

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

**ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ**

Лісового і садово паркового
господарства

Роман ВАСИЛИШИН

(підпис)

(ПІБ)

« _____ » _____ 2025 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри**

Технологій та дизайну виробів з
деревини

Андрій СПІРОЧКІН

(підпис)

(ПІБ)

« _____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Особливості підбору конструктивних елементів для виготовлення МАФ із деревини

Спеціальність 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Освітня програма «Деревообробні та меблеві технології»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

канд. техн. наук, доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Андрій СПІРОЧКІН

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

канд. техн. наук, доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Андрій СПІРОЧКІН

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Анатолій ТИМОШЕНКО

(ПІБ)

Київ – 2025 рік

**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 СПИРОЧКІН
науковий ступінь, вчене звання (підпис) (ПІБ)
« _____ » _____ 2024 р.

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

Тимошенку Анатолію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 187 «Деревообробні та меблеві технології»

(код і назва)

Освітня програма «Деревообробні та меблеві технології»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Особливості підбору конструктивних елементів для виготовлення МАФ із деревини

затверджена наказом ректора НУБіП України від “05” 11 2024 р. № 1978 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

Звіти з наукової роботи кафедри. Результати попередніх експериментальних досліджень за обраною тематикою

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Детальний аналіз існуючих конструкцій МАФ із деревини

2. Аналіз технологічних процесів виготовлення різних конструкцій МАФ

3. Дослідження механічних властивостей деревини для використання її у якості конструкційних елементів

Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків. Основна частина викладена на 71 сторінці, проілюстровано 30 рисунками та 22 таблицями. Список використаної літератури включає 50 назв.

У вступі викладено доцільність та актуальність обраної теми магістерської кваліфікаційної роботи.

У першому розділі розглянуто призначення та різновиди малих архітектурних форм з деревини, їхню роль у благоустрої та ландшафтному дизайні. Описано основні конструкції: арки, перголи, навіси, садові меблі, скульптури та альтанки а також вимоги до деревини для їхнього виготовлення. Подано характеристику м'яких і твердих порід деревини та їхню придатність до використання на відкритому повітрі. Наведено загальні особливості технологічного процесу виготовлення альтанок на підприємстві «Іванківський Агротехсервіс», зокрема етапи розкрою та первинної обробки деревини. Розділ підкреслює, що якість МАФ залежить від правильного вибору матеріалу та сучасних технологій деревообробки.

У другому розділі порівняно фізико-механічні властивості дуба, сосни, берези та граба, що застосовуються у МАФ. Визначено їхню міцність, твердість, щільність і вартість, а також придатність до експлуатації на відкритому повітрі. За методом розставлення пріоритетів встановлено, що граб має найкраще поєднання механічних властивостей. Метод аналізу ієрархій підтвердив ці результати: граб отримав найвищий глобальний пріоритет серед альтернатив. Дуб є міцним, але надто дорогим, а сосна дешевою, але менш міцною.

У третьому розділі описано методику випробування деревини на статичний згин за ДСТУ EN 408:2007 та наведено результати експериментів на зразках сосни, ялини й модрина. Дослідження проводили на розривній машині Р-5 з контролем навантаження, прогину та характеру руйнування зразків. За отриманими даними найбільшу міцність на згин показала модрина (61,11 МПа), тоді як сосна та ялина мають нижчі й близькі між собою показники (≈ 49 МПа). Порівняння з довідковими значеннями підтвердило природну варіативність

властивостей деревини та вплив дефектів, вологості й структури. У підсумку модрина визначена як найбільш придатна порода для конструкційних елементів МАФ.

У четвертому розділі подано розроблену конструкцію дерев'яної альтанки, для виготовлення якої використано пиломатеріали з сосни через їхню доступність, легку обробку та добрі захисні властивості. Наведено розмірний план, план крокв і специфікацію елементів каркаса з визначенням їхніх об'ємів.

Виконано розрахунок норм витрат деревини на один виріб та на річну програму у 500 штук. Загальний об'єм матеріалу на одну альтанку становить 1,1748 м³, на рік – 587,38 м³. Проведено визначення продуктивності обладнання для основних деревообробних операцій і розрахунок норм часу.

Аналіз завантаження показав, що на кожну операцію достатньо одного верстата, а рівень завантаження не перевищує 21 %, що забезпечує значний резерв виробничих потужностей та стабільність роботи підприємства.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВИНИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МАФ.....	8
1.1. Конструктивні особливості МАФ.....	8
1.2. Використання деревини для виготовлення альтанок.....	15
1.3. Особливості технологічного процесу виготовлення альтанок на підприємстві «Іванківський Агротехсервіс».....	18
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНОЇ ПОРОДИ ДЕРЕВИНИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У КОНСТРУКЦІЯХ МАФ.....	23
2.1. Опис властивостей найбільш поширених порід деревини, що використовуються для виготовлення МАФ.....	23
2.2. Прийняття проектного рішення по вибору породи деревини.....	26
2.3. Вибір матеріалу методом ієрархій.....	36
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	41
3.1. Методика визначення механічних властивостей деревини, що впливають на можливість її використання у якості конструкційних елементів.....	41
3.2. Результати експериментальних досліджень визначення межі міцності деревини на згин.....	42
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОПОЗИЦІЙ, ЩОДО ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВ'ЯНОЇ АЛЬТАНКИ НА ПІДПРИЄМСТВІ «ІАНКІВСЬКИЙ АГРОТЕХСЕРВІС».....	50
4.1. Розроблення конструкції дерев'яної альтанки.....	50
4.2. Розрахунок матеріалів для виготовлення запропонованої альтанки з урахування результатів експериментальних досліджень.....	52
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66

ВСТУП

Малі архітектурні форми (МАФ) є важливим елементом міського та приватного простору, забезпечуючи естетичність, комфорт і функціональність. До них належать арки, перголи, навіси, лави, садові меблі, скульптури та альтанки, які доповнюють архітектурно-ландшафтні композиції та формують стиль простору. Деревина, як природний матеріал, популярна для виготовлення МАФ завдяки міцності, доступності, технологічності та декоративним властивостям. Довговічність конструкцій залежить від породи, сушіння, захисту та технології виготовлення. Особливої уваги заслуговують альтанки вони поєднують функціональність і декоративність, створюють затишок і є важливим елементом ландшафту. Вибір деревини враховує міцність, вологостійкість і стійкість до біологічного ураження. Актуальність теми полягає у підвищенні якості й довговічності дерев'яних МАФ та вдосконаленні технології їх виробництва, що розглядається на прикладі підприємства «Іванківський Агротехсервіс». Метою роботи є дослідження механічних властивостей деревини, аналіз її використання для альтанок і обґрунтування технологічного процесу виробництва з урахуванням сучасних вимог до якості, довговічності та естетики.

Вибір оптимальної породи деревини є ключовим етапом у проектуванні та виготовленні малих архітектурних форм (МАФ). Різноманіття доступних порід із різними фізико-механічними властивостями дає змогу обирати матеріал з урахуванням таких критеріїв, як міцність, довговічність, оброблюваність, естетичні якості та економічна доцільність. У цьому розділі здійснено аналіз найбільш поширених порід деревини дуба, сосни, берези та граба з метою визначення пріоритетного матеріалу для використання в конструкціях МАФ. Наведено їхні основні характеристики, порівняно фізико-механічні властивості, а також проведено експертну оцінку і математичне моделювання для обґрунтування вибору найбільш оптимальної породи деревини.

У третьому розділі розглянемо методику та результати експериментальних досліджень механічних властивостей деревини, що визначають можливість її використання у якості конструкційного матеріалу для малих архітектурних форм (МАФ). Основна увага приділяється визначенню межі міцності деревини на статичний згин, яка є ключовим показником несучої здатності конструкційних елементів.

У роботі буде застосовано сучасні стандартизовані методики випробувань деревини, зокрема ДСТУ EN 408:2007, що забезпечують точність та відтворюваність результатів. Для цього використовувалися натурні зразки сосни, ялини та модрина, які досліджувалися на розривній машині Р-5. Мета розділу полягає у систематизації отриманих експериментальних даних та їхній аналіз для визначення найбільш придатних порід деревини для використання у конструкційних елементах МАФ, а також у порівнянні результатів із даними літератури для оцінки достовірності експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВИНИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕНН МАФ

1.1. Конструктивні особливості МАФ

Мала архітектурна форма (МАФ) – невелика споруда декоративного, допоміжного чи іншого призначення, що використовується для покращення естетичного вигляду громадських місць і міських об'єктів, організації простору та доповнює композицію будинків, будівель, їхніх комплексів [1]. До МАФів належать лавки, навіси, кіоски, зупинки громадського транспорту, урни для сміття, інформаційні таблички та інші елементи інфраструктури. Їхнє основне завдання – покращувати естетику міста та підвищувати зручність для жителів і гостей [2].

Малі архітектурні форми (МАФ) є важливими елементами сучасного міського середовища, допомагаючи забезпечити естетичність, функціональність та комфорт громадських просторів. Стандартне виконання МАФів стає дедалі популярнішим рішенням для благоустрою [2].

Кожен з цих елементів несе своє певне функціональне навантаження, але одночасно виконує і декоративну роль. Малі архітектурні форми створюють незвичайний затишок і комфорт, надаючи вашій ділянці своєрідну індивідуальність.

Дизайн та стильове рішення всіх будов на одному присадибній ділянці повинні гармонійно поєднуватися. Важливо також дотримувати відповідність розмірів і пропорційність усіх архітектурних елементів території.

Малі архітектурні форми з деревини можуть бути як чисто декоративними, так і корисними. До декоративних споруд відносяться всілякі колодязі і вози, а також тини, парканчики і т.п. Корисні – це лавки і альтанки. Втім, для того ж колодязя або возу можна знайти застосування, наприклад, перетворивши їх в квіткову клумбу.

Оскільки такі вироби розміщуються зазвичай під відкритим небом, деревину обробляють спеціальним складом, який захищає від води і перепадів

температури. При цьому склад не змінює колір і фактуру деревини, так що обробка не помітна [3].

Розглянемо які малі архітектурні форми можна створити з деревини.

Арка Дерев'яна (рис. 1.1) – криволінійне перекриття прорізу в стіні або простору між двома опорами (стовпами, колонами, пілонами), що передає на основу не тільки навантаження, але й розпір. Тримальна будівельна конструкція [4].



Рис. 1.1. Арка Дерев'яна [5]

Дерев'яні арки є розповсюдженими основними несучими конструкціями дерев'яних покриттів будинків різного призначення. Вони застосовуються в покриттях виробничих промислових, сільськогосподарських і громадських будівель, що мають прольоти 12...80 м. В практиці закордонного будівництва застосовуються дерев'яні арки з прольотами до 100 м і більше. Їх виготовляють шляхом склеювання синтетичними клеями гнутих і прямих клеєдерев'яних елементів значних довжин і перерізів необхідної несучої здатності. Конструкції клеєдерев'яних арок є простими, складаються з мінімального числа елементів. Істотне значення має також архітектурна виразність дерев'яних аркових покриттів. До переваг дерев'яних арок із клеєдерев'яних елементів варто також

віднести їхню підвищену межу вогнестійкості і досить тривалий опір загниванню і руйнуванню в хімічно агресивних середовищах [6].

Пергола (рис.1.2) – садове накриття, набірна конструкція з повторюваних секцій арок, з'єднаних між собою поперечними брусами, для захисту проходу від палючого сонця. Вона може бути як окремою спорудою, так і частиною будівлі, що закриває відкриті тераси.

Пергола може з'єднувати павільйони, може виходити від дверей будівлі до відкритої садової споруди, такої, як окрема тераса або басейн, або може стояти окремо, кидаючи тінь по всій довжині шляху [7].



Рис. 1.2. Пергола [8]

Перголи є більш постійними архітектурними спорудами, ніж берсо – зелені тунелі садів пізнього середньовіччя і епохи Відродження, які часто створювалися з пружних вербових прутів – молоді пагони верби або ліщини переплітали разом в районі верхівок, створюючи таким чином ряд арок, потім з'єднували їх довгими дощечками, по яким росли в'юнкі рослини. Видозміненими перголами є також альтанки, трельяжі та арки, вкриті кучерявими рослинами.

Спочатку пергола виникла на півдні як утилітарна домашня споруда. Її будували для підтримки виноградних лоз і разом з тим вона була місцем для денного відпочинку. Архітектура перголи варіюється від простих прямих дерев'яних конструкцій середньовічних монастирських садів до багатих мармурових колон ХІХ ст. та сучасних пергол із залізобетону. Одним з найкрасивіших елементів перголи є тіньовий малюнок усередині неї [9].

Сучасна пергола може мати складний дах, який працює на автоматичі, систему зливу води, підсвітку, зовнішні рулонні штори та багато інших функцій [10].

Навіс (рис.1.3) – це своєрідна кривля на опорних стовпах, яка використовується для захисту від несприятливих погодних умов або ж в якості місця для відпочинку [11].



Рис. 1.3. Навіс [12]

Основне призначення накриття – захист від атмосферних опадів стосів дров, різного господарського начиння, для захисту вуличних торгових прилавків і кафе від легких опадів і сонця, як правило, у літній період. На дачах

використовують зазвичай для захисту заїзду для автомобіля, як ганок будинку та для захисту літніх вуличних столиків від сонця і дощу. Для спорудження навісів тепер все більшої популярності набуває світлопрозорий покрівельний матеріал – полікарбонат [13]. Для підтримки початкового зовнішнього вигляду дерев'яного навісу достатньо 1 раз в 2 роки обробляти деревину олією. Це можна зробити як самостійно, так і за допомогою сервісної служби компанії-виробника [14].

Садові меблі. Ця мала архітектурна форма з деревини залишає безмежний простір для фантазії. Лавка з деревини (рис.1.4) самої вигадливої або, навпаки, класичної форми, може стояти в будь-якому куточку саду, і він відразу придбає особливу чарівність. Не треба боятися розставляти на ділянці садові лавки з деревини. Вони займають не так вже багато місця, зате дають масу можливостей відпочити і насолодитися красою квітів і рослин [3].



