

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

УДК 684.59

ПОГОДЖЕНО

Директор ІНІ

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 **Обґрунтування опорядження дверей на ФОП
«Цвінціцький В. Ю.»**

Спеціальність 187 – Деревообробні та меблеві технології

Освітня програма 187 – Деревообробні та меблеві технології

Гарант освітньої програми _____ д.т.н., проф. **Олена ПНЧЕВСЬКА**

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

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

Виконав

_____ **Олег НАКОНЕЧНИЙ**

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
НАКОНЕЧНОМУ Олегу Євгенійовичу**

Спеціальність 187 Деревообробні та меблеві технології

Освітня програма 187 Деревообробні та меблеві технології

Тема магістерської роботи «Обґрунтування опорядження дверей на ФОП
«Цвінціцький В. Ю.»

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:

технічні характеристики лакофарбових матеріалів, нормативна документація,
щодо випробування лакофарбових матеріалів, методичні вказівки, щодо
проведення експериментальних досліджень та прийняття проектних рішень,
інтернет джерела.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Проаналізувати літературні джерела щодо стійкості лакофарбових матеріалів
до дії УФ-випромінювання, проаналізувати технічні характеристики
водорозчинних лакофарбових матеріалів, розставити пріоритети,
запропонувати підприємству матеріал екологічний і водночас стійкий до УФ-
випромінювання, провести експериментальні дослідження якості покриття на
основі запропонованого лакофарбового матеріалу, зробити висновки.

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання «_10._»_11_____ 2023р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Н.Буйських

Завдання прийняв до виконання _____ О.Наконечний

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів, містить 28 рисунків і 29 таблиць, вся магістерська робота займає в 83 сторінок всієї інформації, також використано 51 джерел інформації.

Вступ присвячено актуальності досліджень. Визначені мета, об'єкт та предмет. Також окреслені задачі, що необхідно вирішити під час написання магістерської роботи. Наведені методи, що дозволять детально ознайомитися з характеристиками лакофарбових матеріалів до впливу різних чинників на нього.

Першим розділом виступає «Аналітичний огляд дослідження лакофарбових матеріалів з УФ-захистом». Ця частина розділу побудована на статтях дослідників, які тісно пов'язані з тематикою УФ захисту матеріалу. Було оглянуто різні методика захисту деревини від впливу УФ випромінювання та мінімізування його впливу на матеріал. Також в розділі був даний аналіз ринку України в з лаку з УФ захистом.

В другому розділі «Теоретичні обґрунтування досліджень» наведено опис властивостей обраних лакофарбових матеріалів. Також був зроблений аналітичний огляд методів вирішення задач, а саме розглянутий метод прийняття проектних рішень. Також було застосовано рішення багатокритеріальної задачі методом аналізу ієрархій, що дало можливість визначитися з досліджуваними лакофарбовими матеріалами.

Третім розділом є «Напрями та методи досліджень» в цьому розділі було оглянуті ключові методика дослідження, що будуть використовуватись в дослідженнях якісних характеристик лакофарбових матеріалів на різні чинники.

Останнім четвертим розділом виступає «Експериментальні дослідження та їх результати». В цьому розділі наведені результати дослідження на стійкість матеріалу до дії розчинників, вологи, визначення адгезії матеріалів та визначення твердості покриття. На основі цих досліджень було визначено

найбільш підходящий матеріал для опорядження дверей. Зроблені висновки та дані рекомендації виробництву.

Ключові слова: УФ захист, лакофарбові матеріали, хімічна стійкість, адгезія, твердість покриття

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ З УФ-ЗАХИСТОМ	8
1.1 Огляд літературних джерел.....	8
1.2. Огляд ринку України лаку з УФ захистом.....	16
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОБГРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	19
2.1 Опис властивостей обраних матеріалів.....	19
2.2 Прийняття проектних рішень.....	23
2.3 Рішення багатокритеріальної задачі методом аналізу ієрархій	38
РОЗДІЛ 3 НАПРЯМИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	46
3.1 Методика дослідження адгезії.....	46
3.2. Методика дослідження хімічної стійкості	47
3.3. Методика візуального порівняння кольору лакофарбових покриттів ..	48
РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ. 50	
4.1 Характеристика вихідних матеріалів.....	50
4.3 Результати дослідження на хімічну стійкість покриттів	61
4.4 Визначення адгезії лакофарбового покриття.....	66
4.5 Визначення водостійкості матеріалу	68
4.6 Статистика вимірювання твердості лакофарбового матеріалу.....	69
ВИСНОВОК	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	78

ВСТУП

Актуальність. Деревина є біологічно нестійким матеріалом, схильним до впливу різноманітних факторів навколишнього середовища, таких як ультрафіолетове випромінювання та волога. Крім того, для виробів, які використовуються в навколишньому середовищі, важливо забезпечити стійкість матеріалів до дій УФ випромінювання, стійкості до вологи та стійкості до різних хімічних чинників.

Саме тому вибір лакофарбових матеріалів зосереджений на захисті від УФ випромінювання, яке забезпечить довготривале використання виробу з деревини.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є детальний аналіз та обґрунтування опорядження дверей на ФОП «Цвінціцький В.Ю».

Основною темою дослідження є застосування лакофарбових матеріалів для захисту дверей від впливу УФ випромінювання і різних факторів які можуть пошкодити виріб.

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

1. Оцінити різноманітні матеріали, що використовуються для захисту дверей.
2. Проаналізувати стійкість лакофарбового матеріалу до різних чинників на нього.
3. На основі результатів вибрати матеріал найбільш стійкий до УФ випромінювання.
4. Провести експериментальні дослідження щодо якості лакофарбових покриттів.

Об'єкт дослідження – якісні показники лакофарбових матеріалів з УФ-захистом.

Предмет дослідження – фізико-механічні показники лакофарбових матеріалів з УФ-захистом.

У процесі дослідження використовувалися різноманітні *методи*, зокрема метод спостереження, порівняння, вимірювання, експериментальний метод. Та метод математичної статистики. Ці методи дозволили детально ознайомитися з характеристиками лакофарбових матеріалів до впливу різних чинників на нього.

Експериментальні дослідження показали, що кожен лакофарбовий матеріал має свою характеристику до різних впливів пошкоджень, тим самим на основі цих даних був проведений аналіз які лаки є найбільш якісними і ефективними в використанні.

Лакофарбові покриття на деревині виконують кілька важливих функцій:

1. Захист від вологи та шкідників: Лакофарбові покриття створюють на деревині надійний захисний бар'єр, що запобігає проникненню вологи, а також захищає від шкідників, таких як комахи.
2. Збереження кольору та текстури деревини: Вони зберігають природну красу та текстуру деревини, підкреслюючи її унікальний вигляд і додаючи виробу візуальну привабливість.
3. Захист від механічних пошкоджень: Лакофарбові покриття зменшують ризик появи подряпин, вм'ятин і інших механічних пошкоджень, що можуть виникнути під час експлуатації.
4. Подовження терміну експлуатації: Завдяки покриттям деревина стає менш схильною до зношування, що дозволяє значно продовжити термін служби меблевих виробів.

Завдяки комплексному підходу до аналізу технології опорядження, цей дослідницький проект дає можливість оптимізувати процеси на підприємстві і покращити якість кінцевого продукту, що має велике значення як для виробництва, так і для кінцевих споживачів.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ З УФ-ЗАХИСТОМ

1.1 Огляд літературних джерел

Огляд літератури є важливим етапом будь-якого наукового дослідження, оскільки він дозволяє визначити стан досліджуваної проблеми, виявити прогалини в існуючих знаннях та обґрунтувати необхідність проведення власного дослідження. У цьому розділі представлено аналіз наукових джерел, що стосуються впливу ультрафіолетового випромінювання на лакофарбові матеріали, які використовуються для обробки деревини. Особлива увага приділяється ключовим концепціям, теоретичним підходам та методологічним аспектам, які використовувалися в попередніх дослідженнях. Це дозволить не лише зрозуміти контекст досліджуваної проблеми, але й визначити напрямки для подальшого розвитку теми.

У своєму дослідженні Wang Xuting і Song Kuiyan зосередилися на покращенні стійкості поліпропіленового воску (PPW) до ультрафіолетового випромінювання шляхом модифікації малеїновим ангідридом та β -нуклеуючим агентом. У Китаї традиційно використовують бджолиний віск для захисту деревини, але він має низьку температуру плавлення, високу вартість і короткочасний захисний ефект під УФ-світлом. Натомість PPW, завдяки своїй низькій ціні та високій температурі плавлення, є перспективним матеріалом для захисту деревини [1-3].

Додавання малеїнового ангідриду покращує адгезію PPW до деревини, забезпечуючи відмінні поверхневі властивості. Крім того, β -нуклеуючий агент (WBG-II) сприяє утворенню β -кристалічної структури в PPW, що підвищує його стійкість до УФ-випромінювання. Після УФ-опромінення поверхня деревини, оброблена модифікованим PPW, демонструє мінімальні зміни в кольорі, адгезії, гідрофобності та шорсткості [1].

Аналіз хімічної структури, кристалічної структури та морфології поверхні за допомогою FTIR, XRD та SEM показав, що спільна модифікація PPW малеїновим ангідридом і WBG-II значно покращує довгостроковий захист деревини. Це особливо важливо для темної та дорогоцінної деревини, сприяючи зменшенню вирубки лісів.

Модифікований малеїновим ангідридом поліпропіленовий віск (PM) та поліпропіленовий віск, модифікований малеїновим ангідридом і WBG-II (PMW), були успішно нанесені на деревину шляхом гарячого парафінування. Поверхневі властивості деревини, обробленої PM і PMW, залишалися стабільними під УФ-опроміненням. Комбінована модифікація WBG-II і малеїнового ангідриду значно покращила стійкість PPW до УФ-випромінювання при додаванні WBG-II до 0,3 мас. % [1].

Також над одночасне покращення змочуваності поверхні та УФ-стійкості деревини за допомогою обробки на основі лігніну провели дослідники Rene Herrera, Faksawat Poohphajai, Anna Sandak та Oihana Gordobil які зосередилися на оцінці ефективності лігніну як захисного агента для *Pinus nigra* та *Fagus sylvatica* L.

