Пиломатеріали широко використовуються у меблевій промисловості, будівництві, транспортному пакуванні та інших сферах виробництва.

Після 2015 року, коли в Україні було введено мораторій на експорт круглих лісоматеріалів, через що ринок поступово змінив пріоритет на глибоку переробку деревини. Це спричинило розвитку лісопильного та столярного виробництв [1, 2].

У 2022–2024 роках галузь зазнала низки проблем спричинених внаслідок воєнних дій, порушення логістичних маршрутів та втрати частини виробництв у південному та східному регіонах. Проте попит на пиломатеріали в країні є стабільно високим, особливо у центральних і західних областях, де активно розвивалися деревообробні кластери. За оцінками експертів, основним рушієм зростання внутрішнього ринку є попит з боку будівельного сектору та меблевої промисловості [2].

Значне зростання також демонструє частина експортно орієнтованої продукції. Основні імпортери українських пиломатеріалів – Польща, Румунія, Німеччина та країни Балтії. За даними митної статистики, у 2023 році частка обрізної дошки в загальному обсязі деревного експорту сягнула понад 40 %.

Крім цього, підвищується роль сертифікації лісових ресурсів, зокрема за системами FSC та PEFC, що забезпечує додаткову додану вартість продукції та забезпечує більший попит на європейському ринку. Все більше українських підприємств намагаються відповідати вимогам європейських замовників щодо вологості, геометричної точності, сортування та пакування продукції [2].

Окрім цього, попит на пиломатеріали в Україні можна умовно поділити на декілька основних напрямів:

- будівництво (нове та ремонтне) – потребує великої кількості обрізної дошки та бруса;
- меблеве виробництво – орієнтується на сухі та якісні матеріали;
- виробництво піддонів і тари – споживає обрізну дошку нижчого сорту.

При цьому варто зазначити, що внутрішнє споживання забезпечує приблизно 60–70 % обсягів пиломатеріалів, тоді як 30–40 % спрямовується на експорт [4]. Серед найпопулярніших перетинів високим попитом користуються дошки товщиною 25–32 мм, 50 мм для каркасних конструкцій та брус перерізом 100×100 або 150×150 мм. Для експорту найчастіше запитується сортована, висушена деревина з відповідністю до стандартів EN або DIN.

З боку пропозиції на ринку присутні як масштабні деревообробні комбінати, так і маленькі підприємства з гнучкою спеціалізацією. Дрібні лісопильні виробництва здебільшого орієнтовані на виробництво низькосортної продукції та працюють за рахунок замовлень місцевих покупців. Значну частку ринку займають підприємства західних регіонів України (Львівська, Волинська, Івано-Франківська області), де традиційно зосереджено більша кількість виробництв обрізної дошки з хвойних порід та листяних порід, оскільки цьому сприяє кількість сировини [5].

Виробничий потенціал та проблеми ринку. Не дивлячись на потенціал галузі, ринок пиломатеріалів стикається з переліком проблем:

- нестача кваліфікованих кадрів;
- зношеність верстатів на малих та середніх підприємствах;
- сезонність лісозаготівель;
- енергоємність сушильного обладнання.

Окремо варто виділити проблему непрозорого обліку обсягів заготовленої та реалізованої деревини. Це створює ризики для добросовісних виробників, які змушені конкурувати з тіньовим сегментом. Додатковим викликом є доступ до фінансування модернізації, що залишається обмеженим через нестабільну

макроекономічну ситуацію та відсутність ефективних державних програм підтримки [5].

Проте, варто відзначити і позитивні показники: активне формування деревообробних кластерів, впровадження сучасних систем обліку деревини, наприклад, Єдиного електронного обліку, розвиток експортно орієнтованих підприємств.

1.2. Огляд технології виготовлення пиломатеріалів

Загальні положення. Виробництво пиломатеріалів – це один з базових напрямів деревообробного виробництва, що забезпечує значну частину загального обсягу продукції з деревини. Пиломатеріали широко застосовуються в будівництві, виготовленні меблів, тари, оздобленні приміщень та інших галузях. Сучасна технологія виготовлення пиломатеріалів включає в себе комплекс технологічних операцій, які забезпечують розкрій круглої деревини, її обробку до відповідних розмірів, сортування та сушіння [6].

Підготовка сировини. Основною сировиною для виготовлення пиломатеріалів є круглі лісоматеріали – хвойних або листяних порід дерев. Найбільш поширеною породою є сосна звичайна, яка поєднує легкість в обробці, високу міцність та стабільність [6]. Підготовка сировини передбачає очищення від кори, сортування за діаметром та довжиною, видалення дефектів, а також оптимізацію розміщення колод для ефективної подачі колод.

Розпилювання лісоматеріалів круглих. Розпилювання деревини – основна стадія технологічного процесу, яка виконується на лісопильних верстатах. У сучасних умовах часто застосовуються:

- стрічкопильні верстати (для великого діаметра колод);
- пильні рами (для збільшення продуктивності);
- багатопильні лінії (для високопродуктивного масового розкрою);
- дискові обрізні верстати (для обробки необрізних дошок).

Вибір схеми розкрою (радіальна, тангенціальна, змішана) впливає на корисний вихід продукції, її якість та напрям подальшого використання.

Розкроювання проводиться з метою досягти максимально можливого виходу пиломатеріалів з кожної колоди [7, 8].

Обрізка та сортування. Після первинного розпилювання заготовки надходять на обрізні верстати, де формуються обрізні пиломатеріали. Параметри обрізки залежать від вимог нормативних документів (ТУУ, ДСТУ) [10-25] та специфікації замовника. Після цього продукція сортується за такими критеріями:

- геометричні розміри;
- вид і кількість вад деревини (сучки, тріщини, гнилизна тощо);
- клас якості.

В Україні діють державні стандарти, ТУУ що регламентують класифікацію пиломатеріалів за сортами [10-25].

Сушіння пиломатеріалів. Сушіння пиломатеріалів потрібне для надання стабільності форми та зниження вологи до рівня, який дозволяє уникнути деформацій при експлуатації. Існують два основні методи сушіння:

- атмосферне (природне) сушіння – тривалий процес, що залежить від кліматичних умов;
- камерне сушіння – швидкий контрольований процес із застосуванням сушильних камер, але вимагає складного обладнання, кваліфікований персонал та великої витрати енергії.

Вологість деревини після камерного сушіння становить 8–12 %, що є оптимальним рівнем вологості для більшості сфер використання пиломатеріалів.

Використання та облік відходів. Під час виготовлення пилопродукції утворюється велика кількість відходів – кора, тирса, тріски, обапол, обрізки. Частка відходів може сягати 40–50 % від початкового об'єму деревини. Ці відходи використовуються для виробництва:

- деревностружкових плит (ДСП);
- паливних брикетів та пелет;
- фіброліту, деревобетону;
- технологічної тріски для целюлозно-паперової промисловості.

Застосування відходів дозволяє зменшити навантаження на довкілля та підвищити економічну ефективність виробництва.

Підсумовуючи можна зазначити, що технологія виготовлення пилопродукції охоплює низку етапів, кожен з яких має критичне значення для якості кінцевого продукту. Від ефективної підготовки сировини до раціонального використання відходів – усі компоненти процесу сприяють формуванню конкурентоспроможної продукції на ринку. Використання сучасного обладнання, дотримання стандартів та впровадження екологічних підходів є запорукою успішної діяльності деревообробного підприємства в умовах ринкової економіки.

РОЗДІЛ II

ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТОВ «МАННАМ»

2.1. Загальна характеристика підприємства

Товариство з обмеженою відповідальністю «МАННАМ» [26] – деревообробне підприємство, що здійснює свою діяльність у місті Павлоград, Дніпропетровської області. Цех регіон хоч і не має великих запасів деревини, але його розташування має важливе значення, адже на перетині територій з високим та низьким показником лісистості, можлива вигідна логістика постачання сировини та є доступ до регіонів з низькою конкуренцією, що сприяє збуту готової продукції.

Основний напрямок діяльності підприємства – лісопильне виробництво, зосереджене на переробці круглих лісоматеріалів в пилопродукцію. Щорічний обсяг обробки сировини становить близько 20 тисяч м³. Основну частку деревини (приблизно 90 %) становить сосна, що є однією з найбільш розповсюджених та рентабельних для переробки порід деревини в Україні. Інші 10 % – це листяні породи, зокрема дуб, береза, ясен. Листяні матеріали зазвичай обробляються за запитом, часто з сировини замовника.

Продукція підприємства представлена переважно у вигляді обрізної та необрізної дошки, бруса, а також матеріалів для подальшого використання у будівництві, меблевому та тарному виробництві. Зважаючи на багаторічний досвід роботи, компанія налагодила стабільні партнерські відносини з постачальниками сировини та покупцями готової продукції [26].

Історія розвитку підприємства. ТОВ «МАННАМ» має понад 20 років досвіду у сфері деревообробки, що є свідченням тривалого процесу становлення, адаптації до ринкових умов та постійного вдосконалення виробництва. Діяльність компанії розпочалася з функціонування малої приватної лісопилки, яка спеціалізувалася на переробці круглої деревини у пиломатеріали на базовому стрічкопильному обладнанні. У подальшому, внаслідок змін на ринку, економічних викликів та зміни попиту, підприємство зробило спробу змінити

свою діяльність. У період тимчасової паузи основного лісопильного виробництва, ТОВ «МАННАМ» переорієнтувалося на столярне виробництво. Виробничі потужності були задіяні для виготовлення дверей, меблів та елементів інтер'єру, в основному з масиву деревини. Наявне лісопильне обладнання у цей період використовувалося лише для внутрішніх потреб, тобто для заготівлі матеріалу під власне столярне виробництво, задля скорочення витрат на сировину [26].

Окрім основного напрямку, підприємство експериментувало з іншими починаннями – зокрема, мало спроби участі у дрібносерійному виробництві побутових товарів з деревини, декоративних панелей та інших супутніх виробів. Проте, через збитковість цих напрямів та значну конкуренцію у сфері столярних виробів, було ухвалене стратегічне рішення повернутися до спеціалізації на лісопилянні.

Враховуючи зміну ринкової ситуації, відновлення попиту на пиломатеріали та наявність налагоджених постачань сировини, компанія здійснила технічне переоснащення виробничих потужностей. Було оновлено парк обладнання, впровадженої лісопильної ділянки для ефективнішої та продуктивнішої обробки деревини, що дозволило суттєво покращити якість продукції та підвищити економічну ефективність діяльності підприємства [26].

Було змінено підхід до планування з індивідуального виробництва до планового з елементами індивідуального (при низькій завантаженості обладнання) виробництва.

Таким чином, на сьогодні етапи розвитку ТОВ «МАННАМ» свідчать про його гнучкість та здатність адаптуватися до змін, що є особливо важливим для деревообробного підприємства в умовах нестабільного економічного середовища.

2.2. Виробниче спрямування підприємства

ТОВ «МАННАМ» здійснює повний цикл первинної обробки деревини, який включає прийом лісоматеріалів круглих, розкрій, обрізання, сортування,

тимчасове зберігання, а також відвантаження готової продукції. Основна продукція підприємства – це пиломатеріали різних порід та сортів.

У зв'язку з орієнтацією на плановий випуск стандартних позицій, підприємство переважно виготовляє:

- обрізні дошки (18–50 мм завтовшки, до 6 м довжиною);
- будівельний брус (від 100×100 мм до 200×200 мм);
- необрізні пиломатеріали.

Продукція переважно призначена для внутрішнього споживача, але ведеться робота над впровадженням експорту продукції за кордон.

ТОВ «МАННАМ» має технічну базу, що дозволяє ефективно виконувати повний спектр операцій з первинної обробки деревини. Основне технологічне обладнання включає:

- стрічкопильний верстат ПЛП-80М – використовується для розкрою кругляка у необрізні пиломатеріали, дає можливість обробки колод великого діаметра та твердих порід деревини, але має низьку продуктивність.

Лісопильна лінія від компанії «Ківерцілісмаш», до складу якої входять:

- брусувальний верстат СБ-36-520 – дозволяє знімати бічні частини колоди та формувати двокантний брус із високою точністю;
- багатопилковий двухвальний верстат ВД2В-180 – встановлений після СБ-36-520, та розпилює отриманий двокантний брус на обрізні пиломатеріали;
- обрізний верстат ПО-6М – використовується для формування обрізної дошки з бічних дошок, що отримуються при розкрої колоди на брус;
- завантажувач колод, транспортерна система, конвеєри та відвідні столи – забезпечують безперервність та автоматизацію потоку матеріалу, що істотно підвищує продуктивність та знижує витрати на ручну працю.

Вищезазначене напівавтоматичне обладнання, дозволяє підприємству у разі збільшити об'єм виробництва. Окрім цього, завдяки використанню багатопилкових вузлів усувається недолік стрічкопилкових верстатів, коли інструмент має зробити велику кількість проходів для оброблення однієї колоди. У даному випадку колода проходить через верстати, а продуктивність

обмежується швидкістю подачі та наявністю матеріалу.

Організаційна структура підприємства побудована таким чином, щоб забезпечити оптимальний розподіл функцій між елементами виробництва. Виробничий процес організовано в паралельному лінійному режимі, що зменшує час обробки сировини та дозволяє швидко реагувати на зміну потреб замовників. У штаті підприємства працюють кваліфіковані оператори деревообробних верстатів, техніки, майстри та інженери, що мають досвід роботи у галузі.

2.3. Методика проведення розрахункових показників діяльності підприємства

Методика проведення розрахункових показників діяльності підприємства передбачає збір та аналіз вихідних даних щодо виробничих процесів, ресурсів і економічних витрат. На основі цих даних проводяться розрахунки основних показників ефективності, таких як виробнича потужність ділянки лісопиляння, складання та розрахунок поставів та використання ресурсів для оцінки загальної результативності підприємства.

Середня довжина колод обчислюється за формулою [27–30]:

$$L_{\text{ср}} = \frac{L_1n_1 + L_2n_2 + \dots + L_in_i}{n_1 + n_2 + \dots + n_i}, \quad (2.1)$$

де $L_{\text{ср}}$ – середня довжина колоди;

$L_{1,2,\dots,i}$ – задані довжини колод;

$n_{1,2,\dots,i}$ – кількість колод.

Середній об'єм колод обчислюється за формулою [27–30]:

$$q_{\text{ср}} = \frac{Q}{n} \quad (2.2)$$

де $q_{\text{ср}}$ – середній об'єм колоди;

Q – розрахунок сировини на 1000 м³;

n – кількість колод.

Змінну продуктивність потоку на базі стрічкопильного верстата обчислюється за формулою [27–30]:

$$П_{зм} = \frac{U * T_{зм} * q * k_m * k_p}{L}, \text{ м}^3/\text{зм}. \quad (2.3)$$

де U – швидкість подачі, м/хв;

q – об'єм колоди, м^3 ;

L – довжина колоди, м;

k_m – коефіцієнт використання потоку (0,4–0,5);

k_p – коефіцієнт використання робочого часу (0,9).

