

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

УДК 674.11

ПОГОДЖЕНО

Директор ІНІ

Лісового і садово-паркового
господарства

Роман ВАСИЛИШИН

(підпис)

«__» _____ 20__ р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технологій та дизайну виробів з
деревини

Андрій СПИРОЧКІН

(підпис)

«__» _____ 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Обґрунтування вдосконалення технології виготовлення дверних
блоків на ПрАТ «ДОК №7»»**

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Магістерська програма: «Деревообробні та меблеві технології»

Програма підготовки: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Андрій СПИРОЧКІН

(ПБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Сергій МАЗУРЧУК

(ПБ)

Виконав

(підпис)

Євгеній ГРЕБЬОНКІН

(ПБ студента)

КИЇВ – 2024 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ННІ Лісового і садово-паркового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ

**В.о. завідувача кафедри технологій та
дизайну виробів з деревини**

к.т.н., доц. _____ Андрій СПРОЧКІН

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Гребьонкіну Євгенію Олександровичу

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Магістерська програма: «Деревообробні та меблеві технології»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Обґрунтування вдосконалення технології виготовлення дверних блоків на ПрАТ «ДОК №7» затверджена наказом ректора НУБіП України від «31» жовтня 2023 р. № 1981 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедрі: 15.11.2024 року

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи звіти роботи базового підприємства, звіти з виробничої, переддипломної практики, методики виконання експериментальних досліджень, державні, міждержавні стандарти.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Стан питання, конструкція виробу.
2. Проаналізувати сучасний стан ринку дверних блоків.
3. Провести аналіз базового, та розробити вдосконалений технологічний процес виготовлення фільончастих дверних блоків.
4. Підібрати матеріали для виробу, провести експериментальні дослідження з визначення фізико-механічних властивостей застосованих матеріалів.
5. Розрахувати норму витрати сировини на одиницю продукції.
6. Визначити та обґрунтувати аспекти вдосконалення технологічного процесу виготовлення виробу на базовому підприємстві.

Дата видачі завдання « ____ » _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ **Сергій МАЗУРЧУК**

Завдання прийняв до виконання _____ **Євгеній ГРЕБЬОНКІН**

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів, де подано 23 рисунки і 39 таблиць, вся магістерська робота займає 68 сторінок основного тексту, у роботі використано 40 джерел інформацій.

В вступі було розглянуто актуальність обраної теми для даної кваліфікаційної роботи.

У першому розділі роботи було розглянуто сучасний стан ринку дверей, визначено основні матеріали для виробництва дверних блоків, їх конструкцію. Описано сучасний стан ринку дверей, їх попит в Україні. Визначено та описано основні матеріали для виробництва дверних блоків, такі як: сосна, дуб, горіх та вільха. Зазначено основні переваги та недоліки дверних блоків.

Другий розділ спрямований на визначення оптимального і пріоритетного матеріалу з урахуванням різноманітних критеріїв. В рамках дослідження враховувалась якість, вартість, міцність, естетичність та інші параметри, які вплинули на вибір матеріалу для виготовлення дверних блоків.

Третій розділ присвячено напрямкам та методам досліджень. В ньому було розглянуто конструкційні особливості дверних блоків. Проведено експериментальні дослідження, проведено аналіз результатів. Розраховано річні витрати матеріалів на різних етапах виробництва продукції.

Четвертий розділ спрямований на вдосконаленні технологічного процесу виготовлення виробу, опрацьовано питання оптимізація вибору матеріалів для виготовлення дверних блоків, зазначено аспекти щодо контролю якості продукції.

ДВЕРНІ БЛОКИ, ФІЛЬОНКА, ПРІОРИТЕТНІ МАТЕРІАЛИ,
КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ, РОЗРАХУНКИ, ВИРОБНИЦТВО
ПРОДУКЦІЇ, НОРМА ВИТРАТИ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ,
ЕКСПЕРИМЕНТ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ I АНАЛІЗ РИНКУ ДВЕРНИХ БЛОКІВ, КОНСТРУКЦІЇ.....	7
1.1. Сучасний стан ринку дверей.....	7
1.2. Основні матеріали для виробництва дверних блоків	10
1.3. Конструкції дверних блоків	12
РОЗДІЛ II ТЕОРЕТИЧНІ ОБГРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	18
2.1. Опис властивостей обраних матеріалів.....	18
2.2. Прийняття проектного рішення	23
2.3. Вирішення багатокритеріальної задачі методом аналізу ієрархій	35
РОЗДІЛ III МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	43
3.1. Опис конструкції дверного блоку, що виготовляється на підприємстві	43
3.2. Запропонований технологічний процес виготовлення дверей фільончастих, оздоблених струганим шпоном.....	45
3.3. Розрахунок норми витрати сировини та матеріалів на одиницю продукції.....	47
3.4. Експериментальні дослідження та їх результати.....	48
3.5. Визначення модуля пружності експериментальних зразків на стиск та згин.....	54
РОЗДІЛ IV ОБГРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДВЕРНИХ БЛОКІВ.....	59
4.1. Вдосконалення технології обробки матеріалів	59
4.2. Оптимізація вибору матеріалів для виготовлення дверних блоків	60
4.3. Вдосконалення контролю якості	62
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

ВСТУП

Вдосконалення технології виготовлення дверних блоків є важливим напрямом розвитку деревообробної промисловості, оскільки двері займають значне місце у конструкціях сучасних будівель і мають важливі функції щодо забезпечення безпеки, комфорту та естетичної привабливості приміщень. Враховуючи стрімкий розвиток технологій і зростання вимог до якості продукції, важливо удосконалювати процеси виготовлення дверних блоків, що дозволяє підвищити їх технічні характеристики та забезпечити довговічність в умовах різноманітних експлуатаційних умов.

Актуальність обраної теми визначається необхідністю підвищення ефективності виробництва дверних блоків через впровадження новітніх технологій обробки матеріалів, удосконалення методів монтажу та контролю якості. Удосконалення технологічних процесів має на меті не лише поліпшення фізико-механічних характеристик дверних блоків, але й зменшення виробничих витрат, підвищення економічної доцільності і забезпечення екологічної безпеки.

Вдосконалення технології виготовлення дверних блоків передбачає комплексний підхід, який включає оптимізацію вибору матеріалів, удосконалення методів обробки деревини, автоматизацію виробничих процесів і впровадження нових методів контролю якості. Це дозволяє забезпечити високу міцність, зносостійкість, а також довговічність кінцевого продукту. Враховуючи важливість забезпечення ефективності та якості виробничих процесів, тема вдосконалення технології виготовлення дверних блоків є надзвичайно актуальною та має значний потенціал для розвитку галузі. Одним із ключових аспектів у створенні надійних та естетичних вхідних конструкцій є вибір правильного матеріалу для дверей. Сьогодні існує безліч матеріалів, які використовують для виготовлення дверей, однак в епоху екологічності та інновацій люди надають перевагу саме дерев'яним дверям.

Дерев'яні дверні блоки є одним із оптимальних варіантів, поєднуючи в собі якість, естетику та екологічність. Зміна впливу екологічних факторів та постійний стрімкий розвиток технологій спонукають нас до пошуку оптимальних рішень у виборі матеріалів для виробництва дверних блоків. Наявність широкого спектру матеріалів, їхні унікальні властивості та технічні характеристики створюють необхідність системного аналізу та порівняння для визначення оптимальних параметрів.

Об'єкт дослідження: технологічний процес виготовлення дверних блоків.

Предмет дослідження: визначення норми витрати сировини на одиницю продукції.

Мета роботи: обґрунтування норми витрат сировини при виготовленні дверних блоків.

Методи досліджень: у магістерській кваліфікаційній роботі використано: експериментальні методи – для отримання фактичних значень норм витрати сировини на одиницю продукції; метод кінцевих елементів для чисельного моделювання механічних характеристик дверних блоків, що дозволяє проводити аналіз навантажень і деформацій у дверних конструкціях під час експлуатації, що є важливим для визначення їх міцності, довговічності та безпеки; методи аналізу ієрархій – для визначення пріоритетного матеріалу для продукції; методи статистичного аналізу – для обробки результатів експериментальних даних.

Завдання дослідження: провести аналітичний огляд норми витрат матеріалу на виготовлення дверних блоків; визначити оптимальний матеріал для продукції; провести експериментальні дослідження визначення норми витрати сировини на одиницю продукції, та одержання фізико-механічних параметрів матеріалів; обґрунтувати доцільність використання встановленої норми витрати сировини під час виготовлення продукції.

РОЗДІЛ I

АНАЛІЗ РИНКУ ДВЕРНИХ БЛОКІВ, КОНСТРУКЦІЇ

1.1. Сучасний стан ринку дверей

На сучасному ринку дверних блоків з деревини в Україні, спостерігається незначний попит на продукцію, який залежить від кількох чинників, зокрема: конкурентного середовища, тенденцій споживання, якості продукції та інших. Однак, варто зазначити, що попит на дерев'яні двері залишається відносно стабільним упродовж останніх років. Дерев'яні двері широко використовуються як у приватних оселях, так і в комерційних будівлях, офісах, готелях та інших об'єктах. Опитування споживачів та аналітичні дослідження ринку свідчать, що більшість користувачів вважають дерев'яні двері естетично привабливими та елегантними, що забезпечує їхню популярність протягом тривалого часу.

В останні роки дерев'яні дверні блоки конкурують з виробами з інших матеріалів, таких як метал, пластик та скло. Кожен з цих матеріалів має свої переваги: металеві двері – більш міцні, пластикові – доступніші за ціною, а скляні – виглядають сучасно і стильно. У відповідь на таку конкуренцію, виробники дерев'яних дверей мають забезпечити високий рівень якості, естетичний дизайн та функціональність своїх виробів для того, щоб утримати зацікавленість споживачів.

Однією з основних характеристик ринку дверних блоків з деревини є різноманітність конструкцій. Споживачам надається можливість вибору серед численних стилів, розмірів, кольорів і дизайнів дверей. Виробники пропонують як стандартні моделі, так і можливість виготовлення індивідуальних замовлень, що дозволяє клієнтам отримати двері, які повністю відповідають їхнім вимогам та потребам. Окрім цього, якість продукції є ще одним важливим аспектом цього ринку. Так, для забезпечення довговічності дверей необхідно, щоб вони виготовлялися з високоякісної деревини, яка має підвищену міцність і стійкість

до вологи, механічних пошкоджень та інших зовнішніх впливів. Виробники повинні застосовувати сучасні технології обробки деревини та використовувати екологічно чисті матеріали для виготовлення дверних блоків, щоб гарантувати безпеку та тривалий термін служби продукції.

Ринок дверних блоків з деревини включає в себе як великі, так і малі та середні підприємства (рис. 1.1). Великі виробники мають переваги у вигляді великих виробничих потужностей та можливості масового виробництва, що дозволяє їм пропонувати широкий асортимент продукції. Водночас, малі та середні компанії можуть бути більш гнучкими і спеціалізуватися на виготовленні індивідуальних замовлень, що дозволяє їм задовольняти специфічні потреби клієнтів.



Рис. 1.1. Основні виробники, марки та бренди дверних блоків в Україні

Компанія «Страж» є однією з найвідоміших в Україні, що спеціалізується на виробництві входних дверей. Вона працює на ринку вже близько 20 років і має свою головну базу в Одесі, а також представництва в інших великих містах України. Асортимент дверей цієї компанії охоплює різні цінові категорії – від економічного до преміум класу. Основний акцент компанія робить на сталевих дверях, які пропонуються для встановлення в будинки, квартири, офіси та інші приміщення. Ці двері вирізняються високою надійністю та тривалістю служби.

Колекція дверей «Страж» складається з шести основних серій:

- Серія «Sraj» – найбільша лінійка металевих дверей, з товщиною металу полотна 1,8 мм.
- Серія «Berez» – економічна лінійка дверей, виготовлених з полегшеного конструктиву і оснащених фурнітурою Fuaro, Kale Kilit або Securemme.
- Серія PROOF (включаючи PROOF 1,5 і PROOF Sandwich) – спеціально розроблені для приватних будинків, мають термоміст, що зменшує ймовірність утворення конденсату при перепадах температур.

Технічні двері «Страж» – виготовлені з міцної сталі і з ребрами жорсткості, товщина металу до 2 мм, призначені для встановлення у складських приміщеннях, під'їздах, підвалах, гаражах тощо. Вони фарбуються термостійкою фарбою.

Ринок дверних блоків з деревини в Україні активно розвивається і демонструє позитивні тенденції. Зокрема, зростає попит на двері, виготовлені з екологічно чистої деревини, а також на вироби з природними фінішними матеріалами, що підкреслюють природну красу і естетичну привабливість дверей. Виготовлення дверей за допомогою сучасних технологій, зокрема комп'ютерного проектування та обробки деревини, дає можливість створювати більш складні та унікальні конструкції. Також широко використовуються нові методи обробки поверхні, такі як фарбування, лакування і термомодифікація деревини, що значно покращує їхню якість і довговічність.

З огляду на зростаючу усвідомленість екологічних проблем, виробники дверних блоків звертають увагу на використання деревини з відновлюваних джерел та енергоефективні технології виробництва. Крім того, на ринку існує потенціал для розвитку експорту українських дерев'яних дверей. Виробники активно конкурують на міжнародних ринках, пропонуючи якісну продукцію за конкурентними цінами.

