

Згідно з формою №Н-9.01
Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року №384

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут деревообробних технологій і дизайну
Кафедра технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів

Пояснювальна записка
до дипломної роботи магістра на тему
**Порівняльний аналіз технологічних процесів виготовлення
палетних заготовок**

Виконав: студент групи ТД-61м
спеціальності 187 Деревообробні та меблеві
технології
спеціалізації «Технології деревообробки»
Хандучка Р.О.

Керівник: к.т.н., доц. Ференц О.Б.

Рецензент: _____

(прізвище та ініціали)

Львів – 2023

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 15.09.22р.

Керівник проекту _____
(підпис)

Ференц О.Б.
(прізвище, ініціали)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи магістра	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Загальний розділ	09.2022	
	Теоретичні та технологічні розрахунки	10.2022	
	Методика експериментальних досліджень	11.2022	
	Результати експериментальних досліджень	11-12.2022	
	Висновки та рекомендації	12.2022	
	Оформлення ПЗ	12.2022	
	Презентація, відгук	01.2023	

Студент _____ Хандучка Р.О.
(підпис)

Керівник роботи _____ Ференц О.Б.
(підпис)

РЕФЕРАТ

Звіт про МР: 55 с.; 5 табл.; 17 рис.; 14 джерел.

Об'єкт дослідження. Сировина хвойних порід, пиломатеріали обрізні та необрізні, піддон плоский із масивної деревини, технологічні процеси та обладнання для її виготовлення, розмірно-якісні характеристики пиломатеріалів та заготовок; вихід заготовок; баланс сировини; науково обґрунтовані нормативи витрати деревини.

Мета роботи. Дослідити вплив розмірно-якісних характеристик лісоматеріалів на вихід пиломатеріалів, заготовок та деталей. Оптимізувати технологічні процеси та науково обґрунтовані коефіцієнти витрат деревини у виробництві піддонів плоских із масивної деревини, які забезпечать раціональне та економне використання деревини з врахуванням породного і розмірно-якісного складу сировини та проведення єдиної технологічної політики в деревообробній галузі.

Метод досліджень. Теоретичні та експериментальні дослідження об'ємного виходу, статистичний аналіз експериментальних даних.

Отримані результати і їх новизна. Розроблені графіки з визначення виходу заготовок в залежності від розмірно-якісних характеристик лісоматеріалів та науково обґрунтований баланс деревини хвойних порід у виробництві сучасних європіддонів плоских із масивної деревини.

Розглянуто та запропоновано технологічні рекомендації з виготовлення сучасних видів європіддонів плоских із масивної деревини та види обладнання.

Запропоновано технологічні рекомендації та заходи з економії сировини у виробництві європіддонів плоских із масивної деревини.

СИРОВИНА, РОЗПИЛЮВАННЯ, ПИЛОМАТЕРІАЛИ, ЗАГОТОВКИ,
ВИРОБНИЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИХІД, БАЛАНС СИРОВИНИ,
ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ, ОБЛІК, ВИСНОВКИ

RAW MATERIALS, SPRAYING, LUMBER, BILLS, PRODUCTION RESEARCH,
YIELD, BALANCE OF RAW MATERIALS, TECHNOLOGICAL
RECOMMENDATIONS, ACCOUNTING, CONCLUSIONS

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТАРА ДЛЯ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ.....	7
1.1. Класифікація та конструкції плоских піддонів.....	7
1.2. Технічне виконання плоского піддону.....	14
1.3. Особливості виробництва піддонів за ISO445-2020.....	16
1.4. Висновки та задачі дослідження.....	17
2. МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	19
2.1. Джерела утворення відходів у виробництві.....	19
2.2. Нормативи утворення відходів і втрат. Баланс сировини.....	19
2.3. Статистична обробка експериментальних даних.....	23
3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	26
3.1. Результати контрольно-дослідного пиляння лісоматеріалів круглих з деревини сосни на обрізні пиломатеріали та заготовки для виготовлення піддонів.....	26
3.2. Баланс сировини.....	46
3.3. Аналіз технологічного процесу виготовлення піддонів плоских дерев'яних.....	51
ВИСНОВКИ.....	55
ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА.....	56

ВСТУП

Тарне виробництво є одним із найбільших споживачів лісоматеріалів. У зв'язку із збільшенням об'ємів випуску та використання тари із гофрованого картону, полімерних матеріалів, розширенням контейнерних та пакетних безтарних перевезень продукції за минулі роки споживання деревних матеріалів у виробництві дерев'яної тари скоротилось, проте питома вага дерев'яної тари в тарному балансі і в подальшому складає біля 50%. Дерев'яна ящикова тара за ефективністю її виробництва та використання поступається транспортній тарі із паперу, картону, полімерних матеріалів, термоплівці та інших синтетичних матеріалів. Проте при випуску великого асортименту продукції, які транспортуються на великі віддалі та є великотонажними у міцній упаковці дерев'яна тара залишається просто необхідною.

Технічний рівень тарного виробництва сьогодні ще невисокий. Основні напрямки технічного переозброєння тарних підприємств і цехів, нові види обладнання та раціональні технологічні процеси на базі цього обладнання з належними техніко економічними показниками і є предметом підвищення ефективності роботи даного напрямку. При підвищенні технічного рівня та ефективності тарного виробництва, а також зниження витрати матеріалів для тари важливе вирішення питання вибору оптимальної конструкції тари, її технологічності, уніфікації та стандартизації.

У відповідності з прийнятою термінологією тара – це елемент упаковки, що являє собою виріб для розміщення вантажу. За призначенням тара поділяється на споживчу і транспортну. Транспортна тара – це тара, що утворює самостійну транспортну одиницю (ящики, бочки, барабани, бідони тощо). В роботі розглядаються вузькі питання з технології виготовлення транспортної тари – піддони (палети) для завантажувально-розвантажувальних операцій при транспортуванні та обробці вантажів.

1. ТАРА ДЛЯ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

1.1.Класифікація та конструкції плоских піддонів

Піддон – це зібрана багатооборотна тара, яку використовують для комплектації вантажів, складання, перевезення та їх зберігання. Або піддон - це жорстка горизонтальна платформа мінімальної висоти, є транспортною упаковкою, використовується при обробці вантажів з допомогою вилкових візків або автонавантажувача. Конструкція піддона не залежить від габаритів і має модульний принцип побудови. Він складається з нижніх дощок (заготовок), поперечних брусків (шашок), які скріплюють піддон і дають змогу вводити в нього вила навантажувальної техніки, і поперечних дощок, на які кріплять настил. Безпосередньо на настил укладають вантаж. Залежно від видів піддона дошки настилу можуть відрізнятися за товщиною й шириною. Різною може бути й їхня кількість, але загалом конструкція піддона створена таким чином, щоб вилкові навантажувачі могли захопити його з будь-якого боку.

Плоскі піддони для завантажувально-розвантажувальних операцій поділяються:

Піддон з верхнім настилем без надбудови:

Однонастильний піддон, де площа нижньої поверхні менша від несучої верхньої поверхні (ISO 4445), рис.1.1.

Піддон – платформа (сстелаж): платформа з двома поперечними опорами або чотирма опорними ніжками, рис.1.2.

Двонастильний піддон: плоский піддон з верхнім та нижнім настилем, рис.1.3.

Двосторонній піддон: двонастильний піддон, в якому верхній і нижній настили можуть витримувати однакове корисне навантаження в якості опорної поверхні для розміщення вантажу.