Річна продуктивність потоку на базі стрічкопильного верстата обчислюється за формулою [27–30]:

$$Q_p = П_{зм} * B * n * K_p, \quad (2.4)$$

де B – кількість робочих змін у 2025 році (261 змін);

n – кількість ефективного колодопильного обладнання;

K_p – річний коефіцієнт використання лісопильної рами, $K_p=0,9$.

Ширина просвіту лісопильної рами обчислюється за формулою [27–30]:

$$П = d + S * L + 2 * c, \quad (2.5)$$

де d – діаметр в вершині найбільш товстої колоди, см;

S – величина збігу на 1 м довжини колод;

L – довжина колоди, м;

c – запас відстані між стійками пильної рами та відземком колоди з кожного боку (5–10 см).

Змінну продуктивність лісопильної лінії «Ківерцілісмаш» визначаємо за умови розпилювання колод середнім діаметром 25 см, довжиною 4,0 м за формулою [27–30]:

$$П_{зм} = \frac{T_{зм} * q_{ср} * U * k_m * k_p}{l_{ср}}, \text{ м}^3/\text{зм}. \quad (2.6)$$

де q_{cp} – середній об'єм колоди, m^3 ;

U – швидкість подачі, $m/xв$;

K_m – коефіцієнт використання потоку;

K_p – коефіцієнт використання робочого часу;

l_{cp} – середня довжина колод, m .

Річна продуктивність лінії потоку обчислюється за формулою [27–30]:

$$Q_p = \Pi_{зм} * B * n * K_p, \quad (2.7)$$

де B – кількість робочих змін у році (261 змін);

n – кількість ефективного колодопильного обладнання (при розпилюванні колод із 100%-ою брусовкою приймається наполовину меншою від встановленої);

K_p – річний коефіцієнт використання лісопильної рами, $K_p=0,9$.

Середній відсоток об'ємного виходу пиломатеріалів обчислюється за формулою [27–30]:

$$P = \frac{V_{\Pi}}{V_c} * 100, \quad (2.8)$$

де V_c – об'єм річної програми всього виходу з колоди, m^3 ;

V_{Π} – об'ємний вихід пиломатеріалів з колоди, m^3 .

Баланс деревини обчислюється за формулою [27–30]:

$$Q_c = V_{\Pi} + V_{кв} + V_{т} + V_{в} + V_{р}, \quad (2.9)$$

де Q_c – об'єм пиловника, m^3 ;

V_{Π} – об'єм пиломатеріалів, m^3 ;

$V_{кв}$ – об'єм кускових відходів, m^3 ;

$V_{т}$ – об'єм тирси, m^3 ;

$V_{в}, V_{р}$ – втрати деревини на всихання і розпил, m^3 .

Об'єм кускових відходів і технологічної тріски обчислюємо за формулою [27–30]:

$$V_{\text{KB}} = Q_{\text{c}} - (V_{\text{п}} + V_{\text{т}} + V_{\text{в}} + V_{\text{р}}), \quad (2.10)$$

$$V_{\text{тт}} = V_{\text{KB}} * K, \quad (2.11)$$

де K – коефіцієнт виходу технологічної тріски з кускових відходів ($K=0,7\dots0,9$).

У перспективі ТОВ «МАННАМ» планує здійснити кілька важливих кроків, спрямованих на підвищення ефективності виробництва та забезпечення високої якості кінцевої продукції. Одним із головних напрямків є розширення площ складування готової продукції, що дозволить не лише збільшити обсяги запасів, а й забезпечити більш ефективне використання простору для зберігання продукції в умовах оптимального сушіння, зокрема за допомогою атмосферного сушіння. Це дасть змогу зберігати продукцію в кращих умовах та зменшити ризики псування. Окрім того, підприємство планує встановити автоматичну систему забору тирси, що значно знизить витрати на утилізацію відходів виробництва, покращить екологічні показники та дозволить зменшити витрати на трудові ресурси. Ці заходи не тільки сприятимуть підвищенню якості продукції, але й оптимізують виробничі процеси, роблячи їх більш автоматизованими, екологічними та економічно вигідними для підприємства.

РОЗДІЛ III

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ПИЛОПРОДУКЦІЇ НА ТОВ «МАННАМ»

3.1. Особливості та етапи виробничого процесу на ТОВ «МАННАМ»

ТОВ «МАННАМ» здійснює виробництво пиломатеріалів, ґрунтуючись на двох паралельних технологічних потоках, що дозволяє незалежно працювати з сировиною різних порід та діаметрів, задовольняючи як масові, так і індивідуальні замовлення клієнтів.

На початковому етапі деревина надходить на територію підприємства у вигляді круглих лісоматеріалів, переважно сосни звичайної. Розвантаження та первинне переміщення сировини до зони складування та сортування виконується за допомогою крана козлового типу – ККТ-5 (рис. 3.1), який забезпечує швидке транспортування важких колод великого діаметра та зменшує потребу в ручній праці. Цей же кран також використовується на інших ділянках виробництва для подачі сировини на верстати.



Рис. 3.1. Кран козловий ККТ-5 [26]

Після розвантаження колоди сортують за діаметром, довжиною та якістю. Особлива увага приділяється наявності дефектів, таких як кривизна, трухлявість або механічні пошкодження. У подальшому сировина розподіляється між двома виробничими потоками: для масової переробки та для індивідуальних нестандартних замовлень. Перед подачею на обробку колоди укладають у штабелі для зручного транспортування краном.

Розпилювання на стрічкопильному верстаті ПЛП-80М (рис. 3.2). Перший напрямок виробництва орієнтований на обробку колод великого діаметру та сировини листяних порід деревини, а також виготовлення продукції за індивідуальними специфікаціями. У цьому потоці застосовується стрічкопильний верстат ПЛП-80М. Його головна перевага – здатність виконувати розкрій деревини з високою точністю та мінімальною втратою матеріалу завдяки вузькому пропилу.



Рис. 3.2. Стрічкопильний верстат ПЛП-80М [31]

Верстат дозволяє гнучко змінювати конфігурацію розпилювання, що особливо важливо при виконанні спеціальних замовлень, наприклад, для нетипових розмірів бруса.

Масове розпилювання на лісопильній лінії. Другий напрям – масове виготовлення обрізної пилопродукції, здійснюється на автоматизованій лісопильній лінії безперервної дії. Цей потік оптимізований під середні та малі діаметри колод хвойних порід деревини і включає низку взаємопов’язаних технологічних операцій.

Брускування: на верстаті СБ-36-520 (рис. 3.3) відбувається знімання бокових частин колоди. Це формує двокантний брус, який потім є основою для подальшого розпилювання. Верстат має можливість точно регулювати ширину бруса, що мінімізує втрати деревини.



Рис. 3.3. Верстат брусувальний СБ-36-520 [32]

Поздовжній розкрій: на верстаті ВД2В-180 (рис. 3.4) брус проходить крізь систему пил, де він розрізається на кілька обрізних дощок. Даний верстат обладнано двома горизонтальними валами, що забезпечує рівномірний тиск та плавне розпилювання навіть при високій швидкості подачі.



Рис. 3.4. Верстат багатопилковий двовальний ВД2В-180 [33]

Обрізка: бічні дошки, які утворилися при початковому брусуванні, подаються на обрізний верстат ПО-6М (рис. 3.5), де обробляються у обрізні пиломатеріали, здебільшого малого перетину. У результаті отримують обрізну дошку стандартного формату, придатну для реалізації або подальшого сушіння.



Рис. 3.5. Верстат обрізний ПО-6М [34]

Сортування та пакування (рис. 3.6). Після завершення розкрою вся продукція проходить візуальний огляд та сортування за геометричними параметрами, наявністю сучків, тріщин, заболоні та інших вад. Відповідно до вимог замовника, дошки поділяються на групи. Сортована продукція пакується в штабелі, маркується та готується до відвантаження споживачу або до сушіння.



Рис. 3.6. Штабелі пиломатеріалу сосни [35]

Переробка відходів у паливні брикети. У процесі виготовлення пилопродукції утворюється велика кількість відходів: тирса, обапол, обрізки та дрібні фрагменти деревини. З метою раціонального використання ресурсів на ТОВ «МАННАМ» впроваджено виробництво паливних брикетів. Суху тирсу та кускові відходи подрібнюють, висушують та пресують у щільні блоки під високим тиском без додавання зв'язуючих речовин.

Отримані брикети є екологічно чистим, висококалорійним паливом. Їх використовують для опалення власних виробничих приміщень, а також реалізують на зовнішньому ринку. Таким чином, підприємство досягає повного використання деревини з мінімальними втратами та реалізує принципи сталого виробництва.

Виробничий процес на ТОВ «МАННАМ» є прикладом технологічно збалансованої та гнучкої системи. Поділ потоку на індивідуальні та масові замовлення, висока ступінь механізації, ефективне використання відходів та контроль якості на кожному етапі дозволяють підприємству стабільно виробляти конкурентоспроможну продукцію та відповідати потребам як внутрішнього, так і зовнішнього ринків.

3.2. Розрахунок норми витрат матеріалів

Для зручності проведення подальших розрахунків складаємо специфікацію сировини з розрахунку на 19000 м³ (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Специфікація сировини на річну програму

Діаметр колоди d, см	Об'єм колоди q, м ³	Довжина колоди, м	Об'єм на річну програму		
			%	м ³	шт.
18	0,12	4	11	2090	17417
24	0,184	3,5	27	5130	27880
28	0,33	4,5	37	7030	21303
32	0,38	4	25	4750	12500
			100	19000	79100

Розрахунок виробничої потужності цехів, транспортних засобів та продуктивності механізмів для навантажувальних і розвантажувальних робіт проводять за середніми розмірними характеристиками сировини.

Середня довжина колод обчислюється за формулою (2.1):

$$L_{\text{ср.}} = \frac{1742 * 4 + 2788 * 3,5 + 2130 * 4,5 + 1250 * 4}{1742 + 2788 + 2130 + 1250} = 3,96 \text{ м.}$$

Стандартна довжина 4 м.

Середній об'єм колод обчислюється за формулою (2.2):

$$q_{\text{ср}} = \frac{1000}{4163} = 0,240 \text{ м}^3.$$

Середній діаметр колод визначаємо за середніми довжиною та об'ємом колоди згідно з таблицею об'ємів (ДСТУ 4020-2-2001) [9].

$$d_{\text{ср}} = 25 \text{ см.}$$

Продуктивність лісопильного потоку, потрібну кількість необхідних верстатів у потоці розраховують за продуктивністю головного лісопильного обладнання.

Як головне лісопильне обладнання потоку для розпилювання колод із сосни на необрізні пиломатеріали вибираємо горизонтальний стрічковий верстат ПЛП-80М. На цей верстат припадає 10 % річної специфікації сировини (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Специфікація сировини на річну програму для стрічкопильного верстата

Діаметр колоди d, см	Об'єм колоди q, м ³	Довжина колоди, м	Об'єм на річну програму		
			%	м ³	шт.
18	0,12	4	11	209	1742
24	0,184	3,5	27	513	2788
28	0,33	4,5	37	703	2130
32	0,38	4	25	475	1250
			100	1900	7910

Змінну продуктивність потоку на базі стрічкопильного верстата визначаємо за формулою (2.3):

$$П_{\text{зм}} = \frac{13 \cdot 480 \cdot 0,24 \cdot 0,5 \cdot 0,9}{4 \cdot 11} = 15,31 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

Річну продуктивність потоку на базі стрічкопильного верстата визначаємо за формулою (2.4):

$$Q_p = 15,31 \cdot 261 \cdot 1 \cdot 0,9 = 3596,32 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

Як головне лісопильне обладнання потоку для розпилювання колод із сосни на обрізні пиломатеріали вибираємо дві одноповерхові рами.

Перед тим, як розраховувати продуктивність лісопильного обладнання, необхідно спочатку провести його вибір.

При виборі лісопильної рами необхідно врахувати максимальний діаметр розпилювання колод, а також ширину провіту пильної рамки.

Ширина провіту лісопильної рами для даної специфікації колод визначаємо за формулою (2.5):

$$l = 32 + 1,25 \cdot 4 + 2 \cdot 7 = 51 \text{ см.}$$

Відповідно до технічної характеристики вибираємо одноповерхову лісопильну раму ПЛП-80М.

Вихідними даними для визначення продуктивності лісопильного цеху є кількість і типи потоків у цеху, технічні характеристики головного обладнання, річний фонд робочого часу, змінність, тривалість зміни, характеристики сировини.

Змінна продуктивність брусувального верстата СБ-36-520 визначається за формулою (2.6):

$$P_{зм} = \frac{480 \cdot 0,24 \cdot 6 \cdot 0,75 \cdot 0,8}{4,0} = 103,68 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

Річна продуктивність лінії потоку обчислюється за формулою (2.7):

$$Q_p = 103,68 \cdot 261 \cdot 1 \cdot 0,9 = 24354,43 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

Визначивши річну продуктивність головного лісопильного устаткування складаємо специфікацію сировини для обрізних пиломатеріалів на річну програму (табл. 3.3). Розрахунок нормативного виходу пиломатеріалів наведено в табл. 3.4. Специфікація обрізних та необрізних пиломатеріалів наведено в табл. 3.5-3.6.

Таблиця 3.3

Специфікація сировини на річну програму для лісопильної лінії

Діаметр колоди d, см	Об'єм колоди q, м ³	Довжина колоди, м	Об'єм на річну програму		
			%	м ³	шт.
18	0,12	4	11	1881	15675,00
24	0,184	3,5	27	4617	25092,39
28	0,33	4,5	37	6327	19172,73
32	0,38	4	25	4275	11250,00
			100	17100	71190,12

Визначаємо нормативний вихід пиломатеріалів

Таблиця 3.4

Нормативний вихід на дошки необрізні та обрізні

Діаметр колоди d, см	Перероблено за рік, м ³	Нормативний вихід, %	Нормативний вихід, м ³
18	1881	55,69	1047,53
24	4617	60,86	2809,91
28	6327	61,33	3880,35
32	4275	65,21	2787,73
			10525,51

Таблиця 3.5

Специфікація необрізних пиломатеріалів

Товщина дощок, мм	25	18	Всього
Кількість, м ³	800	650	1450
% співвідношення	55	45	100

Специфікація обрізних пиломатеріалів

Товщина дощок, мм	40	20	Всього
Кількість, м ³	9000	2000	11000
% співвідношення	81,8	18,2	100

Проводимо розрахунок поставу для розпилювання колод із деревини сосни врозвал діаметром 25 см, довжиною 4,0 м(середні розміри).