Найбільш важливим аспектом є вивчення потреб споживачів, для чого компанії проводять соціологічні дослідження, щоб розуміти переваги та вимоги

клієнтів. Водночас з розвитком інтернет-торгівлі і онлайн-платформ виникають нові можливості для продажу дверних блоків, що дає виробникам шанс залучати більше клієнтів і розширювати свої ринки.

Однак на ринку також існують регулюючі фактори, такі як стандарти якості та безпеки, митні обмеження та торговельні угоди, що можуть впливати на процес реалізації продукції.

Загалом ринок дверних блоків з деревини в Україні виглядає привабливим і має великі перспективи для розвитку. Виробники, які використовують інноваційні підходи до виробництва, застосовують високоякісні матеріали і орієнтуються на потреби споживачів, можуть зайняти сильні позиції на ринку, як на внутрішньому, так і на міжнародному рівні.

1.2. Основні матеріали для виробництва дверних блоків

Для виготовлення масивних дерев'яних дверних блоків найчастіше використовуються такі породи деревини, як сосна, дуб, модрина, горіх та вільха. Однак при виборі дверей чи матеріалів для їх виготовлення важливо враховувати умови експлуатації. Окрім основних видів сировини для дверних полотен, до цього списку можна додати такі матеріали, як папір, плівка (ПВХ, поліпропілен), фарба, шпон та інші.

Деревина, що застосовується для виготовлення дверних блоків, має свої особливості, які залежать від породи дерева. Кожен вид має свої переваги та недоліки, що варто враховувати при виборі дверей.

➤ Сосна. Двері з соснової деревини за фактурою і властивостями схожі на модрину, мають жовтувато-рожеву заболонь з чітко вираженими річними шарами, що створюють різноманітні візерунки при фрезеруванні. Сосна має середню щільність, вона стійка до гниття та має гарну міцність. Однак цей матеріал погано витримує вплив вологи і перепади температур, тому двері з сосни зазвичай використовуються для внутрішніх приміщень з

помірною вологістю. Ці двері відзначаються доступною ціною, що робить їх популярними для економ-сегмента.

➤ Горіх. Для виготовлення дверей в Україні часто використовують волоський горіх, який має коричнево-сіре ядро і сірувату заболоню з мало вираженими річними шарами. Горіх відноситься до цінних порід дерева, він має гарні декоративні якості та високу стійкість до гниття. Твердість і щільність горіха середні, тому двері з цього матеріалу чутливі до механічних ударів, але після професійного ремонту їх можна відновити. Двері з горіха вважаються престижними та часто використовуються в елітних інтер'єрах.

➤ Вільха. Деревина вільхи має характерні річні лінії і безсмолисту структуру. Однією з основних переваг вільхи є її велика вологонасичуваність, завдяки чому такі двері витримують тривалий вплив вологи. Тому двері з вільхи є ідеальним вибором для приміщень з підвищеною вологістю, таких як ванні кімнати чи сауни.

➤ Дуб. Найчастіше для дверей використовують черешчатий дуб, який має жовтувато-коричнєве ядро і білувату заболоню з вираженими річними шарами та серцеподібними променями. Двері з дуба традиційно вважаються елітними завдяки їх вишуканій фактурі, високій міцності та стійкості до гниття. Дуб прекрасно витримує перепади вологості та температури, а також має відмінні тепло- і звукоізоляційні властивості. Однак дубові двері мають високу вартість, що обумовлено складністю обробки матеріалу, необхідністю використання багатошарових конструкцій і високими витратами на виробництво.

Таким чином, вибір матеріалу для дверей залежить від конкретних вимог щодо експлуатаційних характеристик, естетичних уподобань та бюджету. Кожна порода деревини має свої сильні сторони, які варто враховувати при виборі дверних блоків для певних умов.

1.3. Конструкції дверних блоків

Масивні дерев'яні дверні блоки користуються популярністю завдяки своїм численним перевагам. Ось основні з них:

➤ **Міцність:** Масивні дерев'яні двері відзначаються високою міцністю і здатністю витримувати значні навантаження. Вони мають довгий термін служби, що робить їх надійними та стійкими до зовнішніх впливів.

➤ **Естетика:** Дерево має природну красу та теплоту, що надає інтер'єру елегантний вигляд. Масивні дерев'яні двері можуть вписатися в будь-який стиль завдяки можливості обробки поверхні різними методами – фарбуванням, лакуванням чи глазуруванням.

➤ **Звуко- та теплоізоляція:** Дерево є природним ізолятором, що забезпечує хорошу звукоізоляцію. Масивні двері допомагають зменшити рівень шуму, як зовнішнього, так і внутрішнього. Крім того, деревина має високі теплоізоляційні властивості, що сприяє збереженню тепла в приміщенні та зменшенню витрат на опалення.

➤ **Екологічність:** Оскільки двері виготовляються з натурального матеріалу – дерева, вони є екологічно чистими. Деревина є відновлюваним ресурсом, а виробництво таких дверей не забруднює навколишнє середовище.

➤ **Можливість відновлення:** Масивні дерев'яні двері легко піддаються відновленню. Якщо на них з'являються подряпини чи інші пошкодження, їх можна відшліфувати, перефарбувати чи виконати іншу обробку для повернення первісного вигляду, що значно подовжує термін служби виробу. Однак, незважаючи на численні переваги, масивні дерев'яні двері мають і деякі недоліки, на які слід звернути увагу.

Однак, незважаючи на численні переваги, масивні дерев'яні двері мають і деякі недоліки, на які слід звернути увагу:

✓ **Вартість:** Масивні дерев'яні двері можуть бути дорогими за металеві або пластикові, що пояснюється використанням високоякісної

деревини та складністю виготовлення. Вартість також може бути підвищена через ручну працю при їх виробництві.

✓ Вага: Такі двері, особливо виготовлені з великих і товстих шматків дерева, можуть бути досить важкими. Це ускладнює процес їх монтажу і потребує додаткових зусиль та спеціального обладнання для правильної установки.

✓ Догляд та обслуговування: Дерев'яні двері потребують регулярного догляду, такого як фарбування або лакування, щоб зберегти їх зовнішній вигляд і захистити від впливу навколишнього середовища. Якщо не проводити ці процедури вчасно, двері можуть втратити свій вигляд і стійкість до пошкоджень.

✓ Вплив вологості і температури: Дерево реагує на зміни вологості та температури, що може призвести до його розширення або звуження. Це може спричинити тріщини чи проблеми із замками та петлями дверей, особливо в умовах значних коливань вологості.

Незважаючи на ці недоліки, багато з них можна мінімізувати правильним вибором деревини, обробкою матеріалу та регулярним доглядом. Наприклад, використання якісної деревини з низьким рівнем вологості може зменшити ризик деформацій. Також важливо підтримувати оптимальний рівень вологості в приміщенні, що допоможе зберегти двері в хорошому стані.

Враховуючи всі переваги та недоліки, важливо знайти баланс між потребами, бюджетом і естетичними вимогами при виборі дверей для вашого приміщення. Масивні дерев'яні двері можуть створити неповторну атмосферу та забезпечити надійний захист, але для збереження їх довговічності та зовнішнього вигляду слід враховувати деякі особливості догляду та монтажу.

Сьогодні виробники пропонують споживачам широкий асортимент дверних блоків, виготовлених з різних матеріалів, різних типів конструкцій та дизайнів, що дозволяє задовольнити найрізноманітніші потреби і вподобання покупців (рис. 1.2 – рис. 1.4).



Рис. 1.2. Ламіновані дверні блоки. (дуб, горіх, сосна)



Рис. 1.3. Дверні блоки з масиву



Рис. 1.4. Дверні блоки з пластику HPL та протипожежні

Щитові двері з деревини є популярним вибором як для вхідних, так і для внутрішніх дверей завдяки своїй привабливості та природному шарму дерева.

Конструкція: щитові двері складаються з дерев'яної рамки, виготовленої з брусків, та щитів, які заповнюють цю рамку. Щити можуть бути виготовлені з дерев'яних дощок або шарів фанери, що склеєні разом. Така конструкція надає дверям міцності та стійкості.

Види деревини: для виготовлення щитових дверей використовують різні породи деревини, зокрема дуб, вільху, ясен, сосну та інші. Кожен тип деревини має свої унікальні властивості, що впливають на міцність, зовнішній вигляд і стійкість дверей до впливу навколишнього середовища.

Обробка поверхні: поверхню дерев'яних щитових дверей можна обробляти різними способами – фарбувати, лакувати або покривати захисними оліями. Це не тільки додає дверям естетичного вигляду, але й забезпечує захист деревини від вологи, подряпин та забруднень.

Утеплення та звукоізоляція: деякі щитові двері можуть містити додаткове утеплення, що допомагає зберігати тепло в приміщенні. Існують також варіанти з спеціальними матеріалами для покращення звукоізоляції, що дозволяє значно знижувати рівень шуму.

Дизайн: щитові двері доступні в різних дизайнерських варіаціях. Двері з гладкою поверхнею, з рельєфними візерунками або з різьбленням, що дає можливість підібрати ідеальний варіант для будь-якого інтер'єру.

Довговічність та міцність: при належному догляді щитові дерев'яні двері можуть служити багато років. Дерево відзначається стійкістю до зносу і деформацій, а також здатне витримувати зміни температури і вологості, що підвищує довговічність виробу.

Заповнення щитів дверних полотен:

➤ Масив дерев'яних дощок: це один з найбільш популярних способів заповнення щитів. Товсті дерев'яні дошки, що склеюються або кріпляться окремо, надають дверям традиційний вигляд і високу міцність.

➤ Фанера: інший поширений варіант – використання фанери, яка складається з кількох шарів деревини. Вона забезпечує стабільність і міцність дверей і може бути одношаровою або багатошаровою залежно від вимог.

➤ Дерев'яна решітка: у деяких дверях щити можуть бути заповнені дерев'яною решіткою, де перехресно розташовані бруски або листи створюють естетичний візерунок і додають міцності конструкції.

➤ Комбіноване заповнення: щити можуть бути заповнені комбінованими матеріалами, такими як дерево з металом, склом або іншими елементами, що дозволяє створювати цікаві дизайнерські рішення.

Дверна коробка для щитових дверей зазвичай виготовляється з дерев'яних брусків або фанери. Вона забезпечує правильне встановлення дверного полотна та його надійне закріплення. Основні елементи дверної коробки включають:

✓ Бокові стійки: вертикальні бруски, що підтримують дверне полотно з боків.

✓ Горизонтальна балка (перекладина): розташована зверху коробки, вона з'єднує бокові стійки та надає конструкції стабільність.

✓ Перемичка (поріг): нижній горизонтальний брусок, що підтримує двері знизу.

✓ Кріпильні елементи: гвинти, шурупи або скоби, що утримують всі складові коробки разом.

Аналізуючи ринок дверної продукції та використовувані матеріали, можна зробити висновок, що внутрішній ринок України є динамічним. За умови правильного підходу до якості, безпеки та дизайну дверних виробів цей сегмент ринку має значний потенціал для подальшого розвитку та розширення.

РОЗДІЛ II

ТЕОРЕТИЧНІ ОБГРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Опис властивостей обраних матеріалів

Другій розділ спрямований на визначення оптимального і пріоритетного матеріалу з урахуванням різноманітних критеріїв. В рамках дослідження враховується якість, вартість, міцність, естетичність та інші параметри, які впливають на вибір матеріалу для виготовлення дверних блоків. Це дозволить визначити оптимальний матеріал з урахуванням сучасних вимог до якості, довговічності та сталості конструкції дверей, спираючись на подальше вдосконалення та розвитку даного напрямку в промисловості.

Деревно-стружкова плита (ДСП) (рис. 2.1) - це плоский матеріал, отриманий за допомогою пресування маленьких частинок деревини, які з'єднуються клеєм. Цей матеріал виготовляється з використанням стружки, відходів лісопильного виробництва, деревообробки і фанерного виробництва [1].

ДСП є універсальним будівельним матеріалом, який може використовуватися при виготовленні меблів, дверних полотен, стільниць, підвіконь, для настилу підлог. Є кілька видів деревно-стружкової плити: пресована; ламінована; вологостійка; екструзійна [1].

- Ламінована ДСП – це пресована плита, облицьована шаруватим покриттям з паперу, просоченим формальдегідними смолами. Ламінування збільшує поверхневу твердість і зносостійкість плити.
- Вологостійка ДСП, призначається для застосування у вологих умовах. Її стійкість до вологи досягається внесенням до складу сполучного гідрофобних добавок.
- Екструзійна плита не володіє міцністю пресованої, оскільки ущільнюється слабкіше, а стружка в ній розташовується перпендикулярно площині плити. Цей матеріал застосовується для звукоізоляції [1].



Рис. 2.1. ДСП [1]

Фанера (рис. 1.2) – це композитний матеріал, що складається з трьох і більше листів лущеного шпону, які склеюються між собою клеєм. Шпон виготовляється з деревини, яка розрізається на тонкі шари, а потім склеюється. Фанера може бути шаруватою, ламінованою, вологостійкою та орієнтовано-стружковою [2].