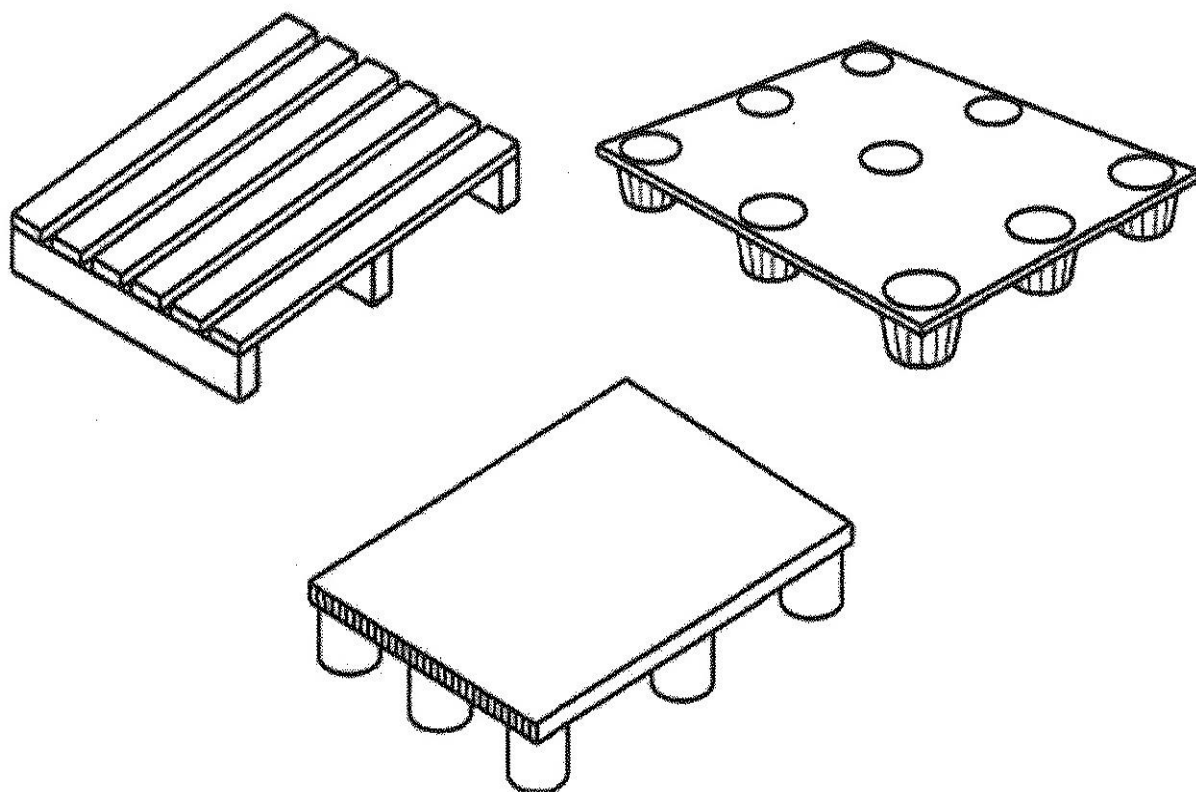


Рис.1.1. Однонастильні піддони

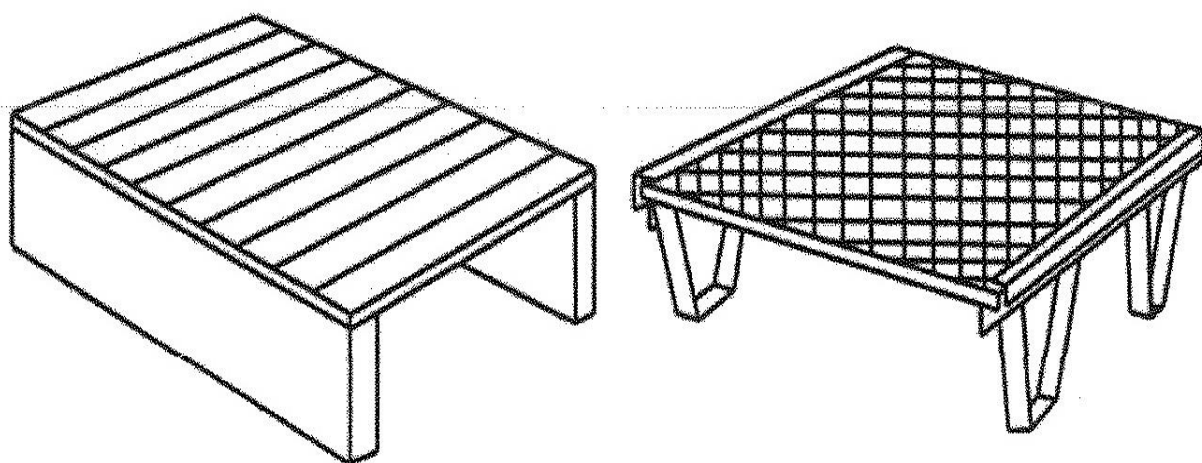


Рис. 1.2. Стелажі

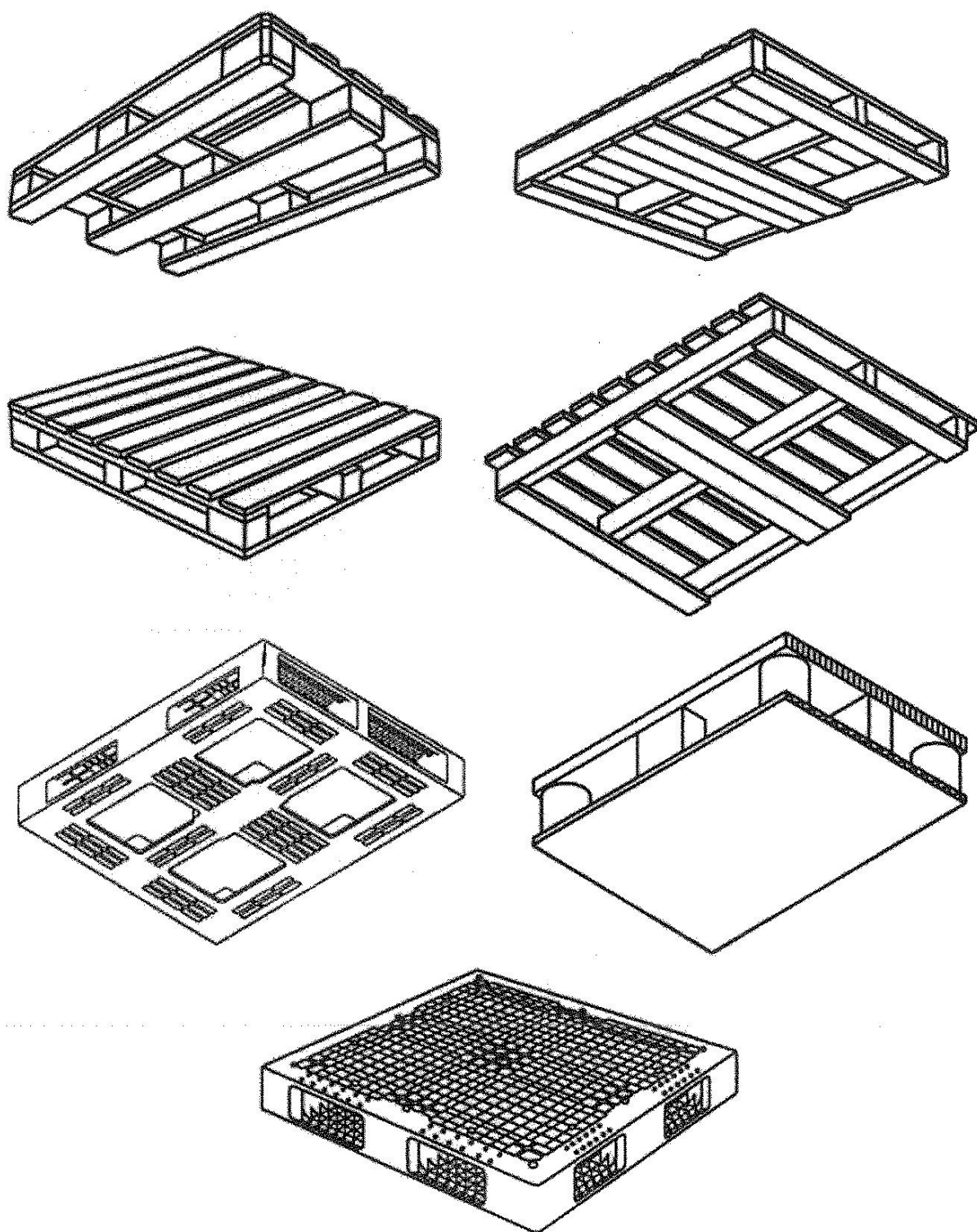
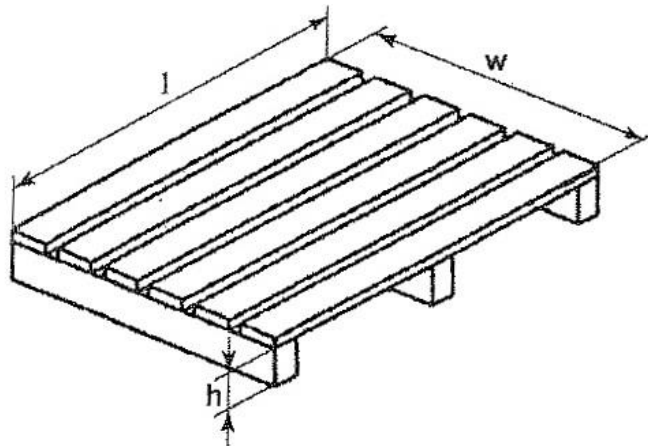


Рис.1.3. Двонастильні піддони

Двозахідний однонастильний та двонастильний піддон: плоский піддон, конструкція якого забезпечує можливість вводу вилкового захвату автотранспорту тільки з двох протилежних сторін, рис.1.4.

Чотиризахідний піддон: плоский піддон, конструкція якого забезпечує можливість вводу вилкового захвату автотранспорту з будь-якої із чотирьох сторін, рис.1.5.

П2 – однонастильний двозахідний



2П2 – двонастильний двозахідний

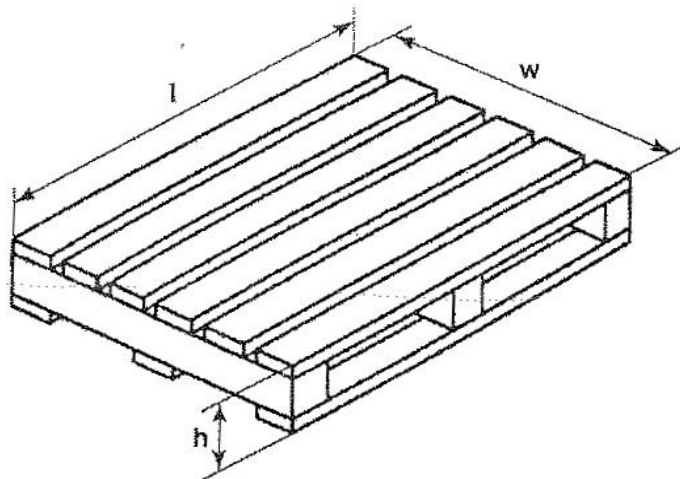
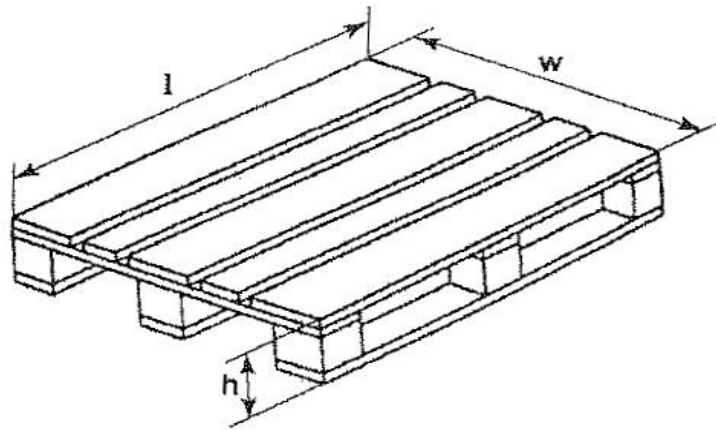


Рис.1.4. Однонастильний та двонастильний двозахідний піддон

П4 – Однонастильний чотиризахідний



2П4 – двонастильний чотиризахідний

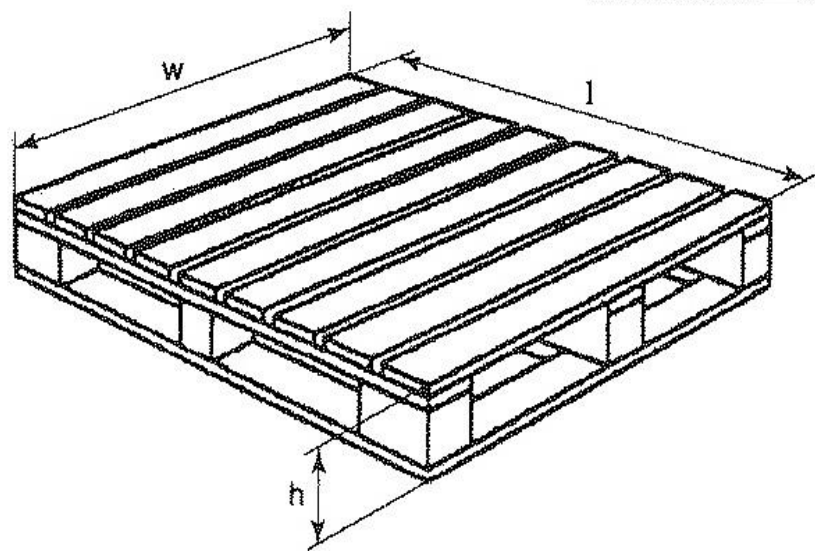


Рис.1.5. Однонастильний та двонастильний чотиризахідний піддон

Зміцнений піддон: плоский піддон, деталі нижнього настилу зміцнюються доповнюючими деталями.

Піддони із надбудовами: піддони зі стійками; стійково-складальні; стійково-розбірні; ящикові піддони; піддони з надбудовами та ін., рис. 1.6.