Задана товщина дощок: 25 та 18 мм.

Складаємо постав (рис. 3.7):

18-18-18-25-25-25-25-18-18-18

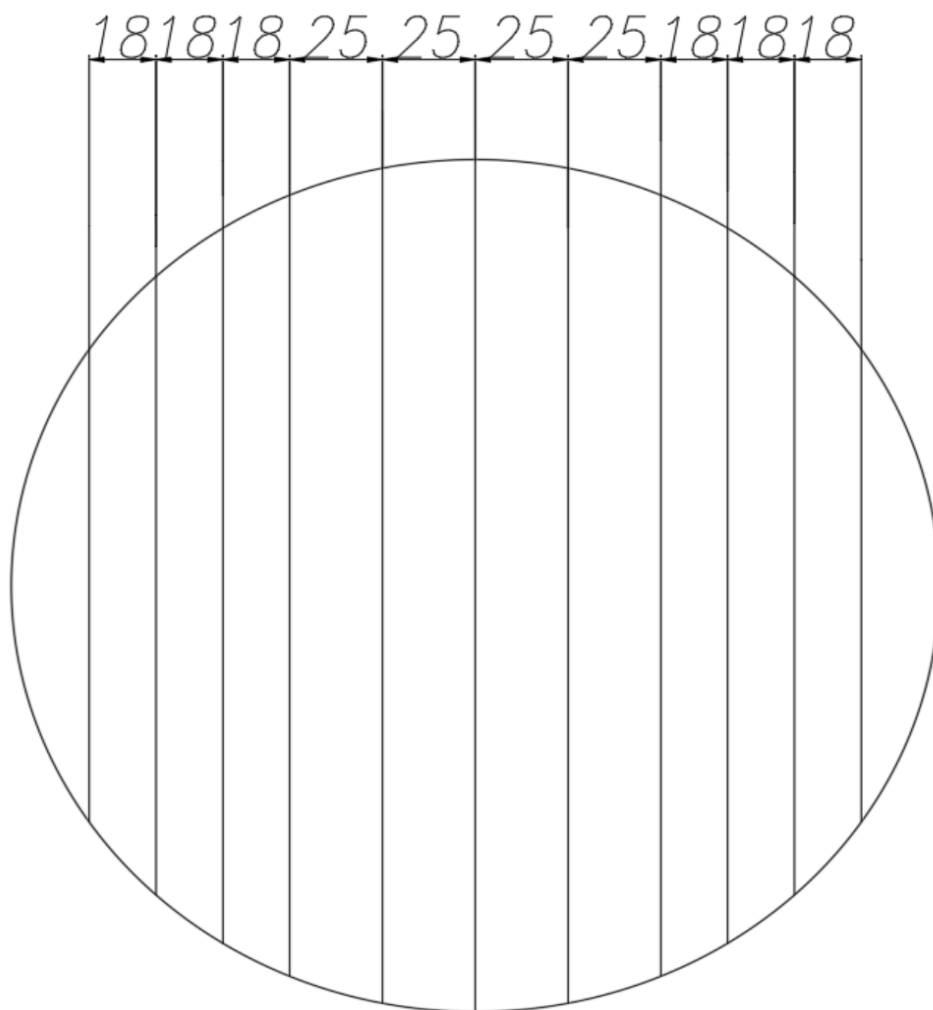


Рис. 3.7. Схема розкрою лісоматеріалу круглого на необрізні пиломатеріали

**Розрахунок постави для розпилювання колод на необрізні пиломатеріали
(d = 25 см)**

Постав		Витрата ширини напівпостави, мм	Відстань від осі колоди до зовнішньої пласті дошки, мм	Стандартна ширина дошки, мм	Номинальна довжина дошки, м	Об'єм однієї дошки, м	Об'ємний вихід з колоди		Загальний об'єм дощок за специфікацією сировини
Товщина дощок, мм	Кількість дощок, шт.						м ³	%	
сосна, d = 25 см, L = 4,0 м, q = 0,240 м ³ , n = 7916,6									
25	2	24,2	24,2	250	4,0	0,0248	0,050	20,69	393,17
25	2	25,2	49,6	240	4,0	0,0238	0,048	19,86	376,83
18	2	19,2	74,8	220	4,0	0,0158	0,032	13,24	250,86
18	2	19,2	93,7	190	4,0	0,0141	0,0282	11,73	223,95
18	2	19,2	112,6	110	4,0	0,0116	0,023	9,63	184,30
Разом							0,163	75,22	1429,2

Перевірка відповідності до заданого співвідношення пиломатеріалів

Об'єм пиломатеріалів товщиною 25 мм за поставом складає 0,125 м³

Об'єм пиломатеріалів товщиною 18 мм за поставом складає 0,038 м³

Об'єм пиломатеріалів товщиною 22 мм від загального об'єму пиломатеріалів за поставом складає: $0,180 / 0,09726 = 53,88\%$

Об'єм пиломатеріалів товщиною 16 мм від загального об'єму пиломатеріалів за поставом складає: $0,180 / 0,08326 = 46,12\%$

Проводимо розрахунок поставу на розпилювання обрізних дощок з деревини сосни діаметром 25 см . довжиною 4 м (середні розміри) .

Приймаємо стандартну висоту бруса 125 мм.

Складаємо постав (рис. 3.8–3.9):

I прохід:

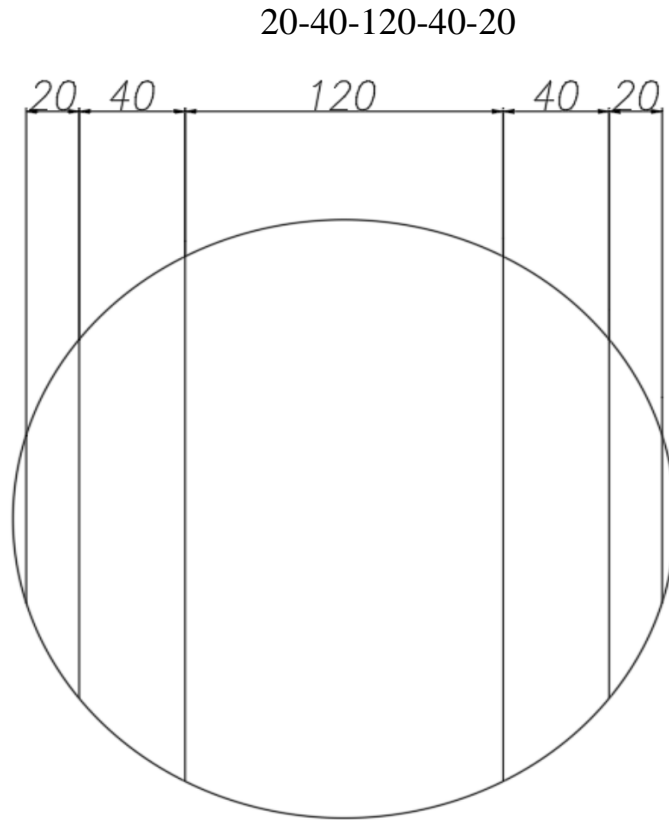


Рис. 3.8. Схема розкрою лісоматеріалу круглого на необрізні пиломатеріали та брус (I прохід)

II прохід:

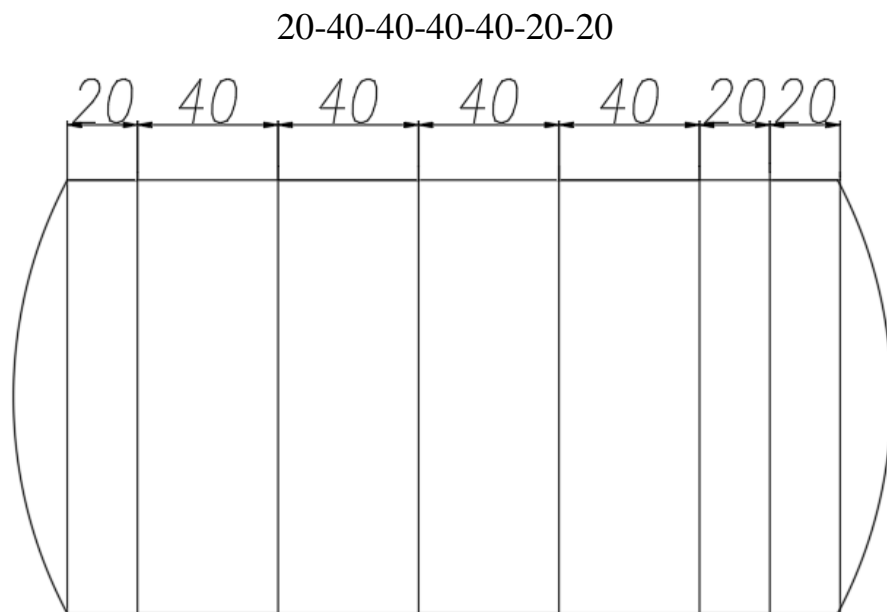


Рис. 3.9. Схема розкрою двокантного бруса на обрізні та необрізні пиломатеріали

III прохід (рис. 3.10):

20-120

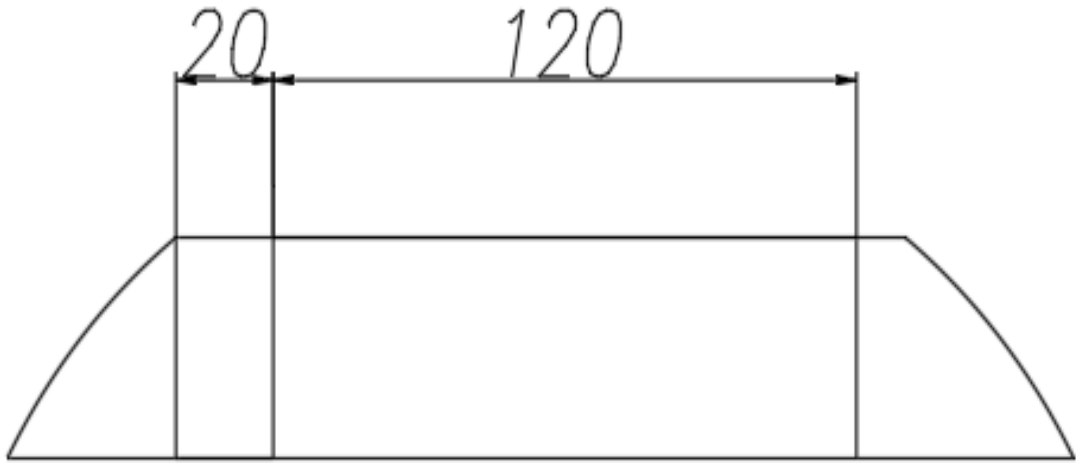


Рис. 3.10. Схема розкрою 1-го об'яполу на обрізний пиломатеріал

IV прохід (рис. 3.11):

40-40

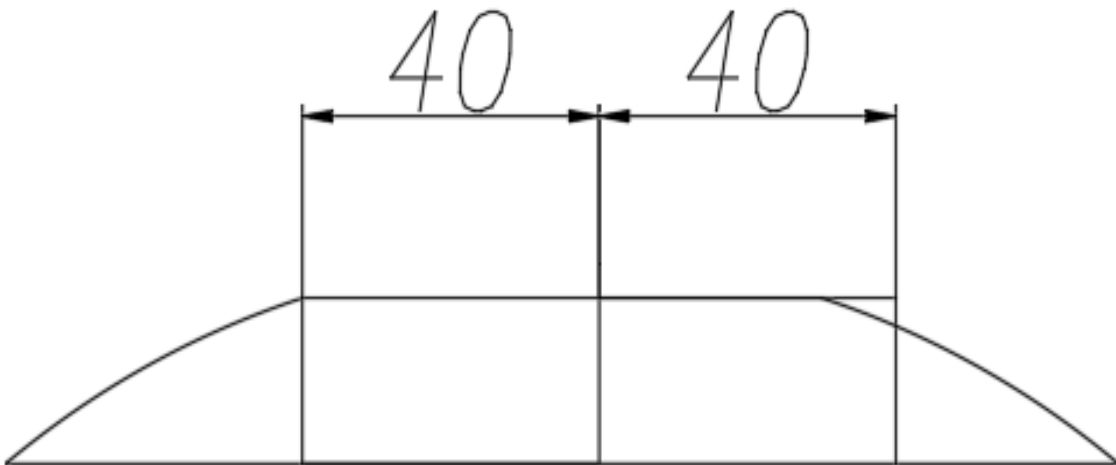


Рис. 3.11. Схема розкрою 2-го об'яполу на обрізний пиломатеріал

Отримані результати заносимо в табл. 3.8.

**Розрахунок постави для розпилювання колод на обрізні пиломатеріали для
середньозваженого розміру лісоматеріалів
(d = 25 см)**

Постав		Витрата ширини напівпостави, мм	Відстань від осі колоди до зовнішньої пласти дошки, мм	Стандартна ширина дошки, мм	Номинальна довжина дошки, м	Об'єм однієї дошки, м	Об'ємний вихід з колоди		Загальний об'єм дошок за специфікацією сировини
Товщина дошок, мм	Кількість дошок, шт.						м ³	%	
Сосни, d = 25 см, L = 4,0 м, q = 0,240 м ³ , n = 71250 шт									
Перший прохід :									
120	1	64,2	60	-	-	-	-	-	-
40	2	20,2	102,2	-	-	-	-	-	-
20	2	15,8	124,4	-	-	-	-	-	-
Другий прохід :									
40	4	42,2	-	120	4,0	0,0192	0,0768	32	5472
20	3	22,2	-	120	4,0	0,096	0,0288	12	2052
Третій прохід :									
40	2	122,2	-	120	4,0	0,0192	0,0384	16	2736
40	2	22,2	-	20	4,0	0,0032	0,0064	2,66	456
Четвертий прохід :									
20	2	42,2	-	40	4	0,0032	0,0128	5,32	912
Разом							0,0735	68	11628

Проводимо розрахунок постави для розпилювання колод з деревини сосни брусовкою діаметром 32 см довжиною 4 м.

Необхідний перелік пиломатеріалів

120x40; 120x20; 40x20.