- Шарувата фанера складається з листів шпону, які склеюються між собою перпендикулярно.
- Ламінована фанера - це пресована плита, облицьована шаруватим покриттям з паперу, просоченим формальдегідними смолами.
- Вологостійка фанера призначена для застосування у вологих умовах, її стійкість до вологи досягається внесенням до складу сполучного гідрофобних добавок [2].

Цей матеріал застосовується для звукоізоляції. Фанера є універсальним будівельним матеріалом, який може використовуватися для виготовлення меблів, дверних полотен, стільниць, підвіконь, для настилу підлог [2].



Рис. 2.2. Фанера [2]

МДФ (рис. 1.3) - це скорочення від англійської назви «Medium Density Fibreboard», що означає «древесноволокниста плита середньої щільності». Цей матеріал складається з подрібнених пресованих тирси, змішаних зі зв'язуючими речовинами. МДФ випускається в листах завтовшки від 3 мм до 6 мм. Він має однорідну щільність, відсутність розшарувань, стійкість до викривлення, високу механічну міцність, невеликий коефіцієнт розбухання, що дозволяє використовувати плити і вироби з них в умовах високої вологості, стабільність розмірів і форми при перепадах температури та вологості [3].

Є кілька видів МДФ:

- цільнопресовані шліфовані;
- ламіновані полімерною (меламіновою або ПВХ) плівкою;
- пофарбовані емаллю, лаком (глянцеві);
- шпоновані тонким шаром натуральної деревини;
- вологостійка МДФ призначена для застосування у вологих умовах,

її стійкість до вологи досягається внесенням до складу сполучного гідрофобних добавок [3].

МДФ є універсальним будівельним матеріалом, який може використовуватися для виготовлення меблів, дверних полотен, стільниць, підвіконь, для настилу підлог [3].



Рис. 2.3. MDF [3]

Сосна (рис. 1.4) – це дерево або чагарник, який належить до родини соснових. Це м'яке дерево, стійке до викривлення, усадки та розбухання, маючи хороші довговічні якості. Властивості деревини сосни залежать від щільності річних кілець, і вона має середню вагу та м'яку текстуру [4].

Сосна використовується для виготовлення різноманітних виробів, включаючи вуличні меблі, внутрішні меблі, полиці, сільські меблі, стінові панелі, дверні рами, вікна, тротуари та підлогові покриття. Деревина сосни легко обробляється вручну або на верстатах, може бути різана або лущена, і з'єднана цвяхами, гвинтами або клеєм. Вона також добре піддається фарбуванню. . Хоча сосна є однією з найлегших м'яких порід деревини, варто уникати її використання для зовнішніх робіт через її схильність до гниття. Ядро дерева має хорошу природну міцність, за винятком місць, де вона контактує з вологою, що може призвести до синього забарвлення через грибкову інфекцію [4].

Сосна знаходить застосування у будівництві, внутрішньому оздобленні, виробництві дерев'яних матеріалів, а також для виготовлення меблів, щогли, вікон, дверей тощо [4].



Рис. 2.4. Соснова дошка [4]

Ялина (рис. 1.5) - це дерево з родини соснових, яке має низьку структурну щільність, середню об'ємну щільність 365 кг/м^3 та вологість 12-15 %. Чим більша ширина річного кільця, тим менша щільність. Тому тільки деревина з шириною річних кілець від 4 до 6 міліметрів може використовуватися як конструкційна деревина [5].

Незважаючи на низьку структурну щільність, ялина вважається деревиною з відмінними механічними властивостями 1. Оскільки необроблена деревина ялини швидко руйнується, особливо важливо при використанні її на відкритому повітрі ретельно просушити і добре захистити фасади від води. Можливий також хімічний захист. Ялина не повинна поглинати багато води, щоб бути добре захищеною від грибкового ураження. Ялина легка і водночас еластична, що робить її ідеальним матеріалом для будівництва [5].

Дереви́на ялини помірно дає усадку і має відмінну міцність після ретельного висихання. Деформації піддається лише низькоякісна деревина

ялини з сильним скрученим ростом.. Завдяки хорошій оброблюваності та високій доступності, вона є найбільш широко використовуваною будівельною деревиною в Європі. Її використовують, зокрема, для покрівельних конструкцій, а також у мостобудуванні та промисловості [5].



Рис. 2.5. Дошка ялини [5]

2.2. Прийняття проектного рішення

З описаних в попередньому розділі матеріалів для порівняння і вибору пріоритету було обрано 5 основних характеристик по кожному з 5-х матеріалів та зведено у табл. 2.1.

Основні характеристики обраних матеріалів

Назва матеріалу	Твердість, мПа	Волого-проникність, %	Щільність, кг/м ³	Товщина, мм	Ціна, грн/м ²
ДСП	25	30	670	20	880
Фанера	20	12	550	18	1100
MDF	23	20	720	20	940
Сосна	40	25,5	415	40	130
Ялина	35	28,9	350	35	115

Під час порівняння 5-х елементів створюються квадратні матриці бінарних відношень розміром 5 x 5. Взаємозв'язки між об'єктами виражаються за допомогою математичних знаків: більше «>», рівне «=», менше «<». Отже, буде побудовано 5 матриць. Після цього порівнюємо показники їх пріоритетності (важливості) у визначенні характеристик. Для цього створюється матриця розміром m x n для співставлення.

Основаючись на відомій інформації, можна перейти до кількісної оцінки. Також можна визначити значення найкращого об'єкту та на яку величину воно відрізняється від найгіршого за допомогою числової експертної оцінки по кожному показнику, використовуючи формулу [6].

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

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.

Знайшовши коефіцієнт відношення K_i , знаходимо коефіцієнт ω_{ij} за формулою (2.9) [12], а потім члени A_{ij} матриць суміжності A_j , що замінюють матриці бінарних відношень за допомогою формул (2.1 – 2.11) [6]:

$$K_j = \frac{40}{20} = 2,00$$

Розрахувавши коефіцієнт K_j , розраховуємо коефіцієнт ω_j , за формулою (2.2):

$$\omega_j = \left(\frac{2,00 - 1}{2,00 + 1} + \sqrt{\frac{0,05}{5}} \right) = 0,4$$

Використовуючи даний метод розраховуємо значення коефіцієнтів K_j та ω_j , беручи значення з відповідним табл. (2.3 - 2.6) з використанням формул (2.1) і (2.2).

Таблиця 2.3

Матриця порівняння матеріалів за волопроникністю

		X1	X2	X3	X4	X5	К	W
		30	12	20	25,5	28,9		
X1	30	=	>	>	>	>	2,50	0,5
X2	12	<	=	<	<	<		
X3	20	<	>	=	<	<		
X4	25,5	<	>	>	=	<		
X5	28,9	<	>	>	>	=		

Для виготовлення дверей зазвичай обирають матеріали з низьким значенням волопроникності, адже такі двері будуть менш схильні до вбирання вологи та наступної їх деформації.

Таблиця 2.4

Матриця порівняння матеріалів за щільністю

		X1	X2	X3	X4	X5	К	W
		670	550	720	415	350		
X1	670	=	>	<	>	>	2,06	0,45
X2	550	<	=	<	>	>		
X3	720	>	>	=	>	>		
X4	415	<	<	<	=	>		
X5	350	<	<	<	<	=		

Для виготовлення дверей частіше обирають більш щільніші матеріали, тому зо є більш міцнішими.

Таблиця 2.5

Матриця порівняння матеріалів за товщиною

		X1	X2	X3	X4	X5	К	W
		20	18	20	40	35		
X1	20	=	>	=	<	<	2,22	0,48
X2	18	<	=	<	<	<		
X3	20	=	>	=	<	<		
X4	40	>	>	>	=	>		
X5	35	>	>	>	<	=		

Для виготовлення дверей зазвичай обирають більші товщини. Більш товсті двері зазвичай мають кращу звукоізоляцію та можуть бути більш міцними, але вони також можуть бути важчими.

Таблиця 2.6

Матриця порівняння матеріалів за ціною

		X1	X2	X3	X4	X5	К	W
		880	1100	940	130	115		
X1	880	=	<	<	>	>	9,57	0,9
X2	1100	>	=	>	>	>		
X3	940	>	<	=	>	>		
X4	130	<	<	<	=	>		
X5	115	<	<	<	<	=		

Ціна відіграє значну роль, чим менше ціна матеріалу – тим більше йому надають перевагу.

Для визначення пріоритету кожного матеріалу по кожній характеристиці P_{ij} і пріоритету показника P_j вводять поняття потужності критерію L -го порядку $P(L)$, що розраховується по рядках за формулами [6]:

Перша ітерація:

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

$$\sum P_i(1) = 1 + 1,40 + 1,40 + 0,60 + 0,60 = 5,00$$

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

$$\sum P_j(1) = 5,00 + 3,40 + 4,20 + 6,60 + 5,80 = 25,00$$

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

$$P_{ij}(1) = \frac{5,00}{25,00} = 0,20$$

$$P_{ij}(1) = 0,20 + 0,14 + 0,17 + 0,26 + 0,23 = 1,00$$

Друга ітерація:

$$P_2 = 1,00 * 5,00 + 1,40 * 3,40 + 1,40 * 4,20 + 0,60 * 6,60 + 0,60 * 5,80 = 23,08$$

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

$$\sum P_j(2) = 23,08 + 16,36 + 19,40 + 32,36 + 27,40 = 118,60$$

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

$$P_{ij}(1) = \frac{23,08}{118,60} = 0,19$$

$$P_{ij}(2) = 0,19 + 0,14 + 0,16 + 0,27 + 0,23 = 1,00$$

Третя ітерація:

$$P_3 = 1,00 * 23,08 + 1,40 * 16,36 + 1,40 * 19,40 + 0,60 * 32,36 + 0,60 * 27,40 \\ = 109,00$$

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

$$\sum P_j(3) = 109,00 + 77,70 + 92,01 + 153,10 + 129,19 = 561,00$$

$$P_{ij}(3) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.11)$$

$$P_{ij}(3) = \frac{109,00}{561,00} = 0,19$$

$$P_{ij}(3) = 0,19 + 0,14 + 0,16 + 0,27 + 0,23 = 1,00$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 2.7.

За цим методом розраховуємо ітабл. 2.8 - 2.11.

Таблиця 2.7

Матриця суміжності для порівняння матеріалів

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		25	20	23	40	35								
X1	25	1,00	1,40	1,40	0,60	0,60	2,00	0,4	5,00	0,20	23,08	0,19	109,00	0,19
X2	20	0,60	1,00	0,60	0,60	0,60			3,40	0,14	16,36	0,14	77,70	0,14
X3	23	0,60	1,40	1,00	0,60	0,60			4,20	0,17	19,40	0,16	92,01	0,16
X4	40	1,40	1,40	1,40	1,00	1,40			6,60	0,26	32,36	0,27	153,10	0,27
X5	35	1,40	1,40	1,40	0,60	1,00			5,80	0,23	27,40	0,23	129,19	0,23
Σ									25,00	1,00	118,60	1,00	561,00	1,00

Таблиця 2.8

Матриця суміжності для порівняння матеріалів

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		30	12	20	25,5	28,9								
X1	30	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	2,50	0,5	7,00	0,28	34,00	0,30	155,50	0,30
X2	12	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50			3,00	0,12	14,00	0,12	64,50	0,12
X3	20	0,50	1,50	1,00	0,50	0,50			4,00	0,16	17,50	0,15	80,25	0,15
X4	25,5	0,50	1,50	1,50	1,00	0,50			5,00	0,2	22,00	0,19	100,00	0,19
X5	28,9	0,50	1,50	1,50	1,50	1,00			6,00	0,24	27,50	0,24	124,75	0,24
Σ									25,00	1,00	115,00	1,00	525,00	1,00

Матриця суміжності для порівняння матеріалів

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		670	550	720	415	350								
X1	670	1,00	1,45	0,55	1,45	1,45	2,06	0,45	5,90	0,24	27,48	0,24	127,27	0,23
X2	550	0,55	1,00	0,55	1,45	1,45			5,00	0,20	22,57	0,19	104,75	0,19
X3	720	1,45	1,45	1,00	1,45	1,45			6,80	0,27	33,19	0,28	154,57	0,28
X4	415	0,55	0,55	0,55	1,00	1,45			4,10	0,16	18,48	0,16	86,28	0,16
X5	350	0,55	0,55	0,55	0,55	1,00			3,20	0,13	15,19	0,13	71,13	0,13
Σ									25,00	1,00	116,90	1,00	544,00	1,00

Таблиця 2.10

Матриця суміжності для порівняння матеріалів

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		20	18	20	40	35								
X1	20	1,00	1,48	1,00	0,52	0,52	2,22	0,48	4,52	0,18	20,30	0,17	93,83	0,17
X2	18	0,52	1,00	0,52	0,52	0,52			3,08	0,12	14,48	0,12	67,40	0,13
X3	20	1,00	1,48	1,00	0,52	0,52			4,52	0,18	20,30	0,17	93,83	0,17
X4	40	1,48	1,48	1,48	1,00	1,48			6,92	0,28	33,68	0,29	155,88	0,29
X5	35	1,48	1,48	1,48	0,52	1,00			5,96	0,24	27,50	0,24	126,51	0,24
Σ									25,00	1,00	116,24	1,00	537,45	1,00

Матриця суміжності для порівняння матеріалів

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *	
		880	1100	940	130	115									
X1	880	1,00	0,10	0,10	1,90	1,90	9,57	0,9	5,00	0,20	15,28	0,17	44,00	0,15	
X2	1100	1,90	1,00	1,90	1,90	1,90			8,60	0,34	39,76	0,43	140,16	0,47	
X3	940	1,90	0,10	1,00	1,90	1,90			6,80	0,27	25,90	0,28	81,06	0,27	
X4	130	0,10	0,10	0,10	1,00	1,90			3,20	0,13	7,90	0,09	23,14	0,08	
X5	115	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00			1,40	0,06	3,76	0,04	12,64	0,04	
Σ										25,00	1,00	92,60	1,00	301,00	1,00

Середнє значення \bar{x}_{ij} за формулами [6]:

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

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

m – кількість експертів.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{4 + 4 + 4 + 1 + 4 + 4 + 4}{7} = 3,57$$

Середнє квадратичне відхилення S_{ij} розраховуємо за формулою [6]:

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

$$S_{ij} = \pm \sqrt{\frac{0,18 + 0,18 + 0,18 + 6,61 + 0,18 + 0,18 + 0,18}{7 - 1}} = 0,60$$

Далі розраховуємо коефіцієнт варіації V_{ij} за формулою [6]:

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

$$V_{ij} = \frac{0,60}{3,57} \cdot 100\% = 0,17$$

Загальний коефіцієнт погодження експертів розраховуємо за формулами [6]:

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

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

де: n – кількість характеристик в анкеті;

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

$$K_{Eij} = 1 - \frac{0,60}{3,57} = 0,83$$

$$K_E = \frac{0,83 + 1,00 + 0,81 + 0,92 + 0,89}{5} = 0,89$$

У випадку, коли $0,5 \leq K_E \leq 1$, то думка експертів погоджена.