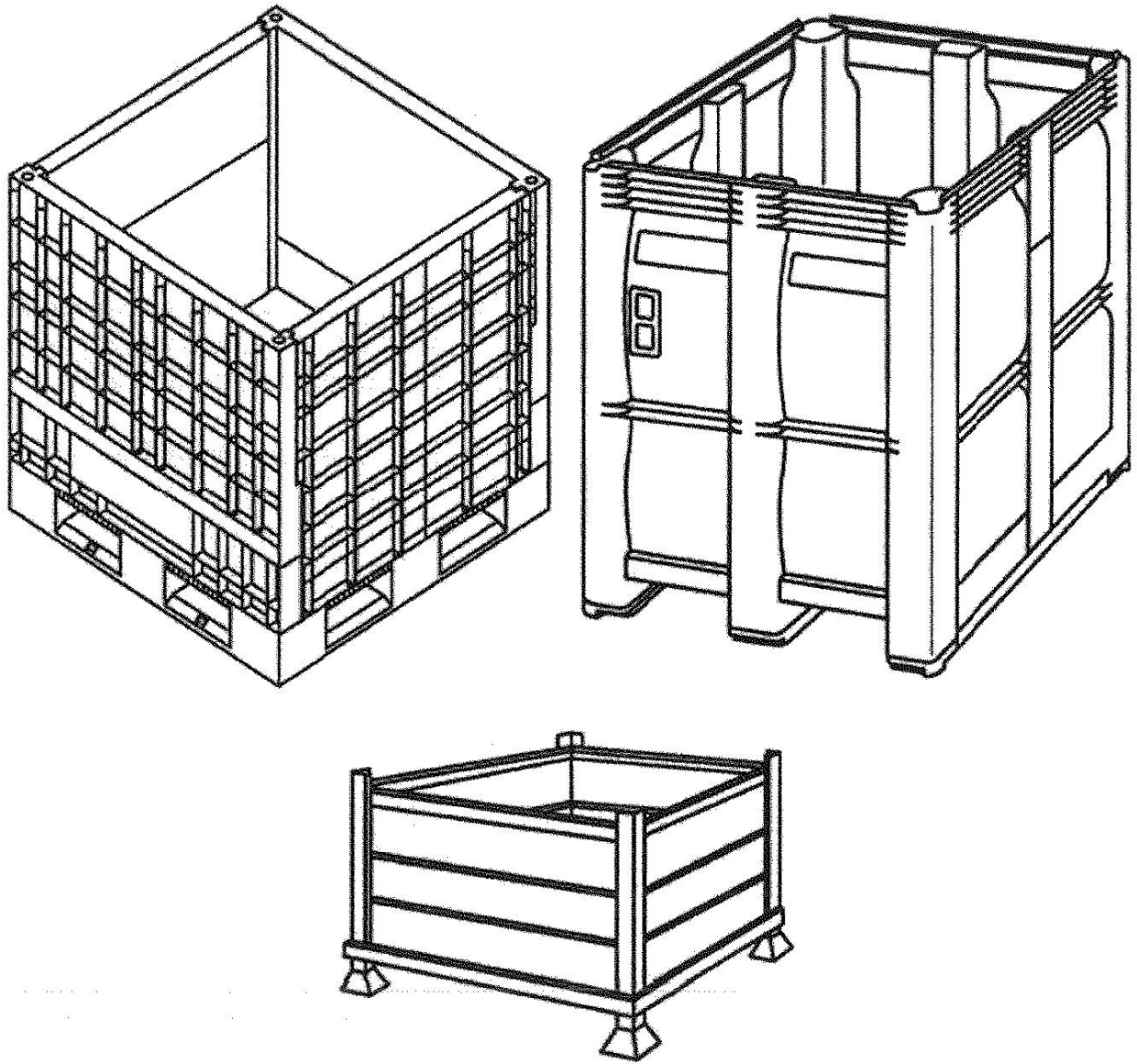
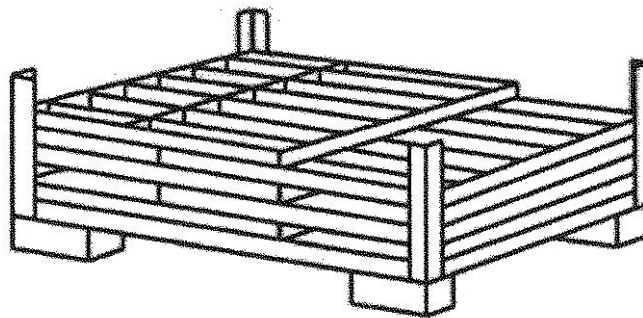


Рис.1.6. Ящикові піддони

Складний сітчатий



Розбірний сітчатий

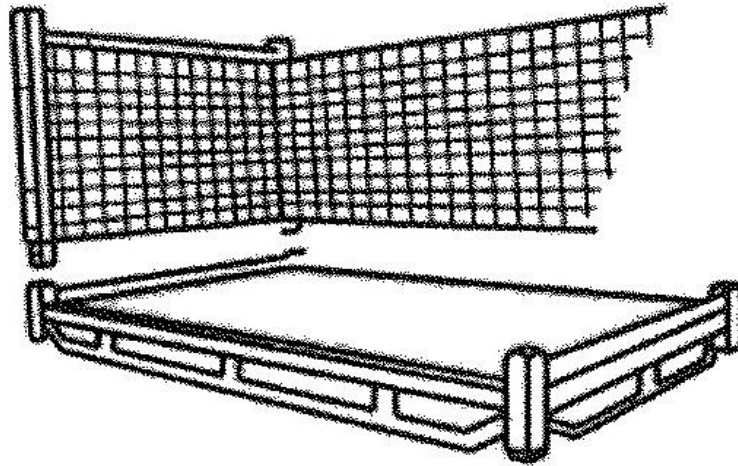


Рис.1.7. Розбірні ящикові піддони

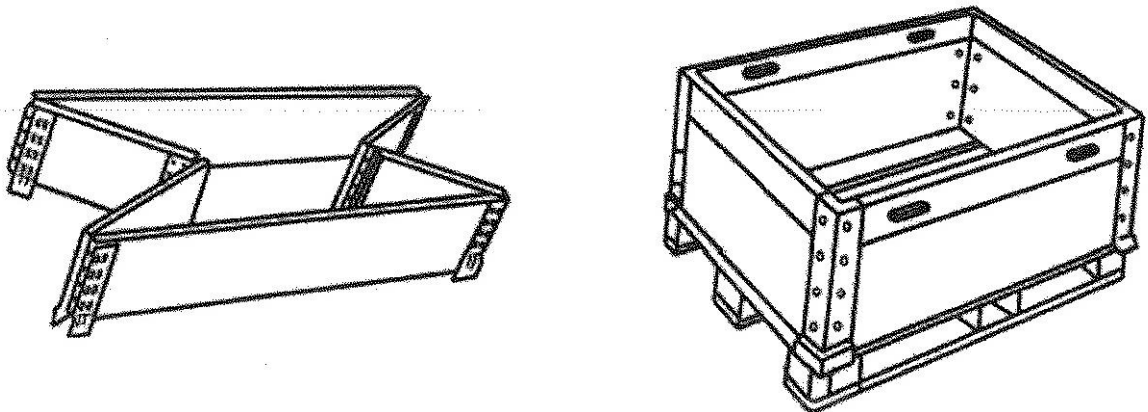


Рис.1.8. Надбудови піддонів, знімаючі бортики

Основні приклади типів піддонів:

- П2 - однонастилові двохзахідні (800x1200; 1000x1200);
- П2 - однонастилові чотирьохзахідні (800x1200; 1000x1200);
- 2П4 - двонастилові чотирьохзахідні (800x1200; 1000x1200);

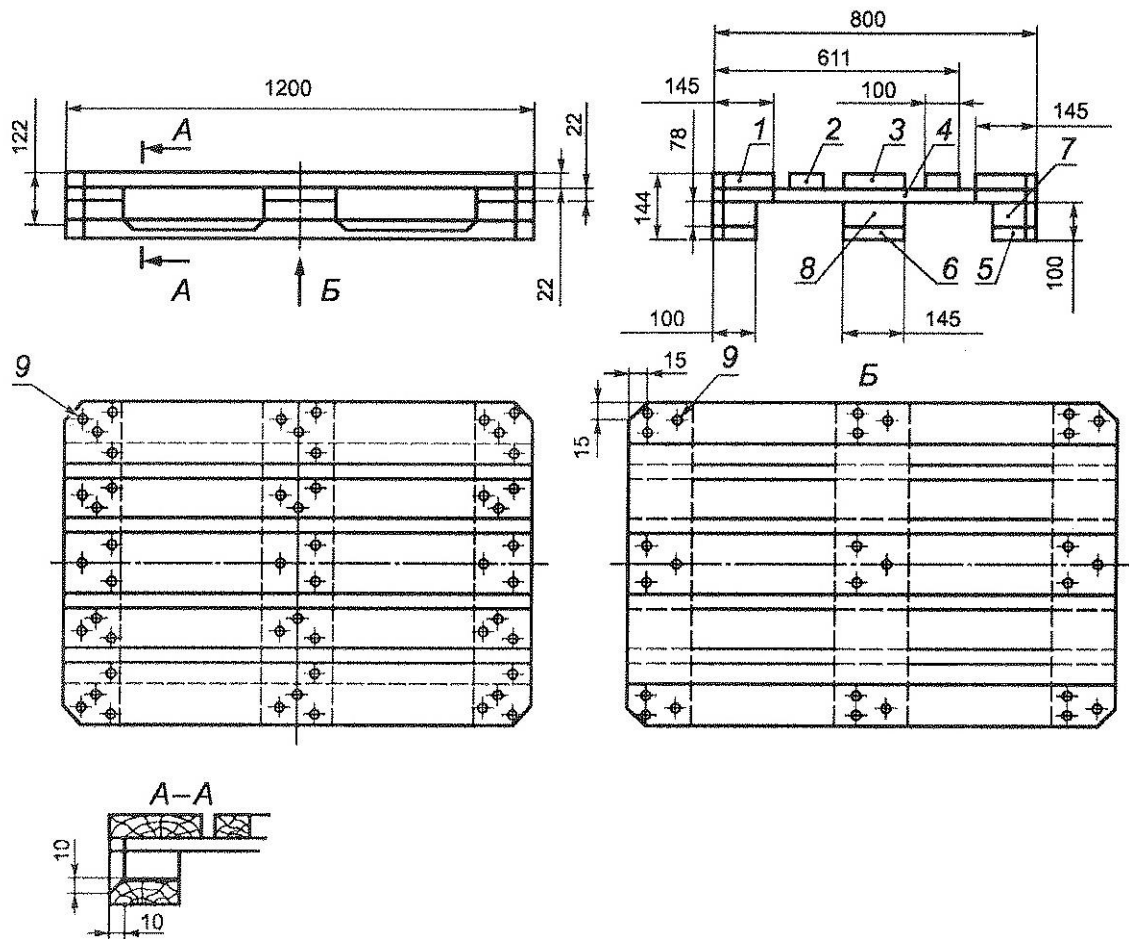


Рис.1.9. Піддон 2Р4, умовні позначення деталей піддону:

1-крайня дошка настилу; 2-проміжкова дошка настилу; 3- середня дошка настилу; 4-поперечна дошка; 5-крайня дошка основи; 6-середня дошка основи; 7-мала шашка; 8-велика шашка; 9-кріпильні елементи (цвяхи).