Складаємо постав (рис. 3.12–3.13):

I прохід:

40-40-120-40-40

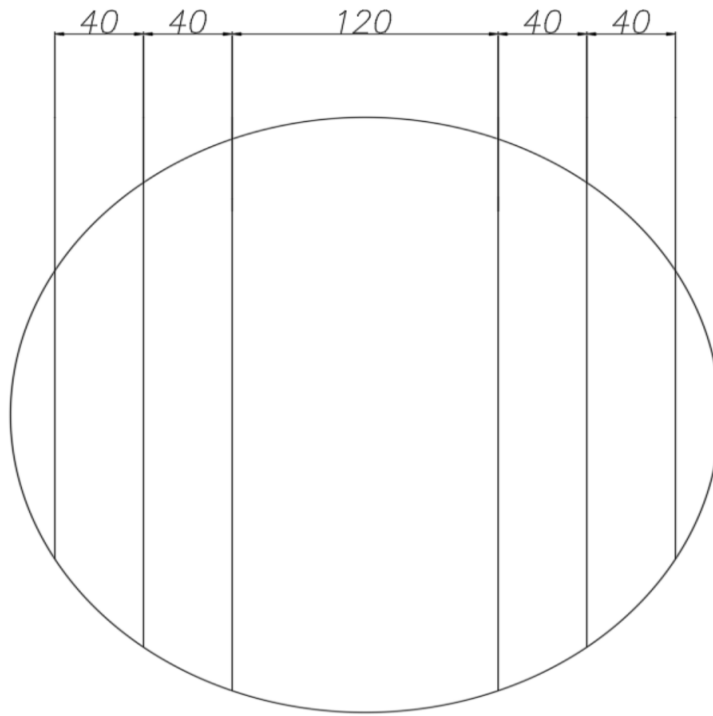


Рис. 3.12. Схема розкрою лісоматеріалу круглого на необрізні пиломатеріали та брус (I прохід)

II прохід:

20-40-40-40-40-40-40-20

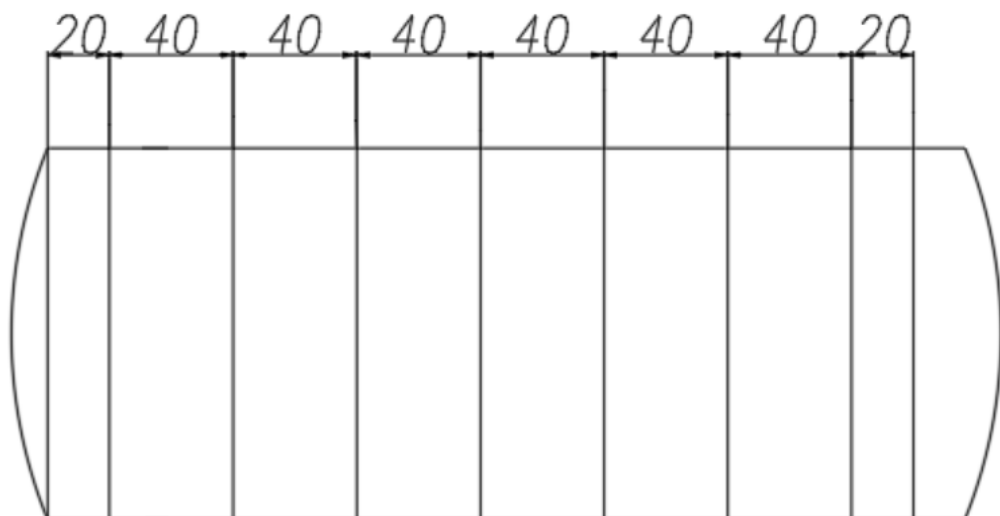


Рис. 3.13. Схема розкрою двокантного бруса на обрізні та необрізні пиломатеріали

III прохід (рис. 3.14):

120-120

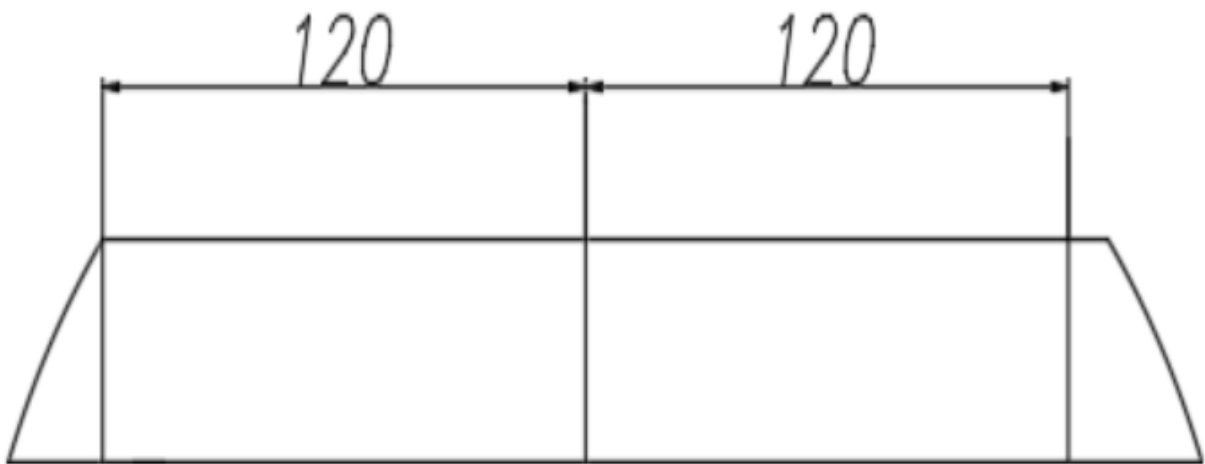


Рис. 3.14. Схема розкрою 1-го об'ягу на обрізний пиломатеріал

IV прохід (рис. 3.15):

20-120

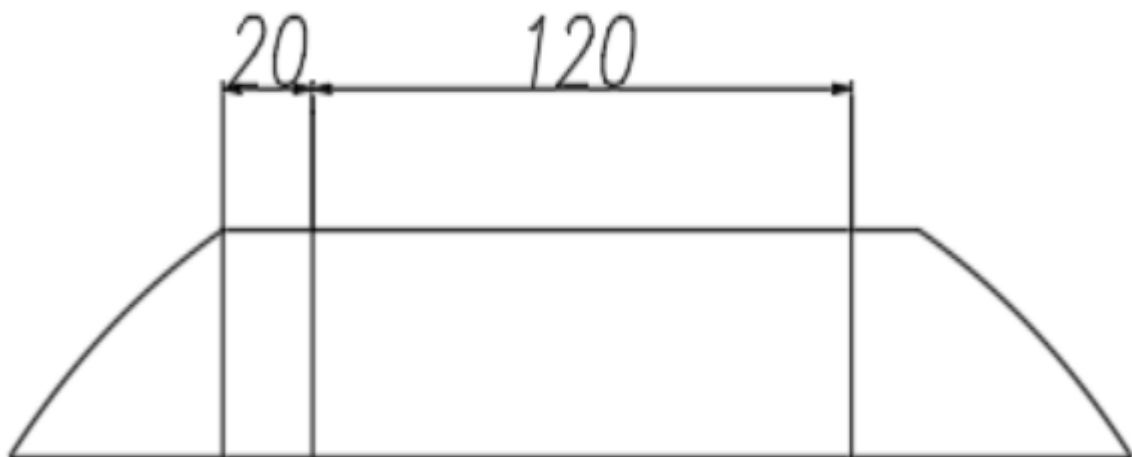


Рис. 3.15. Схема розкрою 2-го об'ягу на обрізний пиломатеріал

Отримані результати заносимо в табл. 3.9.

**Розрахунок постава для розпилювання колод на обрізні пиломатеріали
(d = 32 см)**

Постав		Витрата ширини навіппостава, мм	Відстань від осі колоди до зовнішньої пласті дошки, мм	Стандартна ширина дошки, мм	Номинальна довжина дошки, м	Об'єм однієї дошки, м	Об'ємний вихід з колоди		Загальний об'єм дощок за специфікацією сировини
Товщина дощок, мм	Кількість дощок, шт.						м ³	%	
Сосни, d = 32 см, L = 4,0 м, q = 0,38 м ³ , n = 11250 шт.									
Перший прохід :									
120	1	64,2	60	-	-	-	-	-	-
40	2	42,2	102,2	-	-	-	-	-	-
40	2	84,4	144,4	-	-	-	-	-	-
Другий прохід :									
40	6	42,2	-	120	4,0	0,0192	0,1152	30,32	1296
20	2	22,2	-	120	4,0	0,096	0,0192	5,05	216
Третій прохід :									
40	4	122,2	-	120	4,0	0,0192	0,0768	20,21	864
Четвертий прохід :									
40	2	42,2	-	120	4,0	0,0192	0,0384	10,11	432
40	2	22,2	-	20	4,0	0,032	0,0064	1,68	72
Разом							0,0735	67,37	2880

Проводимо розрахунок постава для розпилювання колод з деревини сосни брусовкою діаметром 28 см, довжиною 4,5 м.

Необхідний перелік пиломатеріалів

120x40; 120x20; 40x20.

Складаємо постав (рис. 3.16–3.17):

I прохід:

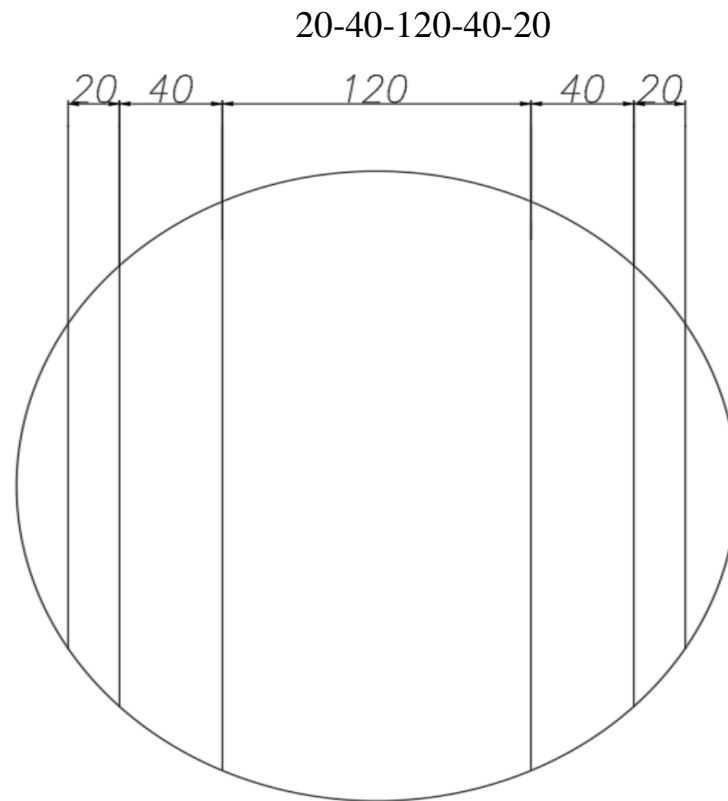


Рис. 3.16. Схема розкрою лісоматеріалу круглого на необрізні пиломатеріали та брус (I прохід)

II прохід:

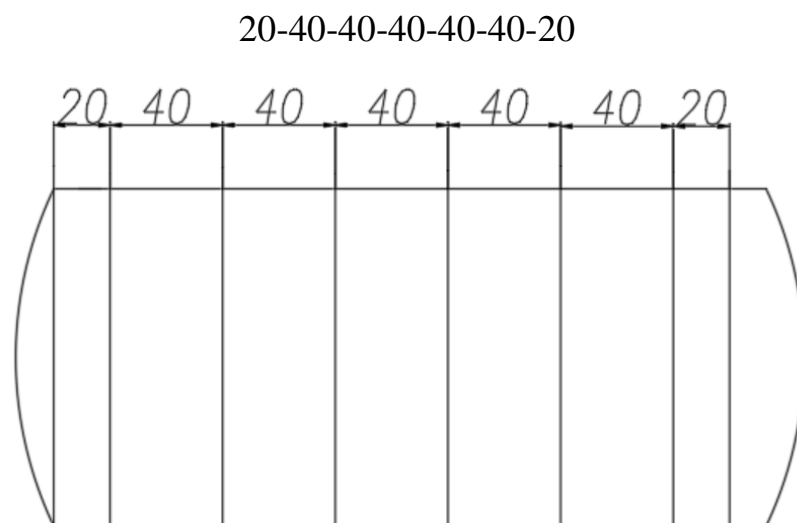


Рис. 3.17. Схема розкрою двокантного бруса на обрізні та необрізні пиломатеріали

III прохід (рис. 3.18):

20-120-20-20

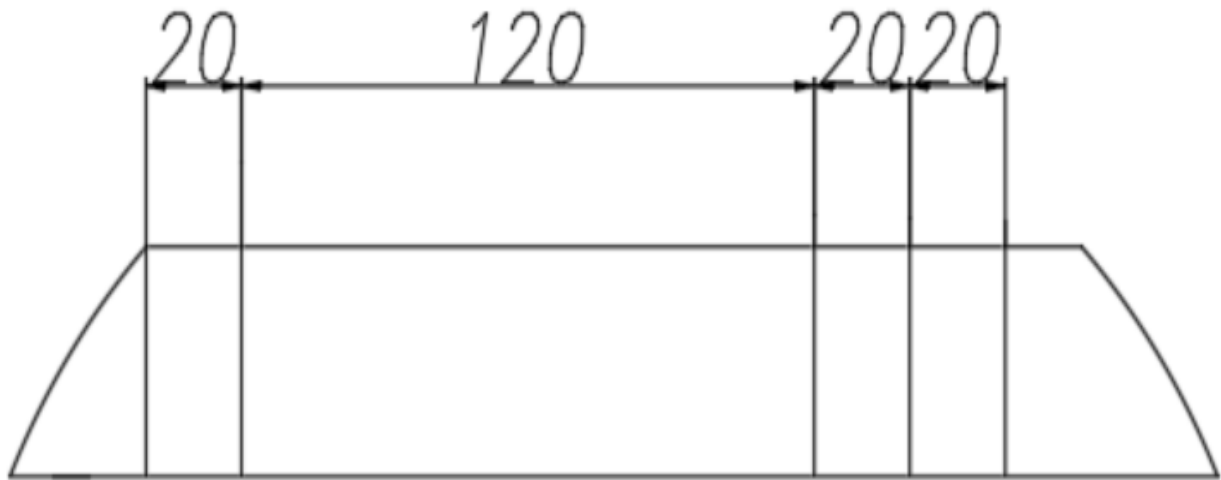


Рис. 3.18. Схема розкрою 1-го об'яполу на обрізний пиломатеріал

IV прохід (рис. 3.19):

120

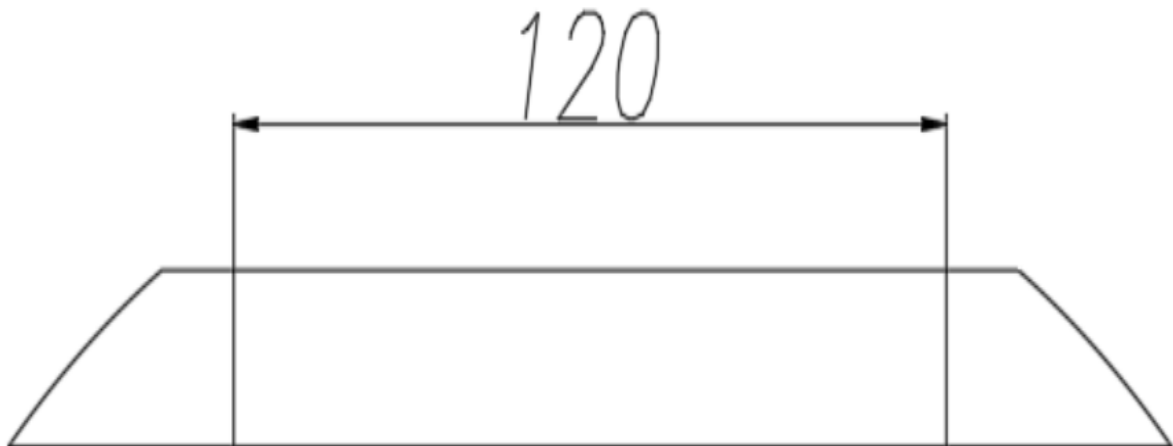


Рис. 3.19. Схема розкрою 2-го об'яполу на обрізний пиломатеріал

Отримані результати заносимо в табл. 3.10.

