

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ННІ Лісового і садово-паркового господарства

УДК 684.59

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ
Лісового і садово-паркового господарства
_____ Роман ВАСИЛИШИН
« _____ » _____ 2024р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувача кафедри
Технологій та дизайну виробів з деревини
_____ Андрій СПІРОЧКІН
« _____ » _____ 2024р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

**«ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ОПОРЯДЖЕННЯ
ДВЕРНИХ БЛОКІВ НА ДОК № 7»**

Спеціальність 187 – Деревообробні та меблеві технології

Освітня програма 187 – Деревообробні та меблеві технології

Гарант освітньої програми _____ д.т.н., проф. Олена ПІНЧЕВСЬКА

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ ст.викладач, к.т.н. Наталія БУЙСЬКИХ

Виконав _____

Борис ОСТАПЕНКО

Київ 2024

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

Технологій та дизайну виробів з деревини

_____ Андрій СПРОЧКІН

«_____» _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

ОСТАПЕНКО Борису Юрійовичу

Спеціальність 187 Деревообробні та меблеві технології

Освітня програма 187 Деревообробні та меблеві технології

Тема магістерської роботи «Технологія виготовлення та опорядження
дверних блоків на ДОК № 7»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «31» 10 2023р. № 1981 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 11.11.2024р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

Нормативна документація, технічні характеристики обладнання для сушіння
покріттів, наукові джерела, щодо висихання покріттів, методичні вказівки,
щодо проведення експериментальних досліджень та прийняття проектних
рішень, інтернет джерела.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

технічні характеристики камер та обладнання для сушіння лакофарбових
покріттів, огляд сучасних конструкцій дверей та способів їх виготовлення,
провести експериментальні дослідження якості сушіння покріттів на основі
запропонованого обладнання, зробити висновки.

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання « 12 » 11 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Н.Буйських

Завдання прийняв до виконання _____ Б.Остапенко

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів, де в подано 16 рисунків і 39 таблиць, вся магістерська робота займає в 88 сторінок інформацій, також використано 42 джерел інформацій.

В вступі розглянуто актуальність обраної теми для даної кваліфікаційної роботи. Наведені мета, завдання об'єкт та предмет дослідження. Відмічена важливість захисту поверхні дверей від впливу несприятливих чинників.

В першому розділі розглянуто Аналітичний огляд обладнання для сушіння опоряджених виробів. Огляд літературних джерел є надзвичайно важливим етапом підготовки магістерської роботи, оскільки виконує кілька ключових функцій. Він допомагає встановити науковий контекст дослідження, дозволяючи автору ознайомитися з основними концепціями, теоріями та методами, які використовувалися в обраній темі.

В другому розділі було розглянуто теоретичне обґрунтування досліджень та опис властивостей обраного обладнання.

Третій розділ присвячено напрямкам та методам досліджень. В ньому було розглянуто технологію виготовлення дверних блоків, конструкційні особливості дверних блоків та використання матеріалів для їх опорядження.

Четвертий розділ включає в себе експериментальні дослідження швидкості затвердіння лакового покриття на дверях. Також зроблений статистичний розрахунок швидкості затвердіння із запропонованим обладнанням та без нього. Було рекомендовано для прискорення сушіння лакофарбових матеріалів використання інфрачервоної сушарки SAR PL 1000.

Ключові слова: дверні блоки, сушіння, лакофарбові покриття, лампи для висушування.

Зміст

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ ОПОРЯДЖЕНИХ ВИРОБІВ	7
1.1. Огляд літературних джерел	7
1.2. Конвективне сушіння	8
1.3. Інфрачервоне сушіння деревини	10
1.4. Вакуумне сушіння	11
1.5. Комбіновані методи сушіння.....	12
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОБГРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	15
2.1. Опис властивостей обраного обладнання	15
2.2. Прийняття проектних рішень	19
2.3. Рішення багатокритеріальної задачі методом аналізу ієрархій	36
РОЗДІЛ 3 НАПРЯМИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	47
3.1 Технологія виготовлення дверних блоків	47
3.3. Технологія опорядження дверних блоків.....	57
РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ	79
4.1. Визначення швидкості сушіння	79
4.2. Статистичні розрахунки швидкості сушіння покриттів.....	80
ВИСНОВОК.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86

ВСТУП

Актуальність теми. Дверні блоки, як важливий елемент конструкції будівель, піддаються різноманітним впливам зовнішнього середовища, що може негативно позначитися на їх експлуатаційних властивостях та естетичному вигляді. Деревина, з якої часто виготовляються дверні блоки, є біологічно нестійким матеріалом, схильним до деформацій, гниття, впливу вологи та ультрафіолетового випромінювання. У результаті цього дерев'яні двері можуть втратити свою міцність, з'являються тріщини, змінюється колір і поверхня, що значно скорочує термін їх служби.

З огляду на це, важливо забезпечити надійний захист дверних блоків від негативного впливу зовнішніх факторів. Лакофарбові покриття відіграють ключову роль у продовженні терміну служби дверей, оскільки вони створюють бар'єр для вологи, ультрафіолетового випромінювання, а також для хімічних і механічних впливів. Вони забезпечують не лише естетичний вигляд, але й функціональність дверей, зберігаючи їх довговічність та міцність.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є детальний аналіз технологій виготовлення та опорядження дверних блоків на ДОК № 7.

Для досягнення цієї мети були визначені наступні **задачі**:

на основі аналізу технічних характеристик інфрачервоних ламп та обладнання для сушіння лакофарбових покриттів запропонувати підприємству найбільш ефективне обладнання для прискореного сушіння лакофарбових покриттів;

проаналізувати сучасні конструкції дверей та способів їх виготовлення та опорядження;

провести експериментальні дослідження швидкості сушіння покриттів на основі запропонованого обладнання, зробити висновки

Об'єкт дослідження – технологія виготовлення та опорядження дверей на ДОК №7.

Предмет дослідження – швидкість затвердіння лакофарбових покриттів під впливом інфрачервоного випромінювання.

У процесі дослідження використовувалися **методи** математичної статистики, метод спостереження, експериментальні методи. Ці методи дозволили детально ознайомитися з характеристиками обладнання для опорядження дверних блоків. Експериментальні дослідження показали, що використання сушильних ламп, для опорядження дверних блоків виконує важливу функцію - пришвидшення висихання лакофарбового покриття в результаті чого підприємство зможе збільшити обсяги виробленої продукції.

Цей дослідницький проект, завдяки всебічному аналізу технології опорядження та сушіння покриттів, дозволяє оптимізувати виробничі процеси на підприємстві та підвищити якість кінцевої продукції, що є важливим як для виробництва, так і для споживачів.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ ОПОРЯДЖЕНИХ ВИРОБІВ

1.1. Огляд літературних джерел

Огляд літературних джерел є надзвичайно важливим етапом підготовки магістерської роботи, оскільки виконує кілька ключових функцій. По-перше, він допомагає встановити науковий контекст дослідження, дозволяючи автору ознайомитися з основними концепціями, теоріями та методами, які використовувалися в обраній темі. Це створює базу для подальшого аналізу та порівняння з вже існуючими результатами, що підвищує обґрунтованість власних висновків.

По-друге, літературний огляд сприяє виявленню прогалин у знаннях та нез'ясованих питань у досліджуваній галузі. Це дає змогу автору сформулювати нові дослідницькі запити та визначити, які аспекти теми потребують подальшого вивчення. Виявлення таких прогалин є важливим кроком у визначенні актуальності роботи та обґрунтуванні її значення.

Крім того, огляд літератури дозволяє вибрати адекватні методи дослідження, на які вже спиралися попередні роботи. Це допомагає уникнути дублювання зусиль і зосередитися на інноваційних підходах, що можуть дати нові результати.

Сучасні технології сушіння опоряджених виробів активно розвиваються, враховуючи необхідність забезпечення якісного покриття та довговічності продукції. Огляд обладнання для сушіння включає аналіз різних методів, таких як конвективне, інфрачервоне, вакуумне та комбіноване сушіння, кожен із яких має свої переваги залежно від матеріалів та умов виробництва [5].

1. **Конвективні сушильні камери** – є поширеним обладнанням, де тепло передається шляхом повітряного потоку. Ці камери забезпечують

рівномірне висушування, але можуть бути менш ефективними для матеріалів, чутливих до температурних коливань [1].

2. **Інфрачервоні сушарки** – використовують інфрачервоні промені для глибокого проникнення тепла, що дозволяє швидко й ефективно висушувати вироби. Вони підходять для матеріалів з високим вологовмістом і сприяють енергозбереженню [2].
3. **Вакуумне сушіння** – ефективне для матеріалів, що вимагають щадного сушіння за низьких температур. Вакуум дозволяє прискорити процес за рахунок зниження тиску, що забезпечує якість без пошкодження поверхні виробів [3].
4. **Комбіновані методи сушіння** – застосовуються для забезпечення оптимального балансу між швидкістю, якістю та економічністю. Поєднання конвективного та інфрачервоного сушіння дозволяє ефективніше досягати потрібних результатів, особливо для складних матеріалів або великих партій [4].

Обираючи обладнання, важливо враховувати вид матеріалу, вимоги до якості покриття та обсяг виробництва, оскільки оптимальний підбір технології сушіння впливає на загальну продуктивність та собівартість виробництва.

1.2. Конвективне сушіння

Основні принципи конвективного сушіння ґрунтуються на передачі тепла від нагрітого повітря до поверхні матеріалу, що висушується, і забезпечують ефективність цього процесу. По-перше, конвекція є ключовим фактором: рухомий потік повітря не лише нагріває, а й виводить вологу з поверхні матеріалу, що сприяє рівномірному та швидкому висушуванню. Ефективність конвективного сушіння також значною мірою залежить від відносної вологості повітря в сушильному середовищі; зниження вологості прискорює

випаровування вологи з оброблюваного матеріалу, що є критично важливим для досягнення бажаних результатів.

Температура є ще одним важливим параметром, оскільки оптимальний температурний режим забезпечує швидке та ефективне сушіння, при цьому запобігаючи можливим деформаціям або пошкодженням матеріалу. Занадто висока температура може призвести до негативних наслідків, таких як тріщини або зміна кольору, тоді як занадто низька — уповільнить процес сушіння. Контроль часу сушіння також є важливим; він залежить від початкової вологості матеріалу, його товщини та структури.

Конвективне сушіння може бути організоване в різних формах, зокрема як безперервний або періодичний процес. Безперервне сушіння зазвичай використовується для великих обсягів продукції, що дозволяє оптимізувати виробничі витрати, тоді як періодичне сушіння може бути доцільним для менших партій або спеціалізованих виробів. Ці принципи роблять конвективне сушіння не лише ефективним, але й універсальним методом, який знаходить широке застосування в різних промислових галузях, таких як деревообробна, харчова, текстильна та інші.

Конвективне сушіння має кілька значних переваг, які роблять його популярним у промисловості. По-перше, цей метод забезпечує високу продуктивність, оскільки дозволяє обробляти великі обсяги матеріалу за короткий час, що є критично важливим для виробничих процесів. Рівномірність сушіння також є важливим аспектом, адже постійний рух повітря забезпечує однорідне висушування, знижуючи ризик утворення холодних зон. Гнучкість у налаштуваннях температури, вологості та швидкості потоку повітря дозволяє адаптувати процес до специфічних вимог матеріалів, що підвищує його ефективність. Крім того, сучасні системи можуть бути енергоефективними, що сприяє зниженню витрат на енергію.

Однак конвективне сушіння має і свої недоліки. Одним з основних є високі енергетичні витрати, необхідні для досягнення потрібних температур та

забезпечення швидкого потоку повітря. Також, якщо температура сушіння є занадто високою або процес відбувається надто швидко, це може призвести до деформації або тріщин у матеріалі, особливо в деревині. Деякі делікатні матеріали можуть вимагати обережніших методів сушіння. Крім того, в великих сушильних камерах може бути складно підтримувати однорідний рівень вологості, що може вплинути на якість готової продукції. Тому, хоча конвективне сушіння є потужним інструментом, варто враховувати його обмеження і можливі негативні наслідки для певних типів матеріалів.

1.3. Інфрачервоне сушіння деревини

Інфрачервоне сушіння є сучасним методом, що використовує інфрачервоне випромінювання для ефективного видалення вологи з деревини. Цей процес передбачає нагрівання деревини за допомогою інфрачервоних ламп або панелей, які випромінюють енергію в інфрачервоному спектрі. Коли інфрачервоне випромінювання потрапляє на поверхню матеріалу, воно поглинається і перетворюється на теплову енергію, що призводить до нагріву деревини та випаровування вологи .

Переваги інфрачервоного сушіння:

1. Швидкість: Інфрачервоне сушіння дозволяє значно скоротити час процесу, оскільки енергія безпосередньо поглинається деревиною, що забезпечує швидке випаровування вологи.
2. Ефективність: Завдяки цільовому нагріванню інфрачервоне сушіння може забезпечити більш рівномірне висушування, зменшуючи ризик деформації або тріщин у матеріалі.
3. Енергозбереження: Інфрачервоні системи, як правило, споживають менше енергії порівняно з традиційними методами сушіння, такими як конвекція, що робить їх економічно вигідними.

4. Контроль процесу: Можливість точного контролю температури та інтенсивності випромінювання дозволяє оптимізувати процес сушіння відповідно до специфікацій матеріалу.

Недоліки інфрачервоного сушіння:

1. Обмеження для товстих матеріалів: Інфрачервоне сушіння може бути менш ефективним для товстих або щільних виробів, оскільки теплове проникнення може бути недостатнім для повного видалення вологи з глибини матеріалу.
2. Витрати на обладнання: Вартість інфрачервоного обладнання може бути вищою порівняно з традиційними сушильними системами, що може обмежувати його застосування на деяких підприємствах.
3. Ризик перегріву: Якщо не контролювати процес належним чином, є ризик перегріву поверхні матеріалу, що може призвести до негативних наслідків, таких як зміна кольору або тріщини.

1.4. Вакуумне сушіння

Вакуумне сушіння деревини є ефективним методом видалення вологи з деревинних матеріалів, що дозволяє зберегти їх природні властивості і уникнути термічних пошкоджень. Цей процес відбувається в умовах зниженого тиску, що зменшує температуру, при якій волога випаровується, роблячи його ідеальним для обробки делікатних видів деревини. Вакуумне сушіння дозволяє знизити ризик деформацій, тріщин і зміни кольору, які можуть виникати при традиційних методах сушіння.