- 2ПО4 - двонастилові двохзахідні (з вікнами в нижньому настилі), (800x1200; 1000x1200);
- 2ПВ2 - двонастилові двозахідні з виступами (800x1200; 1000x1200);
- 2ПВ2 – двонастилові двозахідні з виступами (1200x1600; 1200x1800);

1.2. Технічне виконання плоского піддону

Розмір піддону (EUR) базується на міжнародному стандартному пакувальному модулі розміром 400 мм на 600 мм. Виробничі допуски враховують природні властивості деревини, яка при всиханні дає усадку.

Піддони залежно від їх якісного стану поділяються:

- вищий сорт – це практично нові (білі), міцні піддони, без тріщин і відколів, і використовувалися не більше трьох разів;
- перший сорт – б/в піддони в гарному стані, без сколів та тріщин і не піддавалися ремонту;
- другий сорт – піддони мають потемніння деревини і невеликі забруднення, допускаються незначні сколи та тріщини (не більше 30 см в довжину і 3 см в ширину) , частина з них може бути після ремонту.

Для контролю на піддони наносять спеціальні клейма. Це можуть роботи як вручну, так і на спеціалізованому обладнанні. До речі, обладнання для нанесення клейм (маркування) є в складі більшості автоматизованих ліній. Якщо піддон виготовлено в Європі, то на ньому завжди є два клейма – EUR і EPAL.

Мітка EUR означає його «європриналежність». Інше клеймо – EPAL – свідчить про те, що піддон зроблений з дотриманням вимог Європейської палетної асоціації (у палетному бізнесі це щось на зразок ISO 9001), організації, що перевіряє європейські виробництва та формулює вимоги, яким вони повинні відповідати. Тож наявність на піддоні такої мітки свідчить про те, що він складений з дотриманням технології і відповідає певному стандарту якості, а саме виробництво функціонує з дотриманням усіх вимог – аж до вимоги про наявність спеціальних зон паління для працівників.

На центральній шапці (бруску) піддона ставлять ще одне клеймо, яке отримало серед виробників назву «колосок». Його наявність означає, що піддон пройшов фітосанітарну обробку відповідно до стандарту ISPM. На цьому клеймі зазначають партію, метод обробки та країну-виробника. На піддоні, випущеному в Європі, також вказують номер партії й рік виробництва [1].

Технічні вимоги до піддонів:

1. Піддони повинні виготовлятися відповідно до вимог даного стандарту за робочими кресленнями, затвердженими у встановленому порядку.
2. Дерев'яні деталі повинні виготовлятися з обрізних дощок і брусків не нижче 2-го сорту з номінальними розмірами поперечних перерізів 22-40x100-150 і 100-150x100-150 мм .

3. Матеріал щільністю не більше 650 кг/м^3 ; хвойні породи за ДСТУ або (при забезпеченні міцності піддонів згідно вимогам) і м'які листяні породи .
4. На зовнішніх ребрах крайніх дощок обзол не допускається.
5. Дощки настилів і бруски повинні бути зафіксовані при складанні, щоб не було зсуву більше допуску.
6. Не допускається: гниль (цвіль, грибок, суха гниль), наявність кори, активне ураження шкідниками, сучки розмірами більше $1/3$ ширини дошки, забарвлення, спричинене неякісними умовами сушіння.
7. Для випробування міцності вміст вологи в деревині має бути 20%.
8. Деталі піддону слід скріплювати цвяхами та дротяними скобами.
9. Необхідно перевіряти міцність піддону: випробування піддону на кутову грань; виявлення тягової сили на стійкість до розірвання швів.
10. Середній термін служби піддонів до списання – 2-3 роки [6].

Власна вага піддону становить не більше 70 кг.

1.3. Особливості виробництва підонів за ISO 445-2020

Цей стандарт поширюється на плоскі піддони. Наведемо приклад двозахідного дерев'яного піддону типу 2ПВ2 розміром 1600×1200 мм , що призначений для зберігання, механізованого переміщення штучних вантажів і перевезень їх водним транспортом, залізничним транспортом та автомобільним транспортом всередині країни та за її межами.

Піддон складається з дванадцяти настилевих дощок та трьох поперечних брусків. Ці піддони мають порівняно більшу масу і вартість від інших, однак володіють більшою міцністю і довговічністю.

Розміри піддону стандартизовані з розмірами транспортних засобів, рис.1.10.

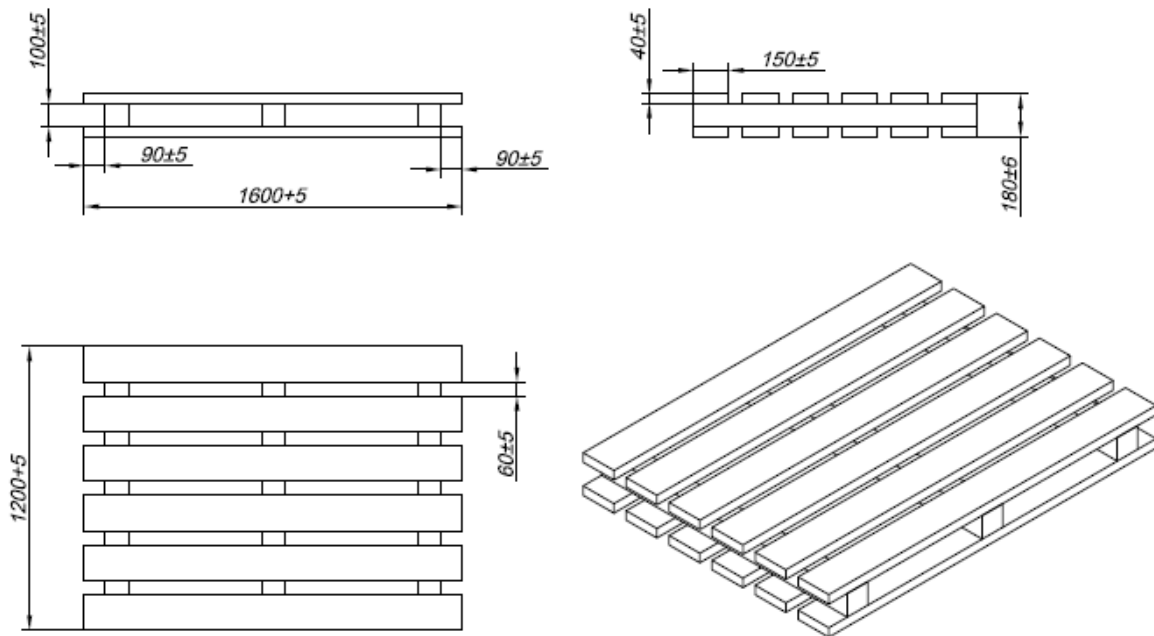


Рис.1.10. Геометричні характеристики піддону двонастилового двозахідного з виступами.

Основні вимоги:

Довжина	1600 мм
Ширина	1200 мм
Товщина дошки	22-40 мм
Ширина настильової дошки	100-150 мм
Товщина бруска.....	100 мм
Ширина бруска	100-150 мм

1.4. Висновки та задачі дослідження

1.Вирішення проблеми раціонального використання деревини в умовах підприємства є надзвичайно актуальною виробничою задачею.

2.На якість лісоматеріалів і пилопродукції істотній вплив мають порода деревини, умови та регіони проростання, вік деревини, вади та інші ознаки.

3.Сировиною у виробництві європіддонів плоских із масивної деревини є лісоматеріали у вигляді пиловочника, дровяна сировина за ДСТУ EN 1927-2: 2018, ДСТУ EN 1315-1: 2001, ДСТУ EN 12249:2014, ТУ У 16.1-00994207-005:2018, пиломатеріали, заготовки, обапіл, горбиль і шпали за ДСТУ та ТУ У.

4. Вимоги до пиломатеріалів та заготовок, що призначені для європіддонів плоских із масивної деревини та будівництва, погоджуються з вимогами

стандартів на деталі і вироби для будівництва: ТУ У 16.1-00994207-003:2018, ДСТУ 4845:2007, ДСТУ EN 336:2003 та ТУ У 16.1-00994207-006:2018.

Основні задачі дослідження магістерської роботи:

1.Оцінка розмірних та якісних особливостей хвойних та листяних лісоматеріалів які рекомендуються для виготовлення європіддонів плоских із масивної деревини .

2.Теоретична оцінка чинників, що впливають на вихід заготовок європіддонів плоских із масивної деревини із розробленням пропозицій щодо зменшення кількості відходів.

3.Розроблення балансу сировини з витрати лісоматеріалів на заготовки європіддонів плоских із масиву.

4.Розроблення нормативних показників витрати заготовок європіддонів плоских із масивної деревини

5.Розроблення технологічних рекомендацій з виготовлення сучасних європіддонів плоских із масивної деревини.

2.МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Джерела утворення відходів у виробництві

Відходи деревини виникають на всіх етапах заготівлі, перероблення й використання лісоматеріалів, а також споживання готової продукції. Вибрати оптимальні шляхи переробки відходів на продукцію можна тільки після того, як будуть встановлені їх види, розміри і об'єми; для цього треба розробити уточнений баланс деревини й склад його компонентів: продукції, відходів і втрат.

2.2. Нормативи утворення відходів і втрат. Баланс сировини.

Об'єми відходів і втрат деревини в процесі виробництва пиломатеріалів та заготовок (деталей) залежать від кількості деревини, що входить до складу продукції, яка виготовляється, а отже, можуть змінюватися у певних межах. До факторів, які визначають вихід пилопродукції відносяться розмірний, якісний і породний склад сировини, специфікація, призначення і характер оброблення пиломатеріалів та заготовок, технологія їх виробництва, стан техніки і ріжучого інструмента та ін.

Нормативний вихід пиломатеріалу залежно від всіх перерахованих факторів визначається розрахунковим шляхом або за даними досліджень.

У загальному вигляді баланс деревини можна представити в наступному вигляді:

$$P_c = Q_n + V_v + V_{vm} \text{ м}^3, \quad (2.1)$$

де P_c – об'єм сировини, м^3 ;

Q_n – об'єм продукції, м^3 ;

V_v – об'єм відходів, м^3 ;

V_{vm} – об'єм втрат деревини, м^3 .

Основний показник використання сировини – об'ємний вихід продукції (A_n) визначається за формулою

$$A_n = \frac{Q_n}{P_c} \cdot 100 \%. \quad (2.2)$$

При розкрязуванні хлестів баланс деревини можна представити формулою:

$$P_{хл} = P_{кол} + V_{к.в} + V_m \text{ м}^3, \quad (2.3)$$

де $P_{хл}$ – об'єм хлеста (визначають за таблицями ГОСТ 2708), м³;

$P_{кол}$ – об'єм всіх, отриманих при розкрязуванні специфікаційних колод, м³;

$V_{к.в}$ – об'єм кускових відходів (відкомльовок і козирків);

$$V_{к.в} = P_{хл} - P_{кол} - V_m \text{ м}^3, \quad (2.4)$$

V_m – об'єм тирси, м³,

$$V_m = \sum_{i=1}^i \frac{\pi \cdot d_i^2 \cdot e}{4} \text{ м}^3, \quad (2.5)$$

де d_i – діаметр колоди в місці пропилю при розкрязуванні, м;

e – ширина пропилю (залежить від прийнятого розкрязувального пристрою), м.