**Розрахунок постава для розпилювання колод на обрізні пиломатеріали
(d = 28 см)**

Постав		Витрата ширини напівпостава, мм	Відстань від осі колоди до зовнішньої пласті дошки, мм	Стандартна ширина дошки, мм	Номінальна довжина дошки, м	Об'єм однієї дошки, м	Об'ємний вихід з колоди		Загальний об'єм дощок за специфікацією сировини
Товщина дощок, мм	Кількість дощок, шт.						м ³	%	
Сосни, d=28 см, L = 4,5 м, q = 0,330 м ³ , n = 19172 шт.									
Перший прохід :									
120	1	64,2	60	-	-	-	-	-	-
40	2	42,2	102,2	-	-	-	-	-	-
20	2	22,2	124,4	-	-	-	-	-	-
Другий прохід :									
40	5	42,2	-	120	4,5	0,0216	0,108	32,73	2070,58
20	2	22,2	-	120	4,5	0,0108	0,0414	6,55	414,12
Третій прохід :									
40	2	122,2	-	120	4,5	0,0216	0,0432	13,9	828,23
40	6	22,2	-	20	4,5	0,0036	0,0414	6,55	414,12
Четвертий прохід :									
20	2	42,2	-	120	4,5	0,00108	0,0414	6,55	414,12
Разом							0,0735	65,45	4141,15

Проводимо розрахунок постава для розпилювання колод з деревини сосни брусовкою діаметром 24 см, довжиною 3,5 м.

Необхідний перелік пиломатеріалі:

120x40.

Складаємо постав (рис. 3.20–3.21):

I прохід:

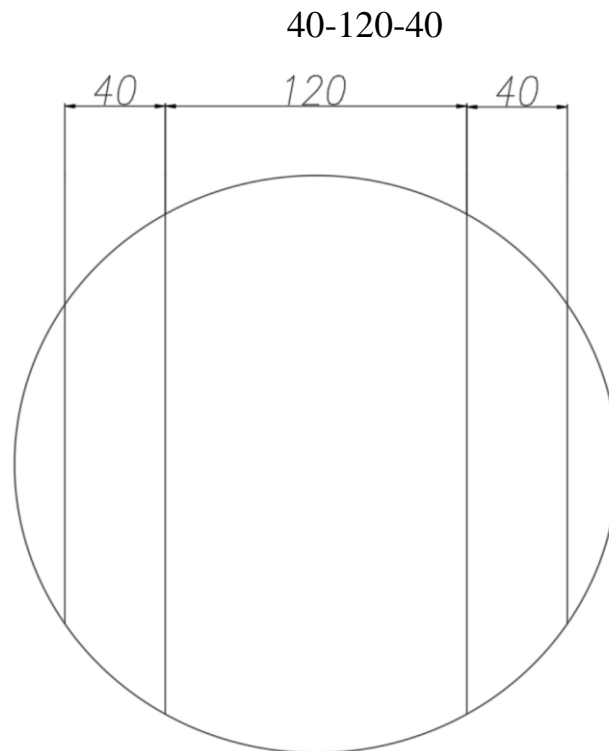


Рис. 3.20. Схема розкрою лісоматеріалу круглого на необрізні пиломатеріали та брус (I прохід)

II прохід:

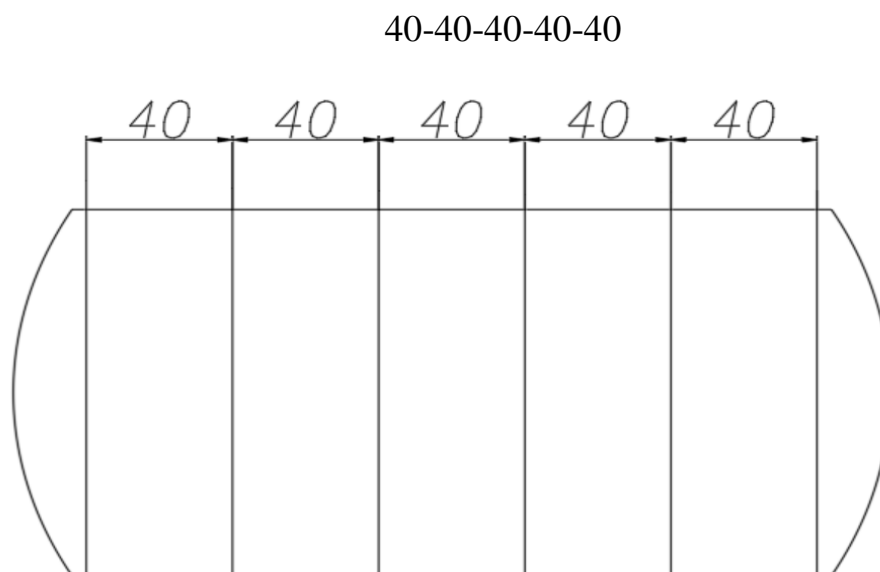


Рис. 3.21. Схема розкрою двокантного бруса на обрізні та необрізні пиломатеріали

III прохід: (рис. 3.22)

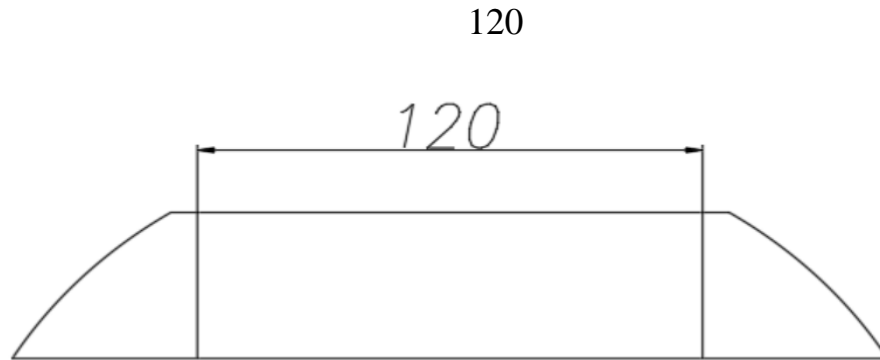


Рис. 3.22. Схема розкрою обаболу на обрізний пиломатеріал

Отримані результати заносимо в табл. 3.11.

Таблиця 3.11

**Розрахунок постави для розпилювання колод на обрізні пиломатеріали
(d = 24 см)**

Постав		Витрата ширини напівпостави, мм	Відстань від осі колоди до зовнішньої пласті	Стандартна ширина дошки, мм	Номінальна довжина дошки, м	Об'єм однієї дошки, м	Об'ємний вихід з колоди		Загальний об'єм дошок за специфікацією сировини
Товщина дошок, мм	Кількість дошок, шт.						м ³	%	
Сосни, d=24 см, L = 3,5 м, q = 0,184 м ³ , n = 25092 шт.									
Перший прохід :									
120	1	64,2	60	-	-	-	-	-	-
40	2	42,2	102,2	-	-	-	-	-	-
Другий прохід :									
40	5	42,2	-	120	3,5	0,0168	0,084	45,65	2107,73
Третій прохід :									
40	2	122,2	-	120	3,5	0,0168	0,0336	18,26	843,09
Разом							0,0735	63,91	2950,82

Проводимо розрахунок постави для розпилювання колод з деревини сосни брусовкою діаметром 18 см, довжиною 4 м.

Необхідний перелік пиломатеріалі:

120x40.

Складаємо постав (рис. 3.23–3.24):

I прохід:

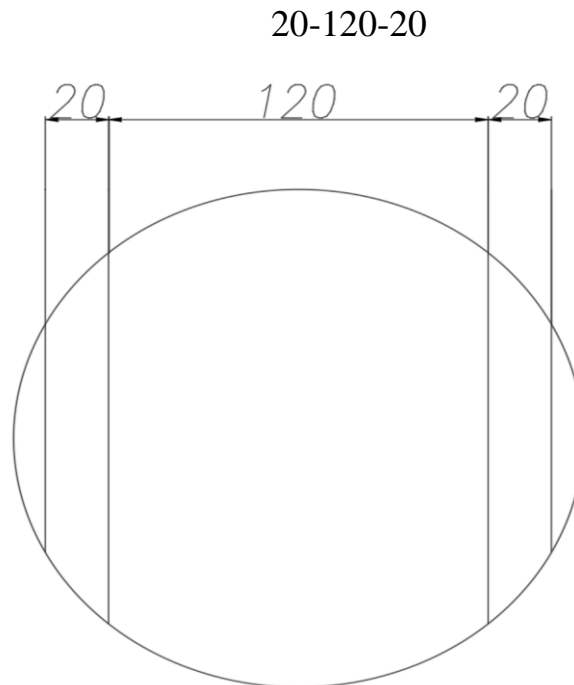


Рис. 3.23. Схема розкрою лісоматеріалу круглого на необрізні пиломатеріали та брус (I прохід)

II прохід:

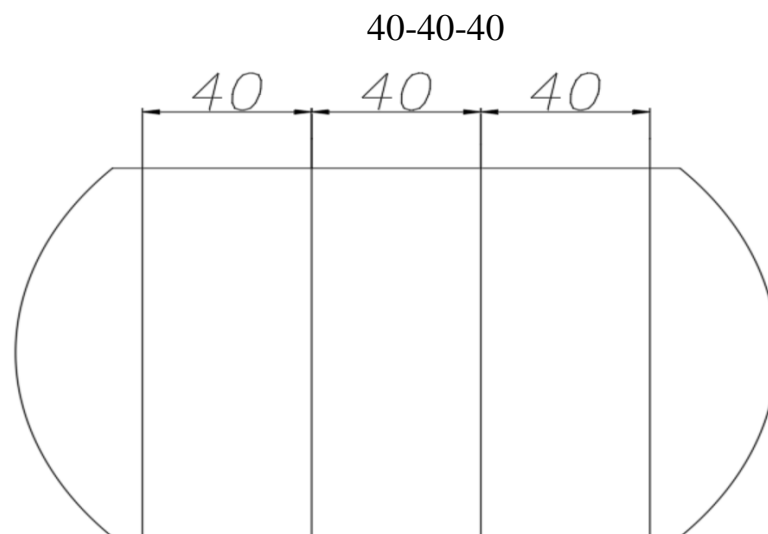


Рис. 3.24. Схема розкрою двокантного бруса на обрізні та необрізні пиломатеріали

III прохід (рис. 2.25):

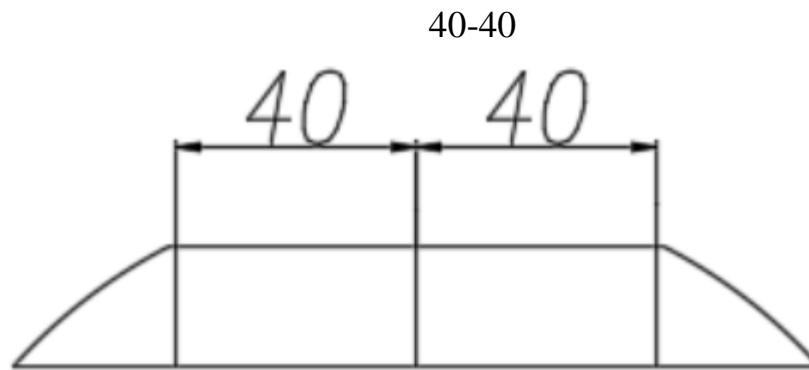


Рис. 3.25. Схема розкрою об'яполу на обрізний пиломатеріал

Отримані результати заносимо в табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Розрахунок постава для розпилювання колод на обрізні пиломатеріали

(d = 18 см)

Постав		Витрата ширини навіппостава, мм	Відстань від осі колоди до зовнішньої пласті дошки, мм	Стандартна ширина дошки, мм	Номинальна довжина дошки, м	Об'єм однієї дошки, м	Об'ємний вихід з колоди		Загальний об'єм дощок за специфікацією сировини
Товщина дощок, мм	Кількість дощок, шт.						м ³	%	
Сосни, d = 18 см, L = 4 м, q = 0,12 м ³ , n = 15675 шт.									
Перший прохід :									
120	1	64,2	60	-	-	-	-	-	-
20	2	22,2	82,2	-	-	-	-	-	-
Другий прохід :									
40	3	42,2	-	120	4	0,0192	0,0576	48	902,88
Третій прохід :									
20	4	22,2	-	40	4	0,0032	0,0128	10,67	200,64
Разом							0,0735	58,67	1103,52

Перевірка відповідності до заданого співвідношення пиломатеріалів. Об'єм необрізних пиломатеріалів товщиною 25, 18 мм випиляних з колод 25 см

відповідно складає 770,0; 659,2 м³ , що становить від загального об'єму відповідно 53,9 %; 46,1 %.

Об'єм обрізних пиломатеріалів товщиною 40, 20 мм випиляних з колод 32, 28, 24, 18 см відповідно складає 2880,00; 4141,15; 2950,82; 1103,52 м³ , що становить від загального об'єму відповідно 26,0 %; 37,4 %; 26,6 %; 10 %

Об'ємний вихід (%) для діаметрів:

d = 32 см – 67,37 %;

d = 28 см – 65,45 %;

d = 24 см – 63,91 %;

d = 18 см – 58,67 %

Складаємо план розкрою колод для необрізних пиломатеріалів наведено в табл. 3.13.

Таблиця 3.13

План розкрою колод для необрізних дощок

Діаметр колод, см.	Кількість колод, шт.	Постав	Розміри пиломатеріалів, мм.				
			18x110	18x190	18x220	25x240	25x250
			Кількість пиломатеріалів за специфікацією, м ³ .				
			650			800	
25	7916,6	18-18-18-25-25- 25-25-18-18-18	184,30	223,95	250,86	376,83	393,17
Всього виконано, м ³ .			184,30	223,95	250,86	376,83	393,17
Разом даної товщини, м ³ .			659,2			770,0	
Недовиконане, м ³ /%			-			29,9/3,89 %	
Перевиконане, м ³ (%)			9,2/1,39			-	

Перевиконано план по пиломатеріалах: 18 мм – на 1,39 %.