Принцип роботи вакуумного сушіння полягає у створенні вакууму в сушильній камері, що знижує тиск і відповідно температуру, при якій відбувається випаровування вологи. Процес включає кілька етапів: підготовка деревини, відкачка повітря для створення вакууму, нагрівання матеріалу та виведення водяної пари з камери. Завдяки цьому деревина висихає рівномірно і швидко, зберігаючи свої фізичні та механічні властивості.

Основною перевагою вакуумного сушіння деревини є можливість здійснення процесу при низьких температурах, що запобігає термічним пошкодженням. Цей метод забезпечує високий рівень контролю над умовами сушіння, що дозволяє адаптувати процес до конкретних характеристик матеріалу. Вакуумне сушіння також сприяє збереженню кольору і текстури деревини, що є важливим для виробництва меблів та інших виробів.

Проте вакуумне сушіння має і свої недоліки. По-перше, обладнання для вакуумного сушіння може бути досить дорогим, що може стати перешкодою для деяких підприємств. По-друге, процес вимагає високого рівня контролю та спеціалізованих знань, щоб забезпечити оптимальні умови для сушіння. Додатково, для великих обсягів деревини вакуумне сушіння може бути менш продуктивним у порівнянні з традиційними методами.

1.5. Комбіновані методи сушіння

Комбіновані методи сушіння деревини поєднують у собі кілька різних технологій для оптимізації процесу видалення вологи з деревини. Цей підхід дозволяє скористатися перевагами різних методів, таких як конвективне, інфрачервоне, вакуумне та мікрохвильове сушіння, з метою покращення ефективності, скорочення часу сушіння та збереження якості готового матеріалу.

Комбіновані методи сушіння можуть включати поетапне або одночасне використання різних технологій. Наприклад, на початковому етапі можна використовувати конвективне сушіння для швидкого видалення великої кількості вологи з поверхні деревини, а потім перейти до вакуумного або інфрачервоного сушіння для досягнення бажаного рівня вологості без перегріву або деформації матеріалу. Цей метод дозволяє покращити ефективність, зменшити ризик дефектів і оптимізувати енергоспоживання.

Основною перевагою комбінованих методів є їхня гнучкість. Такі методи можуть бути адаптовані до специфічних потреб різних видів деревини і вимог виробництва. Крім того, завдяки контрольованим умовам сушіння та

оптимальному підходу до видалення вологи, готова продукція зберігає свої фізичні та механічні властивості. Комбіновані методи також можуть бути економічними, адже скорочення часу сушіння і зменшення енергоспоживання роблять їх вигідними для виробників, особливо в умовах конкуренції на ринку.

Однак комбіновані методи сушіння мають і свої недоліки. По-перше, використання кількох технологій може вимагати більш складного обладнання і технологічного контролю, що підвищує вимоги до кваліфікації персоналу. По-друге, інвестиції в комбіновані системи можуть бути вищими, ніж у традиційні методи сушіння. Додатково, оптимізація параметрів для різних методів може вимагати зусиль та досліджень, щоб знайти найбільш ефективні комбінації.

Отже, серед перерахованих методів сушіння оздобленої деревини обираємо інфрачервоне сушіння через його численні переваги для обробки оздобленої деревини. По-перше, інфрачервоні сушарки забезпечують рівномірний та глибокий прогрів, що дозволяє швидко видаляти вологу, зберігаючи при цьому структуру і зовнішній вигляд покриття. Це особливо важливо для оздобленої деревини, де високі температури чи перепади можуть пошкодити поверхню або змінити її колір. Інфрачервоне сушіння також дозволяє контролювати параметри сушіння, налаштовуючи певні довжини хвиль, що робить цей метод гнучким і придатним для різних видів деревини.

Крім того, ІЧ-сушарки є енергоефективними, оскільки тепло подається безпосередньо на шар деревини, що значно скорочує загальний час сушіння та мінімізує втрати енергії. Це робить інфрачервоне сушіння економічно вигідним вибором, особливо коли йдеться про збереження якості і зовнішнього вигляду готових виробів.

Підсумовуючи, можна сказати, що технології сушіння лакофарбових покриттів, зокрема інфрачервоні та комбіновані методи, продовжують удосконалюватися, забезпечуючи більшу ефективність і зменшення витрат. У майбутньому варто очікувати появу нових інновацій, що зменшують енергоспоживання і підвищують якість продукції. Враховуючи поточні тенденції

у розвитку екологічно чистих і енергоефективних технологій, інфрачервоне сушіння є одним з найбільш перспективних напрямків у цій галузі. Таким чином, інфрачервоне сушіння є найбільш оптимальним методом для обробки оздобленої деревини з точки зору якості, ефективності та економічної вигідності, і має високий потенціал для подальшого розвитку в промисловому виробництві.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОБГРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Опис властивостей обраного обладнання

Обладнання для сушіння лакофарбових матеріалів включає сушарки, інфрачервоні системи, вентиляційні установки, вакуумні камери, ультрафіолетові камери та інше. Важливість цього обладнання полягає в ефективному та швидкому висиханні лакофарбових покриттів на різних поверхнях. Оптимально підібране обладнання забезпечує високу якість покриття, дозволяє виробляти продукцію швидше та ефективніше, а також допомагає у вирішенні завдань обробки матеріалів і прийняття рішень виробничого процесу.

З метою визначення пріоритетного варіанту, було вибрано п'ять ІЧ-сушарок різної характеристики та цінового діапазону.

Інфрачервона короткохвильова сушка 2x1000W (рис. 2.1). Рухома інфрачервона сушка короткохвильового спектра з 2-ма касетами для дуже ефективної сушки лакофарбових покриттів і підготовчих матеріалів. Використовується для сушки бінарних і унарних матеріалів, а ще для водорозбавляються фарб і ґрунтів. Ця сушка функціонує на підставі ІК-випромінювання.

Нагрівання і сушка виробу відбувається завдяки інтенсивному випромінюванню, яке проникає через шари фарби .



Рис. 2.1. Інфрачервона короткохвильова сушка 2x1000W

Особливістю є можливість застосування пульсуючого режиму, що сприяє підвищенню якості висушуваного лакофарбового покриття. .



Рис. 2.2. Інфрачервона сушарка Edison CTQ-2000

Сушка інфрачервона IR1 Есоному (рис. 2.3) є ефективним та економічним засобом для швидкого висихання лакофарбових матеріалів. Ця модель відрізняється компактним дизайном та високою продуктивністю. Забезпечуючи можливість точкового сушіння завдяки інфрачервоному випромінюванню, сушка IR1 Есоному дозволяє ефективно висушувати лакофарбові покриття на

різних поверхнях. Проста у використанні та обладнана економічними технологіями, ця сушка є надійним інструментом для підвищення продуктивності виробництва та досягнення високої якості обробки поверхонь .



Рис. 2.3. Сушка інфрачервона IR1 Economy

Інфрачервона сушка SAR PL 1000 (рис. 2.4). Модель вирізняється своєю потужністю та точністю висушування завдяки використанню інфрачервоного випромінювання. SAR PL 1000 оснащена сучасними технологіями, що дозволяють ефективно висушувати різноманітні поверхні з високою якістю обробки. Ця сушка – ідеальний інструмент для виробництва, де важлива швидкість та якість висушування лакофарбових покриттів.



Рис. 2.4. Інфрачервона сушка SAR PL 1000

Інфрачервона сушарка SAR PL-2000 (рис. 2.5) призначена для прискорення висихання свіжо-нанесеного лакофарбового покриття.

Застосування ІЧ сушіння прискорює процес висихання ЛКМ та значно покращує якість ремонту. Якість покращується за рахунок просушки шарів нанесеного матеріалу по всій глибині, починаючи з нижніх шарів.



Рис. 2.5. Інфрачервона сушарка SAR PL-2000

2.2. Прийняття проектних рішень

Метод розставлення пріоритетів представляє собою процес ухвалення рішень, що базується на порівнянні об'єктів з точки зору їх важливості або якості за певними критеріями чи властивостями. По-перше, експерти визначають, який об'єкт є кращим, гіршим або рівноцінним іншому з певного погляду. Таке якісне порівняння може ґрунтуватися на об'єктивних показниках або експертних оцінках у випадку відсутності конкретних значень. Подальше це якісне порівняння відображається у формі матриці, де кожен об'єкт порівнюється з кожним іншим з точки зору різних властивостей чи критеріїв. Ця матриця дозволяє здійснити математичну обробку і отримати кількісні значення пріоритетів для кожної властивості окремо, а також для комплексних показників. Такий підхід допомагає структуровано та систематично оцінити важливість різних об'єктів і прийняти обґрунтоване рішення на основі отриманих пріоритетів [11].

Метод експертних оцінок використовується для обґрунтування вибору перспективних варіантів у різних галузях, таких як виробництво, технології, обладнання, матеріали та інші аспекти прийняття рішень. Зазвичай цей метод передбачає залучення фахівців або експертів, які надають свої оцінки та експертну думку для визначення оптимальних альтернатив та прийняття обґрунтованих рішень .

З описаного та проаналізованого в попередньому розділі обладнання для порівняння і вибору пріоритету було обрано 5 основних характеристик по кожному з 5-ти обладнання (табл.2.1).

Таблиця 2.1

Основні характеристики обраного обладнання

Назва	Споживана потужність, Вт	Діапазон регулювання часу сушіння ЛФ покриття, хв	Відстань від ІЧ-ламп до суш. поверхні, мм	Площа обслуговування, м ²	Ціна, грн
Інфрачервона короткохвильова сушка 2x1000W	2000	30	1000	0,64	18480
Інфрачервона сушка Edison CTQ-2000	1500	16	400	0,88	22600
Сушка інфрачервона IR1 Economy	1000	30	450	0,48	10200
Інфрачервона сушка SAR PL 1000	1000	16	600	0,63	8400
Інфрачервона сушка SAR PL 2000	1000	16	600	0,96	20958

Під час оцінки та якісного порівняння п'яти різного обладнання для сушіння ЛКМ створено квадратні матриці бінарних відношень розміром 5x5. У цих матрицях "m" відповідає характеристикам обладнання, а "n" - різновидам обладнання, отже, розмірність матриці становить 5x5. У цих матрицях використовуються математичні символи для вираження відношень між характеристиками та різновидами обладнання: позначається ">", "=", "<" У результаті було створено п'ять матриць. Потім проводиться порівняння цих матриць за пріоритетністю або важливістю показників при оцінці характеристик. Для цього порівняння було побудовано ще одну квадратну матрицю розміром m x n [11].

Таблиця 2.2

Матриця порівняння обладнання за споживчою потужністю

		X1	X2	X3	X4	X5	К	W
		2000	1500	1000	1000	1000		
X1	2000	=	>	>	>	>	2,00	0,4
X2	1500	<	=	>	>	>		
X3	1000	<	<	=	=	=		
X4	1000	<	<	=	=	=		
X5	1000	<	<	=	=	=		

Споживча потужність сушарки впливає на швидкість сушіння та затрату електроенергії. Чим більша потужність тим швидше відбувається процес сушіння, але затрата електроенергії становиться більшою.

Таблиця 2.3

Матриця порівняння обладнання за діапазоном регулювання часу сушіння ЛФ покриття

		X1	X2	X3	X4	X5	К	W
		30	16	30	16	16		
X1	30	=	>	=	>	>	1,88	0,4
X2	16	<	=	<	=	=		
X3	30	=	>	=	>	>		
X4	16	<	=	<	=	=		
X5	16	<	=	<	=	=		

Діапазон регулювання часу сушіння лакофарбового (ЛФ) покриття визначає проміжок часу, протягом якого сушарка може використовуватися для висушування лакофарбового шару.

Наявність широкого діапазону регулювання часу сушіння є перевагою, оскільки це дозволяє адаптувати процес сушіння до конкретних потреб і вимог.

Таблиця 2.4

Матриця порівняння обладнання за відстанню від ІЧ-ламп до суш. поверхні

		X1	X1	X1	X1	X1	K	W
		1000	400	450	600	600		
X1	1000	=	>	>	>	>	2,50	0,53
X2	400	<	=	<	<	<		
X3	450	<	>	=	<	<		
X4	600	<	>	>	=	=		
X5	600	<	>	>	=	=		

Відстань від інфрачервоної (ІЧ) лампи до сушарної поверхні є критичним параметром, оскільки це визначає, наскільки ефективно буде проводитися сушіння та як безпечно це використовувати. Точна оптимальна відстань може залежати від конкретного типу сушарки, типу ІЧ-лампи, потужності та інших факторів.

Таблиця 2.5

Матриця порівняння обладнання за площею обслуговування

		X1	X1	X1	X1	X1	K	W
		0,64	0,88	0,48	0,63	0,96		
X1	0,64	=	<	>	>	<	2,00	0,43
X1	0,88	>	=	>	>	<		
X1	0,48	<	<	=	<	<		
X1	0,63	<	<	>	=	<		
X1	0,96	>	>	>	>	=		

Чим більша площа обслуговування, тим більше матеріалу чи поверхні може бути покрито інфрачервоним випромінюванням для швидкого та рівномірного сушіння. Зменшена площа може призводити до неоднакового сушіння та подовження часу процесу.

Таблиця 2.6

Матриця порівняння обладнання за ціною

		X1	X1	X1	X1	X1	K	W
		18480	22600	10200	8400	20958		
X1	18480	=	<	>	>	<	2,69	0,6
X1	22600	>	=	>	>	>		
X1	10200	<	<	=	>	<		
X1	8400	<	<	<	=	<		
X1	20958	>	<	>	>	=		

Отже, чим менша ціна на матеріал, тим він є більш привабливим.

Для визначення пріоритету кожного обладнання для кожної характеристики (позначеного як P_{ij}) і пріоритету самого показника (позначеного як P_j), вводиться поняття потужності критерію L-го порядку, позначене як $P(L)$. Ця потужність обчислюється на основі розрахунків, проведених для кожного рядка, використовуючи відповідні формули [6]:

Перша ітерація:

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

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

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

$$P_{ij}(1) = \sum P_{ij}(1), \quad (2.7)$$

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:

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

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

Результати розрахунків занесено в табл. 2.7-2.11.