Останні досягнення в модифікації деревини спрямовані на покращення властивостей цього універсального матеріалу, включаючи відновлюваність, легкість обробки та теплоізоляцію. Просочення деревини крафт-лігніном, ацетильованим крафт-лігніном та лігніновими наночастинками проводили за допомогою вакуумної техніки. Результати показали значне покращення гідрофобності дерев'яних поверхонь, особливо соснової деревини, та захист від УФ-старіння [4-6]. Обробки також сприяли стабілізації вмісту вологи при різних рівнях вологості. Незначні варіації кольору мали мінімальний вплив на візуальний вигляд, а термічний аналіз підтвердив покращені термічні властивості. Плазмова обробка додатково посилила гідрофобність, пропонуючи переваги з точки зору вологостійкості та довговічності. Крім того, обробка мікророзрядною плазмою (DSCBD), застосована до оброблених поверхонь, посилила їх гідрофобний характер зі значеннями WCA, що

перевищували 90° і залишалися незмінними протягом тривалого часу. Така додаткова обробка поверхні може покращити вологостійкість і довговічність просочень на основі лігніну [4-6].

Підводячи підсумок, можна сказати, що досліджувані обробки на основі лігніну продемонстрували багатообіцяючий вплив на різні властивості деревини, включаючи сорбцію вологи, гідрофобність, стабільність кольору, теплові характеристики та вимивання. Обробка деревини на біологічній основі, яка одночасно покращує відповідні властивості деревини, є особливо цікавою для майбутнього висококласного промислового виробництва через відсутність стійких та екологічно чистих рішень, спрямованих на багатофункціональний захист матеріалів. Проведені дослідження сприяють розумінню впливу біологічних засобів лікування на різні породи деревини та дають змогу зрозуміти їх застосування в різних секторах. Необхідні подальші дослідження для вивчення повного потенціалу лігніну та подальшого підвищення його ефективності, оптимізації, а також підвищення масштабу процесу обробки [4].

Дослідники Chloé Paquet, Thomas Schmitt, Jolanta E. Klemberg-Sapieha, Jean-François Morin та Véronic Landry вивчали механічні властивості дерев'яної підлоги, такі як стійкість до стирання та подряпин на якому покрито самовідновлювальну акрилатне покриття, що при ультрафіолетового випромінювання затверджується. Захист поверхні деревини забезпечується системами обробки, але подряпини неминучі. Новим підходом є надання оздоблювальній системі властивості самовідновлення. Найпоширенішими покриттями для дерев'яної підлоги є акрилатні УФ відверджені 100% тверді покриття, які мають хороші механічні властивості та високу щільність зшивання [7-9]. Мета дослідження полягала в розробці та оцінці самовідновлювального складу для дерев'яної підлоги. Розроблені акрилатні складу з мономерами та олігомерами, що містять гідроксильні групи, оцінювали за твердістю і полімеризаційною конверсією. Маятникові випробування König показали, що результати приблизно 80 коливань є

прийнятими для УФ-отверждаємого герметика для деревини. Хімічний склад досліджували за допомогою FT-IR спектроскопії, а динамічний механічний аналіз (DMA) визначав температуру скловання та щільність зшивання. Поведінку до самовідновлення оцінювали шляхом вимірювання блиску та глибини подряпин. Мономер (гідроксіетил)метакрилату (HEMA) забезпечував самовідновлення, а акрилований олігофтанат – самовідновлення та зшивання. Дослідження показало, що можна поєднати високу щільність зшивання та властивість самовідновлення, використовуючи компоненти з низькими стеричними перешкодами.

Крім того, обробка мікророзрядною плазмою (DSCBD), застосована до оброблених поверхонь, посилила їх гідрофобний характер зі значеннями WCA, що перевищували 90° і залишалися незмінними протягом тривалого часу. Така додаткова обробка поверхні може покращити вологостійкість і довговічність просочень на основі лігніну [7-9].

Підводячи підсумок, можна сказати, що досліджувані обробки на основі лігніну продемонстрували багатообіцяючий вплив на різні властивості деревини, включаючи сорбцію вологи, гідрофобність, стабільність кольору, теплові характеристики та вимивання. Обробка деревини на біологічній основі, яка одночасно покращує відповідні властивості деревини, є особливо цікавою для майбутнього висококласного промислового виробництва через відсутність стійких та екологічно чистих рішень, спрямованих на багатофункціональний захист матеріалів. Проведені дослідження сприяють розумінню впливу біологічних засобів лікування на різні породи деревини та дають змогу зрозуміти їх застосування в різних секторах. Необхідні подальші дослідження для вивчення повного потенціалу лігніну та подальшого підвищення його ефективності, оптимізації, а також підвищення масштабу процесу обробки [7].

Одним з новітніх процесів захисту деревини від ультрафіолету провели дослідники Ghiath Inido, Gesela Ohms та Wolfgang Viol вивчали покриття з

поліестеру/ TiO_2 на дерев'яних поверхнях, виготовлені за допомогою техніки плазмового струменя при атмосферному тиску.

Дослідники Ghiath Jnido, Gesela Ohms та Wolfgang Viol вивчали покриття з поліестеру/ TiO_2 на дерев'яних поверхнях, виготовлені за допомогою техніки плазмового струменя при атмосферному тиску. Метою було покращення стабілізації дерев'яних поверхонь від УФ-випромінювання та вологи. Перший метод використовував порошок полієфіру та рідкий прекурсор тетраізопропоксиду титану (ТТІР), а другий метод – змішаний порошок мікрочастинок полієфіру та наночастинок TiO_2 . Скануюча електронна мікроскопія (SEM) показала наявність грубої структури після покриття полієфіром/ TiO_2 . Хімічний склад поверхні зразків охарактеризували за допомогою рентгенівської фотоелектронної спектроскопії та інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є. Поведінку змочування вивчали шляхом вимірювання контактного кута води. Після покриття поліестером/ TiO_2 , отриманим за допомогою (PSP + LPPS), дерев'яні поверхні стали супергідрофобними, тоді як покриття, отримане за допомогою (PSP), залишалося гідрофільним. Захист від зміни кольору визначали за допомогою УФ-тестів і фотоаналізу за системою кольорів CIELab. Результати випробувань на стирання показали, що плівки з поліестером мають добру стійкість до стирання та адгезію до дерев'яних основ [10-12].

Результати SEM показали, що плівки поліестеру/ TiO_2 успішно формуються на дерев'яних поверхнях за допомогою плазмового струменя атмосферного тиску (APPJ) двома способами. Морфологічні відмінності між TiO_2 , полієфіром і гетероструктурою полієфір/ TiO_2 чітко спостерігалися за допомогою SEM-зображень. Тонкі покриття залишали видимою структуру деревини, тоді як товсті покриття повністю покривали поверхню. Результати XPS та FTIR-спектрів показали, що поверхня деревини була покрита полієфірним/ TiO_2 покриттям [9-10]. Після покриття гідрофільних дерев'яних поверхонь TiO_2 від ТТІР і полієфіру/ TiO_2 , отриманого за допомогою поєднання плазмового порошку та технології рідкого прекурсорного

покриття, поверхні стали супергідрофобними. Проте поверхня деревини, покрита покриттями з поліефіру/ TiO_2 , отриманими за допомогою технології (PSP), залишалася гідрофільною. Поверхня деревини після покриття композитом поліестер/ TiO_2 була більш стабільною щодо зміни кольору після впливу UVA-випромінювання, ніж необроблена деревина. Таким чином, дерев'яна поверхня була захищена від пошкоджень під відкритим небом. Результати тесту на стирання показали, що плівки з поліестером мають гарну стійкість до стирання та адгезію до дерев'яних основ [10].

Також дослідники A. L. Andrady, A. M. Heikkilä, K. K. Pandey, L. S. Bruckman, C. C. White, M. Zhu та L. Zhu вивчали шкідливий вплив сонячного ультрафіолетового (УФ) випромінювання на будівельні матеріали, особливо деревину та пластмаси, і його вплив на термін служби матеріалів. Зміна клімату може призвести до збільшення УФ-випромінювання та температури, що скоротить термін служби матеріалів і вимагатиме вищих рівнів стабілізації. Монреальський протокол контролює УФ-В випромінювання, що надходить на Землю [11-12]. Оцінка надає інформацію про шкідливий вплив УФ-випромінювання на довговічність матеріалів та інновації для кращої стабілізації. Розглядаються нові технології для деревини та пластику, композитних матеріалів, текстильних волокон, комфортної тканини та фотоелектричних матеріалів. Тенденції включають заміну токсичних добавок на екологічніші замітники, що можуть впливати на стійкість до УФ-променів перероблених матеріалів. Новим класом фотостабілізаторів є нанорозмірні частинки, які забезпечують хорошу УФ-стабільність матеріалів і дозволяють створювати УФ-захисні тканини. Виникає екологічна проблема утворення мікрочастинок із пластикового сміття під дією УФ-випромінювання [13-15].

Термін служби матеріалів, що використовуються на відкритому повітрі, обмежений швидкістю їхньої деградації під дією УФ-випромінювання та температури. Довгий термін служби зовнішніх матеріалів важливий для технологій фотоелектричної енергії та будівництва. Ефективні технології УФ стабілізатора збільшують вартість терміну служби продуктів. Монреальський

протокол та заходи щодо пом'якшення наслідків зміни клімату впливають на економічне використання матеріалів. Нові технології ультрафіолетового екранування для пластмас і дерев'яних покриттів є багатообіцяючими, але потребують подальшої перевірки перед комерціалізацією. Розробка високоефективних УФ-захисних волокон також важлива для використання матеріалів. Прогрес у розробці волокон з високими значеннями UPF для текстилю вимагає інформації про можливість прання, збереження UPF та потенційне вивільнення наночастинок у навколишнє середовище. Використання нанокompозитів і покриттів з нанорозмірними пігментами викликає занепокоєння через потенційне вивільнення наночастинок під час використання або утилізації продуктів. Пластик під дією УФ-випромінювання фрагментується, вивільняючи мікропластик і нанопластик у навколишнє середовище [13].

Одним з важливих дослідів було проведено дослідником Дорук С. який визначив ультрафіолетове світло та природне вивітрювання проти міцності на стиск ламінованої деревини.