При розпилюванні колод на пиломатеріали баланс деревини можна записати у вигляді:

$$P_{кол} = Q_n + V_в + V_{вт} \text{ м}^3, \quad (2.6)$$

де $P_{кол}$ – об'єм розпиляної сировини, м³;

Q_n – об'єм отриманих пиломатеріалів, м³;

$V_в$ – об'єм відходів (вторинної сировини), м³;

$V_{вт}$ – об'єм втрат, м³.

Загальна кількість відходів ($V_в$) при виробництві пиломатеріалів визначається за формулою:

$$V_в = V_г + V_p + V_{від} + V_m \text{ м}^3, \quad (2.7)$$

де $V_г$ – об'єм горбилів, м³;

V_p – об'єм рейок, м³;

$V_{від}$ – об'єм торцевих відрізків і дефектних місць, м³.

Втрати деревини ($V_{вт}$) складаються з припусків на всихання й розпил:

$$V_{вт} = V_{вс} + V_{роз}, \text{ м}^3. \quad (2.8)$$

Об'єм горбилів можна визначити за формулою:

$$V_2 = \frac{2}{3} \cdot b_2 \cdot h_2 \cdot l_2 \cdot n_2 \text{ м}^3, \quad (2.9)$$

де b_2 – ширина пласті горбиля посередині його довжини, м;

h_2 – товщина горбиля посередині його довжини, м;

l_2 – довжина горбиля, м;

n_2 – кількість однакових горбилів, отриманих з однієї колоди, шт.

$$P_2 = \frac{V_2}{\Pi_{кол}} \cdot 100 \%; \quad (2.10)$$

де P_2 – об'ємний вихід горбилів, %;

$\Pi_{кол}$ – об'єм колоди, м³.

Якщо прийняти (за формулою Губера) об'єм колоди

$$\Pi_{кол} = \frac{\pi \cdot d_{сер}^2 \cdot l}{4} \text{ м}^3, \quad (2.11)$$

де $d_{сер}$ – діаметр колоди на середині її довжини, м, то отримаємо об'ємний вихід горбилів в % від об'єму колоди:

а) при розпилюванні врозвал:

$$P'_2 = 170 \cdot \frac{b_2 \cdot h_2 \cdot l_2}{d_{сер}^2 \cdot l} \%; \quad (2.12)$$

б) при розпилюванні з брусовкою:

$$P''_z = 340 \cdot \frac{b_z \cdot h_z \cdot l_z}{d_{cep}^2 \cdot l} \% \quad (2.13)$$

Треба пам'ятати, що заболонна частина колоди, яка попадає в горбиль, має високоякісну деревину і це треба враховувати при виборі напрямків використання цих відходів.

Об'єм рейок. Для спрощеного визначення відсотка відходів деревини в рейку приймаємо площу поперечного перетину рейки за трапецію. Тоді площа поперечного перетину двох рейок, отриманих з необрізаної дошки:

$$S_p = (a+c) \cdot h \text{ м}^2; \quad (2.14)$$

об'єм двох рейок:

$$q_p = (a+c) \cdot h \cdot l_p \text{ м}^3, \quad (2.15)$$

де a і c – ширина, відповідно, вузької й широкої пластей рейки посередині її довжини, м;

h – товщина рейки (відповідає товщині дошки), м;

l_p – довжина рейки, м.

Відходи деревини в рейку (P_p) у відсотках від об'єму колоди:

$$P_p = \frac{1,31 \cdot (a+c) \cdot h \cdot l_p}{d_{cep}^2 \cdot l} \cdot 100 \% \quad (2.16)$$

Відходи деревини в торцьові і дефектні відрізки приймаються в середньому 2...3% від об'єму розпиляної сировини.

Відходи деревини в тирсу:

а) при розпилюванні колоди врозвал:

$$V_{m.p} = 0,73 \cdot d_{cep} \cdot Z \cdot l \cdot e \text{ м}^3; \quad (2.17)$$

б) при розпилюванні колоди з брусовкою:

$$V_{m.\bar{o}} = V'_{m.\bar{o}} + V''_{m.\bar{o}} \text{ м}^3, \quad (2.18)$$

$$V'_{m.б} = 0,63 \cdot d_{сеп} \cdot Z \cdot l \cdot e \text{ м}^3, \quad (2.19)$$

$$V''_{m.б} = 0,95 \cdot h_p \cdot Z \cdot l \cdot e \text{ м}^3, \quad (2.20)$$

де Z – кількість пил в поставі;

e – ширина пропилу, м;

$V'_{m.б}, V''_{m.б}$ – об'єм тирси при розпилюванні колоди з брусовкою, відповідно, на першому і другому проході, м³;

$h_б$ – товщина бруса, м.

в) при обрізанні (розкрій) дощок на обрізному (прирізному) верстаті:

$$V_{m.o} = a \cdot l_д \cdot Z \cdot e' \cdot n_д \text{ м}^3, \quad (2.21)$$

де a – середня товщина дощок, м;

$l_д$ – середня довжина дощок, м;

Z – кількість пил в обрізному верстаті;

e' – ширина пропилу, м;

$n_д$ – кількість дощок з однієї колоди, шт.

$$P_{m.p} = \frac{0,73 \cdot d_{сеп} \cdot Z \cdot l \cdot e}{V_{кол}} \cdot 100 \%, \quad (2.22)$$

$$P_{m.б} = \frac{V'_{m.б} + V''_{m.б}}{V_{кол}} \cdot 100 \%, \quad (2.23)$$

$$P_{m.o} = \frac{V_{m.o}}{V_{кол}} \cdot 100 \%, \quad (2.24)$$

Нормативи утворення тирси визначені шляхом порівняння теоретичного розрахунку і результатів дослідних розпилювань.

2.3. Статистична обробка експериментальних даних

При обробці експериментальних даних для кожного досліду вираховували статистичні оцінки: середнє арифметичне \bar{Y} , дисперсію S^2 , середнє квадратичне

відхилення S , варіаційний коефіцієнт V , середню помилку досліду $S\bar{Y}$, показник точності P .

Для виявлення грубих вимірів результати мали у вигляді варіаційного ряду. Сумнівні результати спостережень перевіряли на сумісність зі всією рештою вибіркою. Для їх виявлення використовували t -критерій Стьюдента. У цьому випадку сумнівні результати y_i тимчасово виключали з вибірки, а за рештою даними розраховували середнє арифметичне \bar{Y} і оцінку дисперсії S^2 . Далі обчислювали розрахункову величину t -критерію за формулою

$$t_{розр} \frac{|y_i - \bar{y}|}{S}, \quad (2.25)$$

З таблиць розподілу Стьюдента за обраним рівнем значущості q і числу ступенів свободи f , пов'язаному з дисперсією S^2 , знаходили табличні значення t -критерію. Якщо $t_{розр} > t_{табл}$, то підозрювані результати були промахом і виключалися з вибірки.

При виявленні і відкиданні грубих вимірів статистичні оцінки досліду перераховували.

$$S^2\{\bar{y}\} = \sum_{j=1}^N S_j^2 / N, \quad (2.26)$$

$$S_j^2 = \sum_{u=1}^n S_j^2 (y_{ju} - \bar{y}_j)^2 / (n-1), \quad (2.27)$$

$$j=1, 2 \dots N$$

де \bar{y}_j - середнє по серії дубльованих дослідів;

y_{ju} - результати дослідів i -ої серії;

S_j^2 - дисперсія j -го дослідів;

N - число запланованих дослідів;

n - кількість дублювань в досліді.

Статистичний аналіз рівнянь регресії починали з відшукування дисперсій коефіцієнтів регресії згідно формули

$$S^2\{b_i\} = S^2\{y\} / nN, \quad (2.28)$$

Перевірку значущості коефіцієнтів рівняння регресії проводили по t -критерію Стьюдента. Для кожного коефіцієнта регресії відшукується t -відношення.

$$t_i = \frac{|b_i|}{S\{b_i\}}, \quad (2.29)$$

де

b_i – коефіцієнти рівняння регресії.

Адекватність рівняння регресії перевіряли по F -критерію Фишера.

$$F = \frac{S^2_{ab}}{S^2\{y\}} \quad (2.30)$$

де

S^2_{ab} - дисперсія адекватності.

$$S^2_{ab} = n \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2 / (N - p), \quad (2.31)$$

де

p – число коефіцієнтів регресії аналізованої моделі;

y_j – значення відгуку у j -му досвіді, розраховане із рівняння регресії.

Якщо задовільнялася умова $F \leq F_{табл}$ для рівня значущості δ та чисел ступеня свободи f_1 для S^2_{ab} і f_2 для $S^2\{y\}$, то гіпотезу про адекватність рівняння регресії приймали, тобто модель вважається адекватною і може бути використана для опису об'єкта.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Результати контрольно - дослідного пиляння

Контрольно-дослідні розпилювання було проведено на лісопилній ділянці підприємства, у присутності керівника цеху, начальника виробництва та верстатників. Процес пиляння здійснювався за технологією, прийнятою на підприємстві, на обладнанні фірми **WALTER** (Польща), у складі якої наступне круглопилкове устаткування:

- верстат брусувальний TD – 500 КВА;
- верстат багатопилковий одноваловий WD-250 КВА;
- верстат круглопилковий ребровий мод. ВК – 40 М;
- верстат торцювальні мод. ВТ – 50;
- верстат універсальний обрізний OWD-4/350 КВА.

На верстатах встановлені круглі пили, що забезпечувала ширину пропилу до 3,7 мм.

Особливістю даного виробництва було виконання специфікації, якою *не передбачена різниця між фактичними та заліковими розмірами усіх пиломатеріалів (дошок, брусків) та заготовок для піддонів – фактичні розміри і були заліковими*. Також виконуваною на підприємстві специфікацією на заготовки *допускається частковий обзел, як тупий, так і гострий (до ½ товщини), посиніння (грибні забарвлення) до 50 % поверхні пиломатеріалів, часткова гнилизна (без порушення цілісності продукції) – до 3 % у партії, частково червоточина – до 5% у паці продукції та необмежена кількість різних сучків*. Всі ці фактори дають змогу підприємству отримувати вищий об'ємний вихід пилопродукції.

Контрольно-дослідні розпилювання проводились у два етапи: на першому етапі визначалась кількість потрібних для пиляння колод (що забезпечувало би достовірність отриманих даних), на другому – основна серія експерименту для встановлення нормативних показників.