Складаємо квадратну матрицю бінарних відношень (табл. 2.13).

Матриця бінарних відношень

		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	W
		3,57	2,00	3,71	4,86	4,29		
Y1	3,57	1,00	>	<	<	<	2,43	0,52
Y2	2,00	<	1,00	<	<	<		
Y3	3,71	>	>	1,00	<	<		
Y4	4,86	>	>	>	1,00	>		
Y5	4,29	>	>	>	<	1,00		

Співвідношення об'єктів виражають математичними символами >, =, <.

Визначасмо, у скільки разів найкращий об'єкт відрізняється від найгіршого за формулою (2.1):

$$K_j = \frac{4,86}{2,00} = 2,43$$

Далі розраховуємо коефіцієнт ω_j , за формулою (2.2):

$$\omega_j = \left(\frac{2,43 - 1}{2,43 + 1} + \sqrt{\frac{0,05}{5}} \right) = 0,52$$

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

Відповідно замінюємо математичні символи >, =, < відповідними значенням. Далі складаємо матрицю суміжності для співставлення показників (табл. 2.14).

Таблиця 2.14

Матриця суміжності для порівняння показників, що характеризують матеріали

		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	W	P _{i1}	P _{i1*}	P _{i2}	P _{i2*}
		3,57	2,00	3,71	4,86	4,29						
Y1	3,57	1,00	1,52	0,48	0,48	0,48	2,43	0,52	3,96	0,16	17,10	0,15
Y2	2,00	0,48	1,00	0,48	0,48	0,48			2,92	0,12	13,52	0,12
Y3	3,71	1,52	1,52	1,00	0,48	0,48			5,00	0,20	21,76	0,19
Y4	4,86	1,52	1,52	1,52	1,00	1,52			7,08	0,28	34,32	0,30
Y5	4,29	1,52	1,52	1,52	0,48	1,00			6,04	0,24	27,50	0,24
Σ									25,00	1,00	114,18	1,00

Розрахунок проводимо як і в попередніх подібних таблицях за формулами (2.5 - 2.11).

На основі попередніх результатів будемо загальну матрицю для розрахунку комплексного пріоритету матеріалу (табл. 2.15).

Таблиця 2.15

Підсумкова матриця

Матеріал	Пріоритет матеріалу по одичних показниках					Пріоритет показника		Комплексний пріоритет матеріалу
	1	2	3	4	5	номер	значення	
ДСП	0,19	0,30	0,23	0,17	0,15	4	0,15	0,20
Фанера	0,14	0,12	0,19	0,13	0,47	1	0,12	0,22
MDF	0,16	0,15	0,28	0,17	0,27	2	0,19	0,21
Сосна	0,27	0,19	0,16	0,29	0,08	3	0,30	0,20
Ялина	0,23	0,24	0,13	0,24	0,04	5	0,24	0,17

Розрахунки показали, що найбільш пріоритетним серед інших матеріалів виходить фанера.

2.3. Вирішення багатокритеріальної задачі методом аналізу ієрархій

Для вирішення завдання необхідні наступні дані:

Мета: вибір кращого матеріалу.

Кількість альтернатив – 5.

Кількість критеріїв – 5.

Позначено альтернативи та критерії скороченими назвами:

Таблиця 2.16

№	Критерії
Кр1	Твердість
Кр2	Вологопроникність
Кр3	Щільність
Кр4	Товщина
Кр5	Ціна

№	Альтернативи
A1	ДСП
A2	Фанера
A3	MDF
A4	Сосна
A5	Ялина

Для вирішення завдання створюється матриця парних порівнянь (МПП), яка заповнюється за допомогою шкали Сааті (табл. 2.15) [6].

У процесі вибору найкращого матеріалу створено матрицю парних порівнянь критеріїв відносно мети (табл. 3.1). Все базується на особистому аналізі впливу характеристики на досягнення конкретної мети.

Обчислюємо значення середнього геометричного значення елементів матриці за формулою (2.19) [6]:

$$G_i(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{is}) = (a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{is})^{\frac{1}{s}}, \quad (3.1)$$

де: i – номер рядка матриці;

s – кількість елементів в i -му рядку матриці;

$a_{i1} = w1/w1$; $a_{i2} = w2/w2$; $a_{is} = w1/w_s$.

$$G_i = (1 * 0,63 * 0,56 * 0,83 * 0,71)^{\frac{1}{5}} = 0,730$$

Розраховуємо значення ЛПр для першого рядка за формулою (2.20) [6]:

$$ЛПр_1 = \frac{[(w1/w1) \cdot (w2/w2) \cdot \dots \cdot (wn/wn)]^{\frac{1}{s}}}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)}, \quad (3.2)$$

$$ЛПр_1 = \frac{(1 * 0,63 * 0,56 * 0,83 * 0,71)^{\frac{1}{5}}}{(0,730 + 1,167 + 1,313 + 0,875 + 1,021)} = 0,143$$

Розрахунок ЛПр для наступних рядків виконується аналогічним чином.

Для перевірки однозначності та узгодженості чисел в матрицях парних порівнянь, використовується індекс узгодженості (CI) та відношення узгодженості (CR), які розраховуються за формулами (2.23-2.24) [6]:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (3.3)$$

$$CR = \frac{CI}{P_n}, \quad (3.4)$$

де: n – розмір матриці;

P_n – індекс узгодженості (табл. 2.17) [6] для позитивної зворотної симетричної матриці випадкових оцінок $n \times n$;

λ_{max} – максимальне власне число матриці парних порівнянь або L_{am} обчислюють наступним чином:

1. Підсумовують значення 1-го рядка матриці;
2. Множать отриману суму на значення вектору локальних пріоритетів (ЛПр) 1-го рядка матриці;
3. Теж саме повторюють і для інших рядків матриці. При цьому суму кожного рядка матриці множать на відповідне значення вектору локальних пріоритетів (суму 2-го рядка множать на значення вектору локальних пріоритетів ЛПр 2-го рядка; суму 3-го рядка на ЛПр 3-го рядка і так далі);
4. Підсумовують отримані результати. Це і буде максимально власне число МПП - λ_{max} . , його також позначають як L_{am} [6].

$$L_{am} = (1 + 0,63 + 0,56 + 0,83 + 0,71) * 0,143 + (1,60 + 1 + 0,89 + 1,33 + 1,14) * 0,229 + (1,80 + 1,13 + 1 + 1,50 + 1,29) * 0,257 + (1,20 + 0,75 + 0,67 + 1 + 0,86) * 0,171 + (1,40 + 0,88 + 0,78 + 1,17 + 1) * 0,200 = 5,432 \quad (3.5)$$

$$CI = \frac{5,432 - 5}{5 - 1} = 0,108$$

$$CR = \frac{0,108}{1,12} = 0,097$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 2.17.

Аналогічним чином розраховуємо та заносимо результати в таблиці 2.18–2.22.

Матриця МПП критеріїв відносно мети

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	G	ЛПр1
Кр1	Твердість	1	0,63	0,56	0,83	0,71	0,730	0,143
Кр2	Вологопроникність	1,60	1	0,89	1,33	1,14	1,167	0,229
Кр3	Щільність	1,80	1,13	1	1,50	1,29	1,313	0,257
Кр4	Товщина	1,20	0,75	0,67	1	0,86	0,875	0,171
Кр5	Ціна	1,40	0,88	0,78	1,17	1	1,021	0,200
Сума							5,107	1,00

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,432$; $CI=0,108$; $CR=0,097$

Найбільше значення ЛПр=0,257

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію твердість

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр2
A1	ДСП	1	1,40	1,17	0,78	0,88	1,021	0,200
A2	Фанера	0,71	1	0,83	0,56	0,63	0,730	0,143
A3	MDF	0,86	1,20	1	0,67	0,75	0,875	0,171
A4	Сосна	1,29	1,80	1,50	1	1,13	1,313	0,257
A5	Ялина	1,14	1,60	1,33	0,89	1	1,167	0,229
Сума							5,107	1,00

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,432$; $CI=0,108$; $CR=0,097$

Найбільше значення ЛПр=0,257

**Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію
вологопроникність**

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр3
A1	ДСП	1	0,44	0,50	0,57	0,67	0,610	0,118
A2	Фанера	2,25	1	1,13	1,29	1,50	1,373	0,265
A3	MDF	2,00	0,89	1	1,14	1,33	1,221	0,235
A4	Сосна	1,75	0,78	0,88	1	1,17	1,068	0,206
A5	Ялина	1,50	0,67	0,75	0,86	1	0,915	0,176
Сума							5,187	1,00

Показники: $N=5$; $\lambda_{max}=5,757$ $CI=0,189$; $CR=0,169$

Найбільше значення ЛПр=0,265

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію щільність

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр4
A1	ДСП	1	1,14	0,89	1,33	1,60	1,167	0,229
A2	Фанера	0,88	1	0,78	1,17	1,40	1,021	0,200
A3	MDF	1,13	1,29	1	1,50	1,80	1,313	0,257
A4	Сосна	0,75	0,86	0,67	1	1,20	0,875	0,171
A5	Ялина	0,63	0,71	0,56	0,83	1	0,730	0,143
Сума							5,107	1,00

Показники: $N=5$; $\lambda_{max}=5,432$; $CI=0,108$; $CR=0,097$

Найбільше значення ЛПр=0,257

Таблиця 2.21

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію товщина

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр5
A1	ДСП	1	1,20	0,86	0,67	0,75	0,875	0,171
A2	Фанера	0,83	1	0,71	0,56	0,63	0,730	0,143
A3	MDF	1,17	1,40	1	0,78	0,88	1,021	0,200
A4	Сосна	1,50	1,80	1,29	1	1,13	1,313	0,257
A5	Ялина	1,33	1,60	1,14	0,89	1	1,167	0,229
Сума							5,107	1,00

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,432$; $CI=0,108$; $CR=0,097$

Найбільше значення ЛПр=0,257

Таблиця 2.22

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію ціна

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр6
A1	ДСП	1	1,40	1,17	0,88	0,78	1,021	0,200
A2	Фанера	0,71	1	0,83	0,63	0,56	0,730	0,143
A3	MDF	0,86	1,20	1	0,75	0,67	0,875	0,171
A4	Сосна	1,14	1,60	1,33	1	0,89	1,167	0,229
A5	Ялина	1,29	1,80	1,50	1,13	1	1,313	0,257
Сума							5,107	1,00

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,432$; $CI=0,108$; $CR=0,097$

Найбільше значення ЛПр=0,257

Далі будемо матрицю пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв [6] (табл. 3.7).

Таблиця 2.23

Матриця пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв

	Назва	ПрКр	A1 ДСП	A2 Фанера	A3 MDF	A4 Сосна	A5 Ялина
Кр1	Твердість	0,143	0,200	0,143	0,171	0,257	0,229
Кр2	Вологопроникність	0,229	0,118	0,265	0,235	0,206	0,176
Кр3	Щільність	0,257	0,229	0,200	0,257	0,171	0,143
Кр4	Товщина	0,171	0,171	0,143	0,200	0,257	0,229
Кр5	Ціна	0,200	0,200	0,143	0,171	0,229	0,257

Для розрахунку значення глобального пріоритету ГлПр, необхідно підсумувати добутки значень стовпця «ПрКр» (табл. 3.7) на значення у стовпці «A1» для кожного рядка. Для усіх інших рядків розрахунок аналогічний.

$$ГлПр_1 = (0,143 * 0,200) + (0,229 * 0,118) + (0,257 * 0,229) + (0,171 * 0,171) + (0,200 * 0,200) = 0,184 \quad (3.6)$$

Отримані дані заносимо у таблицю 3.8 «глобальні пріоритети альтернатив»

Таблиця 2.24

Глобальні пріоритети альтернатив

	Назва	ГлПр
1	ДСП	0,184
2	Фанера	0,185
3	MDF	0,213
4	Сосна	0,218
5	Ялина	0,200

Після проведених розрахунків можна побачити, що за методом ієрархій Альтернатива «А4» - сосна, має найбільше значення. Саме цей матеріал буде рекомендовано для виготовлення дверних блоків.