Дослідник Дорук С. (2023) вивчав ефекти захисних заходів на міцність на стиск ламінованої деревини (LVL). Ламіновані панелі виготовляли з шпону сосни звичайної, бука східного, *Castanea sativa* та дуба черешкового, склеюючи їх вінілтрикетанолацетатом Desmodur (D-VTKA), полівінілацетатним (PVAc) дисперсійним клеєм D4, резорцин формальдегідом (РФ) і меламінформальдегідом (МФ). Зразки просочували сумішшю воску, лляної олії та покривали напівпрозорим лаком на синтетичній основі. Контрольні, просочені та лаковані зразки витримували у зовнішньому середовищі 1 рік та в ультрафіолетовому (УФ) середовищі 240 годин. Випробування показали, що лаковане покриття забезпечувало кращий захист порівняно з просоченим. Найкращий результат по міцності на стиск отримано на зразках бука східного з клеями RF і MF. Співвідношення УФ-середовища до зовнішнього середовища становило 89% [16-18].

Техніка ламінування дає важливу перевагу в дерев'яних будівельних конструкціях для використання на відкритому повітрі, але її необхідно зміцнити захисними компонентами для підвищення стійкості до негативних впливів. Дослідження показало, що без захисних елементів міцність на стиск знижується через зовнішні умови. Зовнішнє середовище мало деградуючий ефект, який був на 10,6% більшим, ніж ультрафіолетове середовище. Зразки східного бука з консервантами, RF-клеєм і MF-клеєм продемонстрували найкращу ефективність проти негативного впливу навколишнього середовища. Лак показав кращі захисні властивості, ніж лляна олія, щодо запобігання негативного впливу повітря, покриваючи всі поверхні деревного матеріалу [16-18].

Застосування лаків на акриловій основі, зміцнених нанонаповнювачами, для консервації вивітрених та потертих поверхонь дерев'яних історико-культурних будівель провів дослідники Soner Aksu, Orhan Kelleci, Deniz Aydemir та Abdullah Istek

В дослідженні вивчали вплив акрилових лаків з нанонаповнювачами TiO_2 і Al_2O_3 на захист поверхні історичних і культурних дерев'яних конструкцій. Лаки наносили пензликом, а зразки штучно зістарювали в вивітрювальній кабіні. Зміни в поверхнях зразків оцінювали за зміною кольору, мікротвердості, стирання, подряпин, міцності поверхні та характеристиками поверхні за допомогою скануючої електронної мікроскопії (SEM). Також визначали термічні властивості та морфологічні характеристики лаків з нанонаповнювачами, а також проводили УФ-видимий та FTIR-аналіз [19-21]. Результати показали, що значення мікротвердості, стирання та подряпин лаків не були статистично значущими, але значення для лаків з TiO_2 були дещо вищими, ніж для лаків з Al_2O_3 . Стійкість поверхні чистого лаку значно покращилася завдяки додаванню нанонаповнювачів. SEM виявив зменшення товщини лаків на поверхнях зразків деревини. Термічні та оптичні властивості чистого лаку покращилися завдяки додаванню нанонаповнювачів, тоді як FTIR не виявив різниці у зв'язуванні лаків. УФ-спектри TiO_2 і Al_2O_3 показали

хороше поглинання в УФ-області. Додавання нанонаповнювачів до чистого лаку може покращити зовнішні характеристики та термін служби історичних та культурних дерев'яних конструкцій.

Лаки на акриловій основі були посилені нанонаповнювачами Al_2O_3 і TiO_2 . Лаки наносили на зовнішні дерев'яні частини історико-культурних споруд. Результати після штучного старіння показали, що додавання нанонаповнювачів зменшило зміни кольірних властивостей лакованої деревини [19].

Багато дослідників проводили достатньо різноманітні дослідження довготривалого захисту деревних матеріалів від впливу сонячного ультрафіолетового випромінювання, на основі них можна зрозуміти наскільки ця проблема є актуальною, що було проведено багато дослідів де в кожному досліді і в кожному регіоні по різному хотіли запобігти пошкодження деревини від ультрафіолетового випромінювання.

1.2. Огляд ринку України лаку з УФ захистом

Аналітики компанії Pro-Consulting провели дослідження ринку УФ-лаків, вивчаючи загальні тенденції, імпорتنі операції та ключових учасників ринку, їх частки та рівень конкуренції. Аналіз охоплював середні ціни на ринку, процес їх формування, основних споживачів та попит на продукцію. На основі дослідження були сформульовані висновки, гіпотези щодо розвитку ринку та прогнози, а також проведено SWOT- та PEST-аналіз [22-23].

УФ-лаки широко використовуються в поліграфії, при виготовленні паркету, меблів та інших виробів. Вони надають додатковий захист і естетичний вигляд завдяки швидкому висиханню під дією ультрафіолетових променів.

У поліграфії УФ-лаки застосовуються для друку книг, журналів, листівок, візиток, етикеток та упаковок для товарів, включаючи харчові продукти. Важливим аспектом є контроль за складом УФ-лаку, рівнем емісії

речовин у папір, низьким запахом, швидким висиханням та стійкістю до зовнішніх впливів [17].

У поліграфії існують три основні методи використання УФ-лаків:

- **Офсетний друк:** Чорнила та лаки наносяться на папір великими циліндрами, які передають дзеркальне зображення.
- **Флексодрок:** Спочатку виготовляється штамп з візерунком за допомогою хімічної гравіровки, потім лак переноситься на папір через цей штамп.
- **Трафаретний друк:** Лак наноситься на поверхню шляхом продавлювання через трафаретну сітку.

У поліграфії використовуються різні способи покриття УФ-лаком:

- **Суцільне покриття:** Застосовується для надання матеріалу глянцевого або матового вигляду. Цей метод є більш швидким і дешевим порівняно з іншими способами, такими як ламінування.
- **Вибіркове покриття:** Використовується для підкреслення окремих елементів або створення об'ємних візерунків.

Застосування УФ-лаків в інших галузях
УФ-лаки також використовуються при виробництві паркету, меблів та пластикових виробів (АБС, ПВХ). Вони додають матеріалам міцності, стійкості до механічних пошкоджень і хімічних впливів, таких як мийні засоби і розчинники. Окремі види УФ-лаків також використовуються для створення ефекту "металік" на пластикових поверхнях [22].

Ринок УФ-лаків в Україні повністю залежить від імпорту, зокрема 73% поставок здійснюються для власного споживання. Ринок в основному орієнтований на B2B-сегмент. Основні тенденції включають зниження попиту на лаки для деревини, падіння попиту на друковану продукцію, перехід на альтернативні матеріали, підвищення вартості логістики та збільшення кількості оптових постачальників.

Основні тенденції та фактори впливу

- Зниження попиту на лаки для деревини: Через зниження рівня доходів населення зменшився попит на будівельні матеріали в преміум-сегменті, де активно використовуються УФ-лаки.
- Зменшення попиту на друковану продукцію: Поширення інтернет-видань вплинуло на попит на друковану продукцію, хоча упаковка та етикетки залишаються основними напрямками використання УФ-лаків.
- Заміна на альтернативні матеріали: Воднодисперсійні лаки, які швидко сохнуть, не бояться низьких температур і мають нижчу ціну, часто замінюють УФ-лаки, хоча вони не забезпечують такого високого глянцею та не підходять для тонкого паперу.
- Зростання вартості логістики: Війна, підвищення цін на паливо та руйнація інфраструктури спричинили значне зростання витрат на логістику.
- В Україні через відсутність виробництва експорт УФ-лаків не здійснюється. У 2022 році імпорт зменшився на 46%, а в 2023 році він зріс на 130% порівняно з аналогічним періодом 2022 року [17].

Фактори, що впливають на формування ціни [22]. Основним фактором формування ціни УФ-лаків є митна вартість імпортованої продукції. Залежно від умов постачання до ціни додаються логістичні витрати, страхові та митні платежі. Вартість продукції також залежить від ціни сировини, енергоресурсів і рівня заробітної плати, а також вартості логістичних послуг.

Таким чином, можна зробити висновок, що лаки з УФ-захистом на сьогодні користуються попитом. Дослідження показали, що введення у лак наночасточок підвищує спроможність матеріалу до УФ-захисту, що є актуальним в період зміни клімату та збільшення сонячної інсоляції.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОБГРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Опис властивостей обраних матеріалів

На сучасному ринку існують багато лакофарбових матеріалів, які можуть використовуватися для оздоблення і захисту різних меблів. З метою визначення пріоритетного варіанту, було вибрано п'ять матеріалів різної характеристики та цінового діапазону.

Лак панельний акриловий Maxima acrylic panel varnish (рис. 2.1): Застосування та Властивості [24].

Застосування:

-Лак акриловий панельний призначений для захисно-декоративного покриття різних поверхонь, зокрема:

-“Вагонки” (дерев'яні панелі, які використовуються для обробки стін або стель).

-Плінтусів.

-Панелей з натурального дерева.

-Фанери, ДСП, ДВП, МДФ.

-Мінеральних поверхонь (наприклад, цегла, декоративний камінь, бетон, штукатурка, шпаклівка).

-Важливо не застосовувати цей лак для лакування підлог та меблів.

Властивості лаку панельного акрилового Maxima:

-Міцність та еластичність плівки:

-Лак утворює міцну та еластичну плівку, яка не жовтіє та не розтріскується з часом.

-Колір деревини:

-Не змінює колір деревини, а навпаки, підкреслює її природну красу.

-Стійкість до вологого очищення:

-Лак витримує вологе очищення із застосуванням миючих засобів.

-Адгезія (зчеплення) до основ:

-Має високу адгезію до різних поверхонь.

-Швидке висихання:

-Після нанесення шару лаку він швидко висихає.

Технічні деталі:

-Плівкоутворююче: акрилова дисперсія.

-Розчинник: вода (не більше 10%).

-Спосіб нанесення: кисть, валик, фарборозпилювач.

-Норма витрати в один шар: 80-100 мл/м² (залежно від породи та якості деревини, а також методу нанесення).

-Час висихання одного шару: не більше 2 годин (при температурі (20±2)°С та відносній вологості повітря (65±5)%).

-Колір: безбарвний.

-Ступінь глянце: глянсовий.



Рис. 2.1. Maxima acrylic panel varnish [24]

Maxima Ultra Woodcare (рис. 2.2) – це високоякісний лак для деревини, який використовується для декоративного фарбування та захисту дерев'яних поверхонь [25]. Він підходить як для внутрішнього, так і для зовнішнього використання. Цей лак має високу стійкість, швидко висихає та допомагає підкреслити природну красу деревини. І не забудьте підготувати поверхню перед нанесенням – це важливий крок для отримання якісного результату.