Таблиця 2.7

Матриця суміжності для порівняння обладнання за споживчою потужністю

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		2000	1500	1000	1000	1000								
X1	2000	1,00	1,40	1,40	1,40	1,40	2,00	0,4	6,60	0,26	32,36	0,27	154,89	0,27
X2	1500	0,60	1,00	1,40	1,40	1,40			5,80	0,23	27,40	0,23	130,98	0,23
X3	1000	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00			4,20	0,17	20,04	0,17	95,98	0,17
X4	1000	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00			4,20	0,17	20,04	0,17	95,98	0,17
X5	1000	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00			4,20	0,17	20,04	0,17	95,98	0,17
Σ									25,00	1,00	119,88	1,00	573,80	1,00

Таблиця 2.8

Матриця суміжності для порівняння обладнання за діапазоном регулювання часу сушіння ЛФ покриття

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		30	16	30	16	16								
X1	30	1,00	1,40	1,00	1,40	1,40	1,88	0,4	6,20	0,248	30,04	0,25	144,25	0,25
X2	16	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00			4,20	0,168	20,04	0,17	96,17	0,17
X3	30	1,00	1,40	1,00	1,40	1,40			6,20	0,248	30,04	0,25	144,25	0,25
X4	16	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00			4,20	0,168	20,04	0,17	96,17	0,17
X5	16	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00			4,20	0,168	20,04	0,17	96,17	0,17
Σ									25,00	1,00	120,20	1,00	577,00	1,00

Таблиця 2.9

Матриця суміжності для порівняння обладнання відстанню від ІЧ-ламп до суш. поверхні

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		1000	400	450	600	600								
X1	1000	1,00	1,53	1,53	1,53	1,53	2,50	0,53	7,12	0,28	34,48	0,30	156,65	0,30
X2	400	0,47	1,00	0,47	0,47	0,47			2,88	0,12	13,28	0,12	60,77	0,12
X3	450	0,47	1,53	1,00	0,47	0,47			3,94	0,16	16,89	0,15	76,76	0,15
X4	600	0,47	1,53	1,53	1,00	1,00			5,53	0,22	24,84	0,22	112,04	0,22
X5	600	0,47	1,53	1,53	1,00	1,00			5,53	0,22	24,84	0,22	112,04	0,22
Σ									25,00	1,00	114,33	1,00	518,26	1,00

Таблиця 2.10

Матриця суміжності для порівняння обладнання за площею обслуговування

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		0,64	0,88	0,48	0,63	0,96								
X1	0,64	1,00	0,57	1,43	1,43	0,57	2,00	0,43	5,00	0,20	22,78	0,19	106,51	0,19
X2	0,88	1,43	1,00	1,43	1,43	0,57			5,86	0,23	27,45	0,23	128,11	0,23
X3	0,48	0,57	0,57	1,00	0,57	0,57			3,28	0,13	15,66	0,13	73,77	0,13
X4	0,63	0,57	0,57	1,43	1,00	0,57			4,14	0,17	18,85	0,16	88,61	0,16
X5	0,96	1,43	1,43	1,43	1,43	1,00			6,72	0,27	32,86	0,28	154,04	0,28
Σ									25,00	1,00	117,60	1,00	551,04	1,00

Таблиця 2.11

Матриця суміжності для обладнання за ціною

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *	
		18480	22600	10200	8400	20958									
X1	18480	1,00	0,40	1,60	1,60	0,40	2,69	0,6	5,00	0,20	20,68	0,19	89,00	0,19	
X2	22600	1,60	1,00	1,60	1,60	1,60			7,40	0,30	35,56	0,32	155,62	0,32	
X3	10200	0,40	0,40	1,00	1,60	0,40			3,80	0,15	15,40	0,14	67,35	0,14	
X4	8400	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40			2,60	0,10	11,56	0,10	51,18	0,11	
X5	20958	1,60	0,40	1,60	1,60	1,00			6,20	0,25	27,40	0,25	117,85	0,25	
Σ										25,00	1,00	110,60	1,00	481,00	1,00

Таблиця 2.12

Результати експертної оцінки пріоритетів показників

Кількість експертів	Споживана потужність, ВТ			Діапазон регулювання часу сушіння ЛФ покриття, хв			Відстань від ІЧ-ламп до суш. поверхні, мм			Площа обслуговування, м2			Ціна, грн		
	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	$X_{сер}-X_i$	$(X_{сер}-X_i)^2$	X_i	$X_{сер}-X_i$	$(X_{сер}-X_i)^2$
1	1	1,14	1,31	2	0,57	0,33	3	-1,43	2,04	5	-0,86	0,73	4	-0,143	0,0204
2	3	-0,86	0,73	4	-1,43	2,04	1	0,57	0,33	5	-0,86	0,73	4	-0,143	0,0204
3	2	0,14	0,02	3	-0,43	0,18	1	0,57	0,33	5	-0,86	0,73	4	-0,143	0,0204
4	3	-0,86	0,73	1	1,57	2,47	1	0,57	0,33	2	2,14	4,59	4	-0,143	0,0204
5	2	0,14	0,02	3	-0,43	0,18	1	0,57	0,33	5	-0,86	0,73	3	0,8571	0,7347
6	3	-0,86	0,73	1	1,57	2,47	3	-1,43	2,04	2	2,14	4,59	4	-0,143	0,0204
7	1	1,14	1,31	4	-1,43	2,04	1	0,57	0,33	5	-0,86	0,73	4	-0,143	0,0204
Середнє	2,14			2,57			1,57			4,14			3,86		

Середнє значення \bar{x}_{ij} та середнє квадратичне відхилення S_{ij} розраховуємо по кожній з відповідей в таблиці (2.12) за формулами [11]:

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

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

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

m – кількість експертів.

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

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

Загальний коефіцієнт погодження експертів визначено за формулами (2.6-2.7) [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.

Якщо $0,5 \leq K_E \leq 1$, то думка експертів погоджена [11].

Побудовано квадратну матрицю бінарних відношень (табл. 2.13).

Співвідношення між об'єктами виражені математичними символами «>», Знайдено, у скільки разів найкращий об'єкт відрізняється від найгіршого, використовуючи формулу [11].

Далі знайдено коефіцієнт ω_j , за формулою [11].

Таблиця 2.13

Матриця бінарних відношень

		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	W
		2,14	2,57	1,57	4,14	3,86		
Y1	2,14	=	<	>	<	<	2,64	0,55
Y2	2,57	>	=	>	<	<		
Y3	1,57	<	<	=	<	<		
Y4	4,14	>	>	>	=	>		
Y5	3,86	>	>	>	<	=		

Суміжні члени матриць визначено за формулами [11].

Замінено математичні символи «>», «=», «<» значеннями α_{ij} , і будемо матрицю суміжності для порівняння показників (табл. 2.14).

Таблиця 2.14

Матриця суміжності для порівняння показників, що характеризують обладнання

		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *
		2,14	2,57	1,57	4,14	3,86						
Y1	2,14	1,00	0,45	1,55	0,45	0,45	2,64	0,55	3,90	0,16	16,48	0,15
Y2	2,57	1,55	1,00	1,55	0,45	0,45			5,00	0,20	21,37	0,19
Y3	1,57	0,45	0,45	1,00	0,45	0,45			2,80	0,11	12,79	0,11
Y4	4,14	1,55	1,55	1,55	1,00	1,55			7,20	0,29	34,79	0,31
Y5	3,86	1,55	1,55	1,55	0,45	1,00			6,10	0,24	27,48	0,24
Σ									25,00	1,00	112,90	1,00

Розрахунок аналогічним чином з попередніми таблицями за формулами (2.5 - 2.11) [11].

На основі наявних результатів побудовано загальну матрицю для обчислення комплексного пріоритету обладнання (табл. 2.15).

Таблиця 2.15

Підсумкова матриця

Обладнання	Пріоритет обладнання по одиничних показниках					Пріоритет показника		Комплексний пріоритет матеріалу
	1	2	3	4	5	номер	значення	
Інфрачервона короткохвильова сушка 2x1000W	0,27	0,25	0,30	0,19	0,19	1	0,15	0,23
Інфрачервона сушка Edison CTQ-2000	0,23	0,17	0,12	0,23	0,32	3	0,19	0,23
Сушка інфрачервона IR1 Economy	0,17	0,25	0,15	0,13	0,14	5	0,11	0,16
Інфрачервона сушка SAR PL 1000	0,17	0,17	0,22	0,16	0,11	4	0,31	0,16
Інфрачервона сушка SAR PL 2000	0,17	0,17	0,22	0,28	0,25	2	0,24	0,23

З табл. 2.15 (Підсумкова матриця) можна побачити, що найбільший пріоритет має обладнання Інфрачервона короткохвильова сушка 2x1000W, Інфрачервона сушка Edison CTQ-2000 та Інфрачервона сушка SAR PL 2000. Саме ці сушарки слід запропонувати на підприємстві для сушіння ЛКМ.

2.3. Рішення багатокритеріальної задачі методом аналізу ієрархій

Метод аналізу ієрархій (МАІ), розроблений американським вченим Томасом Сааті в 70-80 роках минулого століття, є математичним інструментом, який дозволяє порівнювати та ранжувати об'єкти за різними критеріями та показниками, незалежно від того, чи є вони кількісними чи якісними. Використовується для вирішення складних проблем прийняття рішень, надаючи системний підхід. Мета МАІ полягає в тому, щоб не визначити "правильне" рішення, але забезпечити можливість знайти оптимальний варіант, який найкращим чином відповідає суті проблеми та вимогам до її вирішення шляхом взаємодії та обговорення.

Для вирішення завдання необхідні наступні дані:

Мета: вибір кращого обладнання.

Кількість альтернатив – 5.

Кількість критеріїв – 5.

Позначено альтернативи та критерії скороченими назвами (табл. 2.16):

Таблиця 2.16

№	Критерії
Кр1	Потужність
Кр2	Регулювання часу
Кр3	Відстань від ламп до поверхні
Кр4	Площа обслуговування
Кр5	Ціна

№	Альтернативи
A1	Потужність
A2	Регулювання часу
A3	Відстань від ламп до поверхні
A4	Площа обслуговування
A5	Ціна

Для вирішення завдання використано шкалу Сааті[6], та побудовано матриці парних порівнянь (МПП).

Побудовано та заповнено матрицю (МПП) [11] критеріїв відносно мети, процес вибору найкращого обладнання ґрунтується на особистому аналізі того, як характеристики впливають на досягнення конкретної мети.

Розрахунок значення середнього геометричного значення елементів матриці виконується за формулою [6]:

$$G_i(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{is}) = (a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{is})^{\frac{1}{s}}, \quad (2.17)$$

де: i – номер рядка матриці;

s – кількість елементів в s -му рядку матриці;

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

Потім обчислено значення ЛПр для першого рядка за формулою [11]:

$$\text{ЛПр}_1 = \frac{[(w1/w1) \cdot (w2/w2) \cdot \dots \cdot (wn/wn)]^{\frac{1}{s}}}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)}, \quad (2.17)$$

Далі, для перевірки однозначності та узгодженості експертних оцінок, тобто чисел в матрицях парних порівнянь, використовуються дві важливі характеристики - індекс узгодженості (CI) і відношення узгодженості (CR), які розраховуються за формулами [11]:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (2.18)$$

$$CR = \frac{CI}{P_n}, \quad (2.18)$$

де: n – розмір матриці;

P_n – індекс узгодженості [11] 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} [11].

Результати розрахунків занесено в табл. 2.17.

Аналогічним чином розраховано та заповнено табл. 2.18 – 3.22.

Таблиця 2.17

Матриця МПП критеріїв відносно мети

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	G	ЛПр1
Кр1	Потужність	1	1,33	1,14	2,00	0,89	1,221	0,235
Кр2	Регулювання часу	0,75	1	0,86	1,50	0,67	0,915	0,176
Кр3	Відстань від ламп до поверхні	0,88	1,17	1	1,75	0,78	1,068	0,206
Кр4	Площа обслуговування	0,50	0,67	0,57	1	0,44	0,610	0,118
Кр5	Ціна	1,13	1,50	1,29	2,25	1	1,373	0,265
Сума							5,187	1,00

Показники: N=5; $L_{am}=5,757$; CI=0,189; CR=0,169

Найбільше значення ЛПр=0,265

Таблиця 2.18

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «потужність»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр2
A1	Інфрачервона короткохвильова сушка 2x1000W	1	1,13	1,50	1,29	1,80	1,313	0,257
A2	Інфрачервона сушка Edison CTQ-2000	0,89	1	1,33	1,14	1,60	1,167	0,229
A3	Сушка інфрачервона IR1 Economy	0,67	0,75	1	0,86	1,20	0,875	0,171
A4	Інфрачервона сушка SAR PL 1000	0,78	0,88	1,17	1	1,40	1,021	0,200
A5	Інфрачервона сушка SAR PL 2000	0,56	0,63	0,83	0,71	1	0,730	0,143
Сума							5,107	1,00

Показники: N=5; Lam=5,432; CI=0,108; CR=0,097

Найбільше значення ЛПр=0,257

Таблиця 2.19

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «регулювання часу»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр3
A1	Інфрачервона короткохвильова сушарка 2x1000W	1	1,60	0,89	1,33	1,14	1,167	0,229
A2	Інфрачервона сушарка Edison CTQ-2000	0,63	1	0,56	0,83	0,71	0,730	0,143
A3	Сушарка інфрачервона IR1 Economy	1,13	1,80	1	1,50	1,29	1,313	0,257
A4	Інфрачервона сушарка SAR PL 1000	0,75	1,20	0,67	1	0,86	0,875	0,171
A5	Інфрачервона сушарка SAR PL 2000	0,88	1,40	0,78	1,17	1	1,021	0,200
Сума							5,107	1,00

Показники: N=5; Lam=5,432 CI=0,108; CR=0,097

Найбільше значення ЛПр=0,257

Таблиця 2.20

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «відстань від ламп до поверхні»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр4
A1	Інфрачервона короткохвильова сушка 2x1000W	1	0,50	0,57	0,67	0,80	0,686	0,133
A2	Інфрачервона сушка Edison СТQ-2000	2,00	1	1,14	1,33	1,60	1,373	0,267
A3	Сушка інфрачервона IR1 Economy	1,75	0,88	1	1,17	1,40	1,201	0,233
A4	Інфрачервона сушка SAR PL 1000	1,50	0,75	0,86	1	1,20	1,030	0,200
A5	Інфрачервона сушка SAR PL 2000	1,25	0,63	0,71	0,83	1	0,858	0,167
Сума							5,148	1,00

Показники: N=5; Lam=5,602; CI=0,150; CR=0,134

Найбільше значення ЛПр=0,267

Таблиця 2.21

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «площа
обслуговування»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр5
A1	Інфрачервона короткохвильова сушка 2x1000W	1	0,86	1,50	1,20	0,75	1,030	0,200
A2	Інфрачервона сушка Edison CTQ-2000	1,17	1	1,75	1,40	0,88	1,201	0,233
A3	Сушка інфрачервона IR1 Economy	0,67	0,57	1	0,80	0,50	0,686	0,133
A4	Інфрачервона сушка SAR PL 1000	0,83	0,71	1,25	1	0,63	0,858	0,167
A5	Інфрачервона сушка SAR PL 2000	1,33	1,14	2,00	1,60	1	1,373	0,267
Сума							5,148	1,00

Показники: N=5; Lam=5,602; CI=0,150; CR=0,134

Найбільше значення ЛПр=0,267

Таблиця 2.22

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «ціна»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр6
A1	Інфрачервона короткохвильова сушка 2x1000W	1	1,50	0,86	0,67	1,20	1,006	0,194
A2	Інфрачервона сушка Edison CTQ-2000	0,67	1	0,57	0,44	0,80	0,670	0,129
A3	Сушка інфрачервона IR1 Economy	1,17	1,75	1	0,78	1,40	1,173	0,226
A4	Інфрачервона сушка SAR PL 1000	1,50	2,25	1,29	1	1,80	1,508	0,290
A5	Інфрачервона сушка SAR PL 2000	0,83	1,25	0,71	0,56	1	0,838	0,161
Сума							5,196	1,00

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,814$; $CI=0,203$; $CR=0,182$

Найбільше значення ЛПр=0,290

Далі побудовано матрицю пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв [11] (табл. 2.23).