Рис. 1.4. Лавка з деревини [15]

Ефектно виглядає садова лавка з деревини, встановлена навколо великого дерева. Головне при цьому захистити лавку з деревини від прямих сонячних променів і сильних вітрів. Землю в районі лавки потрібно добре дреноувати. Всі ці

заходи гарантують комфорт в поєднанні з естетичною насолодою. Садові меблі з деревини можуть бути перенесені, і тоді вони повинні бути зроблені з рейок. Якщо дерев'яні садові меблі розташовані стаціонарно, дуже важливо правильно вибрати породу деревини: найдовше прослужить тик, бук, модрина. Дерев'яні садові меблі потрібно обов'язково обробляти антисептиком, покривати морилкою і лаком [3]. У Великій Британії та США існує традиція ставити в публічних місцях (найбільш часто – в парках, але трапляються і на вулицях) лави, які були подаровані громаді різними людьми та асоціаціями, про що на них може вшатися маленька меморіальна дошка. [16].

Скульптура із деревини (рис.1.5) будь-які скульптури здавна використовувалися як спосіб відобразити тих чи інших особистостей або події. Але сьогодні вони передусім несуть естетичну функцію. А скульптури з деревини, натурального, екологічного матеріалу мають свій особливий стиль, унікальність та певний шарм. Причиною тому, насамперед їхній неперевершений зовнішній вигляд, від якого в захваті практично всі. І такий матеріал дозволяє купити дерев'яні скульптури, які впишуться практично в будь-який інтер'єр або ландшафт [17].

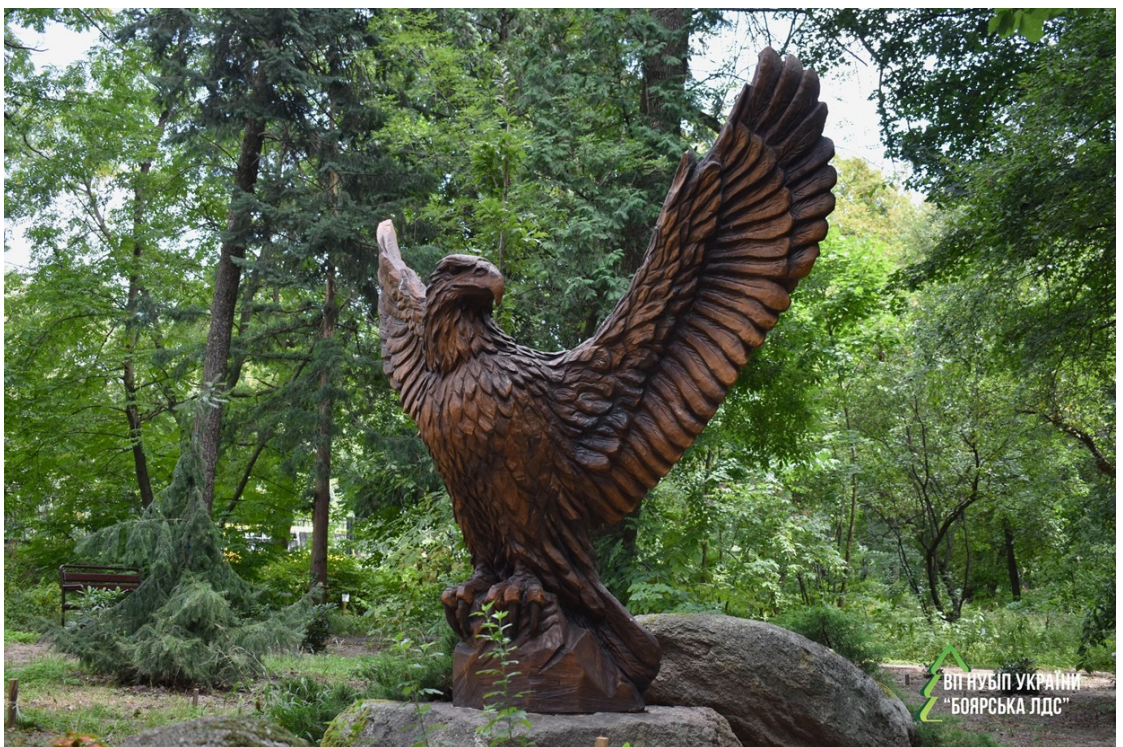


Рис. 1.5. Скульптура із деревини [18]

Такий матеріал дозволяє втілювати в реальність будь-які побажання клієнта або фантазії майстра. Адже він досить легко піддається обробці. Навіть якщо це тверді породи деревини. Адже з каменем, вони не йдуть у жодне порівняння. Та й перевезення матеріалу, а також доставки виробу замовнику коштує набагато дешевше. Але при цьому скульптури з деревини – це справжнє диво, яке тішить око і є справжньою окрасою того місця, де вони знаходяться [17]. Універсальність дерев'яної скульптури проявляється у її різноманітних формах. Абстрактні дерев'яні скульптури кидають виклик сприйняттю глядачів, використовуючи форму, текстуру та природні якості деревини для передачі емоцій та ідей [19].

Альтанка (рис.1.5) – це невелика архітектурна споруда в саду чи парку, призначена для відпочинку на свіжому повітрі. Вона являє собою відкриту або напіввідкриту конструкцію з дахом, яка забезпечує захист від сонця, дощу та інших погодних умов, створюючи затишний простір для відпочинку та спілкування.



Рис. 1.6. Альтанка [21]

Сучасні альтанки виконують не лише практичну функцію, але й стають важливим елементом ландшафтного дизайну, що надає ділянці особливого шарму та характеру. Вони можуть слугувати місцем для сімейних обідів, зустрічей з друзями, усамітнення з книгою або просто споглядання природи.

Важливо розуміти, що альтанка – це не просто додаткова будівля, а простір, який здатний перетворити ваше сприйняття власної ділянки, створити новий центр тяжіння, навколо якого може формуватися життя родини у теплу пору року [20].

1.2. Використання деревини для виготовлення альтанок

Садова альтанка являє собою споруду, виконану практично повністю з деревини. При виборі відповідного матеріалу для будівництва цього садового об'єкта варто звернути увагу на три фактори: породу, спосіб обробки і спосіб укладання, захист від зовнішніх факторів.

Найбільшою популярністю серед будівельних компаній і приватних клієнтів користуються ялинові та соснові породи деревини. Легка доступність, проста обробка і відносно невисока ціна роблять альтанки з хвойної деревини однією з найпоширеніших функціональних садових прикрас. Твердість обох типів становить від 34 до 49 МПа, що означає, що це м'які матеріали. До цього класу твердості також належать: осика, верба, ялиця і тополя. Трохи твердіші модрина і береза, а до найтвердіших порід належать: ясен, граб, тис і акація. Деревина сосни та ялини для альтанки – чому варто?

Найбільшими перевагами деревини сосни і ялини є еластичність і висока механічна міцність, що полегшує обробку. При виборі цих порід замовник повинен знати, що для збереження їх належного вигляду необхідна відповідна обробка і просочення, щоб конструкція довгий час залишалася в первозданному вигляді. М'яка деревина модрини менш популярна (більш висока ціна і менша доступність). Однак варто зазначити, що у модрини є одна велика перевага – вона стійка до вологи, грибків і дії садових шкідників [22].

М'яка деревина модрини менш популярна (ціна, менша доступність).

Деревина для альтанки має бути правильно висушена, здорова й очищена від кори. Вологість дощок не повинна перевищувати 18%, занадто висока вологість призводить до викривлення і може деформуватися під впливом шкідливих погодних умов. Щоб будівництво альтанки йшло гладко, варто вибирати сировину з перевіреного джерела. Найкращим вибором є лісопильні заводи, які готують матеріал комплексно – просушують деревину і забезпечують правильну технологічну обробку [23].

Тверді породи деревини – це ті, які мають високу щільність і стійкість до механічних пошкоджень. Вони ідеально підходять для виготовлення меблів, які мають бути довговічними та витримувати інтенсивне використання. Тверда деревина, зазвичай, має привабливу текстуру, що робить її популярним вибором для естетичних і функціональних елементів інтер'єру.

Тверді породи деревини мають кілька важливих переваг:

- Міцність і стійкість до механічних пошкоджень. Тверда деревина менш схильна до подряпин, вм'ятин та інших пошкоджень.
- Довговічність. Меблі або конструкції з твердої деревини служать значно довше.
- Естетична привабливість. Тверді породи деревини часто мають гарну текстуру і насичений колір, що надає елегантності інтер'єру.

Дуб – одна з найміцніших і найбільш затребуваних порід деревини. Це деревина з високою щільністю, що робить її дуже твердою і стійкою до механічних пошкоджень. Дуб має характерну текстуру і золотисто-коричневий колір, що робить його дуже привабливим для виготовлення меблів і підлог.

Переваги дуба:

- Висока міцність і стійкість до зношування.
- Добре зберігає форму, не деформується.
- Ідеальний для виготовлення важких меблів, столів, стільців і дверей.

Недоліки:

- Висока ціна через складність обробки.
- Може бути важким і громіздким для деяких конструкцій.

Бук – це одна тверда порода, яка має високу щільність і стійкість до механічних пошкоджень. Бук має світлий колір і гладку текстуру, що дає змогу створювати з нього елегантні меблі, які добре піддаються фарбуванню та обробці.

Переваги бука:

- Міцність і зносостійкість.
- Легкість в обробці завдяки гнучкості матеріалу.
- Прекрасно піддається фарбуванню і лакуванню.

Недоліки:

- Може бути чутливий до вологи.
- Схильний до тріщин і деформацій у разі неправильної обробки.

Ясен – це тверда і дуже міцна порода, яка має високі експлуатаційні характеристики. Він має привабливий світло-коричневий відтінок з характерним малюнком на поверхні, що робить ясен популярним для виготовлення меблів і декоративних елементів.

Переваги ясеня:

- Висока міцність і стійкість до зношування.
- Хороша гнучкість, що дає змогу створювати меблі складної форми.
- Хороша стійкість до вологи та інших зовнішніх впливів.

Недоліки:

- Більш висока ціна порівняно з іншими твердими породами.
- Може деформуватися при значних перепадах температури і вологості.

Горіх – одна з найпрестижніших і найдорожчих порід деревини. Горіх має темний, насичений колір з відмінною текстурою. Ця деревина також відома своєю міцністю, що дає змогу виготовляти з нього не тільки естетично привабливі, а й довговічні меблі.

Переваги горіха:

- Виняткова міцність і стійкість до пошкоджень.

- Має красиву текстуру, горіх стає прекрасним матеріалом для виготовлення розкішних меблів.

- Дуже стійка до деформацій і змін вологості.

Недоліки:

- Дуже висока ціна через обмежену пропозицію.

- Горіх потребує спеціального догляду, щоб зберегти свій вигляд.

Тверді породи деревини – це чудовий вибір для виготовлення меблів і конструкцій, які мають бути довговічними і стійкими до механічних пошкоджень. Дуб, бук, ясен, горіх, тик і махагон – це лише деякі з найміцніших порід деревини, які використовуються у виробництві меблів. Вибір конкретної породи деревини залежить від уподобань, бюджету та умов експлуатації [24].

1.3. Особливості технологічного процесу виготовлення альтанок на підприємстві «Іванківський Агротехсервіс»

Компанія «Іванківський Агротехсервіс» надає повний спектр будівельних послуг від розробки індивідуальних проектів до ландшафтного озеленення. Уся діяльність здійснюється відповідно до сучасних стандартів і на високому професійному рівні .

Основний напрям роботи – зведення сучасних дерев'яних будинків із клеєного бруса. Компанія створює та будує будинки «під ключ» для постійного проживання, а також замські котеджі, гостьові будинки, лазні, спа-комплекси, садові будиночки, альтанки та господарські споруди.

Працюючи на ринку з 1998 року, компанія пройшла шлях від невеликого виробництва столярних виробів до провідної компанії деревообробної галузі України.

Сьогодні «Іванківський Агротехсервіс» це власне конструкторське бюро, сучасне виробництво та згуртована команда професіоналів, які об'єднані спільною метою – створювати якісні, екологічні та довговічні дерев'яні будинки.

Продукція компанії здобула визнання не лише в Україні, а й за її межами. За проектами, створеними архітекторами компанії, зведено понад 500 будинків.

Столярні вироби прикрашають інтер'єри таких об'єктів, як готелі «Прем'єр Палас» і «Дніпро», Верховний Суд, Адміністрація Президента, ЦСМ та інші установи.

Іванківський Агротехсервіс цінує кожного співробітника, адже саме злагоджена робота команди дозволяє досягати найвищих результатів у розробці проектів.

Компанія поєднує функціональність, комфорт і тишу, втілюючи ці якості у кожному виробі [25].

Розглянемо технологічний процес виготовлення альтанки.

Перша операція – це розкрій пиломатеріалів на заготовки. щоб отримати потрібні розміри використовується циркулярна пила (рис1.17) . Мета цього процесу отримати заготовки необхідних розмірів (довжини, ширини, товщини) відповідно до креслення альтанки.



Рис. 1.7. Циркулярна пила

Дискові (циркулярні) пили широко використовуються для поздовжнього розпилювання деревинних матеріалів – дощок, паркетного покриття, рейок, ДСП, OSB плит, тощо. Вони характеризуються високою швидкістю різання та продуктивністю, у порівнянні з ручним різанням або пилянням лобзиками [26].

Другий етап технологічного процесу – це первинна обробка деревини.

Стругання широких поверхонь – це процес обробки плоских поверхонь деревини, який виконується за допомогою верстатів, таких як фугувальний верстат який зображений на (рис1.18). Фугувальний верстат потрібен для вирівнювання поверхні дерев'яних заготовок, усунення нерівностей і створення рівних базових поверхонь для подальшої обробки.