Рис. 2. 2 Maxima Ultra Woodcare [25]

Hartwachs-Ol Farbig (рис. 2. 3) – кольорове прозоре, шовковисто-матове покриття для деревини, в якому унікальним чином поєднуються переваги натуральних олій та восків[21]. Надає поверхні водо- та брудовідштовхувальні властивості; робить поверхню стійкою до стирання та приємною на дотик. Порівняно із звичайними системами покриття, використання у складі продукту рослинних компонентів дозволяє отримати більш рівномірний колір та підкреслити малюнок деревини. Просте у застосуванні, не вимагає ґрунтовки та проміжного шліфування, економить час та гроші! Залишає пори деревини відкритими. Не тріскається, не лущитья, не відшаровується. Стійкий до впливу плям від води, вина, пива, коли, кави, чаю, соків, молока (DIN 68861-1C) [21]. Високе покриття безпечно для людей, тварин та рослин. Стійкий до слини та поту (DIN 53160) [26]. Схожий на дитячі іграшки (EN 71.3) [26].

Область застосування: Для дерев'яних та пробкових підлог, меблевих поверхонь. Після обробки нанести фінішний шар безбарвної олії з твердим воском Hartwachs-Ol.



Рис. 2. 3 Hartwachs-Öl Farbig [26]

Для кращого розуміння який з цих лакофарбових матеріалів є більш вигіднішим для покупки, було сформовано табл. 1 де вказано сухий залишок, термін висихання, норми витрат і вартість.

Всі характеристики вище показаних лакофарбових матеріалах було записано в табл. 2.1. [2.1-2.5].

Таблиця 2. 1

Перелік і характеристики лакофарбових виробів

Назви	Характеристики				
	Час висихання год	Витрата на м ² л одного шару	Кількість шарів для якісного покриття ш	Температура для висихання °С	Ціна на 1л. грн
Maxima acrylic panel varnish	6	10-12	2-3	20	326,4
Maxima Ultra Woodcare	8	5-10	2	23	394
Hartwachs-Öl Farbig	6	9	2	5-35	670

Аналізуючи дані з таблиці, було виявлено що всі лакофарбові матеріали трохи схожі один до одного за всіма характеристикам окрім ціни.

2.2 Прийняття проектних рішень

Метод розстановки пріоритетів базується на порівнянні об'єктів, які конкурують між собою. Спочатку це порівняння здійснюється якісно, визначаючи, як один об'єкт відноситься до іншого у певних аспектах або за певними характеристиками. Потім ці якісні порівняння перетворюються на кількісні оцінки, використовуючи конкретні значення показників або, в разі відсутності таких значень, експертні оцінки. Ці порівняння представляються у вигляді матриці, що дозволяє обчислити кількісні пріоритети для конкуруючих об'єктів за кожною окремою властивістю та за загальними показниками [27-31].

Серед розмаїття методів прогнозування слід виокремити поміж них методи експертних оцінок. Незважаючи на те, що методи експертних оцінок виникли ще в епоху античності, бурхливого розвитку вони набули лише в останні десятиріччя, що зумовлено, насамперед, посиленням інноваційного розвитку і зростанням в результаті цього ступеня невизначеності із-за відсутності необхідної інформації. Експертні оцінки у теперішній час є найбільш розповсюдженим способом отримання і аналізу якісної інформації. Загальновідомим лідером західного світу у прогнозних розробках, у тому числі експертних оцінок, виступають США. Слід зазначити, що значний вклад у розвиток теорії і практики експертних оцінок внесли С. М. Ямпольський, українські Г. М. Добров, вчені: В. М. Глушков, М. В. Михалевич, Ф. М. Хилюк, В. М. Геєць, Г. М. Гнатієнко та ін. Н. З. Шор [27-31].

Метод експертних оцінок застосовується для обґрунтування вибору перспективних видів продукції, технологій, обладнання, основних та допоміжних матеріалів та інших аспектів у процесі прийняття рішень. Цей метод часто включає участь експертів, які надають свої оцінки [27].

З розглянутих в попередньому розділі матеріалів для порівняння та визначення пріоритету вибрано по 5 ключових усереднених характеристик для кожного із 5 матеріалів, як вказано в табл. 2.2.

Таблиця 2.2.

Основні характеристики обраних матеріалів

Назви	Характеристики				
	Час висихання год	Витрата на м ² л одного шару	Кількість шарів для якісного покриття ш	Температура для висихання °С	Ціна на 1 л. грн
Maxima acrylic panel varnish	6	10	2,5	20	326,4
Maxima Ultra Woodcare	8	7,5	2	23	394
Hartwachs-Ol Farbig	6	9	2	25	670

Під час оцінки та якісного порівняння п'яти різних лакофарбових матеріалів, були створені квадратні матриці бінарних відношень розміром 5x5. У цих матрицях "m" представляє характеристики матеріалів, "n" - види матеріалів, отже, розмірність матриці - 5x5. У цих матрицях взаємовідносини між характеристиками та видами матеріалів виражаються математичними символами: "більше" - як ">", "дорівнює" - як "=", "менше" - як "<" [27].

Відповідно було створено 5 матриць. Після цього проводиться порівняння показників за їх пріоритетністю під час оцінки характеристик. Для цього порівняння створено ще одну квадратну матрицю розміром m x n [27].

Для визначення кількісної оцінки для кожного показника спочатку визначено, яке значення є найкращим серед об'єктів, і наскільки це значення відрізняється від найгіршого об'єкта за допомогою використання формули (2.8) [27]:

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

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

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

Для оптимізації технологічного процесу виготовлення дверей, підприємству важливо обрати матеріал з мінімальним часом висихання, щоб забезпечити швидкий виробництво дверей та збільшити продуктивність виробництва.

Для обчислення кількісних оцінок, враховуючи наявну інформацію, можна використовувати числові оцінки, надані експертами для кожної характеристики. Значення K_j обчислюються за вищезазначеною формулою (2.1), що дозволяє визначити різницю між найкращим та найгіршим показником.

$$K_j = \frac{8}{6} = 1,33$$

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

$$\omega_j = \left(\frac{1,33 - 1}{1,33 + 1} + \sqrt{\frac{0,05}{3}} \right) = 0,24$$

Цей метод дозволяє нам розрахувати значення коефіцієнтів K_j та ω_j , використовуючи дані з табл. (2.4 - 2.7) та формули (2.1) і (2.2).

Таблиця 2.4

Матриця порівняння матеріалів за витрата m^2/l одного шару

		Y1	Y2	Y3	K	W
		10,00	7,50	9,00		
Y1	10,00	=	>	>	1,73	0,37
Y2	7,50	>	=	<		
Y3	9,00	<	>	=		

Для виробників і споживачів є важливим знати витрату матеріалу на певну площу одного шару, для того щоб зрозуміти скільки матеріалу необхідно буде витратити для виготовлення одного виробу. Для виробників знання витрат на один шар дозволяє розробити більш ефективний технологічний процес для підвищення продуктивності виробництва.

Таблиця 2.5

Матриця порівняння матеріалів за кількістю шарів для якісного покриття

		Y1	Y2	Y3	К	W
		2,50	2,00	2,00		
Y1	2,50	=	>	>	1,67	0,35
Y2	2,00	<	=	=		
Y3	2,00	<	=	=		

Одним із основних показників для вибору матеріалу для облицювання меблів є кількість шарів для якісного покриття, цей показник може допомогти споживачу ефективно використовувати матеріал, запобігаючи зайвому споживанню і зменшуючи витрати лакофарбового матеріалу.

Таблиця 2.6

Матриця порівняння матеріалів за температурою для висихання

		Y1	Y2	Y3	К	W
		19,00	20,00	20,00		
Y1	19,00	=	<	<	1,25	0,21
Y2	20,00	>	=	=		
Y3	20,00	>	=	=		

Вибір лакофарбового матеріалу для оздоблення меблів визначається температурним режимом, необхідним для якісного висихання лаку на поверхні меблів. Знання цього режиму дозволяє споживачу впливати на умови висихання, щоб забезпечити високу якість покриття та уникнути можливих проблем. У випадках, коли споживач не може контролювати температурні умови висихання, він може вибрати лакофарбовий матеріал, який підходить до температурного режиму навколишнього середовища.

Таблиця 2.7

Матриця порівняння матеріалів за ціною

		Y1	Y2	Y3	K	W
		670,00	394,00	326,40		
Y1	670,00	=	>	>	2,05	0,44
Y2	394,00	<	=	>		
Y3	326,40	<	<	=		

Однією з не менш важливим показником є ціна за якою можна купити лакофарбовий матеріал. Тим самим було задано пріоритет більш дешевому матеріалом.

Для визначення пріоритетів кожного матеріалу за кожною характеристикою P_{ij} і пріоритету самого показника P_j , впроваджується поняття потужності критерію L -го порядку $P(L)$. Це обчислюється для кожного матеріалу відповідно до відповідних формул (2.5-2.11) [27]

Перша ітерація:

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

$$\sum P_i(1) = 1 + 1,24 + 1 = 3,24$$

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

$$\sum P_j(1) = 3,24 + 2,52 + 3,24 = 9$$

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

$$P_{ij}(1) = \frac{3,24}{9} = 0,36$$

$$P_j(1) = 0,36 + 0,28 + 0,36 = 1,00$$

Друга ітерація:

$$P_2 = 1 * 3,24 + 1,24 * 2,52 + 1 * 3,24 = 9,6$$

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

$$\sum P_j (2) = 9,6 + 7,44 + 9,6 = 26,65$$

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

$$P_{ij}(1) = \frac{9,6}{26,65} = 0,36$$

$$P_{ij}(2) = 0,36 + 0,28 + 0,36 = 1,00$$

Третя ітерація:

$$P_3 = 1 * 9,6 + 1,24 * 7,44 + 1 * 9,6 = 28,44$$

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

$$\sum P_j (3) = 28,44 + 22,04 + 28,44 = 78,93$$

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

$$P_{ij}(3) = \frac{28,44}{78,93} = 0,36$$

$$P_{ij}(3) = 0,36 + 0,28 + 0,36 = 1,00$$

Результати розрахунків занесено в табл. 2.8.