В ході розрахунків вдалось дізнатись які матеріали мають найбільший пріоритет для поставленої мети, а саме виготовлення дверних блоків. За методом експертних оцінок більший пріоритет виявився у фанери, а за методом ієрархій – сосна. Дані матеріали будуть рекомендовані для виготовлення дверних блоків.

РОЗДІЛ ІІІ

МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Опис конструкції дверного блоку, що виготовляється на підприємстві

Конструкція дверних блоків може суттєво варіюватися залежно від типу дверей (вхідні або міжкімнатні) та специфіки виробника. Для виготовлення дверних конструкцій використовуються різноманітні породи деревини, а також різні технології обробки і оздоблення поверхонь, що дозволяє досягти бажаного естетичного вигляду і функціональних характеристик виробу. Для проведення технологічних розрахунків у даному дослідженні було обрано стандартний дерев'яний дверний блок, представлений на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Загальний вигляд дверного блоку

Типова конструкція дерев'яного дверного блоку складається з кількох основних елементів, кожен з яких має важливе значення для забезпечення міцності, функціональності та естетики виробу [13]. До основних компонентів дверного блоку належать:

Дверне полотно – це основна частина дверей, яка включає дерев'яну раму, заповнену вкладишами з деревини або іншими матеріалами, такими як скло,

метал чи пластик. Дверне полотно може бути виготовлене в різних конструктивних варіантах, серед яких найбільш поширеними є рамна, щитова та фанерна конструкції.

Дверна коробка – це конструктивний елемент, який служить для встановлення дверного полотна в дверний прохід. Вона забезпечує стійкість і коректну роботу дверей, а також фіксує їх у потрібному положенні. Зазвичай коробка виготовляється з деревини, однак іноді використовуються металеві варіанти для посилення конструкції.

Накладки (наличники) – декоративні елементи, що використовуються для закриття зазорів між дверною коробкою та стіною. Наличники не лише виконують естетичну функцію, але й надають дверям завершеного вигляду, а також забезпечують додатковий захист від пилу і бруду.

Фурнітура – сукупність різних елементів, які забезпечують функціонування дверей, зокрема ручки, замки, петлі, гвинти та інші елементи кріплення. Якість фурнітури безпосередньо впливає на надійність і комфорт експлуатації дверей, а також їх безпеку.

Дверне полотно складається з таких ключових складових:

Рама – це основний структурний елемент дверного полотна, виготовлений з дерев'яних брусків чи рамок. Рама надає дверям необхідну жорсткість і міцність, забезпечуючи їх стабільність при експлуатації.

Вкладиші (щити) – частина дверного полотна, що заповнює простір між рамами. Вкладиші можуть бути виготовлені з дерев'яних щитів, які забезпечують додаткові функціональні властивості дверей, зокрема покращують тепло- і звукоізоляцію, а також підвищують їх міцність.

Обшивка – зовнішня і внутрішня поверхня дверного полотна, яка може бути покрита дерев'яною обшивкою. Це не лише елемент декору, але й спосіб захисту деревини від механічних пошкоджень і негативних зовнішніх факторів, таких як волога та забруднення.

Склопакет – у дверях може бути встановлено скло, що складається з кількох шарів (зазвичай подвійне або потрійне скло з проміжними шарами), яке забезпечує високі теплоізоляційні та звукоізоляційні властивості.

Ущільнювачі – спеціальні елементи, які розташовуються по периметру дверного полотна, щоб запобігти проникненню повітря та вологи. Це важливий компонент, який сприяє збереженню тепла в приміщенні і зменшує шумові втрати через дверний прохід.

3.2. Запропонований технологічний процес виготовлення дверей фільончастих, оздоблених струганим шпоном

Виготовлення фільончастих дверей з оздобленням струганим шпоном розпочинається з подачі висушених пиломатеріалів, що мають вологість 8-10 %, в столярний цех. Для цього необрізні пиломатеріали товщиною 50 мм транспортуються з сушильної камери за допомогою траверзного візка. Наступним етапом є поперечний розкрій деревини на дошки завдовжки 2,25 м, що здійснюється на верстаті ЦПА-40. Після цього дошки піддаються повздовжньому розкрою на верстаті ЦДК-5.2.

Подальша обробка починається з формування базової поверхні на чотиристоронньому калібрувальному верстаті LMC 723C. Після калібрування заготовки сортуються на спеціальному робочому місці. Операція вирізання дефектів деревини проводиться за допомогою лінії оптимізації CFC-280. Дефектні ділянки, такі як сучки, тріщини або смоляні кишеньки, позначаються спеціальним олівцем, після чого система виявляє ці позначки і за допомогою фотоелементів керує пильним агрегатом для їх видалення. Після обробки бруски отримують однаковий переріз, а їх довжина може варіюватися в залежності від кількості дефектів. Потім заготовки складаються у штабель для подальшого транспортування на лінію зрощування.

Лінія зрощення FJ-17 включає кілька етапів:

➤ Лівосторонній шипоріз F-C57 з торцювальним вузлом, на якому нарізають зубчастий шип з мікро-кроком 4 мм і довжиною 12 мм. Зрощування проводиться вздовж волокон деревини.

➤ Пристрій для нанесення клею: для зрощування використовують полівінілацетатний клей D3 з витратою 250 г/м² шипа. Клей наноситься на заготовки за допомогою верстату KB-14.

➤ Після нанесення клею заготовки проходять процес зрощування на обладнанні STL 6000, що дозволяє з'єднати їх по ширині.

Після зрошення, на верстаті GE 1241 здійснюється торцювання заготовок по довжині. Нарізання шипів відбувається на двосторонньому шипорізному верстаті ШД-16-8, який оснащений чотирма фрезами та торцювальними пилами. Операція вибирання фальців здійснюється на фрезерному верстаті ФС-1. Для криволінійного випилювання використовується стрічкопильний верстат ЛС-80, а шліфування криволінійних поверхонь відбувається на тому ж верстаті, тільки з використанням шліфувального барабана. На фрезерних верстатах виконуються також операції формування гребенів, вибирання пазів і формування шипів. Вибирання пазів здійснюється на свердлильно-пазувальному верстаті СВПГ-2А.

Після виконання основних технологічних операцій заготовки проходять етап лагодження (шпаклювання), який передбачає усунення дефектів на поверхні, таких як подряпини, тріщини або сколи. Лагоджені ділянки шліфуються вручну.

Завершальним етапом є складання дверного полотна. Після цього дверні деталі проходять контроль якості на спеціальних ваймах GS-3. Після остаточного складання дверне полотно та деталі коробки направляються на личкувальний верстат ВАКУФОРМ, де всі площини майбутнього дверного блоку покриваються струганим шпоном твердолистяних порід.

Останній етап обробки включає личкування крайок дверного полотна та коробки на крайколичкувальному верстаті СЕНІСА EP-12, після чого два

робітники за допомогою ручних інструментів складають коробку і формують готовий дверний блок.

Схему запропонованого технологічного процесу виготовлення дверей, оздоблених струганим шпоном, можна побачити на рис. 3.2.

3.3. Розрахунок норми витрати сировини та матеріалів на одиницю продукції

Ефективне використання матеріальних ресурсів безпосередньо залежить від їх нормування. Під нормою витрат матеріальних ресурсів розуміють максимально допустиму кількість сировини, матеріалів, палива та енергії, яка може бути витрачена для виробництва одиниці продукції визначеної якості за певних організаційно-технічних умов. Таким чином, норми витрат матеріальних ресурсів встановлюють ліміти на використання сировини, матеріалів, напівфабрикатів, палива та енергії в процесі виробництва. В основному, норми витрат визначаються на одиницю продукції, хоча деякі допоміжні матеріали, які забезпечують безперебійну роботу обладнання, нормуються на одиницю часу роботи цього обладнання. Розрахунок норм витрат матеріалів для виготовлення одиниці продукції здійснюється з урахуванням її матеріаломісткості [14, 17, 18]. Результати розрахунків витрат сировини та матеріалів на одиницю продукції наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Розрахунок річних витрат матеріалів на різних етапах технології

Етап, стадія технологічного процесу	Обсяги виробництва за рік	Вид матеріалу	Витрати на одиницю продукції		Ціна за 1 м ² , кг, грн.	Загальна вартість, грн.
			Одиниці виміру	Натуральний показник		
1	2	3	4	5	6	7
Розпилювання	320	деревина сосни	м ³	0,16	540	172800
Склеювання	3400	клей	кг	1,7	6,55	22270
Личкування	700	клей	кг	0,35	18	12600
Личкування	7800	шпон струганий	м ²	3,9	8	62400

Згідно з даними таблиці 3.1, загальна річна вартість робіт, що включають розпилювання, склеювання та обробку матеріалів для виготовлення дверних блоків, становить 270 070 тис. грн.

3.4. Експериментальні дослідження та їх результати

Обрані матеріали будуть протестовані на стиск і згин. Для цього відібрані зразки будуть перевірені за допомогою розривної машини Р-5, після чого буде проведено необхідні розрахунки. Метод полягає у визначенні змін лінійних розмірів зразків під час їх згинання під впливом прикладеного навантаження.

Як приклад будуть обрані соснові зразки, зразки ялини та дуба (рис.3.2 і рис.3.3).



Рис. 3.2. Соснові зразки на стиск

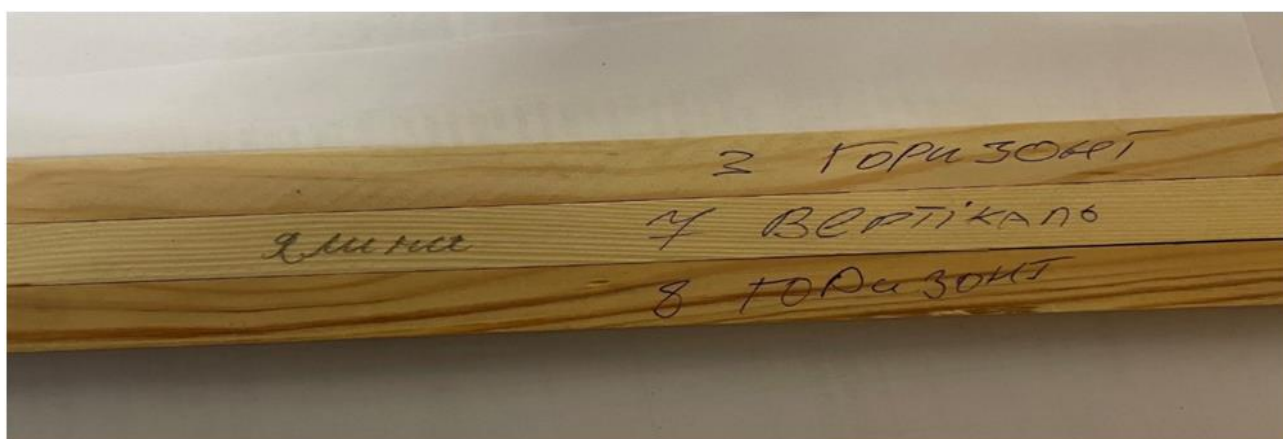


Рис.3.3. Соснові зразки та зразки ялини на згин

Перш за все були проведені випробування на стиск. Зразок розміру 20x20x20 мм фіксується в розривній машині (рис. 3.4.). Зразок розміщується на спеціально підготовленій поверхні.



Рис. 3.4. Закріплення соснових зразків для випробування на стиск.

Після закріплення зразка, ми запускаємо розривну машину, і на зразок починає діяти навантаження (рис. 3.5). Процес навантаження відображається у вигляді діаграми на комп'ютерному екрані (рис. 3.7).



Рис. 3.5. Вплив навантаження на зразок

Навантаження буде прикладено до зразка до тих пір, поки на діаграмі не буде видно, що воно стабілізувалося або почало знижуватися. Дані, отримані з діаграми, будуть використані для подальших розрахунків.

Деформація під час стиску вздовж волокон викликає деяке скорочення зразка. Руйнування зазвичай починається з поздовжнього згину окремих волокон. У вологій деревині або у м'яких та в'язких порід спостерігається зминання на торцях із випинанням бокових поверхонь. Водночас у сухій деревині або у деревині твердих порід руйнування проявляється через зсув однієї частини зразка відносно іншої по лінії, що проходить через тангентальну поверхню під кутом приблизно 60 градусів до осі зразка (рис. 3.6).