Рис. 1.8. Фугувальний верстат

Основні функції: усуває дефекти, горби та інші нерівності на чорновій поверхні деревини. Створення базової площини дозволяє отримати одну рівну площину на заготовці, яка буде використовуватися як основа для подальшої обробки інших поверхонь.

Верстат призначений для прямолінійного стругання (фрезерування) або стругання під кутом (фугування) брусків або щитів по площинах чи ребрах; різновид деревообробного стругального верстата [27].

Простругування по товщині. Для цього нам потрібен рейсмусовий верстат який зображений на (рис1.9). Принцип роботи рейсмусового верстата полягає в плоскому струганні дошки. Основний елемент рейсмуса – вал з ножами, який під час роботи знімає з заготовки шар деревини.

В результаті верхня поверхня дошки стає паралельною нижній. У багатьох сучасних рейсмусів передбачена система протягування деталей з фіксованою швидкістю – це дозволяє більш рівно знімати шар матеріалу. Стандартний варіант роботи рейсмусом передбачає, що довжина заготовки більше, ніж відстань між валиками.

Під час роботи двигун обертає вал з ножами. Поки валики рухають заготовку, ріжучий вал за допомогою двох або трьох ножів знімає шар деревини.



Рис. 1.9. Рейсмусовий верстат

Сьогодні розповсюджені декілька варіантів рейсмусових верстатів: односторонні та двосторонні. У двосторонніх є додатковий ножовий вал, який розташований під заготовкою. Це дозволяє обробляти деталь одразу з двох сторін. Конструкція обох типів верстатів подібна. Менш розповсюджені три та чотиристоронні рейсмуси [28].

Малі архітектурні форми з деревини забезпечують естетичність, функціональність і комфорт у громадських та приватних просторах. Завдяки природним властивостям деревини екологічності, міцності та зручності в обробці вона широко використовується для створення арок, пергол, навісів, меблів, скульптур і альтанок. Ефективність та довговічність таких конструкцій значною мірою залежать від правильного вибору породи, якісного сушіння та захисної обробки матеріалу. На прикладі підприємства «Іванківський Агротехсервіс» видно, що сучасні технології деревообробки дозволяють виготовляти надійні та довговічні дерев'яні МАФ, які гармонійно поєднують декоративність і практичність.

РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНОЇ ПОРОДИ ДЕРЕВИНИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У КОНСТРУКЦІЯХ МАФ

2.1. Опис властивостей найбільш поширених порід деревини, що використовуються для виготовлення МАФ

Різноманіття деревних порід із різними фізико-механічними характеристиками відкриває широкі можливості для виробників МАФ. Водночас постає завдання визначення пріоритетної породи, яка найбільше відповідатиме потребам конкретного проекту з урахуванням таких факторів, як екологічна стійкість, економічна доцільність, легкість в обробці та естетична привабливість.

Цінність різних порід деревини визначається їх міцністю, довговічністю і неповторністю малюнка. Окремі породи, які використовуються для виготовлення дорогих меблів, паркету, дверей, предметів інтер'єру, вважаються елітними, враховуючи початково високу вартість і обсяг зусиль та коштів, що витрачаються на їх обробку.

Дуб рід багаторічних рослин родини букових, що налічує приблизно 470 негібридних видів. Його представники поширені переважно у помірних і тропічних областях Північної півкулі. Серед дубів існують цінні деревні, танідоносні, лікарські та декоративні рослини [29].

1. Дуб (рис. 2.1.) є однією з найцінніших порід деревини завдяки своїм унікальним фізико-механічним властивостям, які роблять його популярним у будівництві, виробництві меблів та виготовленні малих архітектурних форм (МАФ). Основними характеристиками дубової деревини є висока твердість, щільність, стійкість до впливу зовнішніх факторів та довговічність.



Рис. 2.1. Деревина дуба [30]

Дуб належить до твердих порід деревини. За показником твердості по Брінеллю дубова деревина має значення в межах 3,5–3,9 МПа (залежно від умов зростання і вологості). Це забезпечує її високу стійкість до механічних пошкоджень і зношування, що є важливим фактором при використанні для МАФ, які піддаються інтенсивному впливу.

Сосна – рід хвойних дерев родини соснових. Це дерева або чагарники, ароматичні, вічнозелені; крона зазвичай конічна у молодих рослин, часто стає округлою або плосковерхою з віком. Відомо близько 115 видів, що поширені переважно у помірній смузі Північної півкулі [31].

2. Сосна (рис. 2.2.) одна з найпоширеніших порід деревини, яка активно використовується у будівництві, виготовленні меблів і малих архітектурних форм (МАФ). Її популярність пояснюється поєднанням доступності, легкості в обробці та хороших фізико-механічних властивостей.



Рис. 2.2. Деревина сосни [32]

Щільність сосни становить 450–520 кг/м³ у сухому стані, залежно від виду сосни та умов зростання. Завдяки помірній щільності соснова деревина є досить легкою, що полегшує транспортування та монтаж конструкцій

Береза рід листопадних дерев та кущів родини березові. В Україні поширені види переважно з гладенькою білою корою, при основі стовбура кора чорно-сіра, глибокотріщинувата. Проте у світовій флорі більшість видів берези мають темне забарвлення кори [33].

3. Береза (рис. 2.3.) одна з найбільш універсальних порід деревини, яка цінується за її естетичний вигляд, доступність та задовільні фізико-механічні

властивості. Вона широко використовується у виробництві меблів, фанери, декоративних елементів і МАФ.



Рис. 2.3. Деревина берези [34]

Щільність березової деревини складає 610–670 кг/м³ у сухому стані. Завдяки високій щільності береза добре тримає форму, не схильна до значної усадки та забезпечує стабільність конструкцій. Проте це також збільшує вагу матеріалу, що може ускладнювати транспортування і монтаж.

В Україні березові ліси високопродуктивні. П'ятдесятирічні березняки дають запаси деревини до 350 м³ й більше [35].

Граб – це листяне дерево або кущ із родини березових яке вражає своєю елегантною кроною, міцною деревиною та здатністю створювати густі зелені огорожі. Його часто плутають із буком через схожість листя, але граб має унікальні риси, які роблять його особливим [36].

Поширення грабу зазвичай у Центральній і Західній Європі, частково в Південній, на Кавказі та на узбережжі Чорного моря. На території України росте в Карпатах, Лісостепу, на Поліссі (зокрема проводяться періодичні поновлення насаджень на території НПП Кременецькі гори, зрідка в степу. Займає 3,7 % площі державного лісового фонду України. Райони заготівлі зосереджені в Лісостепу, Поліссі та Карпатах. [37].

4. Граб (рис. 2.4.) є однією з найтвердіших і найщільніших порід деревини серед дерев помірного клімату. Його деревина відома своєю міцністю,

зносостійкістю та гарними естетичними характеристиками, що робить його популярним у виробництві меблів, інструментів і МАФ.



Рис. 2.4. Деревина граба [38]

Граб належить до твердих порід деревини. Його твердість по Брінеллю досягає 3,7–4,5 МПа, що значно перевищує показники багатьох інших порід, зокрема дуба. Така висока твердість забезпечує стійкість до механічних пошкоджень і зношування, що є перевагою для МАФ, які піддаються інтенсивному використанню.

Щільність граба є дуже високою у сухому стані. Це гарантує міцність і стійкість до деформацій, але водночас підвищує вагу конструкцій

2.2. Прийняття проектного рішення по вибору породи деревини

Метод розставлення пріоритетів – це порівняння об'єктів за якістю і кількістю за певними властивостями. Якщо немає точних даних, використовують експертні оцінки. Порівняння роблять у вигляді матриці, яку потім математично обробляють, щоб отримати пріоритети рішень. Метод допомагає вибрати найкращий варіант продукції, технології, обладнання, матеріалів тощо [39].

Для порівняння і вибору пріоритету описаних в попередньому підрозділі порід деревини обрано 4 основних характеристики по кожному з чотирьох матеріалів, що наведено у табл.2.1.

Таблиця 2.1

Основні характеристики обраних матеріалів

Порода деревини	Межа міцності на згин при вологості 30% МПа	Твердість, статична МПа	Щільність 12%, кг/м ³	Ціна, тис.грн м ³
Дуб	66	3,8	650	40
Сосна	49	3,6	530	11
Береза	65	3,5	640	17
Граб	74	3,7	600	16

Для якісного аналізу 4 елементів створено квадратні матриці, що містять бінарні відношення в межах $m \times n$; де m – це особливості обладнання; n – це тип обладнання, тобто 4×4 . Математичними символами показано зв'язок між особливостями: $>$, $=$, $<$. Отже, усього матриць 4. Наступним кроком є порівняння показників за їх важливістю (вагою) при оцінці особливостей. Для цього складено квадратну матрицю $m \times n$.

Щоб оцінити кожен показник у цифрах, обраховано різницю найкращого і найгіршого об'єкту за формулою (2.1) [39]:

$$K_{ij} = \frac{X_{ijmax}}{X_{ijmin}}, \quad (2.1)$$

де: X_{ijmax} – максимальна оцінка і-того об'єкта по j-му показнику;

X_{ijmin} – мінімальна оцінка і-того об'єкта по j-му показнику.

Далі визначаємо коефіцієнт ω_{ij} за формулою (2.2) [39]:

$$\omega_{ij} = \left(\frac{K-1}{K+1} + \sqrt{\frac{0,05}{n}} \right), \quad (2.2)$$

кожної характеристики. За формулою (2.1) розраховується значення K_j , і це дозволяє встановити різницю між найкращим і найгіршим показником. Коефіцієнт ω_j , відповідно рахується за формулою (2.2).

Цей метод дозволяє розрахувати значення коефіцієнтів K_j та ω_j , використовуючи інформацію з табл. (2.3 – 2.5) та формул (2.1) і (2.2).

Аналогічно розраховано та заповнено табл. 2.3 – 2.5.

Таблиця 2.3

Матриця порівняння матеріалу за твердістю

		X1	X2	X3	X4	K	W
		3,8	3,6	3,5	3,7		
X1	3,8	=	>	>	>	1,09	0,15
X2	3,6	<	=	>	<		
X3	3,5	<	<	=	<		
X4	3,7	<	>	>	=		

Твердість визначає можливість матеріалу протистояти механічним пошкодженням, що особливо важливо для конструкцій, які піддаються інтенсивному використанню.

Таблиця 2.4

Матриця порівняння матеріалів за щільністю

		X1	X2	X3	X4	K	W
		650	530	640	600		
X1	650	=	>	>	>	1,22	0,21
X2	530	<	=	<	<		
X3	640	<	>	=	>		
X4	600	<	>	<	=		

Щільність є важливим показником, оскільки вона визначає її міцність, стійкість до фізичних навантажень і довговічність конструкції, тобто вища щільність є пріоритетною.

Таблиця 2.5

Матриця порівняння матеріалів за ціною

		X1	X2	X3	X4	K	W
		40	11	17	16		
X1	40	=	<	<	<	3,64	0,68
X2	11	>	=	>	>		
X3	17	>	<	=	<		
X4	16	>	<	>	=		

Ціна впливає на економічну доцільність створення виробу, тобто чим дешевшим є матеріал, тим він більш привабливий.

Щоб встановити пріоритет кожного матеріалу за кожною характеристикою P_{ij} і пріоритет показника P_j , використовують поняття потужності критерію L -го порядку $P(L)$, яке обчислюється по рядках за формулами (2.5-2.11) [39]:

Перша ітерація:

$$P_i(1) = \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad (2.5)$$

$$P_j(1) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.6)$$

$$P_{ij}(1) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.7)$$

Друга ітерація:

$$P_j(2) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.8)$$

$$P_{ij}(2) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.9)$$

Третя ітерація:

$$P_j(3) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.10)$$

$$P_{ij}(3) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)},$$

Результати розрахунків занесено в табл. 2.6.

Аналогічно розраховано та заповнено табл. 2.7 – 2.9.

Таблиця 2.6

Матриця суміжності для порівняння матеріалів за межею міцності

		X1	X2	X3	X4	K	W	Pi1	Pi1*	Pi2	Pi2*	Pi3	Pi3*
		66	49	65	74								
X1	66	1	1,32	1,32	0,68	1,51	0,31	4,32	0,27	16,56	0,27	63,98	0,27
X2	49	0,68	1	0,68	0,68			3,04	0,19	11,85	0,19	45,92	0,19
X3	65	0,68	1,32	1	0,68			3,68	0,23	14,00	0,23	54,19	0,23
X4	74	1,32	1,32	1,32	1			4,96	0,31	19,53	0,32	75,53	0,32
Σ								16,00	1,00	61,95	1,00	239,62	1,00

Таблиця 2.7

Матриця суміжності для порівняння матеріалів за твердістю

		X1	X2	X3	X4	K	W	Pi1	Pi1*	Pi2	Pi2*	Pi3	Pi3*
		3,8	3,6	3,5	3,7								
X1	3,8	1	1,15	1,15	1,15	1,09	0,15	4,45	0,28	17,73	0,28	70,42	0,28
X2	3,6	0,85	1	1,15	0,85			3,85	0,24	15,24	0,24	60,54	0,24
X3	3,5	0,85	0,85	1	0,85			3,55	0,22	14,13	0,22	56,14	0,22
X4	3,7	0,85	1,15	1,15	1			4,15	0,26	16,44	0,26	65,30	0,26
Σ								16,00	1,00	63,55	1,00	252,40	1,00

Таблиця 2.8

Матриця суміжності для порівняння матеріалів за щільністю

		X1	X2	X3	X4	K	W	Pi1	Pi1*	Pi2	Pi2*	Pi3	Pi3*
		650	530	640	600								
X1	650	1	1,21	1,21	1,21	1,22	0,21	4,63	0,29	18,39	0,29	72,51	0,29
X2	530	0,79	1	0,79	0,79			3,37	0,21	13,35	0,21	52,67	0,21
X3	640	0,79	1,21	1	1,21			4,21	0,26	16,53	0,26	65,18	0,26
X4	600	0,79	1,21	0,79	1			3,79	0,24	14,85	0,24	58,59	0,24
Σ								16,00	1,00	63,12	1,00	248,94	1,00