За допомогою цього методу розраховано та заповнено табл. 2. 8- 2. 12

Таблиця 2. 8

Матриця суміжності для порівняння за часом висихання

		Y1	Y2	Y3	К	W	Pi 1	Pi 1*	Pi 2	Pi 2*	Pi 3	Pi 3*
		6,00	8,00	6,00								
Y1	6,00	1,00	1,24	1,00	1,33	0,24	3,24	0,36	9,60	0,36	28,44	0,36
Y2	8,00	0,76	1,00	0,76			2,52	0,28	7,44	0,28	22,04	0,28
Y3	6,00	1,00	1,24	1,00			3,24	0,36	9,60	0,36	28,44	0,36
						$\Sigma=$	9,00	1,00	26,65	1,00	78,93	1,00

Таблиця 2. 9

Матриця суміжності для порівняння за витрата на м²/л одного шару

		Y1	Y2	Y3	К	W	Pi 1	Pi 1*	Pi 2	Pi 2*	Pi 3	Pi 3*
		10,00	7,50	9,00								
Y1	10,00	1,00	0,63	0,63	1,33	0,24	2,26	0,25	6,51	0,25	18,73	0,25
Y2	7,50	1,37	1,00	1,37			3,74	0,42	10,95	0,42	31,44	0,42
Y3	9,00	1,37	0,63	1,00			3,00	0,33	8,45	0,33	24,26	0,33
						$\Sigma=$	9,00	1,00	25,90	1,00	74,43	1,00

Таблиця 2. 10

Матриця суміжності для порівняння за кількість шарів для якісного покриття

		Y1	Y2	Y3	К	W	Pi 1	Pi 1*	Pi 2	Pi 2*	Pi 3	Pi 3*
		2,50	2,00	2,00								
Y1	2,50	1,00	0,65	0,65	1,25	0,21	2,30	0,26	6,66	0,25	19,40	0,25
Y2	2,00	1,35	1,00	1,00			3,35	0,37	9,81	0,37	28,59	0,37
Y3	2,00	1,35	1,00	1,00			3,35	0,37	9,81	0,37	28,59	0,37
						$\Sigma=$	9,00	1,00	26,27	1,00	76,59	1,00

Таблиця 2. 11

Матриця суміжності для порівняння за температура для висихання

		Y1	Y2	Y3	К	W	Pi 1	Pi 1*	Pi 2	Pi 2*	Pi 3	Pi 3*
		19,00	20,00	20,00								
Y1	19,00	1,00	1,21	1,21	1,05	0,13	3,42	0,38	10,17	0,38	30,21	0,38
Y2	20,00	0,79	1,00	1,00			2,79	0,31	8,28	0,31	24,60	0,31
Y3	20,00	0,79	1,00	1,00			2,79	0,31	8,28	0,31	24,60	0,31
						$\Sigma=$	9,00	1,00	26,74	1,00	79,41	1,00

Таблиця 2. 12

Матриця суміжності для порівняння за ціною за 1л

		Y1	Y2	Y3	K	W	Pi 1	Pi 1*	Pi 2	Pi 2*	Pi 3	Pi 3*
		670,00	394,00	326,40								
Y1	670,00	1,00	0,56	0,56	2,05	0,44	2,12	0,24	5,97	0,23	16,88	0,24
Y2	394,00	1,44	1,00	0,56			3,00	0,33	8,23	0,32	23,13	0,32
Y3	326,40	1,44	1,44	1,00			3,88	0,43	11,25	0,44	31,70	0,44
						$\Sigma=$	9,00	1,00	25,45	1,00	71,71	1,00

Таблиця 2.13

Результат експертної оцінки пріоритетів показників

Кількість експертів	Час висихання год			Витрата на м ² /л одного шару			Кількість шарів для якісного покриття ш			Температура для висихання °С			Ціна на 1л. 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	0,00	0,00	2	0,00	0,00	1	0,86	0,73	3	-0,29	0,08
2	3	-0,86	0,73	2	0,00	0,00	2	0,00	0,00	1	0,86	0,73	2	0,71	0,51
3	3	-0,86	0,73	2	0,00	0,00	2	0,00	0,00	1	0,86	0,73	3	-0,29	0,08
4	3	-0,86	0,73	2	0,00	0,00	2	0,00	0,00	3	-1,14	1,31	2	0,71	0,51
5	1	1,14	1,31	1	1,00	1,00	2	0,00	0,00	2	-0,14	0,02	3	-0,29	0,08
6	3	-0,86	0,73	3	-1,00	1,00	1	1,00	1,00	2	-0,14	0,02	3	-0,29	0,08
7	1	1,14	1,31	2	0,00	0,00	3	-1,00	1,00	3	-1,14	1,31	3	-0,29	0,08
Середнє значення балу	2,14			2,00			2,00			1,86			2,71		
Середнє квадратичне відхилення	0,98			0,41			0,58			0,77			0,38		

Коефіцієнт варіації /100%	0,46	0,2	0,29	0,41	0,14
	$K_{\text{експ.1}} = 0,54$	$K_{\text{експ.2}} = 0,8$	$K_{\text{експ.3}} = 0,71$	$K_{\text{експ.4}} = 0,59$	$K_{\text{експ.5}} = 0,86$
Загальний коефіцієнт погодження експериментів	$K_{\text{експ}} = 0,7$				

розраховуємо по кожному ряду відповідей за формулами (2.1-2.2) [27]:

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

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

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

m – кількість експертів.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{1 + 3 + 3 + 3 + 1 + 3 + 1}{7} = 2,14$$

$$S_{ij} = \pm \sqrt{\frac{1.31 + 0.73 + 0.73 + 0.73 + 1.31 + 0.73 + 1.31}{7 - 1}} = 0.98$$

Далі розраховуємо коефіцієнт варіації V_{ij} за формулою (2.3) [27]:

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

$$V_{ij} = \frac{0.98}{2.14} \cdot 100\% = 0,46$$

Загальний коефіцієнт погодження експертів визначаємо за формулами (2.6-2.7) [27]:

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

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

де: n – кількість характеристик в анкеті;

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

$$K_{Eij} = 1 - \frac{0.98}{2.14} = 0,54$$

$$K_E = \frac{0.54 + 0.8 + 0.71 + 0.59 + 0.86}{5} = 0,7$$

Якщо $0,5 \leq K_E \leq 1$, то думка експертів погоджена [27].

Складено квадратну матрицю бінарних відношень (табл. 2.13).

Таблиця 2.14

Матриця бінарних відношень

		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	W
		2,14	2	2	1,86	2,71		
Y1	2,14	=	>	>	>	<	1,46	0,29
Y2	2	<	=	=	>	<		
Y3	2	<	=	=	>	<		
Y4	1,86	<	<	<	=	<		
Y5	2,71	>	>	>	>	=		

Співвідношення між об'єктами виражені математичними символами "більше" (>), "дорівнює" (=) та "менше" (<).

Визначаємо, у скільки разів найкращий об'єкт відрізняється від найгіршого, використовуючи формулу (2.1):

$$K_j = \frac{2,71}{1,86} = 1.46$$

Далі знаходимо коефіцієнт ω_j , за формулою (2.2):

$$\omega_j = \left(\frac{1.46 - 1}{1.46 + 1} + \sqrt{\frac{0,05}{5}} \right) = 0,29$$

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

Ми замінюємо математичні символи "більше" (>), "дорівнює" (=) та "менше" (<) відповідними значеннями α_{ij} . Після цього створюємо матрицю суміжності для порівняння показників у табл. 2.15.

Таблиця 2.15

Матриця суміжності для порівняння показників, що характеризують матеріали

		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Pi 1	Pi 1*	Pi 2	Pi 2*
		2,14	2	2	1,86	2,71				
Y1	2,14	1,00	0,71	0,71	0,71	1,29	4,42	0,18	21,26	0,17
Y2	2,00	1,29	1,00	1,00	0,71	1,29	5,29	0,21	25,61	0,21
Y3	2,00	1,29	1,00	1,00	0,71	1,29	5,29	0,21	25,61	0,21
Y4	1,86	1,29	1,29	1,29	1,00	1,29	6,16	0,25	30,46	0,25
Y5	2,71	0,71	0,71	0,71	0,71	1,00	3,84	0,15	18,86	0,15
						$\Sigma=$	25,00	1,00	121,80	1,00

Розрахунок проводимо як і в попередніх подібних таблицях за формулами (2.6 - 2.12).

На основі попередніх результатів побудовано загальну матрицю для обчислення комплексного пріоритету матеріалу (табл. 2.16).

Таблиця 2.16

Підсумкова матриця

Лакофарбові матеріали	Пріоритет лакофарбового матеріалу по одиничних показниках					Пріоритет показника		Комплексний пріоритет верстату
	1	2	3	4	5	номер	значення	
Maxima acrylic panel varnish	0,22	0,17	0,16	0,20	0,13	1	0,21	0,18
Maxima Ultra Woodcare	0,16	0,27	0,21	0,18	0,23	2	0,26	0,21
Hartwachs-Ol Farbig	0,22	0,23	0,21	0,18	0,28	3	0,15	0,22

З таблиці ми можемо зрозуміти що максимальний пріоритет має лак «Lignofix E-Profi» який буде прийнятий в технологічний процес виготовлення виробів з деревини.

2.3 Рішення багатокритеріальної задачі методом аналізу ієрархій

Метод аналізу ієрархій (МАІ), розроблений американським ученим Томасом Сааті в 70-80 роках минулого століття, призначений для виконання порівняльного аналізу та ранжування об'єктів з різними наборами критеріїв і показників, які можуть бути як кількісними, так і якісними [27].

Метод аналізу ієрархій (МАІ) представляє собою математичний інструмент, призначений для вирішення складних проблем у процесі прийняття рішень з системним підходом. Він не націлюється на встановлення єдиного "правильного" рішення, а надає можливість знайти альтернативу, яка найкраще відповідає розумінню суті проблеми та вимогам до її вирішення через взаємодію та обговорення [27].

Для вирішення завдання необхідні наступні дані:

Мета: вибір кращого матеріалу.

Кількість альтернатив – 3.

Кількість критеріїв – 5.

Завдання вирішується шляхом створення матриці парних порівнянь (МПП), яка заповнюється за допомогою шкали Сааті (табл. 2.15) [27].

У процесі вибору найкращого матеріалу, була створена та заповнена матриця парних порівнянь (МПП) (табл. 3.1) критеріїв щодо досягнення поставленої мети. Ця процедура базується на особистому аналізі впливу характеристик на досягнення конкретних цілей.

Позначено альтернативи та критерії скороченими назвами:

№	Критерії
Кр1	Час висихання
Кр2	Витрата матеріалу м ² /л одного шару
Кр3	Кількість шарів для якісного покриття ш
Кр4	Температура для висихання °С
Кр5	Ціна на 1л грн.