Недовиконано по пиломатеріалах: 25 мм – на 3,89 %.

Середній процент об'ємного виходу пиломатеріалів складає:

$$P = \frac{11074,5}{17100} * 100 = 64,76 \%$$

Нормативний вихід пиломатеріалів становить 62,3 %.

За отриманим виходом на 1 м³ пиломатеріалів потрібно затратити таку кількість сировини:

$$100/64,76 = 1,54 \text{ м}^3$$

Загальний об'єм пиловочної сировини для випилювання нормативного об'єму пиломатеріалів складає:

$$11000 * 1,54 = 16940 \text{ м}^3$$

Різниця складає: $17100 - 16940 = 160 \text{ м}^3$

1640 м³ складає економія сировини при отриманому об'ємному виході пиломатеріалів.

Відсоткове співвідношення по пиломатеріалах наступне:

- 40x120 мм = 84,4 %,
- 20x120 мм = 9,4 %,
- 20x40 мм = 6,2 %.

Відсоткове співвідношення по пиломатеріалах наступне:

- 40 мм = 84,4 % (81,8 %),
- 20 мм = 15,6 % (18,2 %)

Аналізуючи розрахунок поставу, можна зробити висновок, що було досягнуто більшого об'єму товстих пиломатеріалів. Це допустимо з точки зору їх вартості.

Складаємо план розкрою колод для обрізних пиломатеріалів наведено в табл. 3.14.

План розкрою колод на обрізні дошки

Діаметр колод, см.	Кількість колод, шт.	Постав	Розміри пиломатеріалів, мм.		
			40x120	20x120	20x40
			Кількість пиломатеріалів за специфікацією, м ³ .		
			9000	2000	
32	11250	20-40-40-40-40-20-20	1296,0	216,0	
		120-120	864,0		
		20-120	432,0		72,0
28	19172	20-40-40-40-40-40-20	2070,58	414,1	
		20-120-20-20	828,23		414,1
		120		414,1	
24	25092	40-40-40-40-40	2107,73		
		120	842,09		
18	15675	40-40-40	902,88		
		40-40			200,64
Всього виконано, м ³ .			9343,5	1044,2	686,7
Разом даної товщини, м ³ .			9343,5	1730,9	
Недовиконано, м ³ /%			-	269,1/13,5	
Перевиконано, м ³ /%			343,5/3,61	-	

Недовиконано план по пиломатеріалах:

20 мм – на 13,5 %.

Перевиконано план по пиломатеріалах:

40 мм – на 3,61 %.

Середній процент об'ємного виходу пиломатеріалів складає:

$$P = \frac{11074,5}{17100} * 100 = 64,76 \%$$

Нормативний вихід пиломатеріалів становить 62,3 %.

За отриманим виходом на 1 м³ пиломатеріалів потрібно затратити таку кількість сировини:

$$100/64,76 = 1,54 \text{ м}^3$$

Загальний об'єм пиловочної сировини для випилювання нормативного об'єму пиломатеріалів складає:

$$11000 * 1,54 = 16940 \text{ м}^3$$

$$\text{Різниця складає: } 17100 - 16940 = 160 \text{ м}^3$$

1640 м³ складає економія сировини при отриманому об'ємному виході пиломатеріалів.

Відсоткове співвідношення по пиломатеріалах наступне:

- 40x120 мм = 84,4 %,
- 20x120 мм = 9,4 %,
- 20x40 мм = 6,2 %.

Відсоткове співвідношення по пиломатеріалах наступне:

- 40 мм = 84,4 % (81,8 %),
- 20 мм = 15,6 % (18,2 %)

Аналізуючи розрахунок поставу, можна зробити висновок, що було досягнуто більшого об'єму товстих пиломатеріалів. Це допустимо з точки зору їх вартості.

3.3. Складання та розрахунок балансу матеріалів

Баланс деревини – це розподілення її за видами пилопродукції, відходів та втрат. Він розраховується за прийнятими поставами і значною мірою залежить від розмірів колод та пиломатеріалів, якості колод, способів розпилювання, товщин пилок тощо. Позабалансовими відходами є кора, яка становить близько 10...15 % від об'єму колоди та припуски деревини за довжиною колоди 0,5...1,0 %.

У загальному вигляді баланс деревини може бути представлений у вигляді формули (2.9).

Результати розрахунків заносимо в табл. 3.15.

Таблиця 3.15

Баланс розкрою сировини (необрізні пиломатеріали)

Назва продукції, відходів	Процент від об'єму сировини	Об'єм річної програми з розпилювання сировини, м ³
Пиломатеріали	75,22	1429,2
Тирса	9,5	180,5
Усушка	6	114,0
Втрати на розпил	1,5	28,50
Кускові відходи	7,78	166,9
Разом	100	1928,5

Об'єм кускових відходів і технологічної тріски визначаємо за формулами (2.10–2.11):

$$V_{\text{кв}} = 1928,5 - (1429,2 + 180,5 + 114 + 28,5) = 166,90 \text{ м}^3.$$

$$V_{\text{тт}} = 166,9 * 0,9 = 150,21 \text{ м}^3.$$

Результати заносимо в табл. 3.16.

Таблиця 3.16

Баланс розкрою сировини (обрізні пиломатеріали)

Назва продукції, відходів	Процент від об'єму сировини	Об'єм річної програми з розпилювання сировини, м ³
Пиломатеріали	64,76	11074,5
Тирса	15	2565
Усушка	5	855
Втрати на розпил	2	342
Кускові відходи	13,24	2263,5
Разом	100	17100

$$V_{\text{кв}} = 22000 - (11074,5 + 2565 + 855 + 342) = 2263,5 \text{ м}^3.$$

$$V_{\text{тт}} = 2263,5 * 0,8 = 1810,8 \text{ м}^3.$$

3.4. Розрахунок продуктивності технологічного устаткування

Продуктивність лісопильного потоку, потрібну кількість необхідних верстатів у потоці розраховують за продуктивністю головного лісопильного обладнання.

Як головне лісопильне обладнання потоку для розпилювання колод із берези на необрізні пиломатеріали вибираємо горизонтальний стрічкопильний верстат ПЛП-80М.

Змінну продуктивність потоку на базі стрічкопильного верстата визначаємо за формулою (2.3):

$$P_{зм} = \frac{13*480*0,24*0,5*0,9}{4*11} = 15,31 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

Річну продуктивність потоку на базі стрічкопильного верстата визначаємо за формулою (2.4):

$$Q_p = 15,31*261*1*0,9 = 3596,32 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

Як головне лісопильне обладнання потоку для розпилювання колод із сосни на обрізні пиломатеріали вибираємо лісопильну лінію на основі багатопилкових верстатів.

Перед тим, як розраховувати продуктивність лісопильного обладнання, необхідно спочатку провести його вибір.

При виборі лісопильного обладнання необхідно врахувати максимальний діаметр розпилювання колод, а також ширину провіту пильної рамки.

Визначаємо ширину провіту лісопильної рами за формулою (2.5):

$$П = 32 + 1,25*4 + 2*7 = 51 \text{ см}$$

Відповідно до технічної характеристики вибираємо лісопильну лінію виробництва «Ківерцілісмаш».

Вихідними даними для визначення продуктивності лісопильного цеху є кількість і типи потоків у цеху, технічні характеристики головного обладнання, річний фонд робочого часу, змінність, тривалість зміни, характеристики сировини.

Продуктивність потоку лісопильної лінії визначається:

Змінну продуктивність лісопильної лінії «Ківерцілісмаш» визначаємо за умови розпилювання колод середнім діаметром 24 см, довжиною 4,0 м за формулою (2.6):

$$P_{зм} = \frac{480 \cdot 0,24 \cdot 6 \cdot 0,75 \cdot 0,8}{4,0} = 103,68 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

Річна продуктивність лісопильного потоку визначається за формулою (2.7):

$$Q_p = 103,68 \cdot 261 \cdot 1 \cdot 0,9 = 24354,43 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

За умови використання лісопильної рами для розпилювання березових колод врозвал можливо було б встановити в цеху дві лісопильні рами без використання стрічко пильного верстата.

Здійснення проекту згідно нашого завдання вимагає встановлення у цеху стрічко пильного верстату та лісопильної лінії. Останні будуть завантажені не більше ніж 40%.

Для поздовжнього розкрою дошок вибираємо круглопильний обрізний верстат Ц2Д-5А. Це найбільш розповсюджений двопилковий обрізний верстат, що встановлюється в лісопильних потоках за колодо пильним обладнанням.

Кількість потрібного устаткування для будь-якої операції процесу залежно від ритму роботи лісопильної рами визначається за формулою:

$$N = \frac{t}{r}, \quad (3.1)$$

де N – потрібна кількість верстатів для виконання операції, шт.;

t – витрати часу на виконання операції за поставом одним верстатом, хв.;

r – ритм роботи лісопильної рами за поставом, хв.

Витрати часу (у хв.) одним верстатом для виконання робіт за поставом визначаємо за формулою [21-23]:

$$t = \frac{Q_{\text{пост}}}{A}, \quad (3.2)$$

де $Q_{\text{пост}}$ – об'єм робіт даної операції за поставом, виражений у пог. м;

A – продуктивність верстата у тих самих одиницях виміру за хв.

$$Q_{\text{пост}} = l_{\text{обр ср}},$$

де $l_{\text{обр ср}}$ – середня довжина дощок у поставі, які необхідно обрізати.

Об'єм робіт за поставом для діаметрів:

$$d = 18 \text{ см } Q_{\text{пост}} = 2 * 4 = 8 \text{ пог. м};$$

$$d = 24 \text{ см } Q_{\text{пост}} = 2 * 3,5 = 7 \text{ пог. м};$$

$$d = 34 \text{ см } Q_{\text{пост}} = 2 * 4,5 + 2 * 4,5 = 18 \text{ пог. м.}$$

$$d = 34 \text{ см } Q_{\text{пост}} = 2 * 4 + 2 * 4 = 16 \text{ пог. м.}$$

Враховуючи співвідношення колод об'єм робіт за поставом :

$$Q_{\text{пост. ср}} = \frac{0,12 * 8 + 0,184 * 8 + 0,33 * 18 + 0,38 * 18}{0,12 + 0,184 + 0,33 + 0,38} = 8,63 \text{ пог. м.}$$

Продуктивність круглопильного обрізного верстата Ц2Д-5А визначаємо за формулою [13–15]:

$$A = U * K_p * K_m, \quad (3.3)$$

де U – швидкість подачі дошки, м/хв;

K_p – коефіцієнт використання робочого часу (0,92);

K_m – коефіцієнт використання машинного часу, який визначається,

$$K_m = \frac{l_{\text{ср}}}{(l + t_d * \frac{U}{60})}, \quad (3.4)$$

де $l_{\text{ср}}$ – середня довжина дошки, м;

t_d – час виконання допоміжних операцій на одну дошку, (1,5 с);

U – швидкість подачі.

$$K_m = \frac{4,0}{(4,0 + 1,5 * \frac{12}{60})} = 0,93.$$

$$A = 12 * 0,8 * 0,93 = 8,928 \text{ пог. м/хв.}$$

Знаходимо необхідну кількість обрізних верстатів:

$$N = \frac{8,63}{8,928} = 0,96 \text{ шт.}$$

Приймаємо один обрізний верстат виробництва «Ківерцілісмаш» ПО-6М.

Для поперечного розкрою дощок вибираємо торцювальний апарат для штабелів ланцюгового типу на якому будемо проводити торцювання необрізних та обрізних дощок.

Техніко-економічні показники лісопильного цеху ТОВ «МАННАМ» для виготовлення обрізних та необрізних пиломатеріалів наведено в табл. 3.17-3.18.

Таблиця 3.17

**Техніко-економічні показники лісопильного цеху ТОВ «МАННАМ»
для виготовлення обрізних пиломатеріалів**

Показник	Позначення, формула розрахунку	Одиниця виміру	Значення
Кількість лісопильних ліній	N	шт.	1
Об'єм сировини	$Q_{річ}$	m^3	171000
Відсоток корисного виходу	η	%	64,76
Об'єм продукції	$Q_l = Q_{річ} \cdot \eta / 100$	m^3	10074,5
Відсоток брусування сировини	$V_{бр} = Q_{бр} * 100 / Q$	%	100

**Техніко-економічні показники лісопильного цеху ТОВ «МАННАМ»
для виготовлення необрізних пиломатеріалів**

Показник	Позначення, формула розрахунку	Одиниця виміру	Значення
Кількість стрічкопилних верстатів	N	шт.	1
Об'єм сировини	$Q_{річ}$	$м^3$	1900
Відсоток корисного виходу	η	%	75,22
Об'єм продукції	$Q_1 = Q_{річ} \cdot \eta / 100$	$м^3$	1429,12
Відсоток брусування сировини	$V_{обр} = Q_{обр} \cdot 100 / Q$	%	0

Основним видом пилопродукції, що виготовляється на ТОВ «МАННАМ» є пиломатеріали. Для розкрою лісоматеріалів круглих на необрізні пиломатеріали застосовують стрічкопилковий верстат типу ПЛП-80М; для розкрою соснових колод на обрізні пиломатеріали використовують лісопильну лінію виробництва «Ківерцілісмаш».

За результатами проведених розрахунків визначено:

- нормативний вихід необрізних пиломатеріалів складає 75,22 %, норма витрат сировини на виготовлення 1 $м^3$ пиломатеріалів становить 1,33;
- нормативний вихід обрізних пиломатеріалів складає 64,76 %, норма витрат сировини на виготовлення 1 $м^3$ пиломатеріалів становить 1,54;

Такими чином, при складанні поставів для розкрою круглих лісоматеріалів сосни при виготовленні обрізних та необрізних пиломатеріалів досягнуто більшого відсоткового виходу, ніж за нормативними даними.

РОЗДІЛ IV

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ КОРИСНОГО ВИХОДУ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

4.1. Методика виміру розмірів та об'єму пиломатеріалів

На сьогодні в Україні для визначення основних геометричних розмірів пиломатеріалів використовується чинний національний стандарт ДСТУ EN 1309-1:2001 «Лісоматеріали круглі та пиляні. Метод вимірювання розмірів. Частина 1. Пиломатеріали (EN 1309-1:1997, IDT)» [23], який був уведений в дію з 1 січня 2003 року. Цей стандарт регламентує методику вимірювання товщини, ширини та довжини пилопродукції з високим ступенем точності.