На першому етапі до пошукового експерименту було відібрано 30 штук колод дров'яної деревини (в основному сухостійної) з деревини сосни, що відповідали за якістю вимогам нормативного документу – ТУ У 16,1-00994207-005:2018 Деревина дров'яна. Класифікація. Облік. Технічні вимоги, довжиною 4,0 м та діаметрами від 16 см до 36 см (табл. 1 Додатку 1).

За результатами статистичної обробки пошукового експерименту (табл. 1 Додатку 1) отримано, що кількість колод в основній серії досліджень становить 120 та більше штук – табл. 2 Додатку 1.

На першому етапі було встановлено, що середній діаметр колод у вибірці становив 30 см, середній збіг колод склав 1,49 см/м, загальний обсяг сировини – 10,292 м³, об'єм заготовок для піддонів склав 5,634 м³, корисний вихід специфікаційних заготовок – 54,7 %, а величина норми витрат дров'яної деревини – 1,827 м³/м³.

На другому етапі до основної серії експерименту було відібрано по 120 штук колод дров'яної деревини та пиловочної сировини для порівняння з деревини сосни довжиною 4,0 м діаметрами від 16 см до 36 см.

Результати серії контрольно-дослідних пилянь наведено у табл. 3.1, а розрахований баланс сировини за специфікаціями – у табл. 3.2-3.4.



Рис.3.1. Пиломатеріали ти заготовки, отримані у процесі контрольних пилянь (частина)



Рис.3.2. Сировина, що була використана у процесі експерименту (частина)

Таблиця 3.1

Результати контрольно-дослідних пилянь

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
дров'яна деревина для технологічних потреб на пиломатеріали обрізні та заготовки палетні												
1	14	4,0	дров'яна деревина	1	0,073	30	40	4000	2	0,00960	43,2	2,314
						30	40	2000	4	0,00960		
						18	98	1000	7	0,01235		
						13						
2	14	4,0	дров'яна деревина	1	0,073	18	98	4000	4	0,02822	45,9	2,178
						18	98	1000	3	0,00529		
						7						
3	14	4,0	дров'яна деревина	2	0,146	18	98	4000	8	0,05645	48,3	2,069
						18	98	1000	8	0,01411		
						16						
4	14	4,0	дров'яна деревина	1	0,073	14	118	1300	12	0,02577	47,7	2,094
						14	118	1100	5	0,00909		
						17						

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
5	14	4,0	дров'яна деревина	5	0,365	35	40	4000	25	0,14000		
						35	40	3000	20	0,08400		
						45				0,22400		
6	16	4,0	дров'яна деревина	4	0,38	30	60	4000	32	0,23040		
						30	60	1000	8	0,01440		
						40				0,24480		
7	16	4,0	дров'яна деревина	3	0,285	88	88	4000	3	0,09293		
						14	88	1300	36	0,05766		
						39				0,15059		
8	16	4,0	дров'яна деревина	3	0,285	30	88	4000	9	0,09504		
						14	88	1300	12	0,01922		
						14	88	1100	24	0,03252		
						14	88	4000	6	0,02957		
						21				0,17635		
9	18	4,0	дров'яна деревина	3	0,36	88	88	4000	3	0,09293		
						38	88	2000	12	0,08026		

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
						14	88	1100	6	0,00813		
						21				0,1813	50,37	1,985
10	18	4,0	дров'яна деревина	4	0,48	38	88	4000	16	0,21402		
						14	88	1300	48	0,07688		
						14	88	1100	8	0,01084		
						72				0,3017	62,86	1,591
11	18	4,0	дров'яна деревина	1	0,12	88	88	4000	1	0,03098		
						18	88	1000	12	0,01901		
						14	88	1300	4	0,00641		
						14	88	1100	2	0,00271		
						17				0,0591	49,25	2,030
12	18	4,0	дров'яна деревина	2	0,24	35	88	3000	4	0,03696		
						18	88	1000	12	0,01901		
						35	88	4000	4	0,04928		
						30	40	3000	8	0,02880		
						20				0,1340	55,85	1,790
13	20	4,0	дров'яна деревина	4	0,588	88	88	3500	8	0,21683		

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
						38	88	4000	8	0,10701		
						14	88	1300	16	0,02563		
						32				0,3495	59,43	1,683
14	20	4,0	дров'яна деревина	2	0,294	38	88	4000	12	0,16051		
						14	88	1100	4	0,00542		
						16				0,1659	56,44	1,772
15	20	4,0	дров'яна деревина	1	0,147	30	88	4000	2	0,02112		
						30	88	2500	4	0,02640		
						30	40	4000	4	0,01920		
						14	88	1100	4	0,00542		
						10				0,0721	49,08	2,038
16	20	4,0	дров'яна деревина	3	0,441	30	40	4000	15	0,07200		
						30	60	4000	18	0,12960		
						14	118	1300	12	0,02577		
						30	40	1000	24	0,02880		
						45				0,2562	58,09	1,722
17	22	4,0	дров'яна деревина	1	0,178	88	88	4000	2	0,06195		

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
						18	88	1000	12	0,01901		
						14	88	1300	2	0,00320		
						14	118	1300	4	0,00859		
						16				0,09275	52,11	1,919
18	22	4,0	дров'яна деревина	1	0,178	88	88	4000	2	0,06195		
						30	88	2000	4	0,02112		
						14	88	1300	2	0,00320		
						14	118	1300	4	0,00859		
						8				0,09487	53,30	1,876
19	22	4,0	дров'яна деревина	2	0,356	14	118	1300	60	0,12886		
						30	88	4000	4	0,04224		
						30	40	2000	8	0,01920		
						14	88	1300	8	0,01281		
						72				0,20311	57,05	1,753
20	22	4,0	дров'яна деревина	6	1,068	35	88	4000	48	0,59136		
						18	98	1000	24	0,04234		
						14	88	1100	6	0,00813		
						78				0,64183	60,10	1,664

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
21	24	4,0	дров'яна деревина	10	2,1	88	88	4000	20	0,61952		
						38	88	3000	40	0,40128		
						18	88	1000	60	0,09504		
						30	88	4000	20	0,21120		
									140	1,32704	63,19	1,582
22	26	4,0	дров'яна деревина	4	1	88	88	4000	8	0,24781		
						30	88	3000	8	0,06336		
						38	88	4000	16	0,21402		
						30	88	3500	8	0,07392		
									40	0,59910	59,91	1,669
23	26	4,0	дров'яна деревина	6	1,5	88	88	4000	24	0,74342		
						14	88	1300	24	0,03844		
						35	88	4000	12	0,14784		
						14	88	1100	12	0,01626		
									72	0,94596	63,06	1,586
24	28	4,0	дров'яна деревина	10	2,9	88	88	4000	40	1,23904		
						18	88	4000	40	0,25344		

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
						14	88	1300	20	0,03203		
						30	40	4000	20	0,09600		
						30	40	3500	40	0,16800		
						30	40	1000	40	0,04800		
						14	118	1300	40	0,08590		
						<i>120</i>				1,92242	66,29	1,509
<i>25</i>	30	4,0	дров'яна деревина	10	3,3	14	88	1300	40	0,06406		
						88	88	4000	40	1,23904		
						30	88	4000	40	0,42240		
						30	40	4000	60	0,28800		
						30	40	2000	40	0,09600		
						<i>180</i>				2,10950	63,92	1,564
<i>26</i>	32	4,0	дров'яна деревина	10	3,8	88	88	4000	40	1,23904		
						38	88	3500	40	0,46816		
						14	88	1300	80	0,12813		
						30	60	4000	20	0,14400		
						30	60	3000	40	0,21600		
						30	60	1000	40	0,07200		

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³	
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дощок, шт.	Об'єм, м ³			
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15	
						180					2,26733	59,67	1,676
27	34	4,0	дров'яна деревина	10	4,3	88	88	4000	40	1,23904			
						38	88	4000	40	0,53504			
						30	88	2000	40	0,21120			
						18	88	1000	160	0,25344			
						30	40	2000	100	0,24000			
н						280					2,47872	57,64	1,735
28	36	4,0	дров'яна деревина	10	4,8	88	88	4000	40	1,23904			
						38	88	4000	40	0,53504			
						30	88	2000	60	0,31680			
						30	88	4000	60	0,63360			
						14	88	1100	80	0,10842			
						200					2,83290	59,02	1,694
№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина, м	Сорт колод	Кількість колод, штук	Об'єм колод, м ³ :	Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дощок, шт	Об'єм отриманих пиломатеріалів, м ³ :	Середній корисний вихід п/м з колод, %	Середньозважена величина норми витрат сировини, м ³ /м ³ :	
				120	29,83					18,002	60,35	1,657	

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
дров'яна деревина для технологічних потреб на заготовки палетні 3-го й 4-го сортів												
1	16	4,0	тех. сировина	5	0,475	14	88	1300	180	0,28829		
									<i>180</i>	0,28829	60,7	1,648
2	18	4,0	тех. сировина	5	0,6	14	88	1300	240	0,38438		
									<i>240</i>	0,3844	64,06	1,561
3	20	4,0	тех. сировина	5	0,735	14	88	1300	270	0,43243		
									<i>270</i>	0,4324	58,83	1,700
4	22	4,0	тех. сировина	5	0,89	14	88	1300	300	0,48048		
									<i>300</i>	0,48048	53,99	1,852
5	24	4,0	тех. сировина	5	1,05	14	88	1300	280	0,44845		
						14	88	1100	90	0,12197		
									<i>280</i>	0,57042	54,33	1,841
6	26	4,0	тех. сировина	5	1,25	14	88	1300	300	0,48048		
						14	88	1100	100	0,13552		
									<i>300</i>	0,61600	49,28	2,029

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дощок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
7	30	4,0	тех. сировина	5	1,65	14	88	1300	480	0,76877		
						14	88	1100	130	0,17618		
									480	0,94494		
8	36	4,0	тех. сировина	5	2,4	14	88	1300	770	1,23323		
						14	88	1100	120	0,16262		
									770	1,39586		
№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина, м	Сорт колод	Кількість колод, штук	Об'єм колод, м ³ :	Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дощок шт	Об'єм отриманих пило матеріалів, м ³ :	Середній корисний вихід п/м з колод, %	Середньо-зважена величина норми витрат сировини, м ³ /м ³ :
				40	9,05					5,113	56,50	1,770
пиловник D сорту на на пиломатеріали обрізні та заготовки палетні												
2	14	4,0	D сорт пиловочник	1	0,073	18	98	4000	4	0,02822		
						18	98	1000	4	0,00706		
									8	0,03528		
3	14	4,0	D сорт пиловочник	2	0,146	18	98	4000	8	0,05645		