Рис 3.6. Деформація під час стиску

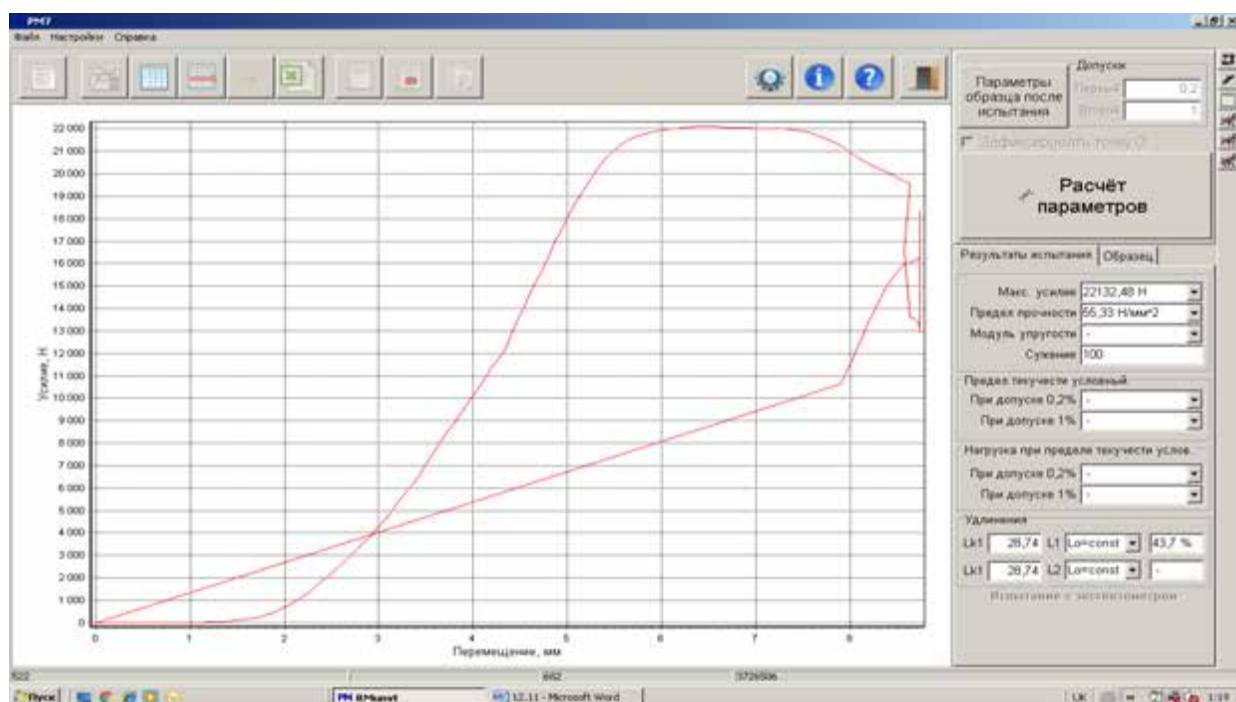


Рис.3.7. Діаграма навантаження на зразок

Дослідження на згин, для зразків ялини та соснових зразків виконуються за аналогічною процедурою (рис. 3.8 - рис. 3.13).



Рис. 3.8. Зразки ялини на згин до випробування

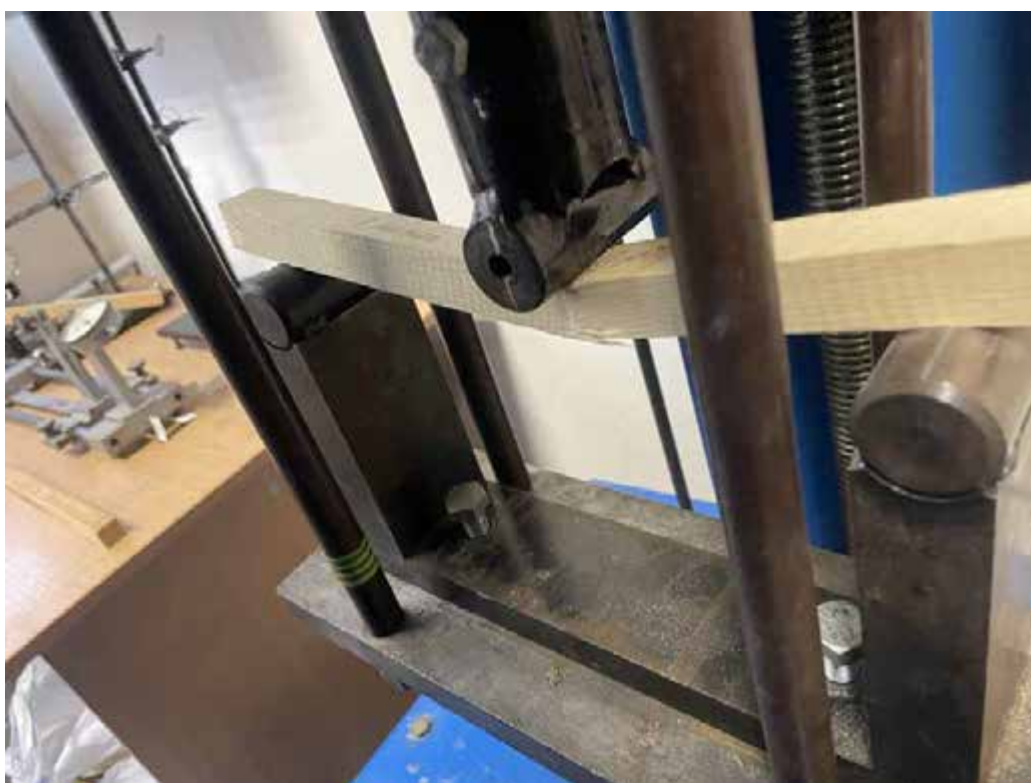


Рис. 3.9. Зразок ялини на згин після випробування - деформований



Рис. 3.10. Сосновий зразок на згин



Рис. 3.11. Деформований зразок сосни після випробування

Зразок встановлюється на спеціальні опори, відстань між якими складає 240 мм. Навантаження буде прикладатися в центрі зразка, на відстані 120 мм від кожної опори. Після завершення дослідів будуть отримані діаграми навантаження, дані з яких будуть використані для подальших розрахунків.

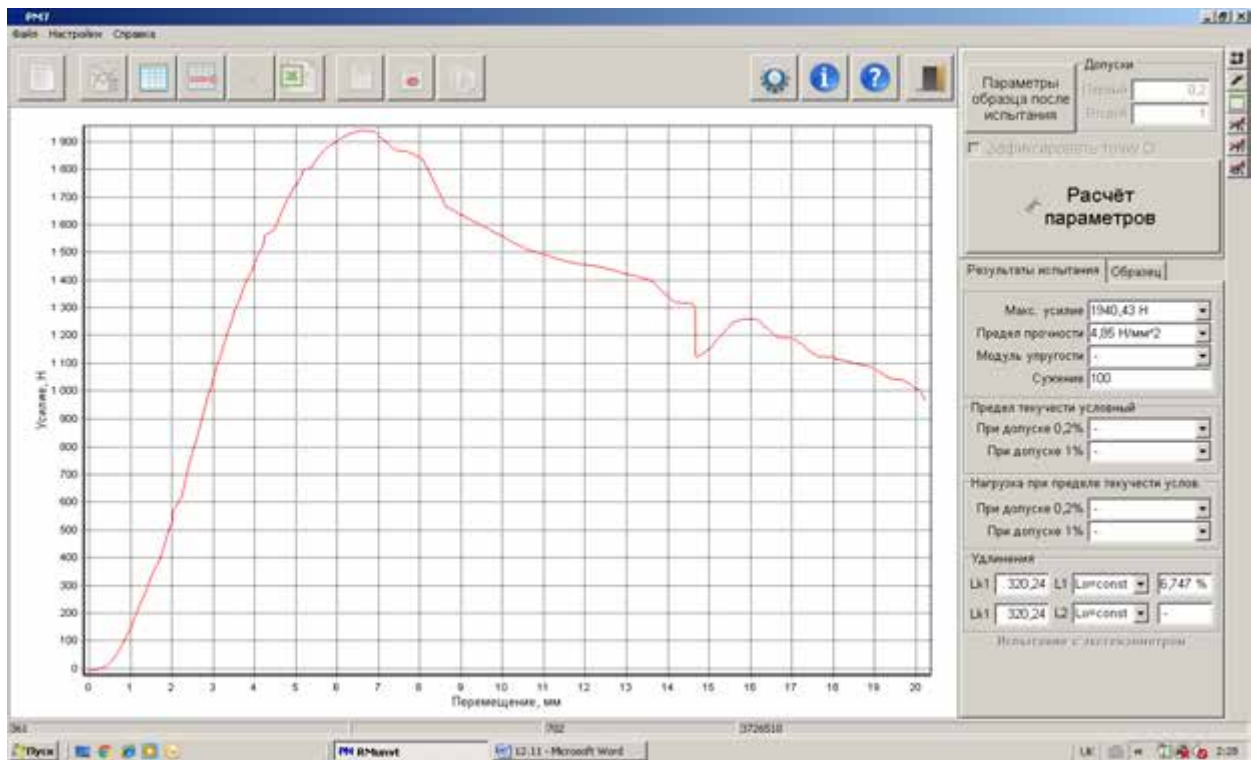


Рис. 3.12. Діаграма навантаження зразку ялини на згин

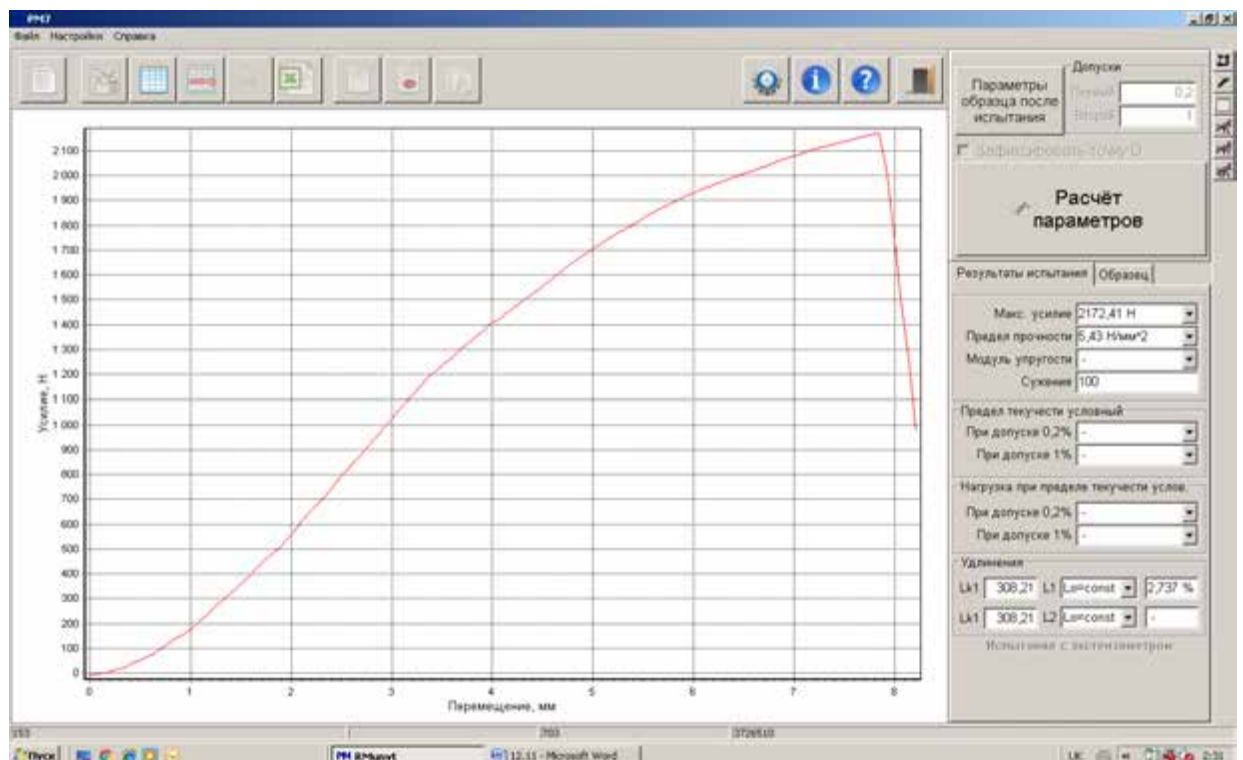


Рис. 3.13. Діаграма навантаження соснового зразку на згин

Після проведення дослідів і отримання експериментальних даних, буде проведено розрахунки.

3.5. Визначення модуля пружності експериментальних зразків на стиск та згин

Перед початком розрахунків ми перевіряємо розміри зразків. Після чого починаємо розраховувати модуль пружності при статичному згині. Модуль пружності при статичному згині визначається за формулою 3.1.

$$E_w = \frac{3P \times l^3}{64bh^3f} \quad (3.1)$$

де: P – навантаження, що діє на зразки, Н;

l – відстань між центрами опор, мм;

b, h - ширина і висота зразків, мм;

f – прогин у межах навантаження, мм;

Приклад розрахунку модуля пружності зразку ялини №7 вертикального:

$$E_w = \frac{3P \times l^3}{64bh^3f} = \frac{3 * 2126.97 * 240^3}{64 * 20 * 20^3 * 3} = 2,615$$

Розрахунки інших зразків буде наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Зведена таблиця розрахунків

№	Зразок	Навантаження	Відстань між центрами опор	Ширина	Висота	Прогин у межах навантаження	Модуль пружності
1	Сосновий зразок №3 Вертикаль	1618,43	240	20	20	3	2297
2	Сосновий зразок №8 Горизонталь	2172,41	240	20	20	2	2817
3	Зразок ялини №7 Вертикаль	1940,43	240	20	20	3	2615
4	Зразок ялини №5 Горизонталь	2232,38	240	20	20	3	3008
5	Зразок дуба №3 Горизонталь	2126.97	240	20	20	3	2869
6	Зразок дуба №4 Вертикаль	2744,56	240	20	20	3	3509

Отриманий модуль пружності перераховується на вологість (15%) в ГПа за формулою 3.2.

$$E_{12} = \frac{E_w}{K_{12}^w} \quad (3.2)$$

де: K_{12}^w - це коефіцієнт перерахунку, що визначається за таблицею 3.3.