Відповідно до вимог стандарту, розміри поперечного перерізу пиломатеріалу (а саме товщину та ширину) слід вимірювати за допомогою спеціальних вимірювальних інструментів із ціною поділки не більше 0,1 мм. Прикладом такого інструменту є штангенциркуль (рис. 4.1). Для вимірювання довжини допускається використання пристроїв з ціною поділки не більш ніж 5 мм, наприклад, рулетка (рис. 4.2).



Рис. 4.1. Штангенциркуль [36]



Рис. 4.2. Рулетка [37]

У випадку з обрізними пиломатеріалами, товщину необхідно визначати щонайменше в трьох точках, перпендикулярно до площини пласті. Поверхні у місцях вимірювання повинні бути чистими та не мати дефектів. Два з трьох вимірів слід виконувати біля торців пиломатеріалу, але не ближче ніж за 15 см від краю; третій – у випадковому місці між ними. З отриманих значень фіксується найменше, з точністю до 0,1 мм, паралельно з визначенням фактичної вологості.

Аналогічний підхід застосовується до вимірювання ширини: також не менше трьох точок по довжині елемента, з двома вимірами біля торців (не ближче ніж за 16 см) та одним – у довільному місці між ними. Знову ж таки, реєструється найменше з отриманих значень та документується відповідна вологість.

Щодо необрізних пиломатеріалів, то їхню товщину визначають по одному разу на кожному торці, якнайближче до крайки. Місце вимірювання також має бути чистим і без дефектів. Як і у попередніх випадках, фіксується найменше

значення з точністю до десяткового міліметра та супроводжується вимірюванням вологості.

Довжину пиломатеріалу встановлюють як довжину найбільшого прямокутного паралелепіпеда, який можна вписати у деталь, і виражають у метрах з точністю до другого десяткового знака.

Об'єм кожного пиломатеріалу (V , м³) визначають як добуток товщини, ширини і довжини пиломатеріалу виміряними за ДСТУ, ТУУ [10–29] а формулою:

$$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{10^6}, \text{ м}^3 \quad (4.1)$$

де l – довжина пиломатеріалу, м

b – ширина пиломатеріалу, мм;

h – товщина пиломатеріалу, мм.

За вище запропонованою методикою у пункті 4.2 буде проведено експериментальних досліджень з визначення корисного виходу пиломатеріалів.

4.2. Результати експериментальних досліджень з визначення корисного виходу пиломатеріалів

Корисний вихід пиломатеріалів досліджували: при розкрії колод з дерев сосни врозвал $d = 25$ см, $l = 4$ м на стрічкопилковому верстаті ПЛП-80М ; при розкрії колод з дерев сосни з брускування $d = 28$ см, $l = 4,5$ м на лісопилній лінії виробництва «Ківерцілісмаш».

Частина результатів проведення досліджень наведена в табл. 4.1–4.2. Статистична обробка результатів експериментів представлено в табл. 4.3.

Результати експериментальних досліджень з визначення корисного виходу пиломатеріалів при розкрій колод з дерев сосни врозвал $d = 25$ см, $l = 4$ м на стрічкопилковому верстаті ПЛП-80М

№	К-ть дошок, шт.	Розміри зразка			Об'єм пилом., м ³	Кор. вихід, %
		Довжина, м	Ширина, мм	Товщина, мм		
1	2	4,07	250	25	0,050875	76,82
	2	4,07	240	25	0,04884	
	2	4,07	220	18	0,03256	
	2	4,07	190	18	0,0286935	
	2	4,07	110	18	0,0234025	
2	2	4,02	250	25	0,05025	75,88
	2	4,02	240	25	0,04824	
	2	4,02	220	18	0,03216	
	2	4,02	190	18	0,028341	
	2	4,02	110	18	0,023115	
3	2	4	250	25	0,05	70,71
	2	4	240	25	0,048	
	2	4	220	18	0,032	
	2	4	190	18	0,0282	
	1	4	110	18	0,0115	
4	2	3,95	250	25	0,049375	74,56
	2	3,95	240	25	0,0474	
	2	3,95	220	18	0,0316	
	2	3,95	190	18	0,0278475	
	2	3,95	110	18	0,0227125	
5	2	4,05	250	25	0,050625	81,30
	2	4,05	240	25	0,0486	
	2	4,05	220	18	0,0324	
	2	4,05	190	18	0,0285525	
	3	4,05	110	18	0,0349313	

Продовження таблиці 4.1

№	К-ть дошок, шт.	Розміри зразка			Об'єм пилом., м ³	Кор. вихід, %
		Довжина, м	Ширина, мм	Товщина, мм		
6	2	4,00	250	25	0,05	70,71
	2	4,00	240	25	0,048	
	2	4,00	220	18	0,032	
	2	4,00	190	18	0,0282	
	1	4,00	110	18	0,0115	
7	2	3,98	250	25	0,04975	75,12
	2	3,98	240	25	0,04776	
	2	3,98	220	18	0,03184	
	2	3,98	190	18	0,028059	
	2	3,98	110	18	0,022885	
8	2	4,00	250	25	0,05	75,50
	2	4,00	240	25	0,048	
	2	4,00	220	18	0,032	
	2	4,00	190	18	0,0282	
	2	4,00	110	18	0,023	
9	2	3,97	250	25	0,049625	74,93
	2	3,97	240	25	0,04764	
	2	3,97	220	18	0,03176	
	2	3,97	190	18	0,0279885	
	2	3,97	110	18	0,0228275	
10	2	4,04	250	25	0,0505	76,26
	2	4,04	240	25	0,04848	
	2	4,04	220	18	0,03232	
	2	4,04	190	18	0,028482	
	2	4,04	110	18	0,02323	

Результати експериментальних досліджень з визначення корисного виходу пиломатеріалів при розкрії колод з дерев сосни з брускування $d = 28$ см, $l = 4,5$ на лісопильній лінії «Ківерцілісмаш»

№	К-ть дошок, шт.	Розміри зразка			Об'єм пилом., м ³	Кор. вихід, %
		Довжина, м	Ширина, мм	Товщина, мм		
1	7	4,51	120	40	0,15154	65,60
	4	4,51	120	20	0,0433	
	6	4,51	40	20	0,02165	
2	7	4,53	120	40	0,15221	65,89
	4	4,53	120	20	0,04349	
	6	4,53	40	20	0,02174	
3	7	4,48	120	40	0,15053	65,16
	4	4,48	120	20	0,04301	
	6	4,48	40	20	0,0215	
4	7	4,54	120	40	0,15254	66,04
	4	4,54	120	20	0,04358	
	6	4,54	40	20	0,02179	
5	7	4,49	120	40	0,15086	65,31
	4	4,49	120	20	0,0431	
	6	4,49	40	20	0,02155	
6	7	4,55	120	40	0,15288	66,18
	4	4,55	120	20	0,04368	
	6	4,55	40	20	0,02184	
7	7	4,47	120	40	0,15019	63,93
	4	4,47	120	20	0,04291	
	5	4,47	40	20	0,01788	
8	7	4,53	120	40	0,15221	65,89
	4	4,53	120	20	0,04349	
	6	4,53	40	20	0,02174	

Продовження таблиці 4.2

№	К-ть дошок, шт.	Розміри зразка			Об'єм пилом., м ³	Кор. вихід, %
		Довжина, м	Ширина, мм	Товщина, мм		
9	7	4,48	120	40	0,15053	65,16
	4	4,48	120	20	0,04301	
	6	4,48	40	20	0,0215	
10	7	4,54	120	40	0,15254	66,04
	4	4,54	120	20	0,04358	
	6	4,54	40	20	0,02179	
11	7	4,50	120	40	0,1512	65,45
	4	4,50	120	20	0,0432	
	6	4,50	40	20	0,0216	
12	7	4,52	120	40	0,15187	65,75
	4	4,52	120	20	0,04339	
	6	4,52	40	20	0,0217	
13	7	4,55	120	40	0,15288	66,18
	4	4,55	120	20	0,04368	
	6	4,55	40	20	0,02184	
14	7	4,46	120	40	0,14986	64,87
	4	4,46	120	20	0,04282	
	6	4,46	40	20	0,02141	
15	7	4,55	120	40	0,15288	66,18
	4	4,55	120	20	0,04368	
	6	4,55	40	20	0,02184	

Статистична обробка результатів досліджень

№ дошки	Обрізні п.м.			Не обрізні п.м.		
	X_i	$X_{\text{сеп}} - X_i$	$(X_{\text{сеп}} - X_i)^2$	X_i	$X_{\text{сеп}} - X_i$	$(X_{\text{сеп}} - X_i)^2$
1	65,60	-0,09	0,01	76,82	-1,26	1,58
2	65,89	-0,38	0,15	75,88	-0,31	0,10
3	65,16	0,34	0,12	71,71	3,86	14,87
4	66,04	-0,53	0,28	74,56	1,01	1,02
5	65,31	0,20	0,04	79,30	-3,73	13,92
6	66,18	-0,68	0,46	72,71	2,86	8,16
7	63,93	1,57	2,47	75,12	0,44	0,20
8	65,89	-0,38	0,15	75,50	0,06	0,00
9	65,16	0,34	0,12	74,93	0,63	0,40
10	66,04	-0,53	0,28	76,26	-0,69	0,48
11	65,45	0,05	0,00	75,69	-0,12	0,02
12	65,75	-0,24	0,06	70,18	5,39	29,01
13	66,18	-0,68	0,46	75,88	-0,31	0,10
14	64,87	0,63	0,40	74,93	0,63	0,40
15	66,18	-0,68	0,46	76,26	-0,69	0,48
16	65,60	-0,09	0,01	75,69	-0,12	0,02
17	65,45	0,05	0,00	70,18	5,39	29,01
18	65,60	-0,09	0,01	78,50	-2,93	8,59
19	65,75	-0,24	0,06	75,88	-0,31	0,10
20	63,79	1,71	2,94	76,26	-0,69	0,48
21	66,04	-0,53	0,28	75,12	0,44	0,20
22	64,51	1,00	1,00	76,07	-0,50	0,25
23	65,75	-0,24	0,06	78,50	-2,93	8,59
24	65,60	-0,09	0,01	74,93	0,63	0,40
25	66,04	-0,53	0,28	75,69	-0,12	0,02
26	65,89	-0,38	0,15	76,07	-0,50	0,25
27	65,75	-0,24	0,06	75,31	0,25	0,06
28	65,02	0,49	0,24	81,09	-5,53	30,58
29	65,16	0,34	0,12	75,88	-0,31	0,10
30	65,60	-0,09	0,01	76,07	-0,50	0,25
Середнє значення балу	65,51			75,56		
Середнє квадратичне відхилення	0,68			9,30		
Коефіцієнт варіації /100%	0,01			0,12		
	$K_{\text{експ.2}}$		0,99	$K_{\text{експ.3}}$		0,88

В табл. 4.4 наведено порівняння результатів експериментальних досліджень та теоретичних розрахунків з визначення корисного виходу пиломатеріалів.

Таблиця 4.4

Результати експериментальних досліджень

Тип даних	Корисний вихід, %	
	Обрізні	Не обрізні
Теоретичні розрахунки	64,76	75,22
Експериментальні дані	65,51	75,56
Різниця, %	0,75	0,34

За результатами експериментальних досліджень визначено, що з корисний вихід пиломатеріалів за експериментальними даними відрізняється (у більшу сторону) від теоретичних розрахунків на 0,34 % при розкрою колод врозвал та на 0,75 % при розпилюванні з брусуванням. Дане явище пояснюється тим, що при теоретичних розрахунках не можливо врахувати всі вади кожної із колод окремо, що, в свою чергу, впливає на корисний вихід дещо занижуючи його реальне значення.

Для проведення експериментальних досліджень з визначення корисного виходу пиломатеріалів проводили попереднє вимірювання довжини та серединного діаметру круглих лісоматеріалів, визначали їх об'єм. Після розкрою кожної з колод визначали кількість та розміри отриманих пиломатеріалів за чинним стандартом ДСТУ, ТУУ [10–29].

Проведені дослідження показали, що корисний вихід пиломатеріалів за становить:

- при розкрою колод врозвал: експериментальні дані – 75,56 %, теоретичні – 75,22 %;

- при розпилюванні з брусуванням: експериментальні дані – 65,51 %, теоретичні – 64,76 %.

4.3. Техніка безпеки на виробничій дільниці

Лісопильне виробництво є важливою частиною деревообробної галузі, що включає в себе численні етапи переробки деревини. Одним з основних процесів є розкрій колод на пиломатеріали, що вимагає використання різного виду технологічного обладнання, яке може становити небезпеку для працівників. Забезпечення безпеки на лісопиляльній дільниці є важливим аспектом для ефективного та безпечного виробничого процесу [38].

Для зниження ризиків та попередження нещасних випадків необхідно строго дотримуватись вимог техніки безпеки, яка регулюється відповідними нормативними актами, стандартами і правилами. У цьому документі розглядаються основні принципи безпеки, технічні засоби захисту, а також організаційні заходи, що повинні забезпечити безпечні умови праці на лісопиляльних лініях.

Загальні вимоги до безпеки на лісопиляльних дільницях. Виробничі дільниці мають бути обладнані відповідно до діючих стандартів безпеки. Так, до основних вимог відносяться [38]:

- робочі місця мають бути обладнані відповідно до вимог безпеки, забезпечені доступом до аварійних виходів, а також освітленням, яке відповідає нормам;
- кожен працівник повинен бути забезпечений необхідними засобами індивідуального захисту: спецодягом, рукавицями, захисними окулярами, касками, засобами для захисту слуху;
- працівники, які займаються розкромом колод на пиломатеріали, повинні пройти навчання з техніки безпеки та отримати відповідні інструкції, окрім цього проводяться інструктажі щодо використання обладнання та дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- всі виробничі процеси мають бути регламентовані на основі технологічних карт, стандартів і технічних умов.

Технічні засоби захисту на лінії розкрою. Розкрій колод на пиломатеріали пов'язаний з великими фізичними навантаженнями та використанням потужного обладнання, тому необхідно застосовувати відповідні засоби захисту, а саме [38]:

- всі верстати та пильні механізми мають бути оснащені огороженнями та захисними бар'єрами, що виключають можливість контакту працівника з обертальними частинами;

- верстати повинні бути обладнані механізмами, що зупиняють роботу обладнання в разі непередбачених ситуацій або виникнення несправностей;

- для запобігання аваріям, на деяких лініях використовуються автоматичні системи, які фіксують перегрів або перевантаження обладнання, автоматично зупиняючи його роботу;

- на лініях повинні бути встановлені датчики, які сигналізують про несправності або пошкодження механізмів, що забезпечують постійний моніторинг за технічним станом обладнання.

Специфіка техніки безпеки при розкрої колод. Розкрій колод передбачає застосування пильних верстатів, які працюють на високих швидкостях, що збільшує ризик травм. Тому, під час таких операцій потрібно враховувати такі основні вимоги [38].