№	Альтернативи
A1	Maxima acrylic panel varnish
A2	Maxima Ultra Woodcare
A3	Hartwachs-01 Farbbig

Розраховуємо значення середнього геометричного значення елементів матриці за формулою (2.19) [27]:

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

де: i – номер рядка матриці;

s – кількість елементів в i -му рядку матриці;

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

$$G_i = (1 + 0,875 + 1,4)^{\frac{1}{3}} = 1,07$$

Далі обчислюємо значення ЛПр для першого рядка за формулою (2.20) [27]:

$$\text{ЛПр}_1 = \frac{[(w1/w1) \cdot (w2/w2) \cdot \dots \cdot (wn/wn)]^{\frac{1}{s}}}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)}, \quad (2.18)$$

$$\text{ЛПр}_1 = \frac{(1 + 0,875 + 1,4)^{\frac{1}{3}}}{(1,07 + 0,894 + 0,764 + 0,611 + 0,459)} = 0,282$$

Розрахунок ЛПр для інших рядків виконується аналогічним чином.

Далі проводиться перевірка ступеня однозначності та узгодженості експертних оцінок, тобто чисел у матрицях парних порівнянь. Для здійснення цього контролю використовуються дві ключові характеристики - індекс узгодженості (CI) і відношення узгодженості (CR), які обчислюються за допомогою формул (2.23-2.24) [27].

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (2.19)$$

$$CR = \frac{CI}{P_n}, \quad (2.20)$$

де: n – розмір матриці;

P_n – індекс узгодженості (табл. 2.17) [27] 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} [27].

$$L_{am} = (1 + 0,875 + 1,4) * 0,282 + (1,143 + 1 + 0,625) * 0,235 + (0,714 + 0,625 + 1) * 0,201 + (0,571 + 0,5 + 0,8) * 0,161 + (0,429 + 0,375 + 0,6) * 0,121 = 2,515 \quad (3.5)$$

$$CI = \frac{2,515 - 3}{3 - 1} = -0,242$$

$$CR = \frac{0,242}{1,12} = -0,216$$

Результати розрахунків занесено в табл. 3.1.

За допомогою цього методу розраховано та заповнено табл. 2.3.1– 2.3.5

Таблиця 2.16

Матриця МПП критеріїв відносно мети

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	G (середнє геометричне)	ЛПр (локальний пріоритет)
Кр1	Час висихання	1,000	0,875	1,400	1,070	0,212
Кр2	Витрата матеріалу м ² /л одного шару	1,143	1,000	0,625	0,894	0,177
Кр3	Кількість шарів для якісного покриття ш	0,714	0,625	1,000	0,764	0,151
Кр4	Температура для висихання °С	0,571	0,500	0,800	0,611	0,121
Кр5	Ціна на 1л грн.	0,429	0,375	0,600	0,459	0,091
					3,798	0,752

Показники: N=3; Lam=2,515; CI=-0,162; CR=-0,144

Найбільше значення ЛПр=0,212

Таблиця 2.17

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «Часом висихання»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G (середнє геометричне)	ЛПр (локальний пріоритет)
A1	Maxima acrylic panel varnish	1,000	1,667	1,000	1,250	1,000	1,158	0,229
A2	Maxima Ultra Woodcare	0,600	1,000	1,667	0,750	0,600	0,852	0,169
A3	Hartwachs-Ol Farbig	1,000	1,667	1,000	1,250	1,000	1,158	0,229
						Сума	3,169	0,627

Показники: $N=5$; $Lam=3,492$; $CI=-0,302$; $CR=-0,269$

Найбільше значення $ЛПр=0,229$

Таблиця 2.18

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «Витрата матеріалу
м²/л одного шару»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G (середнє геометричне)	ЛПр (локальний пріоритет)
A1	Maxima acrylic panel varnish	1,000	0,857	1,000	1,500	1,200	1,091	0,216
A2	Maxima Ultra Woodcare	1,167	1,000	0,857	1,750	1,400	1,196	0,237
A3	Hartwachs- Ol Farbig	1,000	0,857	1,000	1,500	1,200	1,091	0,216
						Сума	3,377	0,669

Показники: $N=5$; $Lam=3,861$; $CI=-0,288$; $CR=-0,203$

Найбільше значення $ЛПр=0,237$

Таблиця 2.19

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «Кількість шарів для
якісного покриття »

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G (середнє геометричне)	ЛПр (локальний пріоритет)
A1	Maxima acrylic panel varnish	1,000	0,833	0,833	0,714	1,000	0,869	0,172
A2	Maxima Ultra Woodcare	1,200	1,000	1,000	0,857	1,200	1,043	0,206
A3	Hartwachs- Ol Farbig	1,200	1,000	1,000	0,857	1,200	1,043	0,206
						Сума	2,955	0,585

Показники: N=5; Lam=2,924; CI=-0,415; CR=0,-0,371

Найбільше значення ЛПр=0,241

Таблиця 2.20

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «Температура для висихання»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G (середнє геометричне)	ЛПр (локальний пріоритет)
A1	Maxima acrylic panel varnish	1,000	1,750	1,750	1,400	1,167	1,380	0,273
A2	Maxima Ultra Woodcare	0,571	1,000	1,000	0,800	0,667	0,788	0,156
A3	Hartwachs-Ol Farbig	0,571	1,000	1,000	0,800	0,667	0,788	0,156
						Сума	2,957	0,585

Показники: N=5; Lam=3,191; CI=-0,362; CR=-0,323

Найбільше значення ЛПр=0,273

Таблиця 2.21

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «Ціна»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G (середнє геометричне)	ЛПр (локальний пріоритет)
A1	Maxima acrylic panel varnish	1,000	0,571	0,500	0,800	0,667	0,686	0,136
A2	Maxima Ultra Woodcare	1,750	1,000	1,143	1,400	1,167	1,267	0,251
A3	Hartwachs-Ol Farbig	2,000	1,143	1,000	1,600	1,333	1,373	0,272
						Сума	3,326	0,658

Показники: $N=5$; $Lam=4,024$; $CI=-0,195$; $CR=-0,174$

Найбільше значення $ЛПр=0,272$

Побудовано матрицю пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв [27] (табл. 2.3.7).

Таблиця 2.22

Матриця пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв

	Назва	ПрКр	A1 Maxima acrylic panel varnish	A2 Maxima Ultra Woodcare	A3 Hartwachs- Ol Farbig
Кр1	Час висихання	0,282	0,229	0,169	0,229
Кр2	Витрата матеріалу м ² /л одного шару	0,235	0,216	0,237	0,216
Кр3	Кількість шарів для якісного покриття ш	0,201	0,172	0,206	0,206
Кр4	Температура для висихання °С	0,161	0,273	0,156	0,156
Кр5	Ціна на 1л грн.	0,121	0,136	0,251	0,272

Далі проводиться розрахунок глобального пріоритету (ГлПр). Цей розрахунок виконується наступним чином: Значення глобального пріоритету для рядка А1 визначається шляхом сумування добутків значень стовпця "ПрКр" (табл. 2.3.7) на відповідні значення у стовпці "А1". Аналогічні обчислення виконуються для всіх інших рядків [27].

$$ГлПр_1 = (0,273 * 0,229) + (0,259 * 0,216) + (0,195 * 0,172) = 0,211$$

Отримані дані заносимо у табл. 3.8 глобальні пріоритети альтернатив

Таблиця 2.23

Глобальні пріоритети альтернатив

	Назва	ГлПр
1	Maxima acrylic panel varnish	0,211
2	Maxima Ultra Woodcare	0,201
3	Hartwachs-Oil Farbig	0,215

На основі проведених розрахунків та рішення багатокритеріальної задачі методом аналізу ієрархій можна встановити, що лакофарбовий матеріал Hartwachs-Ol Farbig має найвищий глобальний пріоритет, який складає 0,215, і, отже, він є найкращою альтернативою для досягнення цілі.

РОЗДІЛ 3 НАПРЯМИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика дослідження адгезії

Стандарт ДСТУ ISO 2409 визначає методику оцінки адгезії лакофарбових покриттів до основи, що є важливим показником їх якості та довговічності. Адгезія — це здатність покриття утримувати зв'язок з підкладкою, що впливає на експлуатаційні характеристики покриття. Стандарт надає чіткі інструкції щодо проведення випробувань, які можуть бути застосовані до різних типів поверхонь [32].

Тест за стандартом ДСТУ ISO 2409 полягає у застосуванні решітчастого надрізування. Спочатку на поверхню покриття наноситься сітка з вертикальних і горизонтальних надрізів. Потім на цю ділянку приклеюється спеціальна стрічка, і визначається кількість клітин, які залишаються приклеєними до покриття після відриву стрічки, за допомогою механічного зусилля. Оцінка проводиться за шкалою від "0" (відсутність відшарування) до "5" (значне відшарування) [32].

Адгезія лакофарбових покриттів є критично важливою для їхньої ефективності. Недостатнє зчеплення може призвести до відшарування, утворення тріщин чи інших пошкоджень, що знижують функціональні властивості покриття. Використання стандарту ДСТУ ISO 2409 дозволяє не тільки оцінити якість покриття, але й передбачити його довговічність під час експлуатації, що робить цей стандарт важливим для виробників і споживачів лакофарбових матеріалів [32].

Застосування ДСТУ ISO 2409 для оцінки адгезії покриттів забезпечує системний підхід до контролю якості, що дає можливість виробникам гарантувати відповідність продукції вимогам і підвищувати її конкурентоспроможність на ринку.

3.2. Методика дослідження хімічної стійкості

Хімічна стійкість лакофарбових покриттів — це ключова характеристика, яка визначає їхню здатність витримувати вплив агресивних речовин, таких як розчинники, кислоти або луги, що безпосередньо впливає на довговічність і ефективність покриття. Один із найпоширеніших методів оцінки хімічної стійкості — крапельне тестування, яке дає змогу перевірити, як покриття реагує на контакт з різними хімічними речовинами.