Таблиця 2.23

Матриця пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв

	Назва	ПрКр	A1 Інфрачерво на короткохви льова сушка 2x1000W	A2 Інфраче рвона сушка Edison CTQ- 2000	A3 Сушка інфрач ервона IR1 Econo my	A4 Інфраче рвона сушка SAR PL 1000	A5 Інфрач ервона сушка SAR PL 2000
Кр 1	Потужність	0,235	0,257	0,229	0,171	0,200	0,143
Кр 2	Регулюванн я часу	0,176	0,229	0,143	0,257	0,171	0,200
Кр 3	Відстань від ламп до поверхні	0,206	0,133	0,267	0,233	0,200	0,167
Кр 4	Площа обслуговува ння	0,118	0,200	0,233	0,133	0,167	0,267
Кр 5	Ціна	0,265	0,194	0,129	0,226	0,290	0,161

Далі, для розрахунку значення глобального пріоритету ГлПр, необхідно підсумувати добутки значень стовпця “ПрКр” (табл. 2.23) на значення у стовпці “A1” для кожного рядка. Аналогічно обчислюють значення ГлПр для усіх інших рядків [11].

Отримані дані занесено у табл. 2.24 глобальні пріоритети альтернатив

Глобальні пріоритети альтернатив

	Назва	ГлПр
A1	Інфрачервона короткохвильова сушка 2x1000W	0,203
A2	Інфрачервона сушка Edison СТQ-2000	0,196
A3	Сушка інфрачервона IR1 Economy	0,209
A4	Інфрачервона сушка SAR PL 1000	0,215
A5	Інфрачервона сушка SAR PL 2000	0,177

З табл. 2.24 видно, що Альтернатива А4 (Інфрачервона сушка SAR PL 1000) має найбільше значення глобального пріоритету - 0,215 і є найкращим варіантом для досягнення поставленої мети.

Інфрачервона сушка SAR PL 1000 продемонструвала найвищий глобальний пріоритет серед усіх запропонованих альтернатив. Це свідчить про її високу ефективність, що включає як швидкість сушіння, так і економічні показники, такі як енергоспоживання та витрати на експлуатацію. Згідно з отриманими результатами, дана альтернатива має низький рівень споживаної

енергії при високій продуктивності, що є важливим фактором при виборі технології для виробничих процесів, зокрема в деревообробній промисловості. Інфрачервона сушка SAR PL 1000 є також більш технологічно прогресивною в порівнянні з іншими альтернативами, оскільки цей метод дозволяє забезпечити рівномірне та контрольоване висушування матеріалів, що покращує якість кінцевого продукту. Цей підхід також може бути корисним для збереження структури матеріалів, оскільки він мінімізує ризики деформації та пошкодження деревини, що часто трапляються при використанні інших методів сушіння, таких як конвективне сушіння.

Крім того, інфрачервона сушка має екологічні переваги, оскільки дозволяє знижувати рівень викидів вуглекислого газу завдяки зниженому споживанню енергоресурсів, що є важливим для сталого розвитку промисловості.

Отже, на основі порівняння глобальних пріоритетів, а також оцінки ефективності та економічності процесу сушіння, можна зробити висновок, що інфрачервона сушка SAR PL 1000 є оптимальним варіантом для досягнення поставленої мети. Вибір цієї технології забезпечить не лише досягнення високих результатів у сушці матеріалів, а й підвищення економічної ефективності та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 3 НАПРЯМИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Технологія виготовлення дверних блоків

Дверний блок — це комплексна конструкція, що складається з дверного полотна, дверної коробки та фурнітури. Дверне полотно може бути виготовлене з різних матеріалів: дерево, ДСП, ДВП, МДФ, метал, скло тощо. Дверна коробка — це рама, яка встановлюється в дверний проріз і призначена для монтажу дверного полотна. Фурнітура включає ручки, замки, петлі, глухарі тощо, що забезпечують зручне відкривання та закривання дверей. Дверні блоки використовуються в будівництві житлових та комерційних приміщень для забезпечення безпеки, приватності та комфорту.

Дверні блоки можна класифікувати за кількома основними ознаками:

За способом відкривання

Це один з головних критеріїв класифікації дверей. Існують традиційні двері з петлями, які відкриваються назовні або всередину, а також нові моделі, які швидко стали популярними завдяки своїм функціональним особливостям, наприклад, розсувні та складні двері (рис.3.1).



Рис. 3.1 Розсувні двері

Розсувні двері відкриваються в бічному напрямку, зміщуючись паралельно стіні. Такий механізм забезпечує безшумне та легке зсування дверей завдяки рейкам і

роликам. Вони можуть бути як з одним, так і з двома крилами, і часто використовуються в місцях з обмеженим простором, де традиційні двері були б неефективними або незручними для відкривання (рис.3.2).



Рис. 3.2 Двостулкові двері

Двостулкові двері відкриваються за допомогою горизонтальних осей або петель, прикріплених до верхньої та нижньої частини рами. Це один з найпоширеніших типів дверей, який може мати одну або дві стулки, що відкриваються в різні напрямки. Двостулкові двері можуть бути виготовлені з різних матеріалів — дерева, металу, скла чи пластика, і можуть бути оснащені різними замками і механізмами фіксації для забезпечення безпеки та приватності.



Рис. 3.3 Розкладні двері гармошка

Розкладні двері складаються з кількох панелей, які згинаються по спеціальних лініях (рис.3.4). Ці двері використовуються в місцях, де необхідно заощадити простір, але при цьому зберегти функціональність. Вони можуть мати різні конструкції й варіанти зовнішнього вигляду, включаючи варіанти з рейками і шарнірами.



Рис. 3.4 Складні двері

Складні двері, які інколи називають «ширмами», складаються з кількох секцій, що рухаються по направляючих. Це дає можливість зекономити місце, оскільки двері не займають додаткового простору при відкриванні. Вони

зазвичай використовуються для поділу простору в кімнатах, а не для основного входу.

За матеріалом виготовлення

Традиційно двері виготовляються з деревини та її похідних, таких як ДСП, ДВП, МДФ. Найбільш поширеними є двері з масиву (цілісної деревини), але також часто використовують МДФ, що має різноманітні покриття, зокрема шпон з елітних порід дерев. Скляні двері — одні з найбільш декоративних, і можуть бути виконані зі загартованого скла, вітражного скла чи скла з малюнком.

Існують також двері з ПВХ-профілю та алюмінієвого профілю. ПВХ-двері не втрачають свого вигляду протягом тривалого терміну експлуатації і є надійними та міцними. Алюмінієві двері — легкі, міцні, вогнестійкі, з гарною звуко- та теплоізоляцією. Існують комбіновані двері, виготовлені з різних матеріалів, наприклад, каркас з деревини і покриття з пластика або термообробленої деревини з загартованим склом.

За кількістю полотен.

Двері можуть бути одностулковими, якщо мають одну стулку, або двостулковими, якщо мають дві стулки. У двостулкових дверях стулки можуть бути рівними або різними за шириною, в такому випадку їх називають полуторними.

Розміри дверей

Стандартні розміри міжкімнатних дверей складають 200 см у висоту і 80 см у ширину. Це стандартний розмір, але також є інші варіанти, наприклад, двері висотою до 2300 мм. Стандартні двері є найбільш поширеними і коштують дешевше за замовні моделі. Крім того, вони зазвичай легко монтуються, оскільки відповідають стандартним вимогам розмірів.

Важливо також враховувати стандартні глибини дверних отворів. Для ванних та санвузлів вона зазвичай не перевищує 7 см, а для кімнат — може досягати 20 см. Стандартні дверні комплекти випускаються виробниками, і часто їх покупка є найвигіднішою, оскільки не потребує додаткових витрат на підгонку отвору.

3.2. Конструкційні особливості дверних блоків

Дверні блоки складаються з дверного полотна та дверної коробки, яка встановлюється в проріз стіни. Дверне полотно може мати різні варіанти конструкції: воно може бути простим або складним, з дерева чи металу.

Конструкція дверного полотна може бути як внутрішньою, так і зовнішньою. Внутрішня конструкція полотна складається з рами та заповнювача, яким можуть бути дошки, фанера, МДФ або інші матеріали. Зовнішнє полотно має подібну конструкцію, але заповнювач знаходиться поза рамою.

Дверна коробка включає дві вертикальні бічні стійки, горизонтальну верхню перекладину, що з'єднує стійки, і поріг. Вона встановлюється в дверний отвір і кріпиться до стіни за допомогою шурупів або дюбелів. Залежно від типу коробки, можуть бути встановлені додаткові елементи, такі як петлі, замки, ручки та інші механізми. Окрім того, дверні блоки можуть містити декоративні елементи, як-от панелі, віконця або москітні сітки, які надають їм естетичний вигляд та підвищують їх функціональність.

За конструкцією дверні полотна можуть бути щитовими або фільончастими, однопольотними, двопольотними, полуторними, одностворковими та двостворковими.

Щитові двері виготовляються із суцільних дощок, які збираються на вставні рейки або використовуються деревні плити. Вони мають дерев'яну раму, з'єднану в кутах за допомогою скріпок або шипів, і заповнення з різних матеріалів, як-от ДВП або фанера. Щитові двері можуть бути без обкладки, з обкладкою, що не виступає за площину щита, або з виступаючою обкладкою (рис.4.5).

пошкодженню нижня обв'язка вхідних фільончастих дверей часто обшивається дерев'яною планкою або пластиком листовим матеріалом(рис.3.7).

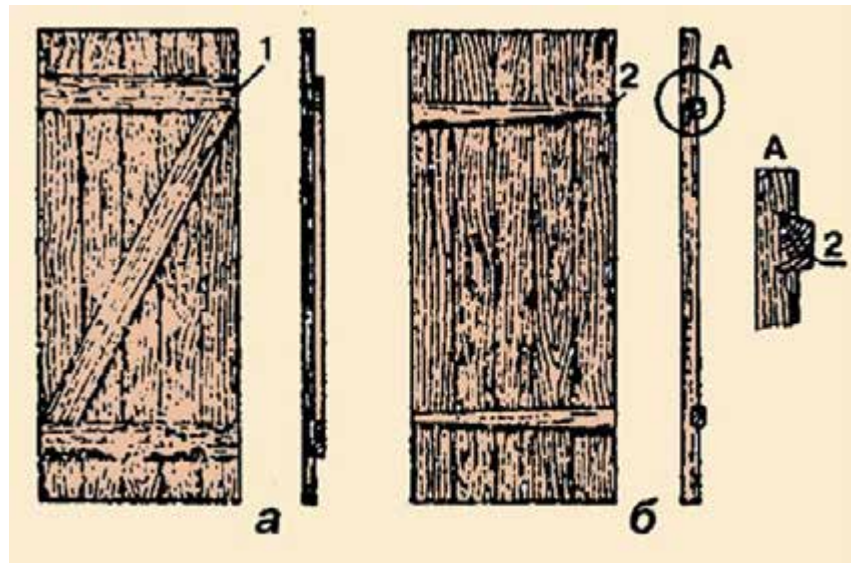


Рис. 3.7. Двері простої конструкції:
а – на планках, б – на шпонках; 1 – планка, 2 – шпонка.

Окрім описаних дверних блоків, існують теслярські двері, які використовуються для тимчасових господарських споруд. Такі двері виготовляються з обрізних або струганих дощок, з'єднаних цвяхами або за допомогою шпунта та гребеня (рис.3.8).

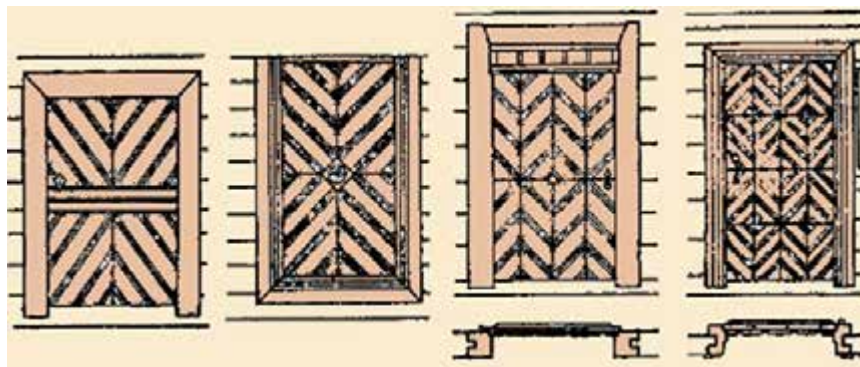


Рис. 3.8. Вхідні двері житлових і громадських будівель з оздобленням в ялинку або в квадрати струганими профільними рейками або дошками, з'єднаними в чверть, у шпунт і гребінь або впритул.