Таблиця 3.3

Коефіцієнти перерахунку

Вол. W, %	Коефіцієнт перерахунку K_{12}^w за щільності ρ_{12} , кг/м ³										
	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
5	1,095	1,090	1,080	1,075	1,069	1,061	1,055	1,049	1,044	1,037	1,032
6	1,085	1,080	1,072	1,066	1,061	1,055	1,049	1,044	1,039	1,034	1,029
7	1,075	1,070	1,065	1,057	1,052	1,048	1,042	1,036	1,033	1,029	1,025
8	1,060	1,058	1,055	1,050	1,044	1,039	1,035	1,031	1,027	1,024	1,020
9	1,047	1,046	1,040	1,038	1,035	1,030	1,027	1,025	1,021	1,019	1,015
10	1,034	1,030	1,028	1,025	1,022	1,020	1,018	1,016	1,014	1,012	1,010
11	1,017	1,015	1,014	1,013	1,012	1,011	1,010	1,009	1,007	1,005	1,004
12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
13	0,985	0,986	0,987	0,988	0,989	0,990	0,991	0,991	0,992	0,993	0,994
14	0,965	0,968	0,971	0,974	0,977	0,979	0,981	0,982	0,983	0,985	0,987
15	0,948	0,950	0,955	0,959	0,963	0,967	0,970	0,973	0,975	0,978	0,981
16	0,930	0,935	0,940	0,945	0,950	0,955	0,960	0,963	0,967	0,971	0,975
17	0,910	0,918	0,925	0,931	0,937	0,945	0,950	0,954	0,960	0,964	0,969
18	0,895	0,900	0,910	0,916	0,925	0,932	0,939	0,945	0,951	0,957	0,962
19	0,875	0,885	0,894	0,901	0,912	0,920	0,927	0,935	0,942	0,950	0,955
20	0,858	0,870	0,880	0,890	0,900	0,910	0,917	0,925	0,934	0,942	0,950
21	0,840	0,850	0,865	0,876	0,889	0,899	0,907	0,915	0,926	0,934	0,943
22	0,825	0,840	0,851	0,864	0,877	0,890	0,900	0,909	0,918	0,928	0,937
23	0,810	0,823	0,838	0,851	0,867	0,880	0,891	0,901	0,912	0,922	0,932
24	0,794	0,810	0,825	0,840	0,856	0,870	0,881	0,892	0,904	0,915	0,926
25	0,780	0,796	0,812	0,829	0,846	0,861	0,872	0,887	0,900	0,911	0,921
26	0,765	0,782	0,800	0,816	0,836	0,851	0,865	0,880	0,892	0,904	0,915
27	0,750	0,770	0,789	0,806	0,826	0,842	0,857	0,872	0,887	0,900	0,911
28	0,740	0,760	0,777	0,798	0,817	0,835	0,851	0,866	0,881	0,895	0,908
29	0,730	0,750	0,767	0,786	0,809	0,827	0,844	0,861	0,877	0,891	0,904
≥30	0,715	0,735	0,756	0,776	0,800	0,820	0,839	0,854	0,871	0,885	0,900

Приклад розрахунку соснового зразку №3 вертикального:

$$E_{12} = \frac{2297}{0,955} = 2406,30$$

Інші розрахунки наведено у таблиці 3.4:

Розрахункові дані

№	Назва	Модуль пружності	Щільність	Коефіцієнт перерахунку	Розрахунки
1	Сосновий зразок №3 Вертикаль	2297	500	0,955	2406.30
2	Сосновий зразок №8 Горизонталь	2817	500	0,955	2953.89
3	Зразок ялини №7 Вертикаль	2615	550	0,959	2729.95
4	Зразок ялини №5 Горизонталь	3008	550	0,959	3132.59
5	Зразок дуба №3 Горизонталь	2869	800	0,975	2945.64
6	Зразок дуба №4 Вертикаль	3509	800	0,975	3598.46

Розрахунки стиску:

Для дослідів використано соснові зразки 20x20x20 (рис. 3.14).



Рис. 3.14. Соснові зразки №3,7,9 20x20x20

Межу міцності буде розраховано з точністю до 0,5 МПа. Для цього використовується формула 3.3.

$$\sigma = \frac{F_{max}}{ab} \quad (3.3)$$

Приклад розрахунку межі міцності соснового зразку №8 за даними діаграми (рис. 3.15):

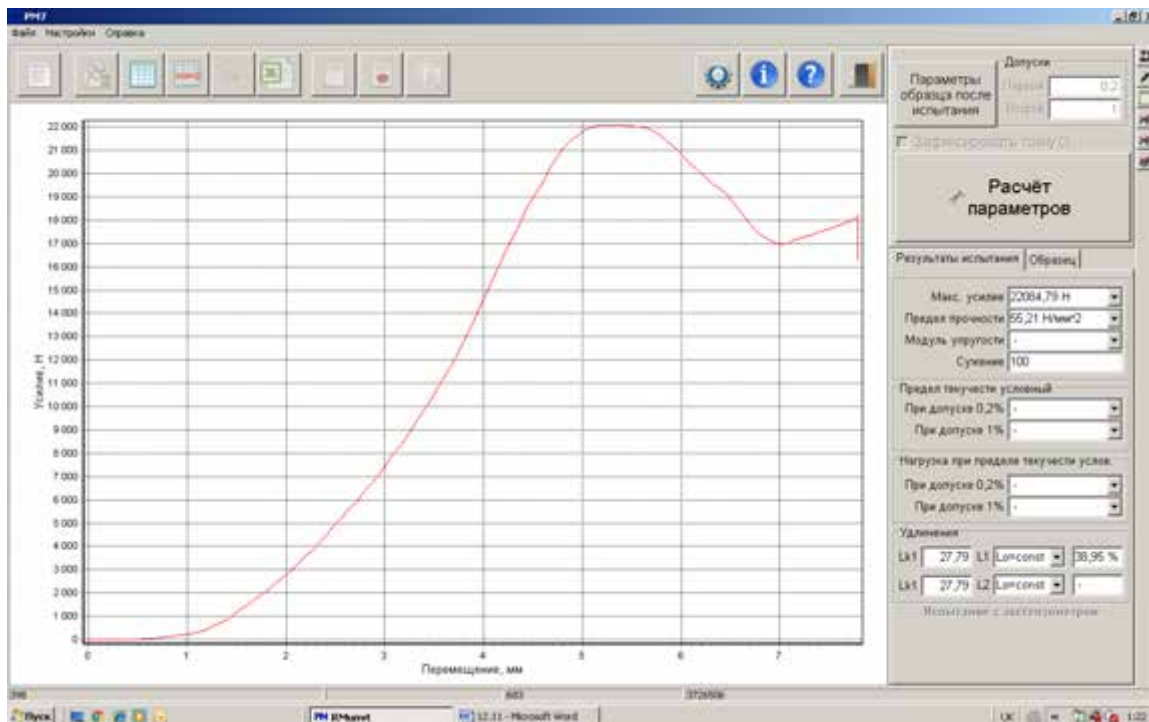


Рис. 3.15. Діаграми навантаження соснового зразку №8

$$\sigma_3 = \frac{22084,79}{20 * 20} = 55,21$$

Розрахунки інших зразків представлені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

№	Зразок	Ширна	Висота	Навантаження	Межа міцності
1	Сосновий зразок №3	20	20	20291,41	50.73
2	Сосновий зразок №7	20	20	20941,68	52.35
3	Сосновий зразок №8	20	20	22084,79	55,21

Величина межі міцності при стиску вздовж волокон істотно зменшується при збільшенні вологості до межі гігроскопічності [21].

Розрахунок навантаження, що буде відповідати межі пропорційності F_{nc} і навантаження F_{mc} , що відповідає умовній межі пропорційності межі міцності σ_{mc} , що розраховується за формулою 3.4. і 3.5 [21].

$$\sigma_{mc} = \frac{F_{mc}}{al} \quad (3.4)$$

$$\sigma_{nc} = \frac{F_{nc}}{al} \quad (3.5)$$

Межа міцності деревини σ_{nc} в Па вздовж і поперек волокон перераховують на вологість 12 % за формулою 3.6. [21]

$$\sigma_{12} = \sigma_w * (1 + \alpha(W - 12)) \quad (3.6)$$

де: α - поправочний коефіцієнт, рівний 0,04 на 1% вологості;

σ_w - межа міцності зразка в момент випробування;

W - вологість в момент випробування зразка.

Приклад розрахунку соснового зразку №3:

$$\sigma_{12} = 55,21 * (1 + 0,04(15 - 12)) = 61,75$$

Розрахунки інших зразків представлені у таблиці 3.5

Таблиця 3.6

№	Зразок	Межа міцності	Поправочний коефіцієнт	Вологість	
1	Сосновий зразок №3	50,73	0,04	15	56,74
2	Сосновий зразок №7	52,35	0,04	15	58,67
3	Сосновий зразок №8	55,21	0,04	15	61,75

РОЗДІЛ IV

ОБГРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДВЕРНИХ БЛОКІВ

4.1. Вдосконалення технології обробки матеріалів

Для досягнення високої якості дверних блоків не менш важливим є вдосконалення технології обробки матеріалів. Оскільки механічні властивості матеріалів безпосередньо залежать від технології їх обробки, необхідно впроваджувати передові методи для забезпечення мінімальних дефектів та максимально точних геометричних характеристик кінцевого продукту.

Автоматизація виробничих процесів. Для підвищення точності обробки матеріалів, зокрема при розпилюванні та фрезеруванні, доцільно впроваджувати числово-програмовані верстати (ЧПУ). Використання ЧПУ дозволяє значно знизити ймовірність людської помилки, підвищити швидкість виробництва та забезпечити високу точність розмірів деталей, що особливо важливо для виготовлення дверей, де кожен елемент повинен мати точні геометричні параметри для забезпечення надійного з'єднання.

Оптимізація процесу сушіння деревини. Враховуючи, що вологість деревини має значний вплив на її механічні властивості, для забезпечення стабільності розмірів матеріалів та мінімізації можливих деформацій під час експлуатації, важливо застосовувати сучасні методи сушіння. Технології, такі як вакуумне або високотемпературне сушіння, дозволяють швидко і ефективно знижувати вологість деревини, одночасно зберігаючи її структуру і міцність.

Застосування захисних покриттів та антисептиків. Для підвищення експлуатаційних характеристик дверних блоків важливо забезпечити їхню стійкість до впливу вологи, механічних пошкоджень та біологічних впливів. Впровадження спеціальних антисептичних і водовідштовхувальних покриттів дозволить значно підвищити довговічність дверей, знизити ризик утворення

грибків та плісняви на поверхні деревини, а також зберегти естетичний вигляд виробу протягом тривалого часу.

Виготовлення дверних блоків є складним процесом, який вимагає ретельного підходу до вибору матеріалів та технології їх обробки. Одним з основних аспектів є використання матеріалів з оптимальними механічними властивостями, що забезпечують високі показники міцності, зносостійкості та довговічності готової продукції. У цьому контексті важливим є проведення розрахунків механічних властивостей матеріалів, що використовуються для дверних блоків, зокрема, модуля пружності та інших характеристик, таких як щільність, вологопроникність і твердість. Оскільки ці властивості прямо впливають на якість та ефективність виробництва, необхідно враховувати їх при вдосконаленні технології виготовлення дверних блоків.

4.2. Оптимізація вибору матеріалів для виготовлення дверних блоків

Для виготовлення дверних блоків використовуються різноманітні матеріали, зокрема дерева різних порід, а також її похідні – ДСП, фанера та MDF. Кожен з цих матеріалів має свої особливості та переваги, залежно від конкретних вимог до дверей, таких як механічна міцність, стійкість до вологості, екологічність та економічна ефективність. Вибір матеріалу має значний вплив на кінцеву якість дверного блоку, тому правильний вибір є запорукою успішного виробництва.

Розрахунки механічних властивостей матеріалів. Згідно з проведеними розрахунками модуля пружності для різних зразків матеріалів, ми можемо зробити висновки щодо їх придатності для виготовлення дверних блоків.

➤ Сосновий зразок №3 (Вертикальний) має достатньо хороший модуль пружності, що вказує на його високу здатність до витримки навантажень і стабільність при використанні.

➤ Сосновий зразок №8 (Горизонтальний) демонструє ще кращі характеристики пружності, що робить цей матеріал придатним для конструкцій, які піддаються більшим механічним навантаженням.

➤ Зразок ялини №7 (Вертикальний) має теж хороший модуль пружності, хоча його механічні властивості дещо поступаються сосні, однак він все одно показує високу якість для виготовлення дверних блоків.

➤ Зразок дуба №4 (Вертикальний) має найвищий показник пружності серед усіх матеріалів, що свідчить про його виняткову міцність і здатність витримувати значні навантаження.