Таблиця 2.9

Матриця суміжності для порівняння матеріалів за ціною

		X1	X2	X3	X4	K	W	Pi1	Pi1*	Pi2	Pi2*	Pi3	Pi3*
		40	11	17	16								
X1	40	1	0,32	0,32	0,32	3,64	0,68	1,96	0,12	6,45	0,12	21,91	0,12
X2	11	1,68	1	1,68	1,68			6,04	0,38	22,77	0,42	76,50	0,42
X3	17	1,68	0,32	1	0,32			3,32	0,21	10,04	0,18	33,13	0,18
X4	16	1,68	0,32	1,68	1			4,68	0,29	15,48	0,28	50,48	0,28
Σ								16	1,00	54,75	1,00	182,02	1,00

Результати оцінок пріоритетів, наданих експертами, наведено в табл. 2.10

Таблиця 2.10

Результати експертної оцінки пріоритетів показників

Кількість експертів	Межа міцності на згин при вологості 30% МПа			Твердість, статична МПа			Щільність 12%, кг/м ³			Ціна, тис.грн м ³		
	X _i	X _{сер} - X _i	(X _{сер} - X _i) ²	X _i	X _{сер} - X _i	(X _{сер} - X _i) ²	X _i	X _{сер} - X _i	(X _{сер} - X _i) ²	X _i	X _{сер} - X _i	(X _{сер} - X _i) ²
1	4	-1,43	2,04	1	0,14	0,02	1	0,71	0,51	2	0,86	0,73
2	1	1,57	2,47	1	0,14	0,02	1	0,71	0,51	3	-0,14	0,02
3	4	-1,43	2,04	1	0,14	0,02	2	-0,29	0,08	2	0,86	0,73
4	1	1,57	2,47	1	0,14	0,02	2	-0,29	0,08	3	-0,14	0,02
5	4	-1,43	2,04	1	0,14	0,02	1	0,71	0,51	3	-0,14	0,02
6	1	1,57	2,47	1	0,14	0,02	2	-0,29	0,08	2	0,86	0,73
7	3	-0,43	0,18	2	-0,86	0,73	3	-1,29	1,65	5	-2,14	4,59
Середнє значення балу	2,57			1,14			1,71			2,86		
Середнє квадратичне відхилення	1,51			0,38			0,76			1,07		

Коефіцієнт варіації /100%	0,59		0,33		0,44		0,37	
	К _{експ.1}	0,41	К _{експ.2}	0,67	К _{експ.3}	0,56	К _{експ.4}	0,63
Загальний коефіцієнт погодження експертів			0,57					

За формулами (2.12-2.16) обчислюється середнє значення x_{ij} та середнє квадратичне відхилення S_{ij} по кожному ряду відповідей [39]:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m}, \quad (2.12)$$

$$S_{ij} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_{ij})^2}{m-1}}, \quad (2.13)$$

де: x_{ij} – оцінка j -го експерта по i -му питанню;

m – кількість експертів.

Коефіцієнт варіації V_{ij} рахується за формулою (2.14) [39]:

$$V_{ij} = \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \cdot 100\%, \quad (2.14)$$

Загальний коефіцієнт погодження експертів визначається за формулами (2.15-2.16) [39]:

$$K_E = \frac{\sum_{i=1}^n K_{Eij}}{\sum_{i=1}^n m_{ij}}, \quad (2.15)$$

$$K_{Eij} = 1 - \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}}, \quad (2.16)$$

де: n – кількість характеристик в анкеті;

m_{ij} – кількість оцінок по кожній характеристиці в кожному з вирівняних рядів.

Якщо $0,5 \leq K_E \leq 1$, то думка експертів погоджена.

Складено квадратну матрицю бінарних відношень (табл. 2.11).

Таблиця 2.11

Матриця бінарних відношень

		Y1	Y2	Y3	Y4	K	W
		2,57	1,14	1,71	2,86		
Y1	2,57	=	<	<	>	2.51	0,54
Y2	1,14	>	=	>	>		
Y3	1,71	>	<	=	>		
Y4	2,86	<	<	<	=		

Співвідношення між об'єктами виражено математичними символами (>), (=), (<).

Визначається у скільки разів найкращий об'єкт відрізняється від найгіршого, використовуючи формулу (2.1), коефіцієнт ω_j , за формулою (2.2):

Суміжні члени матриць визначено за формулами (2.3-2.4).

Значеннями α_{ij} замінюють математичні символи (>), (=), (<). Після цього складається матриця суміжності для порівняння показників в (табл. 2.12).

Таблиця 2.12

Матриця суміжності для порівняння показників, що характеризують породи

		Y1	Y2	Y3	Y4	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	K	W
		1,43	3,43	2,71	3,00								
Y1	1,43	1,00	0,38	0,38	0,38	2,51	0,54	3,46	0,22	11,80	0,20	42,47	0,20
Y2	3,43	1,62	1,00	1,62	1,62			5,62	0,35	21,61	0,37	77,91	0,37
Y3	2,71	1,62	0,38	1,00	0,38			4,54	0,28	16,12	0,28	57,54	0,27
Y4	3,00	1,62	0,38	1,62	1,00			2,38	0,15	8,65	0,15	31,43	0,15
Σ								16,00	1,00	58,17	1,00	209,34	1,00

Розрахунок аналогічно до попередніх таблиць за формулами (2.5 - 2.11).

Таблиця 2.11

Матриця бінарних відношень

		Y1	Y2	Y3	Y4	K	W
		2,57	1,14	1,71	2,86		

Y1	2,57	=	<	<	>	2,51	0,54
Y2	1,14	>	=	>	>		
Y3	1,71	>	<	=	>		
Y4	2,86	<	<	<	=		

Співвідношення між об'єктами виражено математичними символами (>), (=), (<).

Визначається у скільки разів найкращий об'єкт відрізняється від найгіршого, використовуючи формулу (2.1), коефіцієнт ω_j , за формулою (2.2).

Суміжні члени матриць визначено за формулами (2.3-2.4).

Значеннями α_{ij} замінюють математичні символи (>), (=), (<). Після цього складається матриця суміжності для порівняння показників в (табл. 2.12).

Таблиця 2.12

Матриця суміжності для порівняння показників, що характеризують породи

		Y1	Y2	Y3	Y4	K	W	P ₁	P ₁ *	P ₂	P ₂ *	K	W
		1,43	3,43	2,71	3,00								
Y1	1,43	1,00	0,38	0,38	0,38	2,51	0,54	3,46	0,22	11,80	0,20	42,47	0,20
Y2	3,43	1,62	1,00	1,62	1,62			5,62	0,35	21,61	0,37	77,91	0,37
Y3	2,71	1,62	0,38	1,00	0,38			4,54	0,28	16,12	0,28	57,54	0,27
Y4	3,00	1,62	0,38	1,62	1,00			2,38	0,15	8,65	0,15	31,43	0,15
Σ								16,00	1,00	58,17	1,00	209,34	1,00

Розрахунок аналогічно до попередніх таблиць за формулами (2.5 - 2.11).

За отриманими результатами формується загальна матриця для обчислення комплексного пріоритету (табл. 2.13).

Таблиця 2.13

Підсумкова матриця

Матеріал	Пріоритет матеріалу по одиничних показниках				Пріоритет показника		Комплексний пріоритет матеріалу
	1	2	3	4	номер	значення	
Дуб	0,27	0,28	0,29	0,12	3	0,20	0,25
Сосна	0,19	0,24	0,21	0,42	1	0,37	0,25

Береза	0,23	0,22	0,26	0,18	2	0,27	0,22
Граб	0,32	0,26	0,24	0,28	4	0,15	0,27

Підсумкова матриця показала, що найбільший пріоритет припадає на деревину грабу, також однакові показники отримала деревина сосни та дубу. Але загалом показники відрізняються мінімально, це може свідчити про подібність матеріалів та вимагає, зміни методу визначення пріоритетного матеріалу.

2.3. Вибір матеріалу методом ієрархій

Томас Сааті, американський вчений, запропонував метод аналізу ієрархій (MAI) у 70-80 роках ХХ століття як метод порівняння та впорядкування об'єктів, що мають набори критеріїв і показників, якісних і кількісних. MAI – це математична техніка системного аналізу складних задач прийняття рішень. Він не нав'язує особі, що приймає рішення, вибір будь-якого «вірного» рішення, а надає можливість в інтерактивному режимі вибрати такий варіант (альтернативу), який найкраще відповідає усвідомленню проблеми та вимогам до її розв'язання.

Для вирішення завдання необхідні наступні дані:

Мета: вибір кращого матеріалу.

Кількість альтернатив – 4.

Кількість критеріїв – 4.

Позначено альтернативи та критерії скороченими назвами:

№	Критерії
Кр1	Межа міцності
Кр2	Твердість
Кр3	Щільність
Кр4	Ціна

№	Альтернативи
A1	Дуб
A2	Сосна
A3	Береза
A4	Граб

Для розв'язання задачі формується матрицю парних порівнянь (МПП), відповідно до шкали Сааті.

Для того, щоб вибрати найкращий матеріал, створено матрицю парних порівнянь (МПП) (табл. 2.14) за критеріями, що відповідають меті. Цей процес ґрунтується на нашому власному аналізі того, як властивості впливають на реалізацію конкретної мети.

Значення середнього геометричного значення елементів матриці розраховується за формулою (2.14) [26]:

$$G_i(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{is}) = (a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{is})^{\frac{1}{s}}, \quad (2.14)$$

де: i – номер рядка матриці;

s – кількість елементів в s -му рядку матриці;

$a_{i1} = w_1/w_1; a_{i2} = w_2/w_2; \dots; a_{is} = w_s/w_s$.

Далі обчислюється значення ЛПр першого рядка за формулою (2.15):

$$ЛПр_1 = \frac{[(w_1/w_1) \cdot (w_2/w_2) \cdot \dots \cdot (w_n/w_n)]^{\frac{1}{s}}}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)}, \quad (2.15)$$

Розрахунок ЛПр для інших рядків виконується аналогічним чином.

Далі порівнюються значення, наскільки чіткі та консистентні експертні оцінки, тобто числа в матрицях парних порівнянь. Для цього є дві характеристики – індекс узгодженості (CI) і відношення узгодженості (CR), розраховується за формулами (2.16-2.17) [26]:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (2.16)$$

$$CR = \frac{CI}{P_n}, \quad (2.17)$$

де: n – розмір матриці;

P_n – індекс узгодженості для позитивної зворотної симетричної матриці випадкових оцінок $n \times n$;

Результати розрахунків занесено в табл. 2.14.

За допомогою цього методу розраховано та заповнено табл. 2.15 – 2.18.

Таблиця 2.14

Матриця МПП критеріїв відносно мети

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр1
Кр1	Межа міцності	1	1	3	1/2	1,107	0,231
Кр2	Твердість	1	1	3	1/2	1,107	0,231
Кр3	Щільність	1/3	1/3	1	1/6	0,369	0,077
Кр4	Ціна	2	2	6	1	2,213	0,462
Сума						4,796	1,00

Показники: $N=4$; $\lambda_{\max}=4,308$; $CI=0,103$; $CR=0,114$

Найбільше значення ЛПр=0,462

Таблиця 2.15

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію межа міцності

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр1
Кр1	Дуб	1	3	1	1/2	1,107	0,231
Кр2	Сосна	1/3	1	1/3	1/6	0,369	0,077
Кр3	Береза	1	3	1	1/2	1,107	0,231
Кр4	Граб	2	6	2	1	2,213	0,462
Сума						4,796	1,00

Показники: $N=4$; $\lambda_{\max}=4,466$; $CI=0,155$; $CR=0,173$

Найбільше значення ЛПр=0,462

Таблиця 2.16

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію твердість

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр1
Кр1	Дуб	1	2	4	1	1,682	0,364
Кр2	Сосна	1/2	1	2	1/2	0,841	0,182
Кр3	Береза	1/4	1/2	1	1/4	0,420	0,091
Кр4	Граб	1	2	4	1	1,682	0,364
Сума						4,625	1,00

Показники: $N=4$; $\lambda_{\max}=4,078$; $CI=0,026$; $CR=0,029$

Найбільше значення ЛПр=0,364

Таблиця 2.17

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію час щільність

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр1
Кр1	Дуб	1	4	1	2	1,682	0,364
Кр2	Сосна	1/4	1	1/4	1/2	0,420	0,091
Кр3	Береза	1	4	1	2	1,682	0,364
Кр4	Граб	1/2	2	1/2	1	0,841	0,182
Сума						4,625	1,00

Показники: $N=4$; $\lambda_{\max}=4,455$ $CI=0,152$; $CR=0,168$

Найбільше значення ЛПр=0,364

Таблиця 2.18

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію ціна

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр1
Кр1	Дуб	1	1/8	1/4	1/4	0,297	0,059
Кр2	Сосна	8	1	2	2	2,378	0,471
Кр3	Береза	4	1/2	1	1	1,189	0,235
Кр4	Граб	4	1/2	1	1	1,189	0,235
Сума						5,054	1,00

Показники: $N=4$; $\lambda_{\max}=4,130$; $CI=0,043$; $CR=0,048$

Найбільше значення ЛПр=0,471

Побудовано матрицю пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв (табл. 2.19). [5]

Таблиця 2.19

Матриця пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв

Альтернатива	Критерій			
	Час висихання	Витрати	Щільність	ціна

	числове значення вектора пріоритету			
	0,231	0,231	0,077	0,462
Дуб	0,231	0,364	0,364	0,059
Сосна	0,077	0,182	0,091	0,471
Береза	0,231	0,091	0,364	0,235
Граб	0,462	0,364	0,182	0,235

Наступним кроком є обчислення значення глобального пріоритету ГлПр. Значення ГлПр для рядка А1 визначають шляхом додавання добутків значень стовпця «ПрКр» (табл. 2.20) на значення у стовпці «А1». Так само визначають значення ГлПр для всіх інших рядків [39]. Отримані дані занесено у табл. 2.20 глобальні пріоритети альтернатив

Таблиця 2.20

Глобальні пріоритети альтернатив

	Назва	ГлПр
1	Дуб	0,1923
2	Сосна	0,2839
3	Береза	0,2108
4	Граб	0,3130

Із табл. 2.20 видно, що Альтернатива А4 (Граб) має найбільше значення глобального пріоритету – 0,2871 і є найкращим рішенням для досягнення поставленої мети.