Процедура крапельного тестування, згідно з міжнародними стандартами ISO 2812-1 і ISO 2812-4, полягає у наступних етапах [33]:

1. Нанесення крапель хімічного реагенту: На поверхню покриття наносяться кілька крапель хімічного реагенту в конкретних точках. Це може бути, наприклад, розчинник, кислота або луг. Кількість і тип реагентів вибираються залежно від типу покриття та умов експлуатації.
2. Витримка: Після нанесення крапель покриття витримується під впливом реагентів протягом певного часу. Час впливу може варіюватися від кількох хвилин до кількох годин, залежно від вимог до стійкості покриття.
3. Аналіз після витримки: По завершенню тесту краплі змиваються, і стан покриття ретельно аналізується. Перевіряються наявність пошкоджень, таких як зміна кольору, утворення пухирців, тріщин або знебарвлення.
4. Оцінка результатів: За допомогою критеріїв, наведених у стандарті ISO 2812-1, оцінюється хімічна стійкість покриття. Залежно від результатів тесту присвоюється відповідний рейтинг, який вказує на здатність покриття витримувати контакт з конкретними хімічними речовинами.

Метод крапельного тестування є ефективним способом для визначення стійкості лакофарбових покриттів до агресивних хімічних агентів. Він допомагає гарантувати, що покриття буде надійно захищати матеріали, зберігаючи свою цілісність і функціональність протягом тривалого часу навіть в умовах високого хімічного навантаження. Вибір покриття з високою

хімічною стійкістю забезпечує більшу надійність матеріалів і продовжує термін їх експлуатації [33].

3.3. Методика візуального порівняння кольору лакофарбових покриттів

Міжнародний стандарт ISO 3668, який є аналогом ASTM D1729, визначає параметри для візуальної оцінки кольору лакофарбових покриттів. Цей стандарт надає чіткі рекомендації щодо освітлення (зокрема, використання світла типу D65, що наближається до природного денного світла), кута огляду та відстані спостереження [34-35]. Крім того, ISO 3668 містить вказівки щодо запобігання спотворенню кольору через відблиски або надмірне розсіяння світла, що гарантує точність і надійність візуальної оцінки кольору покриття .

Дотримання таких стандартів, як ASTM D523, ASTM D1729 та ISO 3668, дозволяє проводити візуальний аналіз кольору та блиску покриттів в умовах, що відповідають встановленим вимогам. Це знижує ймовірність помилок та забезпечує більш точні й об'єктивні результати, що важливо для контролю якості продукції. Стандарти дають змогу виконувати оцінку покриттів за визначеними параметрами, такими як колір, блиск і наявність дефектів, що виникають під час виробництва чи експлуатації покриттів [34-35].

Ці методи особливо корисні для візуального контролю якості лакофарбових покриттів на деревині, оскільки дерево має свою природну текстуру та колір, які можуть впливати на сприйняття кінцевого результату. Застосування зазначених стандартів дає змогу забезпечити високу точність оцінки кольору та якості покриття, що, в свою чергу, сприяє підвищенню стандартів виробництва та задоволеності споживачів. Тому ці методи широко використовуються у виробничому процесі для забезпечення стабільності кольору, блиску та загальної естетики покриттів, що особливо важливо для високоякісних декоративних та функціональних покриттів.

В загальному є багато різновидів проведення досліджень з різних характеристик лакофарбових матеріалів, які забезпечують повну інформацію про використання, ця інформація є основною при виборі лакофарбового матеріалу для різних середовищ використання. Було розглянуто тільки три метода визначення характеристик лакофарбового покриття, які підходять для визначення основних характеристик покриття.

РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ

4.1 Характеристика вихідних матеріалів

Дослідження стійкості лакофарбових покриттів до УФ-випромінювання проводили на підприємстві ФОП «Цвінціцький», яке виготовляє столярні вироби на замовлення. Оскільки велику частку цих виробів становлять вхідні двері, які піддаються дії УФ-випромінювання, дії вологи та інших атмосферних чинників, застосування лакофарбових матеріалів з максимальним захистом деревини, є актуальним (рис.4.1).



Рис. 4.1. Реалізовані двері ФОП «Цвінціцький»

У рамках цього дослідження використовувалися три різні види лакофарбових матеріалів: лак Maxima acrylic panel varnish лак Maxima Ultra Woodcare та лак Hartwachs-01 Farbig. Кожен тип покриття був нанесений на сім зразків. Зразки були обрані таким чином, щоб забезпечити репрезентативність та можливість порівняння між різними видами лаків. Всі зразки були розташовані на відкритому балконі, що дозволило їм піддаватися

реальним погодним умовам, таким як сонячне випромінювання, опади, вітрові навантаження та зміни температури.

Для дослідження було вибрано різні породи деревини такі як дуб, ясен, берест, сосна, вільха, груша і клен. Технічна характеристика порід.

Дуб — міцна і важка деревина з високою щільністю ($710-760 \text{ кг/м}^3$) і твердою структурою ($3,7-3,9 \text{ Н/мм}^2$). Дуб використовується для виготовлення меблів, підлоги та кораблебудування через свою довговічність та високу стійкість до гниття [36].

Ясен відомий своїй еластичності та міцності, має щільність $650-750 \text{ кг/м}^3$ та твердість $3,4-4,1 \text{ Н/мм}^2$. Він легко піддається обробці та використовується для виготовлення спортивного інвентарю, меблів і ручок для інструментів [37].

Берест має середню густину ($640-700 \text{ кг/м}^3$) і твердість ($2,9-3,5 \text{ Н/мм}^2$). Відзначається чудовою стійкістю до зносу і часто використовується для підлогових покриттів меблів, токарних виробів [38].

Сосна—легка і м'яка деревина з густиною $500-550 \text{ кг/м}^3$ та твердістю $1,5-2,5 \text{ Н/мм}^2$. Вона є популярним вибором для будівництва, виготовлення меблів та столярних робіт, однак потребує обробки для захисту від шкідників [39].

Вільха має низьку щільність ($490-530 \text{ кг/м}^3$) і твердість ($1,4-1,6 \text{ Н/мм}^2$), але вона добре підходить для токарних робіт і виготовлення меблів. Її легко фарбувати та обробити, що робить її популярною для декоративних виробів [40].

Груша — щільна і тверда деревина з густиною $690-730 \text{ кг/м}^3$ і твердістю $3,6-3,8 \text{ Н/мм}^2$. Використовується для виготовлення меблів, інструментів та декоративних виробів із власною елегантною текстурою та кольором [41].

Клен відомий своєю високою твердістю ($3.2-4.8 \text{ Н/мм}^2$) та міцністю. Має щільність $600-750 \text{ кг/м}^3$. Використовується для створення музичних інструментів, підлогових покриттів та меблів із своєю привабливою текстурою та високою зносостійкістю [42].

Основні показники наведені в табл. 4.1 для кращого розуміння різниці між ними.

Таблиця 4.1

Технічні характеристики деревини

Порода деревини	Густина (кг/м ³)	Твердість за Брінеллем (Н/мм ²)	Природна стійкість
Дуб	710-760	3.7-3.9	Висока
Ясен	650-750	3.4-4.1	Висока
Берест	640-700	2.9-3.5	Середня
Сосна	500-550	1.5-2.5	Низька
Вільха	490-530	1.4-1.6	Низька
Груша	690-730	3.6-3.8	Середня
Клен	600-750	3.2-4.8	Висока

Дослід був закладений 22.03.2024 р. (рис. 4.2.), де на 21 дослідних зразках різних порід як дуб, ясен, берест, вільха, сосна, груша, клен, були нанесені різні лакофарбові матеріали з Уф-захистом це лак Maxima acrylic panel varnish лак Maxima Ultra Woodcare та лак Hartwachs-01 Farbig які в основному використовуються в деревообробці для облицювання виробів що будуть експлуатуватись на відкритому просторі.



Рис. 4.2. Дослідні зразки на початку експерименту

В табл. 4.2 наведено маркування зразків.

Таблиця 4.2

Маркування зразків

Лак	Порода						
	Клен	Сосна	Вільха	Груша	Дуб	Берест	Ясень
Maxima acrylic panel varnish	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1
Maxima Ultra Woodcare	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2
Hartwachs-Öl Farbig	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7

Наступним етапом після нанесення лаку було зроблено заклеювання половини зразка папером і для закріплення бумажки було використано малярну смужку, після цього зразки були розміщені на балкон який був на відкритому просторі і був освітлений сонцем впродовж періоду з 13.00 до 20,00 год., балкон був накритий завдяки цьому було мінімілізовано вплив природного характеру як дощ і пи́л, це дало початок першого етапу дослідження (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Початок дослідження

Щомісяця на протязі всього періоду дослідження здійснювався фотозвіт для документування змін, що відбувалися із зразками. Фотографії дозволяли фіксувати візуальні зміни в покриттях, включаючи зміну кольору, тріщини, лущення та інші ознаки деградації. Такий підхід забезпечив детальне відстеження процесу зношування покриттів під впливом природних умов.

Фотозвіт проводився впродовж шести місяців (рис.4.3), кожного 24 числа.