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
						18	98	1000	8	0,01411		
									16	0,07056	48,3	2,069
4	14	4,0	D сорт пиловочник	1	0,073	14	118	1300	12	0,02577		
						14	118	1100	6	0,01090		
									18	0,03667	50,2	1,990
5	14	4,0	D сорт пиловочник	6	0,438	35	40	4000	30	0,16800		
						35	40	3000	24	0,10080		
									54	0,26880	61,4	1,629
6	16	4,0	D сорт пиловочник	4	0,38	30	60	4000	32	0,23040		
						30	60	1000	8	0,01440		
									40	0,24480	64,4	1,552
7	16	4,0	D сорт пиловочник	3	0,285	88	88	4000	3	0,09293		
						14	88	1300	42	0,06727		
									45	0,16020	56,2	1,779
8	16	4,0	D сорт пиловочник	3	0,285	30	88	4000	9	0,09504		
						14	88	1300	12	0,01922		

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
						14	88	1100	24	0,03252		
						14	88	4000	6	0,02957		
						21				0,17635	61,9	1,616
9	18	4,0	D сорт пиловочник	3	0,36	88	88	4000	3	0,09293		
						38	88	2000	12	0,08026		
						14	88	1100	12	0,01626		
						27				0,1894	52,62	1,900
10	18	4,0	D сорт пиловочник	4	0,48	38	88	4000	16	0,21402		
						14	88	1300	48	0,07688		
						14	88	1100	8	0,01084		
						72				0,3017	62,86	1,591
11	18	4,0	D сорт пиловочник	1	0,12	88	88	4000	1	0,03098		
						18	88	1000	12	0,01901		
						14	88	1300	4	0,00641		
						14	88	1100	4	0,00542		
						17				0,0618	51,51	1,941
12	18	4,0	D сорт пиловочник	2	0,24	35	88	3000	4	0,03696		

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
						18	88	1000	12	0,01901		
						35	88	4000	4	0,04928		
						30	40	3000	8	0,02880		
						20				0,1340	55,85	1,790
13	20	4,0	D сорт пиловочник	4	0,588	88	88	3500	8	0,21683		
						38	88	4000	8	0,10701		
						14	88	1300	16	0,02563		
						32				0,3495	59,43	1,683
14	20	4,0	D сорт пиловочник	2	0,294	38	88	4000	12	0,16051		
						14	88	1100	4	0,00542		
						16				0,1659	56,44	1,772
15	20	4,0	D сорт пиловочник	1	0,147	30	88	4000	2	0,02112		
						30	88	2500	4	0,02640		
						30	40	4000	4	0,01920		
						14	88	1100	4	0,00542		
						10				0,0721	49,08	2,038
16	20	4,0	D сорт пиловочник	3	0,441	30	40	4000	15	0,07200		

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
						30	60	4000	18	0,12960		
						14	118	1300	12	0,02577		
						30	40	1000	24	0,02880		
						45				0,2562	58,09	1,722
17	22	4,0	D сорт пиловочник	1	0,178	88	88	4000	2	0,06195		
						18	88	1000	12	0,01901		
						14	88	1300	5	0,00801		
						14	118	1300	4	0,00859		
						19				0,09756	54,81	1,825
18	22	4,0	D сорт пиловочник	1	0,178	88	88	4000	2	0,06195		
						30	88	2000	4	0,02112		
						14	88	1300	6	0,00961		
						14	118	1300	4	0,00859		
						12				0,10127	56,89	1,758
19	22	4,0	D сорт пиловочник	2	0,356	14	118	1300	60	0,12886		
						30	88	4000	4	0,04224		
						30	40	2000	8	0,01920		
						14	88	1300	8	0,01281		

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³	
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³			
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15	
						72					0,20311	57,05	1,753
20	22	4,0	D сорт пиловочник	6	1,068	35	88	4000	48	0,59136			
						18	98	1000	24	0,04234			
						14	88	1100	6	0,00813			
						78					0,64183	60,10	1,664
21	24	4,0	D сорт пиловочник	10	2,1	88	88	4000	20	0,61952			
						38	88	3000	40	0,40128			
						18	88	1000	60	0,09504			
						30	88	4000	20	0,21120			
						140					1,32704	63,19	1,582
22	26	4,0	D сорт пиловочник	4	1	88	88	4000	8	0,24781			
						30	88	3000	8	0,06336			
						38	88	4000	16	0,21402			
						30	88	3500	8	0,07392			
						40					0,59910	59,91	1,669
23	26	4,0	D сорт пиловочник	6	1,5	88	88	4000	24	0,74342			
						14	88	1300	24	0,03844			

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
						35	88	4000	12	0,14784		
						14	88	1100	12	0,01626		
						72				0,94596	63,06	1,586
24	28	4,0	D сорт пиловочник	10	2,9	88	88	4000	40	1,23904		
						18	88	4000	40	0,25344		
						14	88	1300	20	0,03203		
						30	40	4000	20	0,09600		
						30	40	3500	40	0,16800		
						30	40	1000	40	0,04800		
						14	118	1300	40	0,08590		
						120				1,92242	66,29	1,509
25	30	4,0	D сорт пиловочник	10	3,3	14	88	1300	40	0,06406		
						88	88	4000	40	1,23904		
						30	88	4000	40	0,42240		
						30	40	4000	60	0,28800		
						30	40	2000	40	0,09600		
						180				2,10950	63,92	1,564
26	32	4,0	D сорт пиловочник	10	3,8	88	88	4000	40	1,23904		

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
						38	88	3500	40	0,46816		
						14	88	1300	80	0,12813		
						30	60	4000	20	0,14400		
						30	60	3000	40	0,21600		
						30	60	1000	40	0,07200		
									180	2,26733	59,67	1,676
27	34	4,0	D сорт пиловочник	10	4,3	88	88	4000	40	1,23904		
						38	88	4000	40	0,53504		
						30	88	2000	40	0,21120		
						18	88	1000	160	0,25344		
						30	40	2000	120	0,28800		
									280	2,52672	58,76	1,702
28	36	4,0	D сорт пиловочник	10	4,8	88	88	4000	40	1,23904		
						38	88	4000	40	0,53504		
						30	88	2000	60	0,31680		
						30	88	4000	60	0,63360		
						14	88	1100	80	0,10842		
									200	2,83290	59,02	1,694

№ з/п	Діаметр у верхівці, см	Довжина (залікова), м	Сорт колод	К-сть колод, шт.	Об'єм колод, м ³	Пиломатеріали					Об'ємний вихід, %	Норма витрат, м ³ /м ³
						Т, мм	Ш, мм	Д, мм	Кількість дошок, шт.	Об'єм, м ³		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15
				<i>Кількість колод, штук</i>	<i>Об'єм колод, м³:</i>					<i>Об'єм отриманих пило матеріалів, м³:</i>	<i>Середній корисний вихід п/м з колод, %</i>	<i>Середньо-зважена величина норми витрат сировини, м³/м³:</i>
				120	29,83					18,098	60,67	1,648
Всього:				280	68,71					41,213	59,98	1,667

3.2. Баланс сировини

Відповідно до результатів досліджень, відображених у табл. 3.1 було складено баланс сировини (табл. 3.2-3.4) та визначено як середньозважені коефіцієнти (норму) витрати лісоматеріалів круглих (пиловник D сорту і деревина дров'яна для технологічних потреб) з деревини сосни звичайної .

Загалом було розпиляно колод діаметрами 14-24 см у кількості 132 шт., обсягом 18,10 м³ (тех.сировини – 82 шт. об'ємом 11,90 м³, пиловника D- сорту – 50 шт. об'ємом 6,10 м³) та колод діаметрами 26 см – 36 см у кількості 148 шт. обсягом 58,83 м³ (тех.сировини – 78 шт. об'ємом 35,10 м³, пиловника D- сорту – 70 шт. об'ємом 23,70 м³).

Таблиця 3.2

Баланс дров'яної сировини для технологічних потреб у виробництві обрізних пиломатеріалів та заготовок для піддонів

Найменування	Обсяг	
	%	м ³
Пилопродукція:	60,35	18,002
<i>у тому числі:</i>		
заготовки для виготовлення піддонів	5,6	1,677
<i>бруски</i>	35,2	10,488
---дошки	19,6	5,837
Відходи:	33	9,740
<i>у тому числі:</i>		
кускові	12	3,476
тирса	21	6,264
Втрати на всихання й розпил	7	2,088
Всього:	100	29,83

Таблиця 3.3

**Баланс дров'яної сировини для технологічних потреб у виробництві
заготовок для піддонів 3-го й 4-го сортів**

Найменування	Обсяг	
	%	м ³
Пилопродукція:	56,50	5,113
<i>у тому числі:</i>		
заготовки для виготовлення піддонів	56,5	5,113
<i>бруски</i>	0,0	0,000
---дошки	0,0	0,000
Відходи:	37	3,304
<i>у тому числі:</i>		
кускові	16	1,403
тирса	21	1,901
Втрати на всихання й розпил	7	0,634
Всього:	100	9,05

Таблиця 3.4

**Баланс деревини пиловника D сорту у виробництві обрізних
пиломатеріалів та заготовок для піддонів**

Найменування	Обсяг	
	%	м ³
Пилопродукція:	60,67	18,098
<i>у тому числі:</i>		
заготовки для виготовлення піддонів	5,7	1,699

<i>бруски</i>	35,4	10,562
---дошки	19,6	5,837
Відходи:	32	9,644
<i>у тому числі:</i>		
кускові	11	3,379
тирса	21	6,264
Втрати на всихання й розпил	7	2,088
Всього:	100	29,83

Таблиця 3.5

Загальний баланс деревини пиловника D - сорту і дров'яної сировини для технологічних потреб у виробництві обрізних пиломатеріалів та заготовок для піддонів

Найменування	Обсяг	
	%	м ³
Пилопродукція:	59,98	41,213
<i>у тому числі:</i>		
заготовки для виготовлення піддонів	12,4	8,489
<i>бруски</i>	30,6	21,050
---дошки	17,0	11,674
Відходи:	33	22,688
<i>у тому числі:</i>		
кускові	12	8,259
тирса	21	14,429
Втрати на всихання й розпил	7	4,810
Всього:	100	68,71

Отже було розпиляно:

дров'яної дерева для технологічних потреб на пиломатеріали обрізні та заготовки палетні 120 шт. колод, діаметром 14-36 см, об'ємом 29,80 м³ та отримано продукції 18,002 м³ (60,35%), табл. 3.2;

дров'яної дерева для технологічних потреб на заготовки палетні 40 шт. колод, діаметром 16-36 см, об'ємом 9,05 м³ у виробництві заготовок для піддонів 3-го й 4-го сортів у кількості 5,110 м³ (56,5%), табл. 3.3;

пиловника D сорту у виробництві обрізних пиломатеріалів та заготовок для піддонів 120 шт. колод, діаметром 14-36 см, об'ємом 29,80 м³ та отримано продукції 18,098 м³ (60,67%), табл. 3.4.

Результатами контрольних-дослідних пилянь встановлено, що під час пиляння колод пиловника D сорту та дерева дров'яної для технологічних потреб з дерева сосни звичайної (68,71м³) на пиломатеріали обрізні і заготовки для виготовлення піддонів експортного призначення (41,21м³), загальний об'ємний вихід пилопродукції становить 59,98 % (середньозважена норма витрат пиловника D сорту і технологічної сировини разом – 1,667 м³/м³), табл. 3.5.