Вхідні двері для житлових і громадських будівель можуть мати різне оздоблення, часто використовуються профільовані рейки або дошки, з'єднані в

Бокові і верхні бруски мають фальці, які використовуються для утримання дверного полотна. Нижній брусок виконує функцію порогу і розташовується на рівні чистової підлоги.

Розміри

дверей:

Висота

2150 мм

Ширина 900 мм

Товщина 40 мм

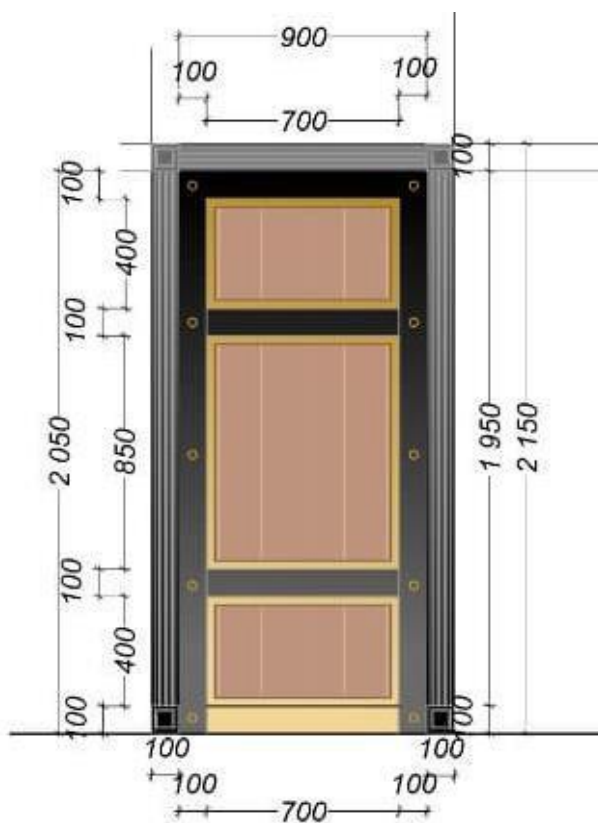


Рис.3.10. Габаритне креслення
дверей

Таблиця 3.1

Розрахунок витрат матеріалів

№	Найменування складальних одиниць і деталей	Матеріал, порода	Кількість	Розміри деталей			Об'єм, площа комплекту деталей, м ³ , м ²	Розміри заготовок			Стандартна товщина	Об'єм, площа комплекту деталей, м ³ , м ²
				Д	ш	Т		Д	ш	Т		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Брусок верт	П/м сосна	2	1950	100	20	0,3900	1972,0	121	25	25,0	0,4772
2	Брусок горизонт	П/м сосна	2	900	100	20	0,1800	912,0	121	25	25,0	0,2207
3	Брусок центр	П/м сосна	2	700	100	20	0,1400	712,0	121	25	25,0	0,1723
4	Фільонка 1	Ламіноване ДСП	2	700,0	4000	18,0	731,0000	723,0	425,0	20,	20,0	0,6146
5	Фільонка 2	Ламіноване ДСП	1	700,0	850,0	18,0	0,5950	723,0	873,0	20,0	20,0	0,6312
6	Брусок рами верт	П/м сосна	2	900	100	25	0,0045	950,0	121,0	30,0	30,0	0,0069
7	Брусок рами горизонт							2168,0	121,0	30,0	30,0	0,0157

Для отримання високоякісного покриття виробу використовується шліфування на верстаті моделі ШЛПС-2м. Цей процес виконується за допомогою шліфувальної стрічки з абразивом 180. Після шліфування виріб проходить процедуру зняття пилу, що покращує адгезію лакового матеріалу до підкладки. Пил знімається з поверхні виробу за допомогою щіток. Після цих підготовчих операцій вироби направляються до цеху опорядження.

Фарбування дверей виконується вручну в цеху опорядження. Для цього використовуються пневмопістолети Случ HVLP (торгова марка BEZAN) Використання пневмопістолета дозволяє забезпечити якісне фарбування виробу, особливо у важкодоступних місцях, оскільки двері мають складну форму.

3.3. Технологія опорядження дверних блоків

Для опорядження дверних блоків використовуються різні лакофарбові матеріали, які не тільки дозволяють змінити колір дверей, але й захищають їх від впливу негативних факторів, таких як волога, механічні пошкодження, тертя та удари.

Основні види лакофарбових матеріалів, що застосовуються для обробки дверних блоків, включають:

1. Грунтівки на водній або розчинній основі – вони створюють рівну та стійку основу для нанесення фарби або лаку.
2. Фарби – для фарбування дерев'яної поверхні в бажаний колір та створення декоративного ефекту. Використовуються як водорозчинні, так і розчинні в органічних розчинниках фарби.
3. Лаки – застосовуються для надання дереву блиску, а також для його захисту від вологи і подряпин. Лаки можуть бути як прозорими, так і кольоровими.

4. Воски та масла – надають деревині матовий вигляд, захищають від вологи і подряпин. Вони можуть бути безбарвними або кольоровими.
5. Тонуючі матеріали – використовуються для зміни кольору деревини без повного покриття фарбою, такі як тонуючі лаки, масла, воски та гелі.
6. Пати́на – застосовується для створення ефекту старіння, приховує незначні дефекти і додає дереву витонченого вигляду.

При виборі лакофарбових матеріалів для обробки дверей важливо враховувати їх якість, відповідність стилю інтер'єру, а також техніку нанесення та витрати матеріалів для досягнення максимальної ефективності і естетики обробки дверей.

Розглянемо детальніше кожен з цих матеріалів.

Грунтовка для дверних блоків – це первинне покриття, яке наноситься перед фарбуванням або лакуванням. Вона покращує зчеплення фарби чи лаку з деревиною, захищає від проникнення вологи та інших шкідливих факторів і сприяє довговічності покриття.

Грунтовки можуть бути водорозчинними або розчинними в органічних розчинниках. Водорозчинні грунтовки, як правило, мають низький вміст розчинників і швидко висихають. Розчинні в органічних розчинниках грунтовки можуть містити велику кількість розчинників, тому при їх використанні важливо забезпечити хорошу вентиляцію.

За складом грунтовки класифікуються таким чином:

- Акрилові проникаючі ґрунти – такі грунтовки майже повністю вбираються в деревину і підходять для будь-якого виду фарбування. Вони швидко висихають, не мають неприємного запаху та зручні для використання в закритих приміщеннях.
- Силікон-акрилові грунтовки – володіють високими водовідштовхувальними властивостями та забезпечують стабільний рівень вологості на обробленій поверхні.

- Алкідні ґрунтовки – використовуються перед нанесенням алкідних фарб. Вони швидко висихають і є ідеальними для обробки вже пофарбованих поверхонь.
- Полівінілацетатні ґрунтовки – швидко висихають, проте для кращої адгезії необхідно додатково обробити поверхню клеєм ПВА.
- Поліуретанові ґрунтовки – використовуються для обробки паркету перед нанесенням лаку або фарби на поліуретановій основі.
- Шеллакові ґрунтовки – використовуються для усунення дефектів на дерев'яній поверхні та ізоляції смоляних ділянок.

Для олійних фарб часто застосовують оліфу, яка просочує деревину і захищає її від вологи, а також покращує адгезію.

Фарбування дверних блоків полягає у нанесенні фарби для зміни вигляду дверей та їх захисту від зовнішніх факторів, таких як пошкодження або корозія. Для цього зазвичай використовують фарби на водній або органічній основі, які добре зчіплюються з дерев'яною поверхнею і швидко висихають. Перед фарбуванням важливо очистити двері від пилу і бруду, а також відшліфувати поверхню для кращого зчеплення фарби з деревом.

Фарби можуть мати різний склад і призначення, зокрема акрилові, алкідні, епоксидні тощо. Вони не лише забарвлюють поверхню, а й захищають від ультрафіолетових променів і зовнішніх пошкоджень. Наприклад, водно-дисперсійні фарби зазвичай використовуються для міжкімнатних дверей, оскільки вони швидко висихають і не мають різкого запаху.

Лакування дверних блоків є важливим етапом обробки, який не лише покращує зовнішній вигляд дверей, а й забезпечує їх захист від пошкоджень та зносу. Лаки використовуються для створення гладкої, блискучої поверхні, а також для захисту дверей від пилу, вологи та механічних пошкоджень.

Основні типи лаків для дверних блоків:

Воски та олії для дверних блоків використовуються для догляду за деревом та його захисту. Вони надають матовий вигляд, захищають від води і подряпин,

підкреслюючи природну текстуру деревини. Воски можуть бути як безбарвними, так і кольоровими, і використовуються для захисту дерев'яних поверхонь від різних пошкоджень.

Олії, такі як ляна або тунгова олія, надають дереву вологозахисний ефект і допомагають зберегти його природний вигляд. Щоб нанести олію або віск, поверхню дверей потрібно очистити від пилу та бруду, після чого нанести тонкий шар за допомогою тканини або губки.

Тонування – це процес фарбування, який підкреслює природну текстуру дерева, змінюючи його колір або оновлюючи його відтінок без повного фарбування. Тонування дозволяє створити ефект дорогих порід дерева або надавати поверхні вигляду старіння, зберігаючи структуру матеріалу. Це допомагає оновити старі поверхні та підвищити естетичні якості інтер'єру.

Фарбування дверних блоків

Фарби для дверей мають різний склад і призначення, наприклад, алкідні, акрилові, епоксидні тощо. Вони застосовуються для надання дверям бажаного кольору, а також для захисту їх від впливу ультрафіолетових променів і інших зовнішніх факторів.

1. Водоемульсійна фарба (водно-дисперсійна) Ця фарба не має різкого запаху і швидко висихає, при цьому її вартість є доступною. Після фарбування дверей водоемульсійною фарбою часто наносять прозорий лак для додаткового захисту. Водоемульсійні фарби зазвичай випускаються в білому кольорі для міжкімнатних дверей, а користувач може самостійно додавати потрібний колір за допомогою барвника.
2. Акрилова фарба Акрилові фарби на водній основі часто наносяться в два або три шари. Вони швидко проникають в МДФ (деревно-волокнисті плити середньої щільності), тому перед нанесенням фарби бажано ґрунтувати поверхню дверей. Ці фарби швидко висихають (10-12 годин на відлип), а повне висихання займає не більше двох діб.

3. Термоекмаль на водній основіЦя фарба має велику перевагу завдяки довговічності та стійкості кольору, навіть під впливом негативних зовнішніх факторів. Також важливим є те, що міжкімнатними дверима можна користуватися вже через годину після фарбування, оскільки фарба швидко висихає. Термоекмаль має легкий запах, що не заважає фарбувати двері навіть в закритих приміщеннях.
4. Нітрофарба
Нітрофарби відзначаються високою довговічністю і блискучим покриттям, але мають характерний неприємний запах, що є результатом токсичних випарів. Важливо дотримуватися всіх заходів безпеки при використанні цієї фарби, щоб уникнути шкідливих впливів на здоров'я.
5. Інтер'єрна фарба. Це зазвичай акрилова фарба з додатковими спеціальними компонентами, що дозволяють забарвленій поверхні зберігати привабливий вигляд протягом тривалого часу. Перевагою таких фарб є відсутність різкого запаху, що дозволяє швидко і без зайвих турбот пофарбувати двері. Вони швидко висихають, що також зручно при проведенні ремонтних робіт.

Лакування дверних блоків

Лакування є важливим етапом обробки дверей, яке забезпечує додатковий захист від зношування, подряпин, пошкоджень і інших негативних факторів. Лаки надають дверям блискучий вигляд і підвищують їх привабливість. Окрім естетичної функції, лак також допомагає зберегти поверхню дверей в ідеальному стані на тривалий час, що є важливим аспектом їх довговічності.

Лакування деревини

Лакування дверних блоків застосовується для захисту поверхні дверей від вологи, бруду, пошкоджень та інших негативних факторів. Лаки також покращують естетичний вигляд дверей, надаючи їм блискучий та рівний вигляд. Ось основні типи лаків, які використовуються для обробки дверей:

1. Поліуретанові лаки. Ці лаки є дуже міцними та стійкими до зношування. Вони швидко висихають і створюють гладку, блискучу поверхню, що робить двері більш привабливими і захищеними від механічних пошкоджень.
2. Акрилові лаки. Акрилові лаки також є стійкими, але менш зносостійкими порівняно з поліуретановими. Вони швидко висихають і містять менше летких речовин, що робить їх більш екологічними. Акрилові лаки на водній основі не горючі, що забезпечує додаткову пожежну безпеку. Вони підходять лише для внутрішніх робіт.
3. Нітро-лаки
Ці лаки складаються з колоксиліну, смол і пластифікаторів, розчинених в органічних розчинниках. Нітро-лаки застосовуються переважно в приміщеннях і мають високу зносостійкість. Однак вони містять багато летких речовин, що може викликати алергічні реакції, тому їх слід використовувати лише в добре провітрюваних приміщеннях. Вони швидко висихають і забезпечують міцне покриття.
4. Водно-дисперсійні лаки. Ці лаки мають мінімальний вміст летких речовин і дозволяють створити стійку, гладку поверхню на дверях. Вони швидко висихають і не викликають алергічних реакцій, що робить їх хорошим вибором для людей із чутливою шкірою.
5. Олійні лаки. Олійні лаки виготовляються на основі рослинних олій і смол. Вони застосовуються як первинне покриття для дерев'яних поверхонь і утворюють тверду прозору плівку. Колір покриття може варіюватися від світло-жовтого до темно-коричневого залежно від компонентів лаку. Олійні лаки висихають протягом кількох годин або навіть днів, залежно від погодних умов.

Вибір лаку для дверей

При виборі лаку для дверей варто враховувати кілька факторів: бюджет, необхідна міцність покриття, бажаний стиль та інші критерії. Рекомендується

уважно ознайомитися з властивостями кожного виду лаку перед тим, як зупинитися на виборі певного типу для обробки дверей.