У результаті проведеного порівняльного аналізу фізико-механічних властивостей найбільш поширених порід деревини, а також застосування методів розставлення пріоритетів і методу аналізу ієрархій (МАІ), встановлено, що найбільш доцільною породою для виготовлення малих архітектурних форм є граб. Граб продемонстрував найвищі значення межі міцності, твердість і високу щільність, що забезпечує максимальну надійність та довговічність конструкцій. Хоча дуб також має високі міцнісні характеристики, його значно вища ціна знижує загальний пріоритет. Сосна показала хороші результати за рахунок низької вартості, однак її середні механічні властивості поступаються грабу.

Метод аналізу ієрархій підтвердив отримані раніше висновки, продемонструвавши найбільший глобальний пріоритет у граба. Таким чином, за сукупністю характеристик (міцність, твердість, щільність та економічність) граб є оптимальним вибором для виготовлення МАФ, забезпечуючи баланс між надійністю та вартістю конструкцій.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Методика визначення механічних властивостей деревини, що впливають на можливість її використання у якості конструкційних елементів

Натурні зразки випробовували на міцність за методикою, встановленою ДСТУ EN 408:2007. Згідно з вимогами стандарту, зразок навантажували симетрично у двох точках прольоту, довжина якого становила 18 товщин його поперечного перерізу, як показано на (рис. 3.1.) Щоб зменшити локальне зминання, між зразком і навантажувальними елементами розміщували сталеві пластини, ширина яких не перевищувала половини товщини зразка.

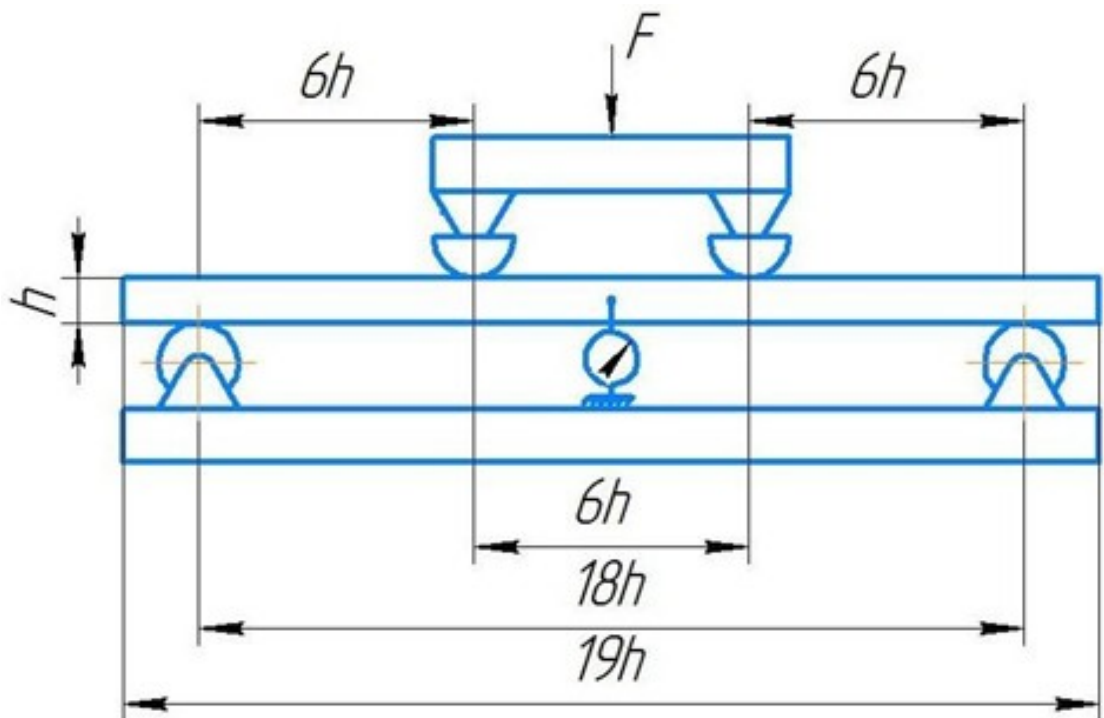


Рис. 3.1. Схема визначення модуля пружності з двома навантажувальними елементами згідно з ДСТУ EN 408:2007

Навантаження прикладали з постійною швидкістю, максимальне значення якого досягали через 300 ± 120 с. Впродовж експериментальних досліджень реєстрували характер руйнування кожного зразка. Міцність за статичного згину (f_m , МПа), визначали за формулою (3.1):

$$f_m = \frac{a * F_{max}}{2 * W} \quad (3.1)$$

де a – відстань між точкою прикладання навантаження і найближчій опорою, мм; F_{max} – максимальне навантаження, Н; W – момент опору перерізу мм³.

Момент опору перерізу W .

W – це геометрична характеристика переріза, що показує «здатність» перерізу протидіяти згинальному моменту. Зв'язок зі згинальним напруженням опсується рівнянням (3.2):

$$W = \frac{I}{Y_{max}} \quad (3.2)$$

I – момент інерції перерізу відносно осі (другий момент площі).

Y_{max} – відстань від нейтральної осі до найвіддаленішого волокна (для прямокутника $Y_{max} = h/2$)

Прямокутний переріз (ширина b . Висота h)

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (3.3)$$

$$Y_{max} = \frac{h}{2} \quad (3.4)$$

3.2. Результати експериментальних досліджень визначення межі міцності деревини на згин

Метою експериментальних досліджень було визначення межі міцності деревини на статичний згин, що є однією з основних характеристик, які визначають можливість використання деревини у якості конструкційного матеріалу для малих архітектурних форм (МАФ).

Основні завдання дослідження:

- експериментальне визначення граничного навантаження деревини різних порід (сосна, ялина, модрина);
- розрахунок міцності на згин відповідно до вимог ДСТУ EN 408:2007;
- аналіз отриманих результатів і порівняння характеристик різних порід деревини.

Експериментальні дослідження проводили на розривній машині Р-5 (рис. 3.2). яка забезпечує можливість прикладення контрольованого навантаження з регульованою швидкістю. Машина призначена для статичних випробувань матеріалів на розтяг, стиск і згин, що дозволяє адаптувати її для роботи з деревиною.



Рис. 3.2. Розривна машина Р5

Основні технічні параметри машини Р-5:

- максимальне навантаження – 50 кН;
- діапазон швидкостей навантаження – 0,01–100 мм/хв;
- точність вимірювання – клас 1;
- тип силозмірювача – маятниково-важільний;
- фіксація результатів – спеціалізоване програмне забезпечення.

Для випробування пружних матеріалів (метали, деревина, гума, полімери, тканини та ін.) застосовують розривні машини з однією або декількома сталими швидкостями деформування (жорстке навантаження), а для випробування крихких матеріалів розривні машини із сталою швидкістю навантаження (м'яке навантаження) [40].

Для зменшення місцевого зминання під навантажувальними роликками використовували сталеві пластини товщиною не більше половини товщини зразка, згідно з рекомендаціями ДСТУ EN 408:2007.

Схема випробування наведена на (рис. 3.1.). Зразок спирався на дві опори, можна побачити на (рис. 3.2.) де йде проведення випробування зразка деревини на машині, відстань між якими дорівнювала 18-кратній товщині перерізу. Навантаження прикладалося у двох точках, розташованих на відстані однієї третини прольоту від опор. Навантаження збільшували з постійною швидкістю, так щоб максимальне значення було досягнуто через 300 ± 120 с.

Протягом випробування фіксували:

- величину прикладеного навантаження F ;
- прогин середини прольоту;
- характер руйнування зразка.



Рис. 3.3. Проведення випробування зразка деревини на машині

Розміри поперечного перерізу зразків були однаковими: $b = 100$ мм, $h = 50$ мм, $L = 1950$ мм (рис. 3.4).

Відстань між точкою прикладання навантаження та опорою $a = 300$ мм.

Випробуванню піддавалися 10 зразків: 4 зразки деревини сосни, 3 зразки деревини ялини, 3 зразки деревини модрина (рис. 3.5).



Рис.3.4. Зразки деревини перед випробуванням

Таблиця 3.1

Результати розрахунків міцності деревини за статичного згину

№ зразка	Порода деревини	F_{\max} , Н	f_m , МПа
1	Сосна	10940,18	39,39
2	Сосна	19284,29	69,42
3	Сосна	13338,59	48,02
4	Сосна	11028,76	39,70
1	Ялина	13634,63	49,09
2	Ялина	12110,84	43,60
3	Ялина	14990,85	53,97
1	Модрина	14313,44	51,53
2	Модрина	20010,30	72,04
3	Модрина	16598,99	59,76

На основі отриманих даних встановлено, що найвищу міцність на згин має деревина модрина у середньому 61,11 МПа, що перевищує показники сосни 49,13 МПа та ялини 48,89 МПа.



Рис. 3.5. Вигляд зразка після випробування

Модрина характеризується вищою щільністю та меншим вмістом сучків, що забезпечує більшу рівномірність волокон і підвищений опір згину. Для деревини сосни спостерігається помітна розбіжність результатів від 39,39 МПа до 69,42 МПа, що пояснюється:

- неоднорідністю структури річних шарів;
- різною вологістю зразків;
- наявністю локальних дефектів (сучки, мікротріщини).

Деревина ялини показала відносно стабільні результати в межах 43,60–53,97 МПа, що свідчить про більш однорідну будову волокон, однак меншу щільність у порівнянні з модриною.

Руйнування зразків відбувалося переважно у зоні розтягнутих волокон між навантажувальними елементами, що відповідає типовому механізму зламу при статичному згині. Типові види руйнування розшарування волокон і розвиток тріщин по радіальному напрямку.

Порівняльна оцінка міцності деревини різних порід наведено в табл. 3.2.

Для узагальнення результатів розраховано середні значення міцності на згин $f_{m,сер}$ для кожної породи деревини.

Таблиця 3.2

Порівняльна оцінка міцності деревини різних порід

№	Порода деревини	Кількість зразків	Середня міцність $f_{m,сер}$, МПа	Мінімальне значення, МПа	Максимальне значення, МПа
1	Сосна	4	49,13	39,39	69,42
2	Ялина	3	48,89	43,60	53,97
3	Модрина	3	61,11	51,53	72,04

З отриманих даних видно, що найвищі показники міцності на згин має модрина (у середньому 61,1 МПа). Це підтверджує доцільність використання саме цієї породи у конструкційних елементах малих архітектурних форм, де важлива висока несуча здатність та стійкість до деформацій.

Деревина сосни та ялини має близькі між собою показники (49 МПа), що дозволяє їх застосовувати у менш навантажених елементах конструкцій декоративних або допоміжних.

Різниця у показниках пояснюється:

- відмінностями у щільності та структурі волокон;
- кількістю і розміром сучків;

- вологістю зразків під час випробування;
- природною анізотропією деревини.

Розглянемо порівняння результатів з існуючими в літературі даними.

Таблиця 3.3

Порівняльна таблиця міцності деревини джерел і дослідів магістерської роботи

№	Порода деревини	Середнє МПа	Мінімальне МПа	Максимальне МПа	Середнє з дослідів магістерської роботи МПа
1	Сосна	71,2	66,0	94,45	49,13
2	Ялина	89,85	47,0	87,0	48,89
3	Модрина	50,3	15,1	50,3	61,11

Результати порівняльної таблиці 3.3 [41–47].

Сосна. Експериментальне значення з дослідів магістерської роботи (49,13 МПа) значно нижче за середнє і мінімальне літературне (71,2 – 66 МПа). Можливі причини: дефекти деревини, сучки, вологість або методика випробувань.

Ялина. Аналогічне значення (48,89 МПа) нижче за літературні (47 – 89,85 МПа), що теж може пояснюватися якістю зразків або умовами експерименту.

Модрина. Значення з дослідів магістерської роботи (61,11 МПа) вище за середнє літературне (50,3 МПа), що свідчить про добру якість зразків або меншу кількість дефектів.

Загалом експериментальні дані з магістерської роботи переважно нижчі за літературні для сосни та ялини, але для модрини вищі. Це нормальна ситуація, враховуючи природну варіативність деревини.

Проведено випробування деревини сосни, ялини та модрини на статичний згин за методикою ДСТУ EN 408:2007 із використанням розривної машини Р-5. Методика з двома навантажувальними елементами забезпечила рівномірний розподіл згинального моменту та достовірність результатів. Найвищу міцність на згин показала деревина модрини (до 72 МПа), найнижчу сосна (39 МПа).

Машина Р-5 забезпечує достатню точність вимірювань у межах, характерних для деревини, за умови правильно підібраної швидкості навантаження.

Проведені експериментальні дослідження за методикою ДСТУ EN 408:2007 дозволили визначити міцність деревини сосни, ялини та модрини на статичний згин. За результатами випробувань найвищі показники міцності продемонструвала деревина модрини (у середньому 61,11 МПа), що робить її найбільш придатною для конструкційних елементів малих архітектурних форм. Сосна та ялина показали близькі, але нижчі значення міцності (≈ 49 МПа), що дає можливість застосовувати їх у менш навантажених або декоративних елементах.