- Перед початком роботи кожен верстат перевіряється на справність. У разі виявлення несправностей, верстат не допускається до експлуатації. Всі верстати повинні мати чітко вказану інструкцію з експлуатації.

- Використання засобів індивідуального захисту. Усі працівники повинні бути забезпечені захисними окулярами для захисту очей від деревного пилу, слуховими захисними пристроями для захисту від шуму пильного обладнання та спеціальним взуттям.

- Безпечне завантаження колод. Завантаження колод на пильні лінії повинно здійснюватися за допомогою спеціальних механізмів або вручну в спеціально визначених зонах. Потрібно уникати прямого контакту працівників з колодами під час їх завантаження на верстати [38].

- Регулювання швидкості. Швидкість роботи верстатів має відповідати типу колод і вимогам технічного процесу. Надмірна швидкість може призвести до порушень безпеки та скорочення якості роботи.

Організація аварійних ситуацій. У разі аварії на лісопиляльній лінії потрібно діяти згідно з розробленими інструкціями. Ось основні кроки, яких слід дотримуватись [38]:

- при виявленні будь-яких пошкоджень або аварійних ситуацій, першочергово необхідно зупинити роботу верстатів, щоб уникнути подальших ушкоджень або травм;

- у разі необхідності, працівники мають евакуюватися в безпечну зону, заздалегідь позначену відповідними знаками безпеки;

- у разі травм працівників, необхідно забезпечити надання першої медичної допомоги та викликати екстрену медичну допомогу;

- після аварії всі механізми та обладнання повинні бути ретельно перевірені та відремонтовані, якщо це необхідно, перед тим, як вони будуть знову запущені в роботу.

Таким чином, розкрій колод на пиломатеріали є важливим і складним технологічним процесом, який потребує дотримання високих стандартів безпеки для запобігання нещасним випадкам і травмам. Працівники лісопиляльних ділянок повинні бути навченими, мати відповідні засоби захисту та працювати на справному обладнанні.

Забезпечення безпеки на лініях розкрою колод включає в себе як технічні, так і організаційні заходи, серед яких контроль за технічним станом обладнання, організація робочих місць і навчання персоналу. Дотримання всіх стандартів та правил техніки безпеки дозволяє знижувати ризики, підвищувати ефективність виробничих процесів і забезпечити здоров'я та безпеку працівників на лісопиляльній ділянці.

ВИСНОВКИ

Бакалаврська кваліфікаційна робота основана на аналізі технологічних процесів виготовлення пиломатеріалів на ТОВ «МАННАМ». Так, в роботі проведено аналіз складу підприємства та напрямків його діяльності.

Згідно поставлених завдань були зроблені наступні висновки:

1. Проаналізовано стан лісопильної галузі, який показав, що ринок пиломатеріалів в Україні залишається активним і перспективним напрямом деревообробної промисловості. Основними споживачами пиломатеріалів є будівельна галузь, меблева промисловість і виробники транспортної тари. Хоча ринок демонструє позитивну динаміку, особливо в експортному сегменті, він водночас стикається з низкою проблем. Розвиток деревообробних кластерів та адаптація до європейських стандартів якості залишаються ключовими чинниками підвищення конкурентоспроможності української пиломатеріалів на міжнародному рівні.

Таким чином, український ринок пиломатеріалів має значний потенціал для зростання за умови подальших інвестицій у модернізацію обладнання, впровадження сертифікації та налагодження ефективної логістики.

2. Описано напрямки діяльності базового підприємства, а саме: ТОВ «МАННАМ» є стабільним деревообробним підприємством із понад 20-річною історією розвитку та адаптації до ринкових змін. Завдяки раціональній організації виробництва, сучасному технічному оснащенню та зосередженню на масовому виготовленні пиломатеріалів, підприємство забезпечує високий рівень продуктивності та якості продукції. Гнучкість у стратегії розвитку, досвід у суміжних напрямках та прагнення до модернізації створюють передумови для подальшого зміцнення позицій ТОВ «МАННАМ» як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку.

3. Було розроблено постави та виконано розрахунки продуктивності обладнання та корисного виходу пиломатеріалів, було встановлено:

– нормативний вихід необрізних пиломатеріалів, виготовлених на стрічкопилковому верстав типу ПЛП-80М, становить 75,22 %, норма витрат сировини на виготовлення 1 м³ пиломатеріалів складає 1,33;

– нормативний вихід обрізних пиломатеріалів, виготовлених на лісопилній лінії, становить 64,76 %, норма витрат сировини на виготовлення 1 м³ пиломатеріалів складає 1,54.

5. Результати експериментальних досліджень свідчать про наступні показники корисного виходу пиломатеріалів:

- при розпилюванні колод способом «врозвал» – 75,22 % за експериментом, що дещо нижче за теоретичний показник 75,56 %;
- при брусунні – експериментально визначено 65,51 %, тоді як теоретично – 64,76 %.

Таким чином, фактичні значення корисного виходу пиломатеріалів перевищують розрахункові: на 0,75 % при розпилюванні «врозвал» та на 0,34 % при брусунні. Ця відмінність пояснюється тим, що під час теоретичного моделювання складно врахувати всі індивідуальні дефекти деревини, які мають вплив на результат. У реальних умовах певні недоліки сировини можуть бути частково нівельовані, що призводить до трохи вищого виходу готової продукції.

Отже, дослідження підтвердило ефективність організації виробництва на ТОВ «МАННАМ». Підприємство раціонально використовує сировину, а фактичний вихід пиломатеріалів перевищує нормативи. Завдяки поділу потоків, сучасному обладнанню та переробці відходів у паливо досягається стабільна якість продукції. Запропоновані рішення можуть бути корисними для подібних деревообробних підприємств у підвищенні ефективності та зменшенні втрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Що за 5 років дав Україні мораторій на експорт лісу-кругляку. *DW* : веб-сайт. URL: <https://www.dw.com/uk/shcho-za-piat-rokiv-dav-ukraini-moratorii-na-eksport-lisu-kruhliaku/a-55054683> (дата звернення: 10.02.2025).
2. Введено 10-річний мораторій на експорт лісу-кругляка – парламент. *AGROPOLIT* : веб-сайт. URL: <https://agropolit.com/news/129-vvedeno-10-richniy-moratoriyy-na-eksport-lisu-kruglyaka--parlament> (дата звернення: 14.02.2025).
3. Що змінилося після чотирьох років мораторію на експорт лісу-кругляка. *EBA* : веб-сайт. URL: <https://eba.com.ua/shho-zminylosya-na-rynku-pislya-chotyroh-rokiv-moratoriyy-na-eksport-lisu-kruglyaka/> (дата звернення: 15.02.2025).
4. CURRENT CHALLENGES OF SCIENCE AND EDUCATION. веб-сайт. URL: <chrome-extension://efaidnbmnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/05/CURRENT-CHALLENGES-OF-SCIENCE-AND-EDUCATION-6-8.05.24.pdf> (дата звернення: 15.02.2025).
5. Україна: лісова, деревообробна та целюлозно-паперова промисловість. *VUE* : веб-сайт. URL: <https://surl.lu/arhpnb> (дата звернення: 17.03.2025).
6. Пінчевська О.О., Коваль В.С., Сірко З.С., Марченко Н.В. Технологія та обладнання виробництва пилопродукції: монографія. К. : Освіта України, 2013. 648 с.
7. Пінчевська О.О., Марченко Н.В. Теорія і практика лісопиляння: монографія. К. : Освіта України, 2013. 224 с.
8. Коваль В.С., Пінчевська О.О. Виробництво пиломатеріалів. К. : Аграр Медіа Груп, 2011. 184 с.
9. ДСТУ 4020-2-2001 Лісоматеріали круглі та пиляні. Методи обмірювання та визначення об'ємів. Частина 2. Лісоматеріали круглі (pr EN 1309-2:1998). [Чинний від 01.07.01]. Київ, 2001. 70 с. (Інформація та документація).
10. ДСТУ 3071-95. Продукція лісозаготівельної промисловості. Терміни та визначення [Чинний від 01.07.96]. Київ, 2001. 21 с. (Інформація та документація).

11. ДСТУ EN 1315-1-2001. Класифікація за розмірами. Частина 1. Лісоматеріали круглі листяні (EN 1315-1:1997, IDT). [Чинний від 28.12.01]. Київ, 2002. 3 с. (Інформація та документація).
12. ДСТУ EN 1315-2-2001. Класифікація за розмірами. Частина 2. Круглі лісоматеріали хвойних порід (EN 1315-2:1997, IDT). [Чинний від 28.12.01]. Київ, 2002. 3 с. (Інформація та документація).
13. ДСТУ EN 1316-1:2018 (EN 1316-1:2012, IDT) Лісоматеріали круглі листяні. Класифікація за якістю. Частина 1. Дуб та бук. [Чинний від 01.01.2021]. Київ, 2021. 7 с. (Інформація та документація).
14. ДСТУ EN 1316-2:2018 (EN 1316-2:2012, IDT) Лісоматеріали круглі листяні. Класифікація за якістю. Частина 2. Тополя. [Чинний від 01. 01. 21]. Київ, 2021. 7 с. (Інформація та документація).
15. ДСТУ EN 1927-1:2018 (EN 1927-1:2008, IDT) Лісоматеріали круглі хвойні. Класифікація за якістю. Частина 1. Ялина та ялиця. [Чинний від 01.01.21]. Київ, 2021. 7 с. (Інформація та документація).
16. ДСТУ EN 1927-2:2018 (EN 1927-2:2008, EN 1927-2:2008/AC:2009, IDT) Лісоматеріали круглі хвойні. Класифікація за якістю. Частина 2. Сосна. [Чинний від 01.01.21]. Київ, 2021. 5 с. (Інформація та документація).
17. ДСТУ EN 1927-3:2018 (EN 1927-3:2008, IDT) Лісоматеріали круглі хвойні. Класифікація за якістю. Частина 3. Модрина та тис (псевдотсуга Мензіса). [Чинний від 01.01.21]. Київ, 2021. 5 с. (Інформація та документація).
18. ДСТУ 2148-93. Пилопродукція. Терміни та визначення. [Чинний від 01.07.93]. Київ, 1993. 38 с. (Інформація та документація).
19. ДСТУ 4845:2007. Пиломатеріали. Класифікація. [Чинний від 01.01.09]. Київ, 2009.3с.(Інформація та документація).
20. ДСТУ EN 844-3:2004. Лісоматеріали круглі та пиломатеріали. Терміни та визначення понять. Частина 3. Загальні поняття щодо пиломатеріалів. [Чинний від 01.07.2004]. Київ, 2004. 12 с. (Інформація та документація).

21. ДСТУ EN 1313-1:2018. Круглі та пиляні лісоматеріали. Допустимі відхилення та переважаючі типорозміри. Частина 1: Піломатеріали хвойних порід [Чинний від 01.01.2019]. Київ, 2019. 5 с. (Інформація та документація).
22. ДСТУ EN 1313-2:2018. Круглі та пиляні лісоматеріали. Допустимі відхилення та переважаючі типорозміри. Частина 1: Піломатеріали твердолистяних порід. [Чинний від 01.01.2019]. Київ, 2019. 7 с. (Інформація та документація).
23. ДСТУ EN 1309-1-2001. Лісоматеріали круглі та пиляні. Метод вимірювання розмірів. Частина 1. Піломатеріали (EN 1309-1:1997, IDT). [Чинний від 01.01.2001]. Київ, 2001. 10 с. (Інформація та документація).
24. ДСТУ EN 975-1:2001. Піломатеріали. Сортування листяної деревини за зовнішнім виглядом. Частина 1. Дуб і бук. [Чинний від 01.01.2003]. Київ, 2002. 20 с. (Інформація та документація).
25. ДСТУ 2034-92. ДСТУ 2034-92. Відходи деревинні. Загальні технічні умови. [Чинний від 01.07.1993]. Київ, 1995. 3 с. (Інформація та документація).
26. Оpendатабот. Витяг про ТОВ «МАННАМ» (ЄДРПОУ 32838307). : веб-сайт. URL: <https://opendatabot.ua/c/32838307> (дата звернення: 10.03.2025).
27. Мазурчук С.М. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологія лісопиляльно-деревообробних виробництв» для студентів навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства зі спеціальності 187 – Деревообробні та меблеві технології. К. : Видавничий центр НУБіП України, 2022. 53 с.
28. Коваль В.С., Пінчевська О.О. Складання та розрахунок поставів для виробництва піломатеріалів. К. : Аграр Медіа Груп, 2010. 100 с.
29. Носовський Т.А., Мацюк Р.І., Маслій В.В. Технологія лісопильно-деревообробних виробництв: навч. посібник. К. : НМК ВО, 1993. 196 с.
30. Науково-методичні рекомендації з нормування витрат сировини у виробництві піломатеріалів та заготовок. К. : НУБіП України, 2019. 36 с.

31. Пилорама Фермер ПЛП-80М: технічні характеристики та ціна. *MPSR* : веб-сайт. URL: <https://mpsr.com.ua/ua/p2244120132-pilorama-fermer-plp.html> (дата звернення: 13.04.2025).
32. Брусувальні дворівневі верстати – ТОВ «Ківерцілісмаш». *КІВЕРЦІЛІСМАШ* : веб-сайт. URL: <https://www.lismash.com.ua/brusuvalni-dvorivnevi/> (дата звернення: 19.04.2025).
33. Верстати моделі ВД-150 – ТОВ «Ківерцілісмаш». : веб-сайт. URL: <https://www.lismash.com.ua/verstaty-modeli-vd-150/> (дата звернення: 19.04.2025).
34. Обрізні верстати ПО-6М – ТОВ «Ківерцілісмаш». *КІВЕРЦІЛІСМАШ*: веб-сайт. URL: <https://www.lismash.com.ua/obrizni-robm/> (дата звернення: 19.04.2025).
35. Зберігання пиломатеріалів: як це робити правильно?. *РЕМХАУС* : веб-сайт. URL: <https://remhouse.info/1931-zberihannia-pylomaterialiv-iaak-tse-robyty-pravyлно.html> (дата звернення: 19.04.2025).
36. Штангенциркуль 300 мм – Вимірювальний інструмент. *RELOADER*: веб-сайт. URL: <https://reloader.com.ua/shtangencirkul-mitutoyo-digimatic-caliper> (дата звернення: 12.05.2025).
37. Рулетки вимірювальні. *STANDART-M* : веб-сайт. URL: <http://standart-m.com.ua/izmeritelnyj-instrument/ruletki-izmeritelnye?mova=uk> (дата звернення: 12.05.2025).
38. Апостолюк С.О. та інші. Охорона праці в деревообробній промисловості. Видавництво «Основа», 2003. 488 с.