Норма витрат дерева дров'яної для технологічних потреб (технологічної сировини) діаметрами від 14 см до 36 см на:

- бруски класу «мікс» (всі сорти разом) склала 1,700 м³/м³;
- дошки обрізні, «мікс» (всі сорти разом) – 1,670 м³/м³;
- заготовки для піддонів, «мікс» (всі сорти разом) – 1,760 м³/м³.

Норма витрат дерева дров'яної для технологічних потреб на:

низькоякісні заготовки для піддонів (3-й та 4-й сорти) – 1,770 м³.

Норма витрат пиловника D сорту діаметрами від 14 см до 36 см на:

- бруски класу «мікс» (всі сорти разом) склала 1,65 м³/м³;
- дошки обрізні, «мікс» (всі сорти разом) – 1,60 м³/м³;
- заготовки для піддонів, «мікс» (всі сорти разом) – 1,71 м³/м³.

На рис.3.3 – 3.5 наведено графічну залежність об'ємного виходу пиломатеріалів та заготовок піддонів із дров'яної сировини та пиловника сорту D. Статистична обробка результатів досліджень (розпилювань) проведена згідно вибраної методики. Залежність об'ємного виходу описана логарифмічними кривими (графіками).

Об'ємний вихід пиломатеріалів та заготовок піддонів із дров'яної сировини рис.3.3 залежить від діаметра колоди із збільшенням якого вихід зростає. Для

виконання заданої специфікації найбільший об'ємний вихід припадає на діаметри 26-34 см (біля 66 %).

Об'ємний вихід заготовок піддонів 3, 4 сорту із дров'яної сировини зі збільшенням діаметра колоди спадає (рис.3.4). Це пояснюється низькою якістю колоди великих діаметрів (гнилизна, забарвлення, сучки випадаючі, тріщини).

Об'ємний вихід пиломатеріалів та заготовок піддонів із пиломатеріалів сотру D рис.3.5 залежить від діаметра колоди та із збільшенням якого відсоток зростає. Найвищий вихід для заданої специфікації припадає на діаметри із всіх розпиляних в межах 26-32 см і складає біля 67 %.



Рис.3.3. Об'ємний вихід пиломатеріалів та заготовок піддонів із дров'яної сировини



Рис.3.4. Об'ємний вихід заготовок піддонів 3, 4 сорту із дров'яної сировини

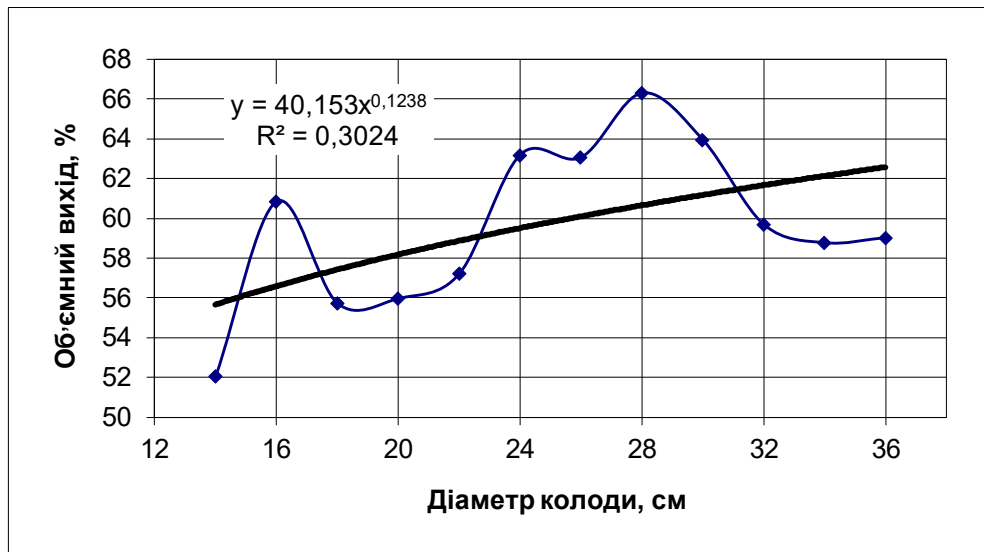


Рис.3.5. Об'ємний вихід пиломатеріалів та заготовок піддонів із пиловної сировини D класу

3.3. Аналіз технологічного процесу виготовлення піддонів плоских дерев'яних

Якщо підприємство орієнтується на випуск високоякісного обрізного пиломатеріалу європейської якості та заготовок піддонів, для подальшої реалізації, пропонуємо лінії розпилювання круглих лісоматеріалів на основі брусувальних і багатопилкових верстатів.

Для переробки 40-50 м³ лісоматеріалів в зміну, фірма Walter пропонує лінії на основі двовального брусувального верстату TD-500 КВА, одновального WD-350 КВА або WDPP-410 КВА. Брусувальний верстат дозволяє розпилити колоду діаметром до 480 мм на двокантний брус і два горбилі (рис.3.6). Регулювання розмірів середнього бруса проводиться механічним способом, не змінюючи поставу пил, розміри бокових виставляються з використанням міжпильних кілець.

Для оптимізації виходу необхідно підсортовувати сировину за діаметрами під відповідну заготовку. Також розглядається можливість використовувати деревину відповідного розміру за довжиною, кратні відповідним заготовкам.

Для забезпечення достатньої продуктивності, необхідно передбачити завантажувальний механізм, естакаду з відсікачем, конвеєр з механізмом поштучної видачі колод тощо (рис.3.6).



Рис.3.6. Брусувальний верстат двовальний Walter TD-500

Багатопилкові верстати (WD-350КВА) з висотою обробки до 220 мм розпилюють двокантний брус на обрізну дошку і горбиль (рис.3.5). Причому краще використовувати двовальні верстати, тому що при цьому можна істотно заощадити на пропилах та економії електроенергії. Можливі варіанти використання двох багатопилів, при умові випилювання на брусувальному верстаті двох типорозмірів пів брусів.



Рис.3.7.Багатопилковий одновальний верстат WD-350КВА

Після операцій випилювання та розпилювання бруса на заготовки відповідного перерізу проводиться операція формування їх довжини на новому торцювальному верстаті з механічною подачею ВТА-30. Верстат забезпечує ідеальні лінійні розміри та геометрію при роботі в півавтоматичному режимі. В залежності від технології виробництва нами запропоновано використати торцювальний верстат з трьома і більше пилами, що дозволяє одночасно отримати дві та більше заготовок (рис.3.8).

Весь горбиль переробляється на ребровому верстаті (ВК-40М) на необрізну дошку, яка потім розпускається на заготовки автоматичним поздовжньо-обрізним верстатом OWD-4/350 КВА з цифровим настроюванням розміру.

Обладнання фірми Walter універсальне і може бути доукомплектовано різними механізованими приверстатними пристроями: транспортерами, конвейєрами, подовачами тощо.

В результаті переробки круглого лісоматеріалу на такій лінії можна отримати готову продукцію з мінімальною кількістю відходів, що обґрунтовано розрахунками балансу сировини (табл. 3.2-3.5) та технологічними пропозиціями.

ВИСНОВКИ

1. В роботі розглядаються вузькі питання з технології виготовлення заготовок для транспортної тари – піддонів (палетів) для завантажувально-розвантажувальних операцій при транспортуванні та обробці вантажів.
2. Оптимізовані технологічні процеси та науково обґрунтовані коефіцієнти витрат деревини у виробництві заготовок піддонів плоских із масивної деревини для умов виробництва, які забезпечать раціональне та економне використання деревини.
3. Результатами контрольно-дослідних пилянь встановлено, що під час пиляння колод пиловочника D сорту та деревини дров'яної для технологічних потреб з деревини сосни звичайної на пиломатеріали обрізні і заготовки для виготовлення піддонів експортного призначення, загальний об'ємний вихід пилопродукції становить 59,98 %
4. Норма витрати деревини дров'яної для технологічних потреб діаметрами від 14 см до 36 см на:
 - заготовки для піддонів, «мікс» (всі сорти разом) – 1,760 м³/м³.
5. Норма витрати деревини дров'яної для технологічних потреб діаметрами від 14 см до 36 см на:
 - заготовки для піддонів (3-й та 4-й сорти) – 1,770 м³.
6. Норма витрати пиловочника D сорту діаметрами від 14 см до 36 см на:
 - заготовки для піддонів, «мікс» (всі сорти разом) – 1,710 м³/м³.
7. Об'ємний вихід заготовок піддонів 3, 4 сорту із дров'яної сировини (діаметрами від 14 см до 36 см) зі збільшенням діаметра колоди спадає та в середньому складає 56,50%.
8. В цеху виготовлення палетної заготовки запропоновані ряд технологічних пропозицій:
 - проаналізовані можливості виконання заданої специфікації продукції для умов виробництва;
 - рекомендована дільниця переробки відходів (горбилів) з механізацією транспортно переміщувальних операцій між верстатами.
9. Окупність вкладень запропонованих проектних пропозицій складе біля 1,6 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ISO 445:2013. Pallets for materials handling — Vocabulary, IDT. PIDDONY DLYA NAVANTAZHUVAL'NO-ROZVANTAZHUVAL'NYKH OPERATSIY (Піддони для навантажувально-розвантажувальних операцій. Терміни та визначення).
2. Європіддони EPAL. Виробництво, ремонт, маркування. Європейська асоціація піддонів. Технічний регламент (EPAL TR). Розділ 2. -41 с.
3. Європіддони EUR. Виробництво, ремонт, маркування. Європейська асоціація піддонів. Технічний регламент (EUR). -27 с/
4. ТУ У 16,1-00994207-005:2018 Деревина дров'яна. Класифікація. Облік. Технічні вимоги.
5. ДСТУ EN1927-1:2018. Лісоматеріали круглі хвойні. Частина 1. Ялина та ялиця.
6. ДСТУ EN1927-2:2018. Лісоматеріали круглі хвойні. Частина 2. Сосна.
7. ДСТУ EN1316-2:2018. Лісоматеріали круглі листяні. Частина 2. Тополя.
8. ДСТУ 8416:2015. Лісоматеріали круглі. Таблиці об'ємів.
9. ДСТУ EN12246:2014 Лісоматеріали для піддонів та пакування. Класифікація за якістю.
10. ДСТУ EN12248:2014 Пиломатеріали для промислового пакування. Граничні відхили та рекомендовані розміри.
11. ДСТУ EN12249:2014 Пиломатеріали для піддонів. Граничні відхили та рекомендовані розміри.
12. ДСТУ 4020-2 – 2001 Лісоматеріали круглі та пиляні. Методи обмірювання та визначення об'ємів. Частина 2. Лісоматеріали круглію.
13. Науково-методичні рекомендації з нормування витрат сировини у виробництві пиломатеріалів та заготовок. НУБІП України. Київ 2019, -35с.
14. Збірник технічних умов на класифікацію лісоматеріалів. ДАЛР України. ДП Лісогосподарський інноваційно-аналітичний центр. Київ 2019. -277 с.