Порівняння з літературними джерелами показало, що експериментальні результати для сосни та ялини нижчі за довідникові значення, що може бути пов'язано зі станом зразків, їхньою вологістю або природною неоднорідністю. Для модрини, навпаки, отримані результати виявилися вищими за літературні, що свідчить про добру якість досліджуваної деревини. Загалом дослідження підтвердило закономірності поведінки деревини при згині та обґрунтувало доцільність використання модрини у відповідальних конструкціях.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОПОЗИЦІЙ, ЩОДО ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВ'ЯНОЇ АЛЬТАНКИ НА ПІДПРИЄМСТВІ «ІВАНКІВСЬКИЙ АГРОТЕХСЕРВІС»

4.1. Розроблення конструкції дерев'яної альтанки

Для виготовлення альтанки було використано пиломатеріали із сосни звичайної. Цей вид деревини є одним із найпоширеніших у будівництві малих архітектурних форм, оскільки поєднує в собі низку важливих переваг. Насамперед сосна належить до доступних порід, її можна придбати практично в будь-якому регіоні, що робить матеріал економічно обґрунтованим вибором. Крім того, соснова деревина відносно м'яка, завдяки чому легко піддається різним видам обробки. Її без проблем можна різати, свердлити чи фрезерувати. Вона має природно приємну текстуру та світлий відтінок, які добре піддаються тонуванню й фарбуванню, дозволяючи адаптувати зовнішній вигляд під будь-який стиль. Сосна також добре вбирає антисептичні розчини, лаки та фарби, що забезпечує надійний захист від біологічних пошкоджень і негативного впливу зовнішнього середовища.

На рис. 4.1 зображено розмірний план альтанки розробленої конструкції.

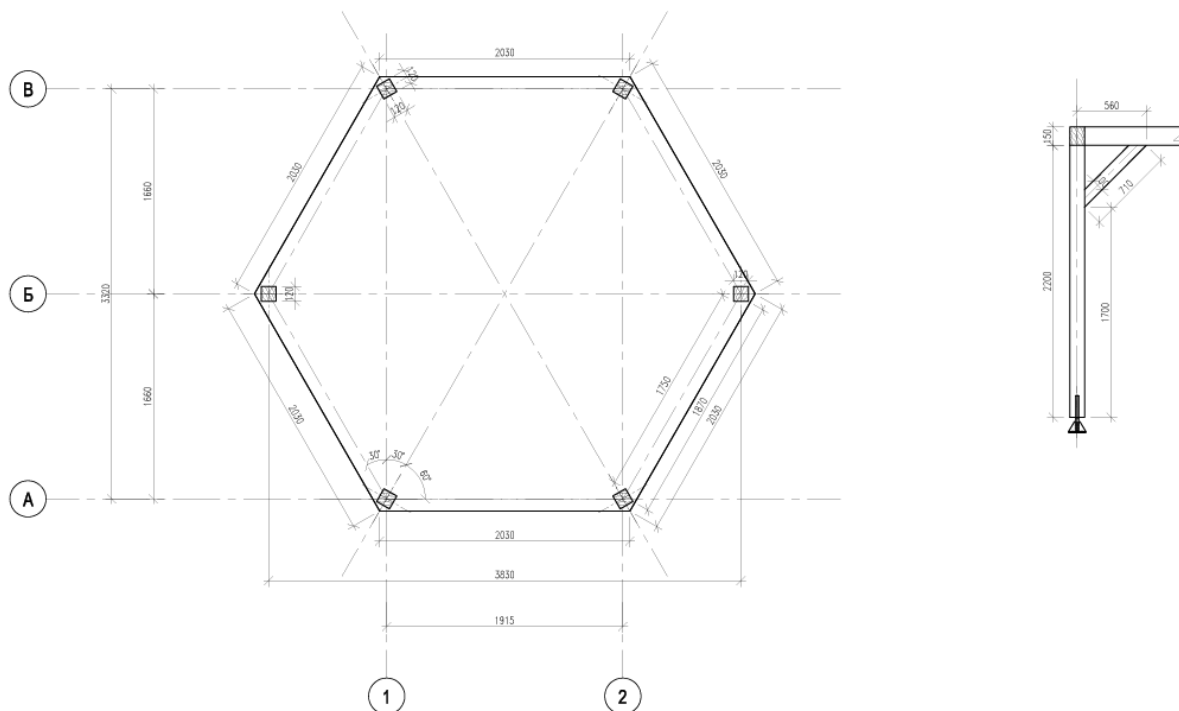


Рис. 4.1. Розмірний план альтанки

На рис. 4.2. зображено план крокв.

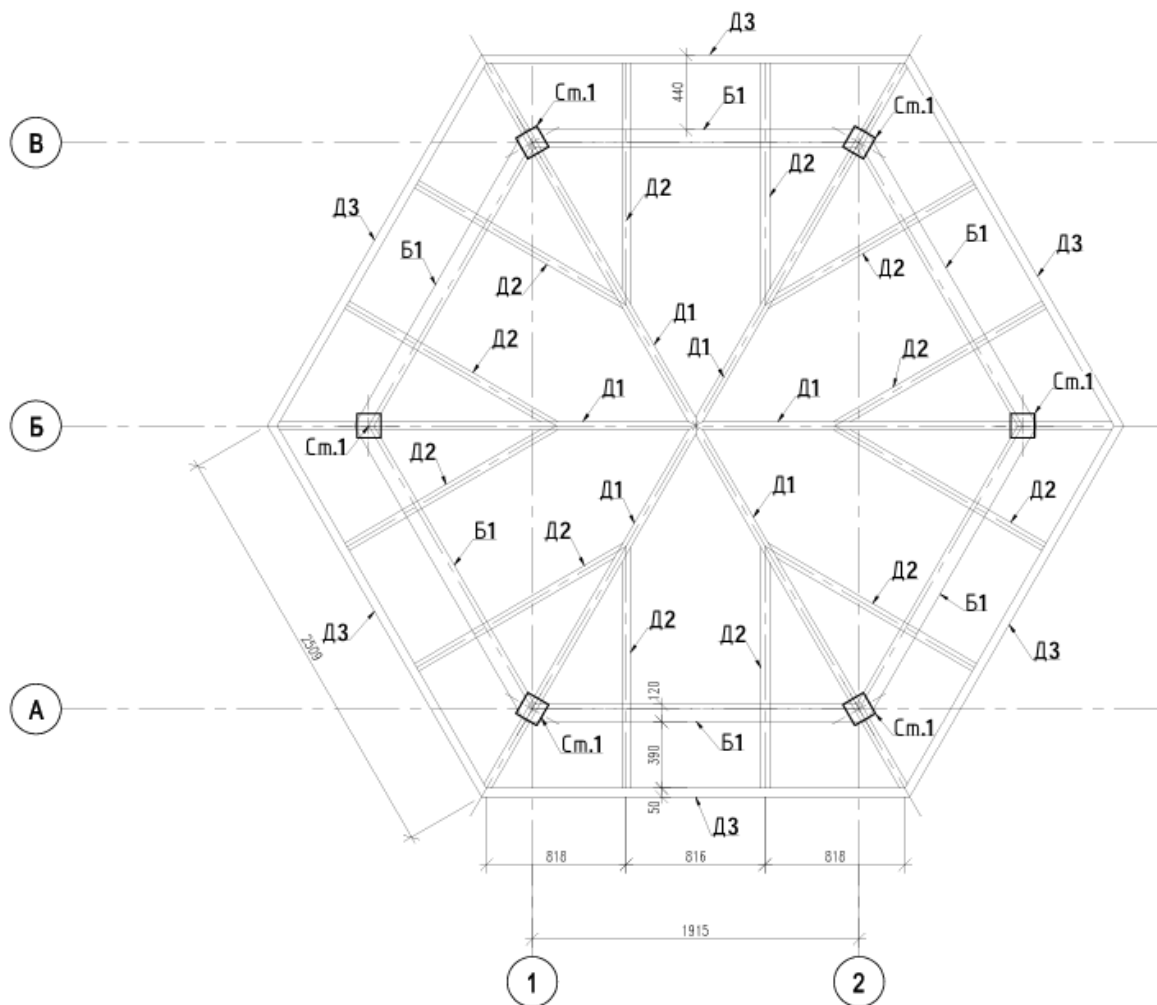


Рис. 4.2. План крокв альтанки

У табл. 4.1 Розглянемо специфікацію

Таблица 4.1.

Специфікація елементів дерев'яного каркасу альтанки

Поз.	Назва	Кіл.	Маса, од., кг.	Примітка
	Крокви			
Ст.1	Брус 120x120, L = 2200	6		0,190 м ³
Б1	Брус 120x150, L = 2120	6		0,229 м ³
Б2	Брус 100 x 80, L = 750	12		0,072 м ³
Д1	Дошка 100x 50, L = 2800	6		0,084 м ³
Д2	Дошка 100 x 50, L = 1600	12		0,096 м ³

Продовження табл. 4.1.

Поз.	Назва	Кіл.	Маса, од., кг.	Примітка
ДЗ	Дошка 100 x 50, L = 2550	6		0,077 м ³
Площа покрів лі		18		0,7475 м ³
Домкр ати		6		

Отже, процес проектування дерев'яної альтанки є багато етапним завданням, яке потребує ретельного опрацювання, продуманого планування та відповідних практичних умінь. Грамотно виконана конструкція стане не лише декоративним елементом території, а й повноцінним функціональним простором для відпочинку та спілкування на свіжому повітрі.

4.2. Розрахунок матеріалів для виготовлення запропонованої альтанки з урахування результатів експериментальних досліджень

Розрахунок норми витрат матеріалів на 1 виріб

Основним матеріалом, що використовуються для виготовлення виробу деревина. Деревина обліковується в об'ємних одиницях, м³. Розрахунки та методика розрахунків наведена для визначення норм витрати об'єму матеріалів.

Методика розрахунку.

Об'єм однойменних деталей на 1 виріб. Розраховується за формулою (4.1):

$$V = l \cdot b \cdot h \cdot n, \quad (4.1)$$

де V – об'єм комплекту деталей на один виріб м³, м², м;

l, b, h – довжина, ширина і товщина деталі в чистоті, мм;

n – кількість деталей даного виду у виробі.

Об'єм комплекту заготовок розраховується за формулою (4.2):

$$V_3 = l_3 \cdot b_3 \cdot h_3 \cdot n_3 / (Z_d \cdot Z_{sh} \cdot Z_T) \quad (4.2)$$

де S_3 – площа комплекту заготовок на один виріб, m^2 ;

l_3, b_3, h_3 – довжина ширина і стандартна товщина заготовки, м;

Z_d, Z_{sh} , – кратність заготовки по довжині, ширині.

n_3 – кількість деталей даного виду у виробі.

Обсяг комплекту заготовок на один виріб з урахуванням технологічних відходів розраховується за формулою (4.3):

$$V_{30} = 100 \cdot V_3 / (100 - B) \quad (4.3)$$

де V_{30} – об'єм комплекту заготовок на один виріб, m^3 ;

B – величина технологічних відходів, %.

Норми витрат матеріалів на один виріб – кінцеві результати розрахунку матеріалів по кожній деталі, обчислені за формулою (4.4):

$$V_M = 100 \cdot V_{30} / P, \quad (4.4)$$

де V_M – норма витрат матеріалу на один виріб, розрахована в одиницях об'єму, m^3 ;

P – величина корисного виходу при розкрої матеріалу на заготовки, %.

“Чистий вихід” введена для оцінки ефективності використання матеріалів, які розраховуються. Відображає яка частка матеріалу увійшла до складу готового виробу, обчислюється за формулою (4.5):

$$\eta = 100 \cdot V / V_M, \quad (4.5)$$

де η – величина чистого виходу матеріалу при виготовленні деталі, %.

Розрахунок норм витрат матеріалів на річну програму проводимо за методикою [48]

$$V_{max} = V_{M_1} + V_{M_2} + V_{M_3} + \dots + V_{M_n}, \quad (4.6)$$

де V_{max} – кількість матеріалу на один виріб, розрахована в одиницях об'єму, m^3

Кількість матеріалу на річну програму розраховується за формулою (4.7):

$$V_p = V_{max} \cdot П, \quad (4.7)$$

де V_p – кількість матеріалу на річну програму, розрахована в одиницях об'єму, m^3 ;

$П$ – річна програма, шт.

Розрахунок продуктивності обладнання, проводиться за методикою наведеними у посібнику [49]

1. Операція – Повздовжній розкрій

Розрахунок продуктивності обладнання відбувається за формулою (4.8):

$$П_{зм.} = \frac{T_{зм} \cdot U \cdot K_p \cdot K_m \cdot n}{L_p \cdot t}; \text{шт/зм} \quad (4.8)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, хв.;

U – швидкість подачі, м/хв.;

K_p – коефіцієнт використання робочого часу;

K_m – коефіцієнт використання машинного часу;

n – кількість заготовок, що обробляються одночасно, шт.;

L_p – довжина різну, м;

t – кількість різів для обробки однієї заготовки.

2. Операція – Надання базових поверхонь

Розрахунок продуктивності обладнання відбувається за формулою (4.9):

$$П_{зм.} = \frac{T_{зм} \cdot K_p \cdot K_m \cdot U \cdot a}{2 \cdot z \cdot l}; \text{шт/зм} \quad (4.9)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, хв.;

K_p – коефіцієнт використання робочого часу;

K_m – коефіцієнт використання машинного часу;

U – швидкість подачі, м/хв.;

a – кратність заготовки по довжині, шт.;

l – довжина заготовки, м;

z – кількість проходів для створення базової поверхні, шт.

3. Операція – Обробка за перетином.

Розрахунок продуктивності обладнання відбувається за формулою (4.10):

$$P_{зм.} = \frac{T_{зм} \cdot K_p \cdot K_m \cdot U \cdot a}{2 \cdot z \cdot l}; \text{шт/зм} \quad (4.10)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, хв.;

K_p – коефіцієнт використання робочого часу;

K_m – коефіцієнт використання машинного часу;

U – швидкість подачі, м/хв.;

a – кратність заготовки по довжині, шт.;

l – довжина заготовки, м;

z – кількість проходів для отримання номінального розміру, шт.