Воскові та олійні покриття для дверей

Воскові покриття використовуються для догляду та захисту поверхні дерев'яних дверей від води, бруду та подряпин. Воскові склади можуть виготовлятися з різних матеріалів, зокрема з бджолиного, карнаубського або мікрокристалічного воску. Для нанесення воску на двері потрібно попередньо очистити поверхню від пилу та бруду, а потім нанести тонкий шар воску за допомогою м'якої тканини або губки. Після того як віск висохне, його можна відполірувати м'якою тканиною для досягнення блискучого ефекту.

Олії для дверей використовуються для зволоження деревини та її захисту. Вони часто містять природні олії, такі як льяна олія, олія жожоба, тунгове масло та інші. Олії створюють водовідштовхувальний ефект і допомагають зберегти натуральну текстуру дерева. Для нанесення олії також необхідно очистити двері, а потім нанести її на поверхню, дозволяючи вбиратися, після чого залишки олії можна витерти.

Віск для дерева

Віск для дерева захищає поверхню від зовнішніх пошкоджень, підкреслюючи текстуру деревини і покращуючи її зовнішній вигляд. Олія-віск надає дереву вологовідштовхувальні властивості і підвищує його стійкість до впливу води та інших факторів. Олія-віск не тільки оберігає дерево від гниття, але й покращує його естетичні характеристики. Бджолиний віск також має приємний медовий запах.

Види восків для дерева

1. Кольоровий віск. Цей віск використовується для того, щоб підкреслити кольорові відтінки деревини. Наприклад, для дуба вибирають коричневі відтінки воску, а для сосни – золотисті. Кольоровий віск дозволяє оновити зовнішній вигляд меблів або дверей, надаючи їм свіжості.

2. Прозорий віск. Прозорий віск ідеально підходить для обробки дерев'яних поверхонь, які не потребують зміни кольору. Він ефективно приховує дрібні дефекти та знос, підкреслюючи натуральний відтінок деревини. Такий віск не змінює колір виробу, а просто додає йому блиск.
3. Твердий віск. Твердий віск має хорошу адгезію до деревини, утворюючи захисну плівку, яка не відшаровується з часом. Цей віск також дуже пластичний і не розтікається при нанесенні. Віск проникатиме глибоко в структуру дерева, створюючи на ньому тонкий захисний шар.

Тонування деревини

Тонування дерева – це процес фарбування, який дозволяє змінити колір дерева або підкреслити його природну текстуру, не приховуючи природний малюнок волокон. Тонування застосовується для оновлення кольору дерев'яного покриття, зокрема паркету, або для створення ефекту старіння, що додає деревині вигляд дорогоцінних екзотичних порід. Ця технологія дозволяє надати дерев'яним підлогам або меблям новий стиль, зберігаючи їх структуру та природний вигляд.

Тонування деревини та створення патини

Патина — це ефект старіння або окислення, який створюється на поверхні, надаючи їй вигляд зношеності або вінтажного характеру. Патина може бути застосована до дверних блоків, щоб надати їм естетичний вигляд старовинного або антикварного предмета.

Існує кілька способів отримання ефекту патини на дверях. Один із найпоширеніших методів — використання спеціальних патинуючих засобів, які продаються в магазинах для ремонту. Ці засоби можуть бути у вигляді воскових, рідких або гелевих паст. Для створення патини на дверях потрібно нанести спеціальний засіб на поверхню дверного блоку, дати йому час на висихання, а потім відшліфувати верхній шар фарби або покриття, залишаючи лише ефект патини.

Морилки для патинування

Одним із найпростих і найефективніших способів створення патини є використання морилки. Вона не лише надає деревині потрібний відтінок, але й допомагає захистити матеріал від впливу вологи та ультрафіолетових променів, знижуючи ймовірність розвитку плісняви.

Морилки бувають трьох типів:

- Морилка на водній основі — не потребує розчинника і під час нанесення піднімає волокна деревини, що робить текстуру більш виразною.
- Спиртова морилка швидко сохне і зазвичай використовується для обробки малих поверхонь. Вона наноситься, наприклад, за допомогою пульверизатора.
- Масляна морилка підсилює фактуру деревини, не піднімаючи волокон, і для її застосування потрібен розчинник.

Воскові склади для патинування

Воскові пасти для патинування виготовляються шляхом змішування натурального воску з металевими пігментами. Вони добре наносяться на дерев'яні та пластикові поверхні, зокрема на МДФ. Крім того, існують безбарвні воскові пасти, які дозволяють досягти перламутрового блиску на поверхні. Такі пасти часто використовуються для реставрації старих меблів.

Акрилові фарби для патинування

Акрилові фарби для патинування застосовуються як для деревини, так і для МДФ або ДСП. Вони випускаються в широкій палітрі кольорів, що дозволяє створювати різні декоративні ефекти. Популярними є відтінки зеленого, синього, сірого, а також фарби, що імітують ефект старіння, вигоряння або кольору іржі. Часто використовуються акрилові фарби з ефектом позолоти або чорніння для акцентування декоративних елементів меблів чи дверей.

Бітумні склади для патинування

Бітумні склади для патинування можуть бути виготовлені на водяній або полімерній основі. Їхня унікальна консистенція робить їх зручними для

нанесення, і вони можуть забезпечити як легке, так і інтенсивне золочення поверхні, додаючи їй ефект старої бронзи або позолоти.

Техніка «шаблонного накладання»

Іншим методом створення патини є використання техніки «шаблонного накладання». Для цього потрібно нанести шаблон на поверхню дверного блоку, а потім покрити його фарбою або іншим фінішним покриттям. Після того як фарба висохне, шаблон знімається, і на поверхні залишається чіткий контур, що імітує патину.

Опорядження дверних блоків

Опорядження дверних блоків включає не тільки використання лакофарбових матеріалів, а й встановлення різноманітної фурнітури, яка забезпечує функціональність дверей. Фурнітура для дверей включає ручки, замки, петлі, ригелі, підставки та інші елементи, які можуть бути виготовлені з металу, скла, пластика або дерева.

Крім того, двері можуть бути оснащені склопакетами, що забезпечують додаткову звукоізоляцію та енергозбереження. Декоративні елементи, такі як скло з гравіюванням, малюнками або фотодруком, можуть значно покращити естетичний вигляд дверей, надаючи їм унікальності.

Важливість опорядження дверних блоків

Правильне опорядження дверей — це не тільки покращення їх зовнішнього вигляду, але й забезпечення функціональності та довговічності. Вибір матеріалів для опорядження дверних блоків залежить від багатьох факторів, таких як стиль інтер'єру, технічні вимоги приміщення, бюджет та особисті вподобання.

Опорядження дверей може впливати на їх звукоізоляційні характеристики, здатність зберігати тепло, а також на безпеку використання. Наприклад, застосування спеціальних матеріалів для ізоляції допомагає зберігати тепло в приміщеннях і знижує енергетичні витрати. Правильне опорядження також може включати монтаж елементів для зручного доступу, таких як спеціальні ручки, замки, віконця для перегляду чи додаткові механізми.

Ергономічні та безпекові аспекти

Опорядження дверних блоків повинно також враховувати ергономічні вимоги. Правильне розташування дверних ручок, механізмів закриття, а також зручне відкривання і закривання дверей важливі для забезпечення комфортного і безпечного використання, особливо для людей з обмеженими можливостями.

Таким чином, опорядження дверних блоків є важливим етапом у створенні не тільки естетично привабливого, але й функціонального, безпечного та енергоефективного інтер'єру. Вибір правильних матеріалів та технологій опорядження залежить від багатьох факторів, включаючи технічні характеристики, стилістичні вимоги, безпеку та комфорт для користувачів.

Технологічний опис лакофарбових покриттів

1. Tikkurila "Otex" — ґрунтовка для дерева

Технологічний опис:

- Тип: Універсальна ґрунтовка для дерева, що підходить для фарбування на водній та масляній основі.
- Призначення: Використовується для підготовки дерев'яних поверхонь до нанесення фарб на водній основі, таких як Tikkurila Helmi 30. Ідеальна для внутрішніх робіт, в тому числі для дверей, меблів, плінтусів.
- Колір: Безбарвна або злегка молочно-біла, що не впливає на колір кінцевого покриття.
- Характеристики:
 - Адгезія: Забезпечує відмінну адгезію між дерев'яними поверхнями та фарбою.
 - Швидкість висихання: Сохне швидко — 1-2 години між шарами, повне висихання — 6-8 годин.
 - Універсальність: Підходить для використання на різних поверхнях — деревина, МДФ, фанера.
 - Захист: Протидіє виникненню тріщин та зносу, зменшує поглинання вологи деревом.

Спосіб нанесення:

1. Підготовка поверхні:

- Очистіть поверхню від пилу, бруду, старої фарби та смол.
- Для досягнення кращого результату дерево слід відшліфувати до гладкості, щоб грунтовка лягала рівним шаром.
- Якщо поверхня має дефекти, їх потрібно зашпаклювати.

2. Нанесення грунтовки:

- Грунтовка наноситься пензлем, валиком або за допомогою фарбопульта.
- Наносьте в один або два шари в залежності від пористості поверхні.
- Залиште перший шар на 1-2 години для висихання, після чого нанесіть другий шар для досягнення більш рівного покриття.

2. Saparol "Sapalac Haftgrund" — грунтовка для деревини

Технологічний опис:

- Тип: Спеціальна грунтовка на основі синтетичних смол для дерев'яних поверхонь.
- Призначення: Високоякісна грунтовка для підготовки дерев'яних поверхонь до фарбування, зокрема для фарб на водній основі, таких як Saparol Indeko-plus.
- Колір: Безбарвна, але при висиханні утворює легкий білуватий відтінок.
- Характеристики:
 - Адгезія: Забезпечує відмінну адгезію між деревиною та фарбами на водній основі, не дозволяючи фарбі лущитися чи тріскатися.
 - Швидкість висихання: Швидко висихає (1-2 години між шарами), не залишає слідів.
 - Прозорість: Забезпечує прозоре покриття, зберігаючи природний вигляд дерева.
 - Захист: За рахунок своєї формули, вона допомагає деревині протистояти впливу вологи та забруднень.

Спосіб нанесення:

1. Підготовка поверхні:

- Поверхню слід очистити від пилу, бруду, жиру та старих покриттів.
- Для досягнення кращих результатів рекомендується шліфувати деревину, щоб підготувати її до кращої адгезії.

2. Нанесення ґрунтовки:

- Наносьте ґрунтовку валиком, пензлем або за допомогою фарбопульту.
- Для більш рівномірного покриття наносьте в два шари з інтервалом 1-2 години.
- Після нанесення останнього шару дайте ґрунтовці висохнути протягом 4-6 годин.

Технологічний опис вибраних фарб

Для дерев'яних дверних блоків актуальною білою фарбою є акрилова фарба на водній основі, оскільки вона забезпечує високі естетичні та функціональні характеристики, а також є екологічно безпечною. Один з таких популярних продуктів — це акрилова матова або глянцева фарба для деревини, яка забезпечує міцне покриття, швидко сохне та є стійкою до зовнішніх впливів.

Tikkurila "Helmi 30" — Акрилова фарба для деревини на водній основі

Технологічний опис:

- Тип: Акрилова фарба на водній основі з матовим покриттям
- Призначення: Ідеальна для фарбування внутрішніх дерев'яних поверхонь, таких як двері, меблі, плінтуси тощо.
- Колір: Виготовляється в широкій палітрі кольорів, включаючи класичний білий для міжкімнатних дверей.
- Характеристики:
 - Стійкість до зношування: Фарба має високу стійкість до зносу, не жовтіє з часом, зберігаючи колір та блиск.
 - Стійкість до вологи: Ідеально підходить для приміщень з підвищеною вологістю (ванні кімнати, кухні).

- Екологічність: Безпечна для здоров'я, має низький рівень летких органічних сполук (ЛОС), що робить її безпечною для використання в закритих приміщеннях.
- Швидкість висихання: Фарба швидко висихає, що дозволяє завершити фарбування за короткий час. Час висихання до другої частини нанесення — 2-4 години.

Спосіб нанесення:

1. Підготовка поверхні:

- Поверхня повинна бути чистою, сухою та рівною.
- Для дерев'яних поверхонь рекомендується попередньо відшліфувати двері та нанести ґрунтовку Tikkurila "Otex" або іншу спеціалізовану ґрунтовку для дерева.
- Якщо деревина сильно поглинала вологу або має дефекти, доцільно попередньо обробити її антисептиком.

2. Нанесення фарби:

- Фарбу можна наносити пензлем, валиком або фарбопультотом.
- Для досягнення рівного покриття рекомендується наносити фарбу в 2-3 шари. Перший шар фарби повинен бути нанесений тонким, рівномірним шаром.
- Після нанесення першого шару дайте йому висохнути протягом 2-4 годин перед нанесенням наступного шару.
- При фарбуванні великих площ використовувати валик забезпечує швидше та рівномірніше покриття.

3. Остаточне покриття:

- Після нанесення останнього шару дайте фарбі висохнути ще 24 години, щоб вона повністю затверділа.

Ці фарби ідеально підходять для фарбування дверей і інших дерев'яних поверхонь, забезпечуючи не тільки чудове декоративне покриття, а й високу зносостійкість і екологічну безпеку. Всі три варіанти швидко сохнуть, мають відмінну покривну здатність і чудово підходять для інтер'єрного використання.

Технологія виготовлення та опорядження дверних блоків є комплексним процесом, що включає вибір матеріалів, виготовлення деталей, їх монтаж, опорядження та сушіння. Завдяки впровадженню сучасних технологій, таких як інфрачервоне сушіння та використання новітніх матеріалів для фарбування, цей процес можна значно удосконалити. Важливими аспектами є також контроль якості, енергозбереження та екологічність, що відповідає сучасним вимогам до виробництва дверних блоків.

Оскільки двері — це важлива частина інтер'єру і забезпечення безпеки приміщення, необхідно приділяти увагу кожному етапу виробництва. Сучасні методи обробки та фарбування забезпечують високий рівень естетики, довговічності та захисту від впливу зовнішніх факторів.

Технічні характеристики ЛФМ, що застосовувалися для опорядження дверних блоків на підприємстві.