Ці матеріали можна використовувати в залежності від вимог до міцності та зносостійкості, при цьому сосна і дуб забезпечують оптимальні властивості для дверних блоків у різних умовах експлуатації.

Вдосконалення технології виготовлення дверних блоків. На основі отриманих результатів можна зробити висновки щодо вдосконалення технології виготовлення дверних блоків:

Вибір матеріалу:

✓ Сосна є оптимальним вибором для виготовлення дверних блоків завдяки своєму високому модулю пружності та хорошему співвідношенню ціни і якості. Крім того, сосна є легкою в обробці, що дозволяє знизити витрати на виготовлення продукції.

✓ Дуб має найвищий модуль пружності, що робить його ідеальним для виготовлення дверей, що повинні витримувати великі навантаження. Однак дуб є більш важким і дорогим матеріалом, тому його використання має бути обґрунтованим для специфічних умов експлуатації (наприклад, для дверей, що піддаються високим механічним навантаженням або у вологих середовищах).

✓ Ялина є хорошим варіантом для виготовлення дверних блоків середнього класу. Її механічні властивості не поступаються сосні, але вона дещо дешевша, що робить її доступною для масового виробництва.

Технологія обробки матеріалів. Для досягнення високої якості дверних блоків важливо враховувати технології обробки матеріалів, такі як сушіння

деревини, процес клеєння для ДСП, фанери та MDF, а також лакування для забезпечення додаткового захисту від вологи та механічних пошкоджень.

Важливим етапом є монтаж дверного блоку, що має включати оптимальне поєднання матеріалів з урахуванням їх фізико-механічних властивостей. Наприклад, можна поєднувати сосну з MDF або фанерою для створення продукції з більшою міцністю та меншою вагою.

4.3. Вдосконалення контролю якості

Впровадження більш точних методів контролю якості на етапах обробки та складання дверних блоків дозволить досягти високої стабільності і повторюваності кінцевого продукту. Це включає застосування ультразвукових тестів, перевірок на міцність та вологопроникність матеріалів, а також технологічний моніторинг всіх етапів виробництва.

Врахування новітніх методів обробки деревини, таких як термічна модифікація деревини, що покращує її стійкість до вологи і шкідників, дозволить значно підвищити якість дверних блоків.

Економічні та екологічні аспекти. Вдосконалення технології виготовлення дверних блоків не повинно впливати на їх вартість. Важливим є досягнення оптимального балансу між вартістю матеріалів і їхніми механічними властивостями.

Використання екологічно чистих матеріалів (наприклад, сертифікованих дерев'яних плит або фанери) є важливим аспектом в умовах зростаючих вимог до екологічної безпеки продукції.

На основі проведених розрахунків та аналізу механічних властивостей матеріалів для виготовлення дверних блоків було визначено, що Сосна є найоптимальнішим матеріалом за співвідношенням ціна-якість для масового виробництва.

Для виробів, що піддаються великим навантаженням, або для специфічних умов експлуатації, доцільно використовувати Дуб.

Пропоноване вдосконалення технології виробництва включає як вибір найбільш відповідних матеріалів, так і оптимізацію процесів обробки та монтажу, що дозволить покращити якість готової продукції та зменшити витрати на виробництво.

Завдяки врахуванню механічних властивостей матеріалів, технології обробки та сучасних методів контролю якості, виробництво дверних блоків може бути значно вдосконалене, що дозволить отримати продукцію з високими експлуатаційними характеристиками за конкурентоспроможними цінами.

ВИСНОВКИ

Вдосконалення технології виготовлення дверних блоків є невід'ємною частиною сучасного виробничого процесу, оскільки забезпечує підвищення якості, зниження витрат і оптимізацію ресурсоспоживання. Це обґрунтовано зростаючими вимогами споживачів до естетики, надійності та екологічності продуктів. Запровадження новітніх матеріалів, автоматизація виробничих етапів та впровадження інноваційних методів контролю якості дозволяють підвищити конкурентоспроможність продукції на ринку, зменшуючи терміни виготовлення та забезпечуючи стабільну відповідність міжнародним стандартам. Таким чином, вдосконалення технології виготовлення дверних блоків сприяє не лише економічному зростанню підприємств, але й задоволенню потреб кінцевих споживачів.

Так, у магістерській роботі було розглянуто сучасний стан ринку дверей, визначено основні матеріали для виробництва дверних блоків, їх конструкцію. Описано сучасний стан ринку дверей, їх попит в Україні. Визначено та описано основні матеріали для виробництва дверних блоків, такі як: сосна, дуб, горіх та вільха. Зазначено основні переваги та недоліки дверних блоків.

Окрім цього, було визначено оптимальні і пріоритетні матеріали з урахуванням різноманітних критеріїв для виготовлення виробу. В рамках дослідження враховувалась якість, вартість, міцність, естетичність та інші параметри, які вплинули на вибір матеріалу для виготовлення дверних блоків.

Розглянуто конструкційні особливості дверних блоків. Проведено експериментальні дослідження з визначення фізико-механічних властивостей використовуваних матеріалів для виробу, проведено аналіз результатів. Розраховано річні витрати матеріалів на різних етапах виробництва продукції.

Визначено основні аспекти роботи, що спрямовані на вдосконалення технологічного процесу виготовлення виробу, опрацьовано питання оптимізація вибору матеріалів для виготовлення дверних блоків, зазначено питання щодо покращення якості продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Маркетинговий інструментарій формування попиту на товари та послуги на ринках України: монографія / за ред. проф. Р.В. Федоровича – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2014. – 411 с.
2. Найкращі виробники вхідних дверей в Україні. П'ятірка найкращих виробників: веб-сайт <https://dveri-vdom.com.ua/uk/korysna-informatsiia-pro-dveri/203-luchshie-proizvoditeli-vkhodnykh-dverej-v-ukraine-2> (дата звернення 10.10.2024).
3. Види дверей, їх класифікація за різними ознаками: веб-сайт <https://isu.org.ua/vydy-dverej-yih-klasyfikatsiya-za-riznymy-oznakamy/> (дата звернення 12.10.2024).
4. Український ринок міжкімнатних дверей. Сьогоднішні реалії та прогнози: веб-сайт <http://ldr.com.ua/ukrayinskiy-rinok-mizhkimnatnih-dvereu-sogodnishni-realiyi-ta-prognozi/> (дата звернення 13.10.2024).
5. Світ дверей. Міжкімнатні двері: веб-сайт <https://mir-dverej.biz/uk/mezhkimnatni-dveri> (дата звернення 14.10.2024).
6. Світовий ринок вікон і дверей 2020-2026 за версією Global Market Insight: веб-сайт <https://wt.com.ua/novosti/1039-svitovij-rinok-vikon-i-dverej-2020-2026-za-versieyu-global-market-insight.html> (дата звернення 15.10.2024).
7. Переваги, недоліки, види дверей з масиву: веб-сайт <https://holz.ua/ua/preimuschestva-nedostatki-vidy-dverej-iz-massiva-blog/> (дата звернення 16.10.2024).
8. Дверні блоки: веб-сайт <http://remont.townevolution.ru/books/item/f00/s00/z0000005/st024.shtml> (дата звернення 18.10.2024).
9. Інформація про підприємство ПрАТ «ДОК №7»: веб-сайт <http://dok7.pat.ua/> (дата звернення 20.10.2024).
10. Інформація про підприємство ПрАТ «ДОК №7»: веб-сайт https://youcontrol.com.ua/ru/catalog/company_details/30531566/ (дата звернення 20.10.2024).

11. Деревообробне підприємство ДОК №7: веб-сайт <https://www.facebook.com/sevendokcom/> (дата звернення 21.10.2024).

12. Вимоги до протипожежних дверей та їх монтажу: веб-сайт <http://stroytechnology.net/bydivelni-poradys/5902-vymogy-do-protypogegnykh-dverej.html> (дата звернення 21.10.2024).

13. ДСТУ Б В.2.6–17–2000 (ГОСТ 26602.1–99) Блоки дверні та віконні. Методи визначення опору теплопередачі: ДСТУ Б В.2.6-17–2000. – [Чинний від 2000–01–01]. К.: Держстандарт України, 2000. – 20 с. – (Національний стандарт України).

14. Войтович, І. Г. Основи технології виробів з деревини: Підручник / Войтович І. Г. – Львів: НЛТУ України, ТзОВ «Країна ангелят», 2010. – 305 с.

15. Марченко, Н. В. Мазурчук С.М. Технологія столярних виробів. Методичні вказівки до вивчення курсу з дисципліни «Технологія столярних виробів» для студентів ОС «Бакалавр» напряму підготовки 6.051801 «Деревооброблювальні технології» – К. : НУБіП України, 2015 – 99 с.

16. Прокопович, Б.В. Основи проектування столярно – меблевих виробів: Навчальний посібник. / Б. В. Прокопович – К. : ІЗМН, 1998. – 303 с.

17. Крейдлін, Л.Н. Столярні роботи: Підручник / Пер. з рос. В.К. Сидоренко. – К. : Вища шк., 1993. – 263 с.

18. Економіка підприємства: Підручник / За ред. С.Ф. Покропивного. – К. : КНЕУ, 2001. – 528 с.

19. <https://www.wakewood.ua/> (дата звернення 22.10.2024)

20. <https://dvernoydom.com.ua/uk/mezhkomnatnye-dveri/ofis-ekoshpon> (дата звернення 23.10.2024).

21. <https://dveri-vdom.com.ua/uk/korysna-informatsiia-pro-dveri/203-luchshie-proizvoditeli-vkhodnykh-dverej-v-ukraine-2> (дата звернення 24.10.2024).

22. <https://sevendok.com/shop/%D0%B4%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B8-%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5?language=uk> (дата звернення 25.10.2024).

23. https://holz.ua/ua/dver-wakewood-forte-10/?gad_source=1&gclid=EAIAIQobChMIksK04pboiQMVtBuiAx2Q7Te9EAQYASABEgLvD_BwE (дата звернення 26.10.2024).
24. <https://winlock.com.ua/odnostulkovi-hlukhi> (дата звернення 27.10.2024)
25. https://parkan.ua/p950369608-meditsinskie-dveri-hpl.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=EAIAIQobChMI0ImE3pfoiQMVnV6RBR0YrQ2eEAQYAiABEgLwpfD_BwE (дата звернення 28.10.2024).
26. https://parkan.ua/p950369608-meditsinskie-dveri-hpl.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=EAIAIQobChMI0ImE3pfoiQMVnV6RBR0YrQ2eEAQYAiABEgLwpfD_BwE (дата звернення 29.10.2024).
27. <https://stroystok.in.ua/uk/vkhodnye-dveri/protivopozharnye-dveri/dveri-protivopozharnye-odnostvorchatye-e-30-shchit-2.html> (дата звернення 30.10.2024).
28. https://holz.ua/ua/dver-rodos-siena-rossi-gluhaja/?gad_source=1&gclid=EAIAIQobChMI35e2n5zoiQMVCEGRBR0c1RJOEAQYASABEgIe9fD_BwE (дата звернення 31.10.2024).
29. https://terminus.ua/ru/mezhkomnatnye-dveri-model-50-dub-braun-kolir-glukha/?gad_source=1&gclid=EAIAIQobChMI35e2n5zoiQMVCEGRBR0c1RJOEAQYBCABEgJxA_D_BwE (дата звернення 01.11.2024).
30. https://gipermarket-gorod-dverej.ua/ua/dveri-mezhkomnatnye/dveri-iz-massiva?gad_source=1&gclid=EAIAIQobChMIrs6Lwq_oiQMVkZaDBx34dyojEAAiAAEgKvRvD_BwE (дата звернення 02.11.2024).
31. Деревні матеріали. <http://starukraine.com.ua/2021/09/02/derevyani-vhidni-dveri-harakterystyka-materialiv-dlya-pryvatnogo-budynku-i-kvartyry/> (дата звернення 03.11.2024).
32. Woodworking Network. <https://www.woodworkingnetwork.com/> (дата звернення 04.11.2024).
33. International Journal of Industrial Engineering and Management. <http://www.ijiem.org/> (дата звернення 05.11.2024).
34. Бабин, С. Г., & Мельник, О. М. (2011). Технологія виготовлення меблів та виробів із деревини. Київ: "Освіта".

35. Косов, О. М., & Гончаренко, В. М. (2017). Технологія матеріалів та конструкцій для меблевого виробництва. Київ: «Техніка».
36. Kobets, O. P., & Ponomarenko, D. V. (2018). «Modern technologies for wood processing in the production of construction materials». *Journal of Wood Science*, 64(6), 1-12.
37. Chuyko, S. V., & Zaitsev, D. M. (2020). «Technologies of production of wooden doors with the use of composite materials». *Industrial Engineering*, 35(2), 45-50.
38. Petrov, S. A., & Pavlov, V. P. (2016). «Optimization of technological processes in the production of doors from different materials» *Materials Science and Engineering*, 17(4), 210-215.
39. Berezivskyi, M. A., & Dovhan, R. I. (2020). «Improvement of the technology for the production of environmentally friendly wooden doors». *Journal of Sustainable Development*, 13(6), 199-205.
40. Dmytrenko, V. P., & Zubar, M. O. (2019). «Innovative approaches in the production of wooden doors». *Proceedings of the International Conference on Wood Processing Technologies*, 1, 95-101.