4. Операція – Поперечний розкрій П/М

Розрахунок продуктивності обладнання відбувається за формулою (4.11):

$$P_{зм} = T_{зм} \cdot K_p \cdot K_m \cdot (m - n) \cdot a, \text{шт/зм} \quad (4.11)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, хв.;

K_p – коефіцієнт використання робочого часу;

K_m – коефіцієнт використання машинного часу;

m – кількість різів за хвилину, шт.;

n – кількість різів за хвилину на вирізання дефектних місць, шт.;

a – кратність заготовок по довжині, шт.

Розрахунок витрати часу на річну програму проводяться за методичними вказівками до вивчення курсу з дисципліни «Проектування деревообробних підприємств» [50]

Норма часу на одну деталь визначається за формулою (4.12):

$$H_{ч.д.} = \frac{T_{зм}}{P_{зм}}, \text{хв}, \quad (4.12)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, хв.;

$P_{зм}$ – продуктивність зміни, шт.

Норма часу на річну програму визначається за формулою (4.13):

$$T_{500} = \frac{H_{ч.д.} \cdot n \cdot 500}{60}, \text{хв} \quad (4.13)$$

де n – кількість деталей у виробі, шт.;

500 – річна програма.

Ці розрахунки демонструють основні параметри виробництва, за допомогою яких можна проводити аналіз існуючих процесів та які необхідні для його роботи. Норма витрат матеріалів демонструє собівартість виготовлення, дозволяє планувати закупку сировини та її розподіл. Розуміння продуктивність та завантаженість обладнання дозволяє контролювати та дає можливість впроваджувати додаткові вироби.

Розрахунки

Норма витрат матеріалів

Розрахунок норм витрат проводимо за формулами: (4.1 – 4.5).

$$V = 2,200 \cdot 0,120 \cdot 0,120 \cdot 6 = 0,19008 \text{ м}^3$$

$$V_3 = 2,220 \cdot 0,127 \cdot 0,130 \cdot 6 / (1 \cdot 1) = 0,21905 \text{ м}^3$$

$$V_{30} = 100 \cdot 0,21905 / (100 - 4) = 0,22817 \text{ м}^3$$

$$V_M = 100 \cdot 0,22817 / 80 = 0,28522 \text{ м}^3$$

$$\eta = 100 \cdot 0,19008 / 28522 = 66,6\%$$

Результати розрахунку норм витрат матеріалів на один комплект деталей наведено в табл. 4.1.

Норма витрат на річну програму

Річна програма для даного виробу становить 500 виробів на рік. Розрахунок витрати матеріалів на річну програму виконуємо за формулами (4.6, 4.7).

$$V_{max} = 0,28522 + 0,34014 + 0,11478 + 0,14276 + 0,16175 + 0,13011 = 1,17475 \text{ м}^3$$

$$V_p = 1,17475 \cdot 500 = 587,37734 \text{ м}^3$$

Результати розрахунку матеріалів на річну програму наведені в табл. 4.2.

Норма витрат матеріалів на 1 виріб

Поз.	Найменування деталі	Позначення деталі за специфікацією	Матеріал деталі	Кількість деталей на	Розміри деталі, мм			Об'єм ($V_d, \text{м}^3$) або площа ($F_d, \text{м}^2$) однойм. деталей	Припуски, мм			Розміри заготовок, мм				Об'єм або площа однойменних заготовок	% техн. відходів	Об'єм або ... з врах.тех відходів	Сорт матеріалу	Корисний вихід при	Норма витрат матеріалів на комплект деталей,	Чистий вихід
					довжина	ширина	товщина		за довжиною	за шириною	за товщиною h_d	довжина, l_3	ширина, b_3	товщина, h_3^1	товщина, h_3							
				n	l	b	h	$V(S, L)$	Δl	Δb	Δh	l_3	b_3	h_3^1	h_3	$V(S_3, L_3)$	B	$V_{30}(S_{30}, L_{30})$	P	$V_M(S_M, L_M)$	η	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Альтанка			1																		
1	Стовп, Ст1	01.00.00	пм. Сосна	6	2200	120	120	0,1900 8 м ³	2 0 т	6,5 ф	6 ф	2220	12 7	126	130	0,2190 5 м ³	4	0,2281 7 м ³	1	80	0,28522 м ³	66,6
2	Брус, Б1	02.00.00	пм. Сосна	6	2120	150	120	0,2289 6 м ³	2 0 т	6,5 ф	6 ф	2140	15 7	126	130	0,2612 3 м ³	4	0,27211 м ³	1	80	0,34014 м ³	67,3
3	Брус, Б2	03.00.00	пм. Сосна	12	750	100	80	0,0720 0 м ³	2 0 т	6 ф	5,5 ф	770	10 6	85,5	90	0,0881 5 м ³	4	0,0918 2 м ³	1	80	0,11478 м ³	62,7
4	Дошка, Д1	04.00.00	пм. Сосна	6	2800	100	50	0,0840 0 м ³	2 0 т	8 ф	7,5 ф	2820	10 8	57,5	60	0,1096 4 м ³	4	0,11421 м ³	1	80	0,14276 м ³	58,8
5	Дошка, Д2	05.00.00	пм. Сосна	12	1600	100	50	0,0960 0 м ³	2 0 т	6,5 ф	6 ф	1620	10 7	56	60	0,1242 2 м ³	4	0,1294 0 м ³	1	80	0,16175 м ³	59,4
6	Дошка, Д3	06.00.00	пм. Сосна	6	2550	100	50	0,0765 0 м ³	2 0 т	8 ф	7,5 ф	2570	10 8	57,5	60	0,0999 2 м ³	4	0,1040 9 м ³	1	80	0,13011 м ³	58,8

Таблиця 4.2

Розрахунок матеріалів на річну програму

Вид і характеристика матеріалів	Станд. розміри матеріалів, мм			Кількість матеріалів			
	Д	Ш	Т	на 1 виріб		на річну програму,	
1	2	3	4	5		6	
Пиломатеріал не обрізний Сосна сорт - А/В	2300	130	130	0,28522		142,60898	
	2300	160	130	0,34014		170,07148	
	3000	110	90	0,11478		57,38906	
	3000	110	60	0,14276		71,38125	
	3300	110	60	0,16175		80,87344	
	2600	110	60	0,13011		65,05313	
Разом				1,17475		587,37734	

Продуктивність обладнання

1. Операція – Повздовжній розкрій

Найменування обладнання – циркулярний верстат

Розрахунок продуктивності обладнання відбувається за формулою (4.8).

Приклад розрахунку по одній деталі – Стовп, Ст1

$$P_{зм} = \frac{480 * 7 * 0,75 * 0,8 * 1}{2,220} = 916,36 \text{ шт/зм}$$

Розрахунок норми часу відбувається за формулами (4.12-4.13).

$$H_{ч.д.} = \frac{480}{916,36} = 0,52 \text{ верст. хв.}$$

$$T_{500} = \frac{0,52 * 6 * 500}{60} = 26,19 \text{ верст. год.}$$

Результати розрахунків наведено у табл. 4.3

Таблиця 4.3

**Розрахунок норми часу на річну програму для повздожнього
розкрою пиломатеріалів**

Найменування складальної одиниці	К-ть на ви р	Розміри, мм			Норма виробітку в зміну, шт	Час, хв		Час на 500 виробів, верст×год
		Д	Ш	Т		Ета п	Вирі б	
Повздожній розкрій п.м.								
Стовп, Ст1	6	2220	120	120	916,36	0,52	3,14	26,19
Брус, Б1	6	2120	150	120	950,94	0,50	3,03	25,24
Брус, Б2	12	750	100	80	2688,00	0,18	2,14	17,86
Дошка, Д1	6	2800	100	50	720,00	0,67	4,00	33,33
Дошка, Д2	12	1600	100	50	1260,00	0,38	4,57	38,10
Дошка, Д3	6	2550	100	50	790,59	0,61	3,64	30,36
Разом							20,53	171,07

2. Операція – Надання базових поверхонь

Найменування обладнання – Фугувальний верстат

Розрахунок продуктивності обладнання відбувається за формулою (4.9).

Приклад розрахунку по одній деталі – Стовп, Ст1

$$P_{зм} = \frac{480 * 0,75 * 0,8 * 6 * 2}{1 * 2 * 2220} = 389,19 \text{ шт/зм}$$

Розрахунок норми часу відбувається за формулами (4.12-4.13).

$$H_{ч.д.} = \frac{480}{389,19} = 1,23 \text{ верст. хв.}$$

$$T_{500} = \frac{1,23 * 6 * 500}{60} = 61,67 \text{ верст. год.}$$

Результати розрахунків наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Розрахунок норми часу на річну програму для надання обробки за перетином

Найменування складальної одиниці	К-ть на виріб	Розміри, мм			Норма виробітку в зміну, шт	Час, хв		Час на 500 виробів, верст×год
		Д	Ш	Т		Етап	Виріб	
Створення базових поверхнь								
Стовп, Ст1	6	2220	120	120	389,19	1,23	7,40	61,67
Брус, Б1	6	2120	150	120	407,55	1,18	7,07	58,89
Брус, Б2	12	750	100	80	1152,00	0,42	5,00	41,67
Дошка, Д1	6	2800	100	50	308,57	1,56	9,33	77,78
Дошка, Д2	12	1600	100	50	540,00	0,89	10,67	88,89
Дошка, Д3	6	2550	100	50	338,82	1,42	8,50	70,83
Разом							47,97	399,72

3. Операція – Обробка за перетином

Найменування обладнання – Рейсмусовий верстат

Розрахунок продуктивності обладнання відбувається за формулою (4.9).

Приклад розрахунку по одній деталі – Стовп, Ст1

$$P_{зм} = \frac{480 * 0,70 * 0,8 * 6 * 2}{1 * 2 * 2220} = 370,66 \text{ шт/зм}$$

Розрахунок норми часу відбувається за формулами (4.12-4.13).

$$H_{ч.д.} = \frac{480}{370,66} = 1,30 \text{ верст. хв.}$$

$$T_{500} = \frac{1,30 * 6 * 500}{60} = 64,75 \text{ верст. год.}$$

Результати розрахунків наведено у табл. 4.5.

Таблиця 4.5

**Розрахунок норми часу на річну програму для надання обробки за
перетином**

Найменування складальної одиниці	К-ть на виріб	Розміри, мм			Норма виробітку в зміну, шт	Час, хв		Час на 500 виробів, верст×год
		Д	Ш	Т		Етап	Виріб	
Обробка за перетином								
Стовп, Ст1	6	2220	120	120	370,66	1,30	7,77	64,75
Брус, Б1	6	2120	150	120	388,14	1,24	7,42	61,83
Брус, Б2	12	750	100	80	1097,14	0,44	5,25	43,75
Дошка, Д1	6	2800	100	50	293,88	1,63	9,80	81,67
Дошка, Д2	12	1600	100	50	514,29	0,93	11,20	93,33
Дошка, Д3	6	2550	100	50	322,69	1,49	8,93	74,38
Разом							50,37	419,71

4. Операція – Поперечний розкрій П/М

Найменування обладнання – верстат циркулярний верстат

Розрахунок продуктивності обладнання відбувається за формулою (4.11)

Приклад розрахунку по одній деталі – Стовп, Ст1

$$P_{зм} = 480 * 0,75 * 0,8 * (4 - 1) * 1/2 = 432,00 \text{ шт/зм}$$

Розрахунок норми часу відбувається за формулами (4.12-4.13).

$$H_{ч.д.} = \frac{480}{432,00} = 1,11 \text{ верст. хв.}$$

$$T_{500} = \frac{1,11 * 6 * 500}{60} = 55,56 \text{ верст. год.}$$

Результати розрахунків наведено у табл. 4.6

Таблиця 4.6

Розрахунок норми часу на річну програму для поперечного розкрою пиломатеріалів

Найменування складальної одиниці	К-ть на виріб	Розміри, мм			Норма виробітку у в зміну, шт	Час, хв		Час на 500 виробів, верст·год
		Д	Ш	Т		Етап	Виріб	
Поперечний розкрій п.м.								
Стовп, Ст1	6	2220	120	120	432,00	1,11	6,67	55,56
Брус, Б1	6	2120	150	120	432,00	1,11	6,67	55,56
Брус, Б2	12	750	100	80	576,00	0,83	10,00	83,33
Дошка, Д1	6	2800	100	50	432,00	1,11	6,67	55,56
Дошка, Д2	12	1600	100	50	576,00	0,83	10,00	83,33
Дошка, Д3	6	2550	100	50	432,00	1,11	6,67	55,56
							46,67	388,89

Розрахунок кількості устаткування та його завантаження

Вхідною величиною є час на тисячу виробів (T_{500}). Далі визначаємо час на 500 виробів з врахуванням коефіцієнту технологічних втрат (КТВ).

Відсоток технологічних втрат приймаємо виходячи від складності роботи та обслуговування устаткування, він лежить в межах 1...6%.

Далі визначаємо час на річну програму (яку приведено в завданні) за формулою:

$$T_{\text{прогр.}} = T_{500} \cdot N, \text{ верст} \cdot \text{год};$$

Де N – приведена річна програма роботи цеху, 500 тис.шт. Далі визначаємо річний фонд роботи обладнання за формулою:

$$T_{\text{эф}} = m \cdot n \cdot a ; \text{год.}$$

Де m – тривалість зміни, год; n – річний фонд робочого часу, діб (відповідно до кількості робочих днів у 2025 році приймаємо 261);

a – змінність роботи цеху (приймаємо в залежності від завантаження обладнання), шт.;

Далі визначаємо розрахункові кількість обладнання:

$$n_{роз} = \frac{T_{прогр}}{T_{еф}}, \text{ ШТ};$$

Приймаємо найближче ціле значення (п), з розрахунку, що верстати не можуть бути перевантажені більш ніж на 115%, лінії -100%, робочі місця 130%.