Акриловий лак OCV826G03

Даний продукт має: ідеальну прозорість (практично не змінює колір підкладки), гарну твердість (клас твердості АС6 ($IP \geq 8500$ revolutions)). При обробці виробів з натуральної деревини добре виділяє і рівномірно підкреслює пори (рекомендується спочатку використовувати поліуретановий ґрунт FPV172). OCV826G ідеально підходить для захисного шару (фіксації патини) на поліуретанові емалі-особливо пастельні кольори, стійкий до ультрафіолетового випромінювання .

Технічна характеристика наведена в таблицях 3.2.-3.4.

Таблиця 3.2.

Технічна характеристика акрилового лаку OCV826G03

Ступінь блиску	20 GLOSS.
Застосування	Пористі породи деревини, сходи, двері, меблевi фасади, паркет, тощо
Колерування	KEMILAC, RAL, NCS, вибір кольору
Підготовка поверхні	Поверхня заґрунтована і відшліфована матеріалами P320-400, а також очищена від пилу.
Приготування суміші	Перед початком роботи продукт необхідно ретельно перемішати . До лаку додати каталізатор С325 - 10% і розчинник DK110 або DK164 - 20-40%. Суміш ретельно перемішати.
Спосіб нанесення	Наноситься OCV826G ... пневматичним пістолетом з соплом 1,5 мм і тиском повітря 3 атм.

Таблиця 3.3.

Фізично-хімічні властивості

В'язкість		С Ford 4 при 20°C ±3	28	с.
Сухий залишок	Компонент А	±2	24	%
Сухий залишок	Компонент В	±2	44	%
Сухий залишок	А+В	±2	26	%
Питома вага	Компонент А	±0,02	0,935	кг/л.
Питома вага	Компонент В	±0,02	0,98	кг/л.
Життєздатність	А+В	при 20°C и 70% відн.вол.	24	год
Сухість від пилу		при 20°C и 70% відн.вол.	10-15	хв.
Природне сушіння		при 20°C и 70% відн.вол.	4	год
Примусове сушіння		при 40-45°C	2	год
Сухість на відлип		при 20°C и 70% відн.вол.	2	год

Таблиця 3.4.

Норми витрат

Норми витрат			
Спосіб нанесення	Розпилення	Система airmix	Система airless
Кількість нанесення на 1 шар	100-130 г/м ²	100-130 г/м ²	100-130 г/м ²
Додавання розчинника	20-30% до комп. А	20-30% до комп. А	20-30% до комп. А

Таблиця 3.5.

Приготування суміші

Лак ОСV826	1 л
Затверджувач С325	0,1 л
Розріджувач DK110/DK164	0,2 - 0,4 л

Грунт FPV172

Грунт поліуретановий FPV172 має гарну прозорість, швидкий висихає і легко в шліфується . Відмінно тримається і не стікає на торцях . Призначений для нанесення на вироби з деревини і поверхні обклеєну шпоном, універсальний, еластичний. (рис.3.3).



Рис.3.3. Грунт поліуретановий FPV172

Технічна характеристика ґрунту наведена в таблицях 3.6-3.8.

Компонент (ком. А): ґрунт поліуретановий прозорий FPV 172. Затверджувач (ком. В): 50% з С 366. Розчинник: розчинник поліуретановий D1010/D1011/D1015. Призначення: для циклів із закритими порами деревини, добре покриває вертикальні поверхні, прозорий

Таблиця 3.6.

Технічна характеристика ґрунту FPV172 [6]

Застосування	Двері, меблевi фасади, лiжка . тощо.
Колерування	КЕМІЛАС, RAL, NCS, вибiр кольору
Пiдготовка поверхнi	Поверхня повинна бути вiдшліфована абразивними матеріалами 180 - 240, а також очищена вiд пилу.
Приготування сумiшi	Напочатку роботи продукт ретельно змiшують . До ґрунту додається каталізатор С301 (50%) або С302 (50%) і розчинник DK110 або DK129 - 10-30%. Сумiш ретельно перемiшати.
Спосiб нанесення	Наноситься FPV172 пневматичним пістолетом з соплом 1,5 - 1,8 мм і тиском повітря 2,5 - 3 атм.

Таблиця 3.7

Фізико-хімічні властивості ґрунту [6]

Показник		Значення	Одиниця виміру
В'язкість		К.Ф.4 при t° 20 C° ± 10	85 mPas
Сухий залишок	компонент А	+/- 2	54 %
Сухий залишок	компонент В	+/- 2	31 %
Питома вага	компонент А	+/- 0,02	0,99 кг/л
Питома вага	компонент В	+/- 0,02	0,97 кг/л
Живучість сумiшi		при t° 20°C і 70% відн.вол.	03.апр год
Пилосухість		при t° 20°C	15/20 хв
Висихання на повітрі		при t° 20°C і 70% відн. вол.	4 год
Примусове висихання		при t° 40-45°C	2 год
Висихання дотик		при t° 20°C і 70% відн.вол.	1 год

Таблиця 3.8.

Норми витрат ґрунту [6]

Спосіб нанесення	розпилення	airmix	airless
Кількість нанесення (на 1 шар)	140-160 г/м ²	140-160 г/м ²	140-160 г/м ²
Розчинення	20-40% КОМ.А	10-20% КОМ.А	10-20% КОМ.А
Шліфування	зернистість шліфматеріалу P280 – 360		
Примітки	для використання у приміщенні		

Таблиця 3.9.

Приготування суміші [6]

Ґрунт FPV 172:	1л
Затверджувач С366:	0,5 л
Розчинник D1010/D1011/D1015:	0,3-0,6л

Для підсилення відтінку, ліжка були підфарбовані барвником. Барвник – це розчин пігментів в органічних сполуках (у воді), призначений для надання різних відтінків виробам з деревини.

Барвники поділяються на три групи:

- на втирання або стирання (характеризуються чітким виділенням текстури деревини та пор м'яких і твердих волокон);
- нанесення барвника на ґрунт (затушовується текстура деревини);
- нанесення по дереву (рівномірне забарвлення поверхні підкладки)

Інтенсивність кольору барвників є різною, в залежності від потреб клієнтів.

Рідкі прозорі барвники різних кольорів призначені для будь-яких порід деревини. Вони є світлостійкими і забезпечують отримання рівномірно пофарбованої поверхні виробу.

Існують наступні методи нанесення барвників:

- ручний (натуральна тканина, пензель);
- механізований (пульверизатор/ пневматичний або електро).

Термін висушування 15-30 хв при температурі 20⁰С. Рекомендований розхід матеріалу становить 150-180 г/м²

Слід пам'ятати, що насиченість кольору залежить від кількості нанесення барвника, породи і вологості деревини, а також від якості шліфування поверхні деталей виробу;

Перед кожною операцією нанесення барвника, рекомендується ретельно змішати барвник і зробити пробний зразок та звірити його з оригіналом (еталоном).

Технологічний процес, що застосовувався при опорядженні д, наведений в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Технологічний процес формування покриття

№	Найменування операцій	Обладнання та інструмент
1	Видалення пилю з поверхні деталі	Щітка, повітряний пістолет
2	Нанесення барвника ТІН - 102(DV) ДУБ	фарборозпилювач
3	Сушіння , 30 хв	етажерка
4	Нанесення поліуретанового ґрунту FPV172	фарборозпилювач
5	Сушіння, 4 год	етажерка
6	Шліфування	
7	Перше нанесення акрилового лаку ОСV826G03	фарборозпилювач
8	Сушіння після лакування, 4год	етажерка
9	Друге нанесення акрилового лаку ОСV826G03	фарборозпилювач
10	Сушіння після лакування, 4 год	етажерка
11	Контроль якості	

Під час виконання технологічного процесу необхідно дотримуватися режимів нанесення лакофарбових матеріалів та режимів висушування .

Таким чином, на підприємстві використовують сучасні лакофарбові матеріали, що дають якісні покриття.

Вартість опорядження є суттєвою складовою собівартості виготовленого продукту. На ціну , крім всього іншого, впливають витрати матеріалів, що застосовуються для створення захисно –декоративних покриттів. Витрати

можуть залежати від виду матеріалу, способу нанесення і пов'язаних з ним втрат матеріалу, вмісту плівкоутворюючих речовин, виду опорядження, майстерності робітника, тощо. Також, одним із чинників, що суттєво впливає на витрати, є підготовка поверхні, на яку наноситься оздоблювальний матеріал. При виборі питомих нормативів втрат лакофарбових матеріалів необхідно враховувати, до якої групи складності належать ті чи інші поверхні виробів, збірних одиниць, вузлів.

Для орієнтовного визначення питомих витрат лаків чи фарб під час опорядження існує формула [13]:

$$Q = \frac{10^4 \cdot h \cdot p}{x \cdot k} \quad (3.1)$$

де

h – товщина захисно-декоративного покриття, яку необхідно досягти при опорядження виробів, для технології, що застосовується на виробництві 90-100 мкм;

p - щільність сухої лакофарбової плівки (0,935 г/см³);

x – вміст плівкоутворюючих речовин, 26% (за технічною характеристикою);

k - коефіцієнт використання лакофарбового матеріалу, 60% [13].

Таким чином, за цією формулою, можна розрахувати витрати лакофарбових матеріалів, що застосовуються на виробництві:

Для акрилового лаку OCV826G03

$$Q = \frac{10^4 \cdot 100 \cdot 0,935}{26 \cdot 60} = 399 \text{ Г/м}^2$$

Для поліуретанового ґрунту FPV172

$$Q = \frac{10^4 \cdot 50 \cdot 0,99}{54 \cdot 60} = 320 \text{ Г/м}^2$$

Порівняння норм витрат розрахункових, за технічним паспортом та фактичних, наведено в таблиці 3.14.

Таблиця 3.11

Порівняння норм витрат

Лак/ норми витрат, г/м ²	Розрахункові	За технічним паспортом виробника	Фактичні
Акриловий лак OSV826G03	399	120	130
Поліуретановий ґрунт FPV172	320	150	170

Як видно з таблиці, норми витрат не співпадають. Причому, необхідно відмітити, що фактичні витрати більш співпадають з витратами за технічним паспортом і дуже відрізняються від розрахункових.

Для визначення вартості покриття будемо користуватися фактичними витратами лакофарбових матеріалів на 1 м².

Розрахунок вартості покриття за технологією, прийнятою на виробництві:

барвник TIN - 102(DV) ДУБ за 1 л – 5,99 €

90г - 24,77 грн

поліуретановий ґрунт FPV172 за 1 л – 7,53 €

170г – 54,90грн

акриловий лак OSV826G03 за 1 л – 6,5 €

130г – 37х2рази=74 грн

Всього вартість 1 м² покриття – 153,67 грн

Таким чином, з наведеного технологічного процесу опорядження дверей видно, що на підприємстві користуються сучасними високоякісними лакофарбовими матеріалами.

РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ

4.1. Визначення швидкості сушіння

На підприємстві сушіння лакофарбового покриття здійснюється на етажерках. Для прискорення сушіння пропонується сушарка Інфрачервона SAR PL 1000.

Опис сушарки.

Інфрачервона сушарка SAR PL 1000 (рис. 4.1). Модель вирізняється своєю потужністю та точністю висушування завдяки використанню інфрачервоного випромінювання. SAR PL 1000 оснащена сучасними технологіями, що дозволяють ефективно висушувати різноманітні поверхні з високою якістю обробки. Ця сушка – ідеальний інструмент для виробництва, де важлива швидкість та якість висушування лакофарбових покриттів.



Рис 4.1 Інфрачервона сушарка SAR PL 1000

Таблиця 4.1

Характеристика лаку

Ступінь блиску	20 GLOSS.
Застосування	Пористі породи деревини, сходи, двері, меблевi фасади, паркет, тощо
Колерування	KEMILAC, RAL, NCS, вибір кольору
Підготовка поверхні	Поверхня заґрунтована і відшліфована матеріалами P320-400, а також очищена від пилу.
Приготування суміші	Перед початком роботи продукт необхідно ретельно перемішати . До лаку додати каталізатор С325 - 10% і розчинник DK110 або DK164 - 20-40%. Суміш ретельно перемішати.
Спосіб нанесення	Наноситься OCV826G ... пневматичним пістолетом з соплом 1,5 мм і тиском повітря 3 атм.

Таблиця 4.2

Час сушіння

Сушіння на етажерках	при t° 20°C і 70% відн. вол.	4	год
Сушіння під сушаркою	при t° 40-45°C	2	год

Як бачимо з показників висихання матеріалу на поверхні виробу, швидше при використанні інфрачервоної сушки SAR PL 1000 . Чим при сушінні на етажерках.

4.2. Статистичні розрахунки швидкості сушіння покриттів

Визначення швидкості висихання проводилося не менше 10 разів. Результати вимірювання швидкості наведені в табл. 4.3

Для обробки результатів використано метод математичної статистики

Показник часу висихання

№	Час висихання на етажерках, хв	Час висихання під сушильною лампою, хв
1	240	118
2	238	121
3	240,5	120,5
4	239	118,5
5	237,5	116
6	240	119
7	242	118,5
8	238,5	120
9	241	121
10	239	115

Для досягнення заданої точності визначено похибки вимірювань та розраховано необхідну кількість вимірів. Визначено середнє значення сушіння на етажерках за формулою (4.2) :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{2385,5}{10} = 238,5 \quad (4.1)$$

де :

$\sum_{i=1}^n x_i$ – сума значень параметрів

n – кількість вимірювань.

Визначення середнього значення під сушильною лампою

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{1188,5}{10} = 118,5$$

Дисперсію розраховуємо за формулою (4.2) [36,37]:

Розрахунок статистичних показників сушіння на етажерках

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 P_i}{n - 1} = \frac{27,625}{10 - 1} = 30.694 \quad (4.2)$$

де:

X_1, X_2, \dots, X_n - значення вимірної величини;

\bar{X} - середнє значення;

n - кількість вимірювань.

Розрахунок статистичних показників сушіння під сушильною лампою

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 P_i}{n - 1} = \frac{30,975}{10 - 1} = 34.342$$

Середнє квадратичне відхилення розраховується за формулою (4.3) [33-34]:

Розрахунок статистичних показників для сушіння на етажерках:

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{30.694} = 1.75 \quad (4.3)$$

де:

D - дисперсія.