Відсоток завантаження обладнання:

$$K_{роз} = \frac{n}{n_{роз}} * 100 \%$$

Розрахунки наведено у табл. 4.7

Таблиця 4.7

Аналіз завантаження устаткування

№	Операція	Обладнання	Час на річну програму верст/год	% технологічних втрат	Час на 500 виробів з врахуванням тех. Витрат	Час на річну програму. год.	Змінність	Ефективний фонд часу роботи обладнання на верст/год	Розрахунок кількості обладнання, №р.	Прийнята кількість обладнання. №р.	% завантаження
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Повздовжній розкрій	Циркулярний верстат	171,07	5	179,63	2088	1	2 088	0,086	1	8,60
1	Створення базових поверхонь	Фуганок	399,72	5	419,71	2088	1	2 088	0,201	1	20,10
2	Обробка за периметром	Руйсмус	419,71	5	440,69	2088	1	2 088	0,211	1	21,11
3	Торцювання	Циркулярний верстат	388,89	5	408,33	2088	1	2 088	0,196	1	19,56
Разом:										4	17,34

Проведені розрахунки чітко показують, що технологічний процес виготовлення деталей альтанки є технічно обґрунтованим та ресурсно забезпеченим. Норми витрат матеріалів дозволяють точно планувати річну

потребу в сировині, а розрахована продуктивність устаткування свідчить про достатню резервну потужність та можливість збільшення обсягів виробництва у разі необхідності. Завантаження обладнання не перевищує нормативних значень, що гарантує стабільну й ефективну роботу деревообробного цеху.

ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано використання деревини для малих архітектурних форм (МАФ), таких як альтанки, перголи, навіси та декоративні елементи. Такі конструкції важливі не лише через свій зовнішній вигляд, а й через функціональність та комфорт. Надійність МАФ залежить від правильної породи деревини та способу її обробки.

Теоретично встановлено, що серед поширених порід деревини найкраще підходять граб, дуб, сосна та ялина. За допомогою методу аналізу ієрархій з'ясовано, що граб має найкраще поєднання міцності, щільності, твердості та ціни, тому він оптимальний для відповідальних конструкцій. Дуб міцний, але дорогий, а сосна і ялина підійдуть більше для декоративних або легких елементів.

В експериментальній частині визначено міцність деревини на згин. Результати показали, що модрина має найвищу міцність і добре підходить для несучих деталей МАФ (≈ 61 МПа). Сосна та ялина мали трохи нижчі показники (≈ 49 МПа), тож їх можна використовувати для менш навантажених або декоративних частин. Порівняння з літературою підтвердило правильність отриманих даних і якість деревини, яку досліджували.

Розрахунки технологічного процесу виготовлення деталей альтанки показали, що процес повністю обґрунтований і забезпечений ресурсами. Витрати матеріалів дозволяють планувати річну потребу в деревині, а обладнання має достатню потужність для збільшення обсягів виробництва, якщо буде потрібно. Середній відсоток завантаження обладнання становить 17,34 %, а витрата матеріалів становить $1,1748 \text{ м}^3$ на 1 альтанку.

Отже, дослідження показало, що для несучих та відповідальних частин МАФ найкраще використовувати граб і модрину, а для декоративних – сосну або ялину. Проведені експерименти і розрахунки дозволяють оптимально планувати виробництво і створювати красиві, міцні та довговічні дерев'яні конструкції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мала архітектурна форма : веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%B0%D1%80%D1%85%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%B0_%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0 (дата звернення 04.06.2025)
2. Стандартне виконання МАФу : веб-сайт. URL: <https://maf-taf.com.ua/standartne-vykonannya-mafu/> (дата звернення 04.06.2025)
3. Малі архітектурні форми: веб-сайт. URL: https://dom.ukr.bio/ua/articles/2918/?utm_source (дата звернення 04.06.2025)
4. Арка : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%80%D0%BA%D0%B0> (дата звернення 04.06.2025)
5. Man Bud: веб-сайт. URL: https://man-bud.kiev.ua/izdeliya-iz-dereva/derevyannie-arki/?srsrtid=AfmBOorUfWExme-31JJ1gDwqim699a1dhhxAcLoESYIkeZ4Ou-R_JnG6 (дата звернення 04.06.2025)
6. Я.Д.Кислюк.Конструкції з дерева та пласмас. Навчальний посібник. - Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2011. - 355 с: веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/5285163/page:26/> (дата звернення 04.06.2025)
7. Перлога (садово-паркова споруда) : веб-сайт. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%B0_\(%D1%81%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE-%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%B0_(%D1%81%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE-%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B0)) (дата звернення 04.06.2025)
8. Дерев'яні перголи для тераси: веб-сайт. URL: <https://www.markiza-pergola.kiev.ua/pergola-derevjannaja-dlja-terrasy/> (дата звернення 04.06.2025)
9. Пергола (садово-паркова споруда) : веб-сайт. URL: <https://www.ceec.com.ua/?p=2363> (дата звернення 04.06.2025)

10. Пергола чи альтанка: у чому різниця та що обрати : веб-сайт. URL: <https://rama.kyiv.ua/novosti/pergola-vs-altanka#:~:text> (дата звернення 05.06.2025)
11. Авангард майстер : веб-сайт. URL: <https://amaister.com.ua/articles/useful-info/189-vidi-navisiv-materiali-dlya-vigotovlennya-navisiv-jikh-perevagi-ta-nedoliki> (дата звернення 05.06.2025)
12. Home woods : веб-сайт. URL: <https://homewoods.od.ua/uk/derevyani-arochni-navisi/?srsltid=AfmBOorkhfw9r6DU-W lkAKzdxN3k-L8ng5dVp7tEW 8mFY1CFG-Ms-s> (дата звернення 05.06.2025)
13. Накриття : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%82%D1%82%D1%8F> (дата звернення 05.06.2025)
14. S – центр : веб-сайт. URL: <https://s-center.com.ua/dereviannue-navesu.html> (дата звернення 05.06.2025)
15. Леліка : веб-сайт. URL: <https://lelika.com.ua/catalog/lavka-dlya-rozdyagalni-1-5-m-6806/> (дата звернення 05.06.2025)
16. Лавка (меблі) : веб-сайт. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B2%D0%B0 \(%D0%BC%D0%B5%D0%B1%D0%BB%D1%96\)#:~:text](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B2%D0%B0 (%D0%BC%D0%B5%D0%B1%D0%BB%D1%96)#:~:text) (дата звернення 05.06.2025)
17. Скульптури з Дерева. Дерев'яні вироби : веб-сайт. URL: <https://creativeplay.com.ua/skulpturi-z-dereva> (дата звернення 06.06.2025)
18. Фото ботанічного саду НУБІП України з сторінки університету facebook : веб-сайт. URL: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=1029783565600301&set=pcb.1029785528933438> (дата звернення 06.06.2025)
19. 17. Скульптури з Дерева : веб-сайт. URL: <https://kyiv.gallery/skulptury/s-derevo#:~:text> (дата звернення 07.06.2025)
20. Що таке альтанка : веб-сайт. URL: <https://domrie.com.ua/sho-take-altanka> (дата звернення 07.06.2025)

21. Арт Бастіон : веб-сайт. URL: <https://art-bastion.com.ua/ua/a419802-razmery-besedki.html> (дата звернення 07.06.2025)

22. Деревина : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B0#:~:text> (дата звернення 08.06.2025)

23. З якої деревини найкраще побудувати альтанку : веб-сайт. URL: <https://ecoforest.ua/z-yakoyi-derevyyny-najkrashhe-pobuduvaty-sadovu-altanku?lang=uk#:~:text=%D0%A1%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%B0%20%D1%8F%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D1%94%20%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%8E%20%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D1%83,%D0%B7%D0%B0%D1%85%D0%B8%D1%81%D1%82%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%20%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%88%D0%BD%D1%96%D1%85%20%D1%84%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2>. (дата звернення 08.06.2025)

24. Найтвердіші породи дерева: що вибрати для довговічних меблів і конструкцій : веб-сайт. URL: <https://hardwood.com.ua/ua/najtverdishi-porody-dereva-iaki-mozhna-vybraty-dlia-dovhovichnykh-mebliv-i-konstruksij/> (дата звернення 09.06.2025)

25. АТТИКА Дерев'яні будинки : веб-сайт. URL: <https://attika.ua/> (дата звернення 09.06.2025)

26. Що таке занурювальна пила та чим вона відрізняється від звичайної дискової : веб-сайт. URL: <https://mechanika.in.ua/shcho-take-zanuriuvalna-pyla-ta-chym-vona-vidrizniaietsia-vid-zvychainoi-dyskovoї/> (дата звернення 10.06.2025)

27. Фугувальний верстат : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%B3%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9>

[%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82](#) (дата звернення 10.06.2025)

28. Знайомство з рейсмусом від А до Я : веб-сайт. URL: <https://dnipro-m.ua/news/chto-takoe-rejsmusovyj-stanok/> (дата звернення 11.06.2025)

29. Дуб : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%83%D0%B1> (дата звернення 12.06.2025)

30. Текстура дуба: веб-сайт. URL: <https://freepik.com/free-photos-vectors/дуб-текстура> (дата звернення 13.06.2025)

31. Сосна : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%B0> (дата звернення 13.06.2025)

32. Текстура сосни : веб-сайт. URL: <http://surl.li/vnperd> (дата звернення 14.06.2025)

33. Береза : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B0> (дата звернення 14.06.2025)

34. Gas-Kvas.com : веб-сайт. URL: <https://polov.ua/articles/bereza/> (дата звернення 15.06.2025)

35. Все про березу : веб-сайт. URL: <http://www.zanoza.com.ua/biblioteka/o-porodakh/214-vse-pro-berezu> (дата звернення 16.06.2025)

36. Граб: що це за рослина і як вона виглядає : веб-сайт. URL: <https://kokl.ua/grab-shho-cze-za-roslyna-i-yak-vona-vyglyadaye/> (дата звернення 17.06.2025)

37. Граб звичайний : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%B9> (дата звернення 17.06.2025)

38. Деревина Граб : веб-сайт. URL: <https://estrade.com.ua/derevy-na-grab>
(дата звернення 18.06.2025)

39. Пінчевська О.О., Головач В.М. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни: «Інноваційні технології з оброблення деревини» / Пінчевська О.О., Головач В.М. – Київ: НУБіП України. 2021. 62 с.

40. Розривна машина Р5 : веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0 (дата звернення 07.07.2025)

41. Reeta Stöd, Juhani Marttila, Laura Tomppo, Antti Haapala and Erkki Verkasalo Journal: Forests, 2024 Volume: 15 Number: 567 Modulus of Elasticity and Bending Strength of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Wood from Commercial Thinnings: веб-сайт. URL: https://www.mdpi.com/1999-4907/15/3/567?utm_source
(дата звернення 08.07.2025)

42. Büyüksarı, Ü., As, N., DüNDAR, T., and Sayan, E. (2016). "Comparison of micro- and standard-size specimens in evaluating the flexural properties of Scots pine wood," BioRes. 11(4), 10540-10548. Comparison of micro- and standard-size specimens in evaluating the flexural properties of Scots pine wood: веб-сайт. URL: https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/comparison-of-micro-and-standard-size-specimens-in-evaluating-the-flexural-properties-of-scots-pine-wood/?utm_source
(дата звернення 08.07.2025)

43. Eliza Konofalska, Paweł Kozakiewicz, Włodzimierz Buraczyk, Henryk Szeligowski and Hubert Lachowicz Journal: Forests, 2021 Volume: 12 Number: 619 Article: The Technical Quality of the Wood of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) of Diverse Genetic Origin: веб-сайт. URL: https://www.mdpi.com/1999-4907/12/5/619?utm_source (дата звернення 08.07.2025)

44. Tomasz Jelonek, Katarzyna Klimek, Joanna Kopaczyk, Marek Wieruszewski, Magdalena Arasimowicz-Jelonek, Arkadiusz Tomczak and Witold Grzywiński Journal: Forests, 2020 Volume: 11 Number: 980 Influence of the Tree

Decay Duration on Mechanical Stability of Norway Spruce Wood (*Picea abies* (L.) Karst.): веб-сайт. URL: https://www.mdpi.com/1999-4907/11/9/980?utm_source (дата звернення 09.07.2025)

45. Arne Steffenrem Pekka Saranpää, Sven-Olof Lundqvist & Tore Skrøppa Annals of Forest Science Variation in wood properties among five full-sib families of Norway spruce (*Picea abies*) volume 64, pages799–806 (2007): веб-сайт. URL: https://annforsci.biomedcentral.com/articles/10.1051/forest%3A2007062?utm_source (дата звернення 10.07.2025)

46. Bayasaa Tumenjargal, Futoshi Ishiguri, Yusuke Takahashi, Ikumi Nezu, Bayartsetseg Baasan, Ganbaatar Chultem, Haruna Aiso-Sanada, Jyunichi Ohshima & Shinso Yokota Journal of Wood Science 66, Article number: 17 (2020) Cite this article 2655 Accesses 12 Citation Bending properties of dimension lumber produced from Siberian larch (*Larix sibirica*) in Mongolia : веб-сайт. URL: https://jwoodscience.springeropen.com/articles/10.1186/s10086-020-01863-6?utm_source (дата звернення 10.07.2025)

47. Zhong, Y., and Ren, H. (2014). "Reliability analysis for the bending strength of larch 2x4 lumber," Reliability analysis for the bending strength jf larch 2x4 lumber" BioRes 9(4), 6914-6923: веб-сайт. URL: https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/reliability-analysis-for-the-bending-strength-of-larch-2x4-lumber/?utm_source (дата звернення 10.07.2025)

48. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Технологія виробів з деревини» / Спірочкін. А.К.,Горбачова О.О. // К.: 2019, ЦП КОМПРИНТ, 132 с

49. Войтович І. Г. Основи технології виробів з деревини : навчальний посібник. Львів : УкрДЛТУ «Інтелект-Захід», 2004. 224 с.

50. Марченко Н.В., Мазурчук С.М. Проектування деревообробних підприємств. Методичні вказівки до вивчення курсу з дисципліни «Проектування деревообробних підприємств» для студентів ОКР «Бакалавр» лісогосподарського факультету очної та заочної форм навчання з напряму підготовки 6.051801 «Деревооброблювальні технології». – К.: НУБіП України, 2015. – 160 с.