Розрахунок статистичних показників для сушіння під сушильною лампою

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{34.342} = 1.85 \quad (4.3)$$

Похибку середнього значення розраховали за формулою (4.4) [33-34]:

Розрахунок статистичних показників для сушіння на етажерках

$$\Delta = \mp \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \mp \frac{1.75}{\sqrt{10}} = 0.55 \quad (4.4)$$

де:

σ - середнє квадратичне відхилення;

n - кількість вимірювань.

Розрахунок статистичних показників для сушіння під сушильною лампою:

$$\Delta = \mp \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \mp \frac{1.85}{\sqrt{10}} = 0.58 \quad (4.4)$$

Коефіцієнт варіації розраховуємо за формулою (4.5) [33-34]:

Розрахунок статистичних показників для сушіння на етажерках

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{1.75}{23.855} \cdot 100\% = 0.73\% \quad (4.5)$$

де :

M - середнє значення вимірюваної величини.

Розрахунок статистичних показників для сушіння під сушильною лампою

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{1.85}{118.85} \cdot 100\% = 1.56\% \quad (4.5)$$

Показник точності експерименту розраховано за формулою (4.6) [33-34]:

Розрахунок статистичних показників для сушіння на етажерках

$$P = \frac{V}{\sqrt{n}} = \frac{0.73}{\sqrt{10}} = 0.23 \quad (4.6)$$

де:

n – кількість вимірювань.

Розрахунок статистичних показників для сушіння під сушильною лампою

$$P = \frac{V}{\sqrt{n}} = \frac{1.56}{\sqrt{10}} = 0.49 \quad (4.6)$$

Кількість вимірювань розраховуємо за формулою (4.7) [33-34]:

Розрахунок статистичних показників для сушіння на етажерках

$$n = \frac{t_a^2 \cdot V^2}{P_a^2} = \frac{4.5369 \cdot 0.5329}{25} = 9.68$$

Отже, для досягнення заданої точності, кількість вимірювань повинна бути 10.

Розрахунки статистичної обробки сушіння занесені до табл. 4.4.

Розрахунок статистичних показників для сушіння під сушильною лампою

$$n = \frac{t_a^2 \cdot V^2}{P_a^2} = \frac{4.5369 \cdot 2.4336}{25} = 4.52 \quad (4.7)$$

де:

t – коефіцієнт Стюдента (табличне значення -);

R_{α}^2 – показник точності, що для деревообробної галузі складає 5 %.

Отже, для досягнення заданої точності, необхідна кількість вимірювань для часу висихання під сушильною лампою складає 5.

Таблиця 4.4

Статистичні показники

Середнє арифметичне ,	Дисперсія, D	Середнє квадратичне відхилення, σ	Похибка середнього, Δ	Коефіцієнт варіації V, %	Показник точності досліджу Р	Коефіцієнт Стюдента, t	Необхідна кількість вимірів n
Сушіння на етажерках							
238,55	3.0694	1.75	0.55	0.73	0.23	9,68	10
Сушіння під сушильною лампою							
118.85	3.4342	1.85	0.585	1.56	0.49	4,52	5

У результаті статистичної обробки вимірювань часу висихання лакофарбового покриття на етажерках і під сушильною лампою було отримано результати за якими ми можемо побачити, що сушіння під сушильними лампами є більш доцільними для швидкості висушування оброблюваної поверхні, що пришвидшує виробництво на підприємстві.

Тому є доцільним використання сушильних ламп для виробництва.

ВИСНОВОК

Метою магістерської кваліфікаційної роботи був аналіз технологій виготовлення та опорядження дверних блоків на ДОК № 7.

Згідно поставлених задач, проведених розрахунків та експериментальних досліджень були зроблені наступні висновки:

1. Аналіз літературних джерел показав наявність великої кількості сучасних методів та обладнання для сушіння лакофарбових покриттів. Загалом можна сказати, що технології сушіння лакофарбових покриттів, зокрема інфрачервоні та комбіновані методи, продовжують удосконалюватися, забезпечуючи більшу ефективність і зменшення витрат

2. На підприємстві сушіння покриттів здійснюється на етажерках. Згідно методам експертних оцінок та розставляння пріоритетів підприємству була запропонована інфрачервона сушарка SAR PL.

3. Аналіз технологічного процесу виготовлення та опорядження дверей, показав, що на підприємстві застосовують сучасні високоякісні лакофарбові матеріали. За розрахунками норм витрат видно, що фактичні витрати більш співпадають з витратами за технічним паспортом і дуже відрізняються від розрахункових.

4. Проведені експериментальні дослідження та статистичні розрахунки часу висихання на етажерках та за допомогою запропонованої сушарки, показали, що час сушіння скорочується майже в два рази.

Дані розрахунки показали чітку перевагу висушування покриттів за допомогою інфрачервоної сушарки. Оскільки підприємство використовує атмосферне сушіння на етажерках, що є застарілим та довгим методом сушіння, були надані рекомендації підприємству щодо доцільності використання інфрачервоної сушки SAR PL 1000, оскільки це забезпечить менший час висихання опоряджених поверхонь дверних блоків, та підвищить продуктивність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Види дверей: їх класифікація за різними ознаками. Веб-сайт: URL: <https://isu.org.ua/vydy-dverej-yih-klasyfikatsiya-za-riznymy-oznakamy/> (дата звернення: 5.10.2024).
2. Види розсувних дверей і особливості їх конструкції. Веб-сайт: URL: <https://svitzamkiv.ua/blog/Vydy-Rozsuvnykh-Dverei/> (дата звернення: 5.10.2024).
3. Типи дверей та їх відмінності. Веб-сайт: URL: <https://market-dveri.ua/uk/tipy-dverej-i-ih-otlichiya-14/> (дата звернення: 5.10.2024).
4. Розкладні двері від лінії комфорту. Веб-сайт: URL: <https://liniyacomforta.com.ua/rozkladni-dveri-na-zamovlennya-kyyv> (дата звернення: 5.10.2024).
5. Класифікація дверей. Веб-сайт: URL: <https://ua-dveri.com.ua/blog005> (дата звернення: 5.10.2024).
6. Стандартні розміри міжкімнатних дверей. Веб-сайт: URL: <https://terminus.ua/blog/standartni-rozmiry-mizhkimnatnykh-dverej/> (дата звернення: 8.10.2024).
7. Дверні блоки. Веб-сайт: URL: <https://joiner.org.ua/tekhnolohiia-stoliarnykh-robot/konstruktsii-osnovnykh-stoliarnykh-i-stoliarno-budivelnykh-vyrobiv/dverni-bloky> (дата звернення: 15.10.2024).
8. Якою фарбою пофарбувати міжкімнатні двері. Веб-сайт: URL: <https://prodveri.info/vibir/yakoyu-farboyu-pofarbuvaty-mizhkimnatni-dveri.html> (дата звернення: 8.10.2024).
9. Якою фарбою фарбувати двері. Веб-сайт: URL: <https://alen.org.ua/yakij-farboyu-farbuvaty-dveri/> (дата звернення: 5.10.2024).

10. Лак для дерева, види, характеристики, застосування. Веб-сайт: URL: <https://e-centre.com.ua/article/lak-dla-dereva-vidy-harakteristiki-primenenie> (дата звернення: 8.10.2024).
11. Воски для дерева. Веб-сайт: URL: <https://tricolor.com.ua/ua/voski-dlya-dereva> (дата звернення: 15.10.2024).
12. Тонування деревини. Чим пофарбувати меблі з сосни? Чим тонувати для фасаду з сосни. Веб-сайт: URL: <https://rt82.ru/uk/v-bytu/tonirovanie-drevesiny-chem-pokrasit-mebel-iz-sosny-chem-tonirovat-dlya/> (дата звернення: 15.10.2024).
13. ПАТИНИ. Веб-сайт: URL: <https://borma.com.ua/lakokrasochnye-materialy/patina> (дата звернення: 15.10.2024).
14. Як вибрати грунтовку для дерева під фарбування? Веб-сайт: URL: <http://farbateka.com.ua/gruntovki/vidi-gruntovok/jak-vibrati-gruntovku-dlja-dereva-pid-farbuwannja.html> (дата звернення: 15.10.2024).
15. Поліуретанова колерована емаль для дерева МДФ КЕМІЧАЛ (Італія) глянцева (RAL, NCS, КЕМІЛАС, ІСА). Веб-сайт: URL: <https://kemichal-pro.com.ua/ua/p1636108527-poliuretanovaya-koleroannaya-emal.html> (дата звернення: 5.10.2024).
16. Іваненко П.І., Смірнова О.В. Аналіз ефективності конвективного сушіння деревини // Вісник лісового господарства України. – 2020. – № 4. – С. 22-29.
17. Бондар В.В., Коваль С.Г. Використання інфрачервоного сушіння для зменшення енергозатрат на деревообробних підприємствах // Технічні науки. – 2021. – Т. 13, № 2. – С. 48-55.
18. Лисенко Ю.М., Чернявський П.С. Перспективи застосування вакуумного сушіння в деревообробній галузі // Журнал сучасних технологій обробки деревини. – 2019. – № 6. – С. 31-37.

- 19.Захаренко Л.Д. Комбіновані методи сушіння як спосіб підвищення продуктивності сушильного обладнання // Матеріали конференції "Сучасні технології в деревообробці". – 2022. – С. 113-120.
- 20.Види і способи сушіння. Веб-сайт: URL: <https://studfile.net/preview/9469361/page:41/> (дата звернення: 5.11.2024).
- 21.Інфрачервона короткохвильова сушка 2x1000W. Веб-сайт: URL: <https://starsto.com.ua/t15318-infrachervona-korotkohvilova-sushka-2h1000w-displey-gi15008> (дата звернення: 5.11.2024).
- 22.Інфрачервона сушарка Edison CTQ-2000. Веб-сайт: URL: <https://starsto.com.ua/ru/t15466-infrakrasnaya-sushka-edison-ctq-2000> (дата звернення: 5.11.2024).
- 23.Сушка інфрачервона IR1 Economy. Веб-сайт: URL: <https://trommelberg.com.ua/infrakrasnaya-sushka-ir1-economy> (дата звернення: 8.11.2024).
- 24.Інфрачервона сушка SAR PL 1000. Веб-сайт: URL: <https://starsto.com.ua/ru/t15797-infrakrasnaya-sushka-sar-pl-1000> (дата звернення: 8.11.2024).
- 25.Інфрачервона сушарка SAR PL-2000. Веб-сайт: URL: <https://aeroner.com.ua/product/infrakrasnaia-sushka-sar-pl-2000/> (дата звернення: 8.11.2024).
- 26.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.
- 27.Як самостійно зробити розсувні двері. Веб-сайт: URL: <https://market-dveri.ua/uk/yak-samomu-zrobyty-rozsuyni-dveri-dokladnyy-posibnyk/> (дата звернення: 15.10.2024).

28. Розсувні двері гармошка: за і проти. Веб-сайт: URL: <https://standartvikna.com.ua/uk/blog/rozsvuvni-dveri-garmoshka-za-i-proti> (дата звернення: 15.10.2024).
29. Дверні блоки посилання. Веб-сайт: URL: <https://terminus.ua/blog/konstruktsiya-dvernogo-bloku/#:~> (дата звернення: 17.10.2024).
30. Конструктивні елементи дверних блоків. Веб-сайт: URL: <https://joiner.org.ua/tekhnolohiia-stoliarnykh-robot/konstruktsii-osnovnykh-stoliarnykh-i-stoliarno-budivelnykh-vyrobiv/dverni-bloky.html> (дата звернення: 17.10.2024).
31. Як вибрати двері. Веб-сайт: URL: https://yaksobi.kyiv.ua/howChoose?srsltid=AfmBOoqnT6WznUaGoit_wzjM8QhphoLjXMQkogUHvF1gMsCH8zYn1IN (дата звернення: 2.11.2024).
32. Tikkurila "Helmi 30" — Акрилова фарба для деревини на водній основі. Веб-сайт: URL: <https://lakikraski.com.ua/shop/product/tikkurila-helmi-30-tikkurila-helmi-30-baza-s-09-1> (дата звернення: 5.10.2024).
33. Грунтовка Tikkurila Otex Primer (Тиккурила Отекс Праймер). Веб-сайт: URL: https://tikkurila-shop.com.ua/tikkurila-otex-primer?srsltid=AfmBOopcYGEV_v3MNreXs6tAzzKeP9ltqu7S-g4B_d0lkMGg4rhIeiaU (дата звернення: 5.10.2024).
34. Caparol "Capalac Haftgrund" — грунтовка для деревини. Веб-сайт: URL: <https://www.caparol.ua/produkti/gvruntovki/gvruntuvalni-pigmentovani-vodorozchinni-farbi/haftgrund-eg> (дата звернення: 15.11.2024).
35. Benjamin Moore "Benwood Wood Primer" — грунтовка для дерева. Веб-сайт: URL: https://laki-kraski.com.ua/benjamin_moore_paints_history.html (дата звернення: 15.11.2024).

36. Caparol "Indeko-plus" — Акрилова фарба для деревини. Веб-сайт: URL: <https://farbers.com.ua/farby/interierni-farby/kraska-akrilovaya-vodoemulsionnaya-caparol-indeko-plus-b1-glubokiy-mat-belyy-10l/?srslid=AfmBOoq4FGEPHqLPD3xg-B4jqvNpP74NndJCisKoUgmFEGpXGo5AETp2> (дата звернення: 8.11.2024).
37. Benjamin Moore "Aura Interior" — Акрилова фарба на водній основі. Веб-сайт: URL: <https://benjaminmoore.lviv.ua/> (дата звернення: 12.11.2024).
38. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании: підручник / Г. М. Добров, Ю. та ін. Київ: Наукова думка, 1974. 160 с.
39. Гнатієнко Г. М., Снитюк В.Є. Експертні технології прийняття рішень: монографія. Київ: ТОВ «Маклаут», 2008. 444 с.
40. Ляшенко С. Метод експертних оцінок при виборі партнерів для ділового співробітництва. Економіка України. 1996. № 7. С. 83–85.
41. Федулова Л. І. Сучасна методологія технологічного прогнозування. Економіка і прогнозування. 2008. № 3. С. 106–120.
42. Сучасні методи сушіння
Вебсайт: URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2002/12_5/38.pdf (дата звернення: 12.11.2024).