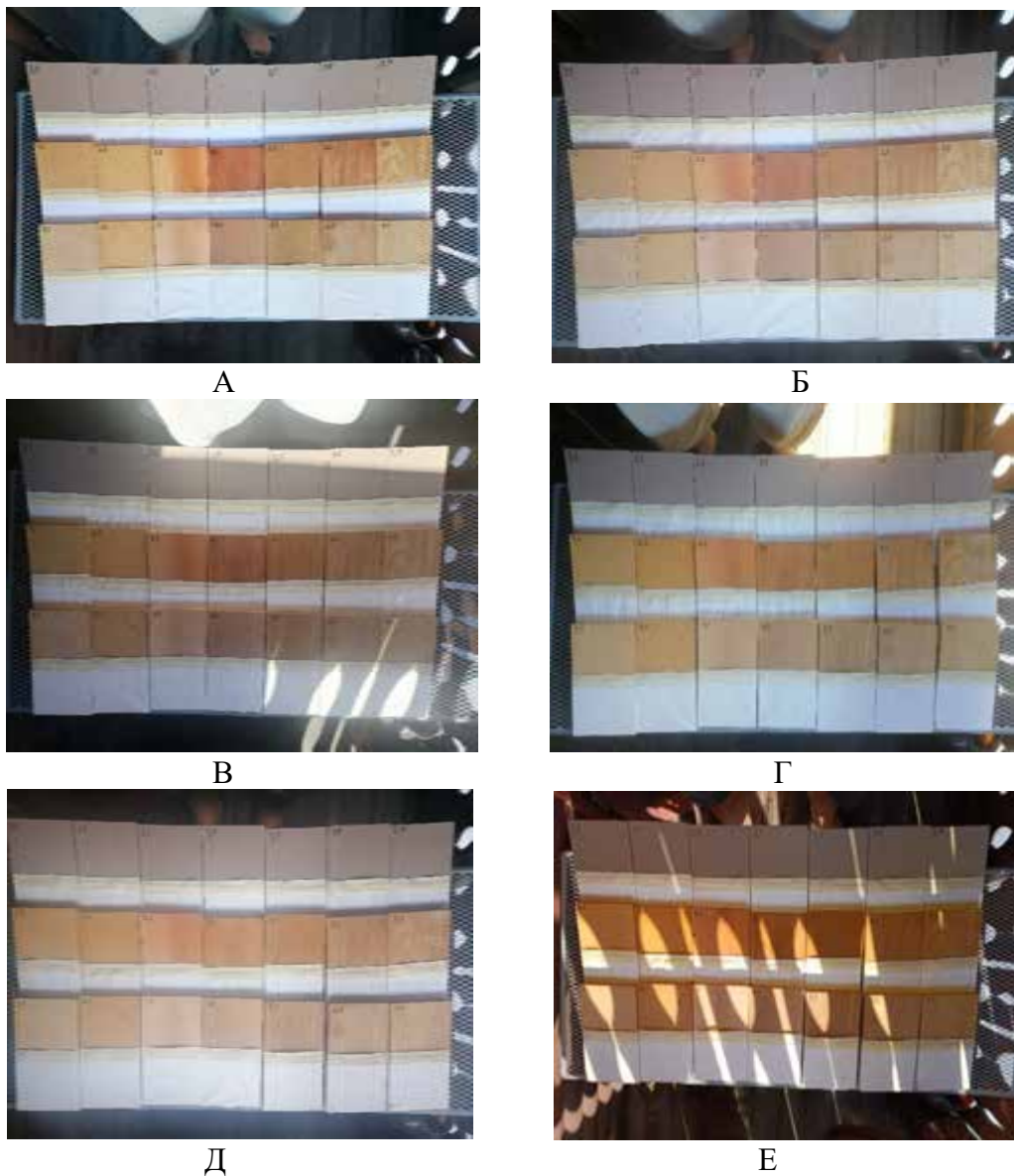


Рис. 4.4. Щомісячний звіт (А-квітень, Б-травень, В-червень, Г-липень, Д-серпень, Е-вересень)

Після закінчення терміну випробування зразків на стійкість до ультрафіолетового випромінювання, зразки були відкриті і оглянуті на предмет змін, що відбулися (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Зразки після випробування на дію УФ-випромінювання

Після повного перегляду всіх зразків можна звернути увагу що зразки по різному змінили свій зовнішній вигляд в основному це знебарвлення частини зразка яка знаходилася на відкритому просторі, найбільш виразною зміною в кольорі є зразок 4.1, 4.2 груша тут видно найбільше знебарвлення зразка і це свідчить що грушу потрібно покривати покриттям що має більший захист від ультрафіолету.

4.2. Результати візуального порівняння кольору лакофарбових покриттів

Для кращого результату необхідно оглянути всі зразки окремо для розуміння найбільш стійких покриттів і зрозуміти яку деревину ми можемо використовувати в зовнішньому середовищі.

При перегляді зразків було сформовано співставлення одної породи один до одного але за різними лаками лак Maxima acrylic panel varnish, лак

Maxima Ultra Woodcare, та лак Hartwachs-Ol Farbig, для кращого виявлення змін на зразках і візуально виявити який лакофарбовий матеріал виявився більш стійкішим до УФ випромінювання.

Першою породою виступає клен (рис. 4.6) де на зразку 1.1 (рис. 4.6. А) було спостережено, що деревина що була під впливом УФ випромінювання змінила свій відтінок на темніший, частина що була прихована під малярною смужкою має трохи світліше забарвлення. На зразку 1.2 (рис. 4.6. Б) на деревині було виявлено що частина яка була під впливом УФ випромінювання змінила у відтінку, на темніший тон матеріалу. І на зразку 3.1 (рис. 4.6. В) не було виявлено видимих змін.

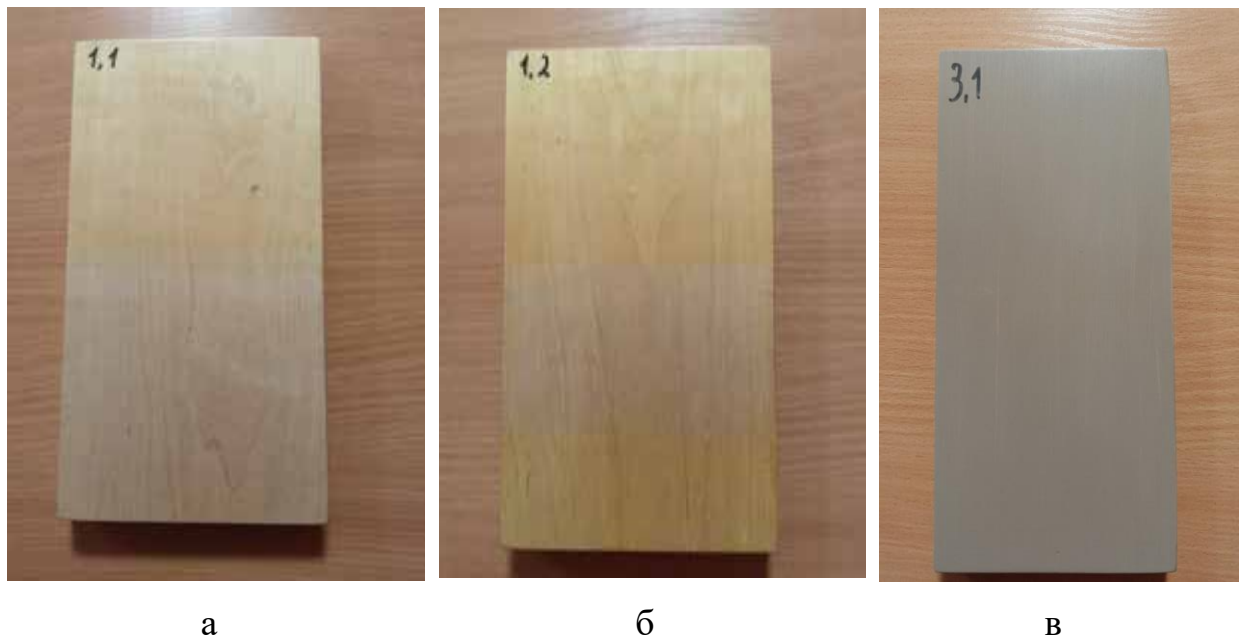


Рис. 4.6. Зразки клену (а - лак Maxima acrylic panel varnish, б -лак Maxima Ultra Woodcare, в -лак Hartwachs-Ol Farbig)

Наступною породою виступає сосна (рис. 4.7) де на зразку 2.1 (рис. 4.7., а) сосни можна спостерігати невеликі зміни в кольорі часткове потемніння частини яка була під впливом УФ випромінювання. На зразку 2.2 (рис. 4.7., б) спостерігається зміна відтінку деревини яка була під впливом УФ випромінювання, на більш темніший відтінок, частина що була нанесена

малярна смужка спостерігається градація кольору. І на зразку 3.2 (рис. 4.7., в) також не було виявлено як і в попередньому зразку видимих змін.

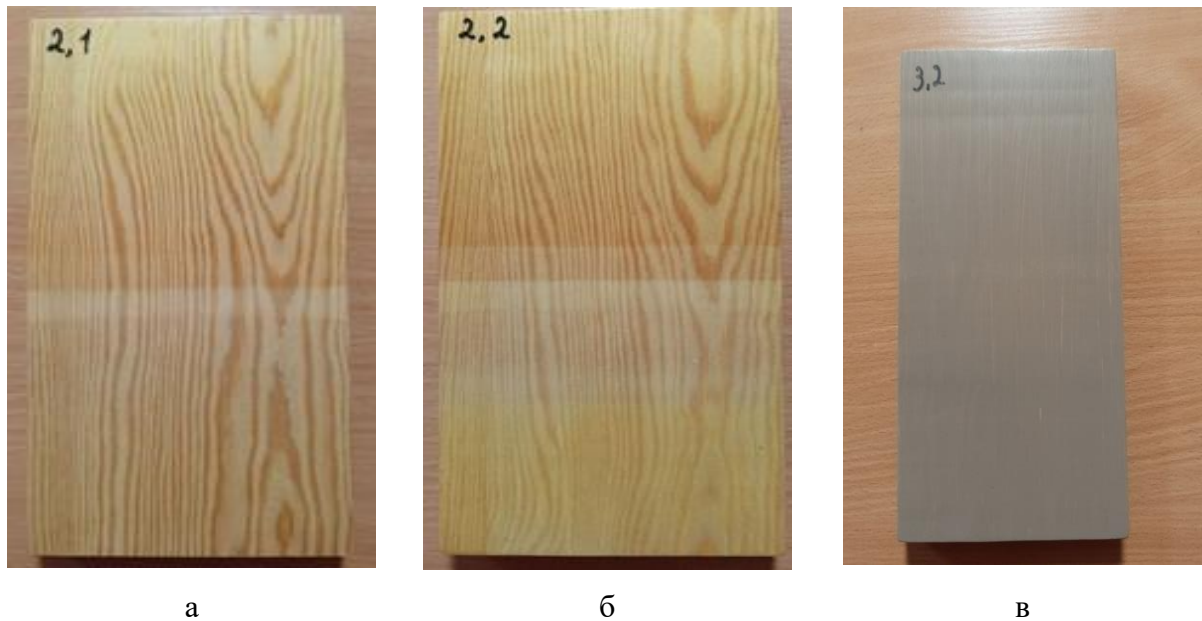


Рис. 4.7. Зразки сосни (а- лак Maxima acrylic panel varnish, б-лак Maxima Ultra Woodcare, в-лак Hartwachs-Ol Farbig)

Третьою породою виступає вільха (рис. 4.8) де на зразку 3.1 (рис. 4.8., а) було виявлено більш виразну зміну кольору матеріалу де на частині яка була під прямим впливом УФ випромінювання, вона трохи втратила колір від початкового, також було виявлено на частині де була нанесена малярна смужка спостерігається градація кольору. На зразку 3.2 (рис. 4.8. б) було виявлено більш виразну зміну кольору матеріалу де на частині яка була під прямим впливом УФ випромінювання, вона трохи втратила колір від початкового, також було виявлено на частині де була нанесена малярна смужка спостерігається градація кольору. Зразок 3.3 (рис. 4.8., в) не було виявлено видимих змін.

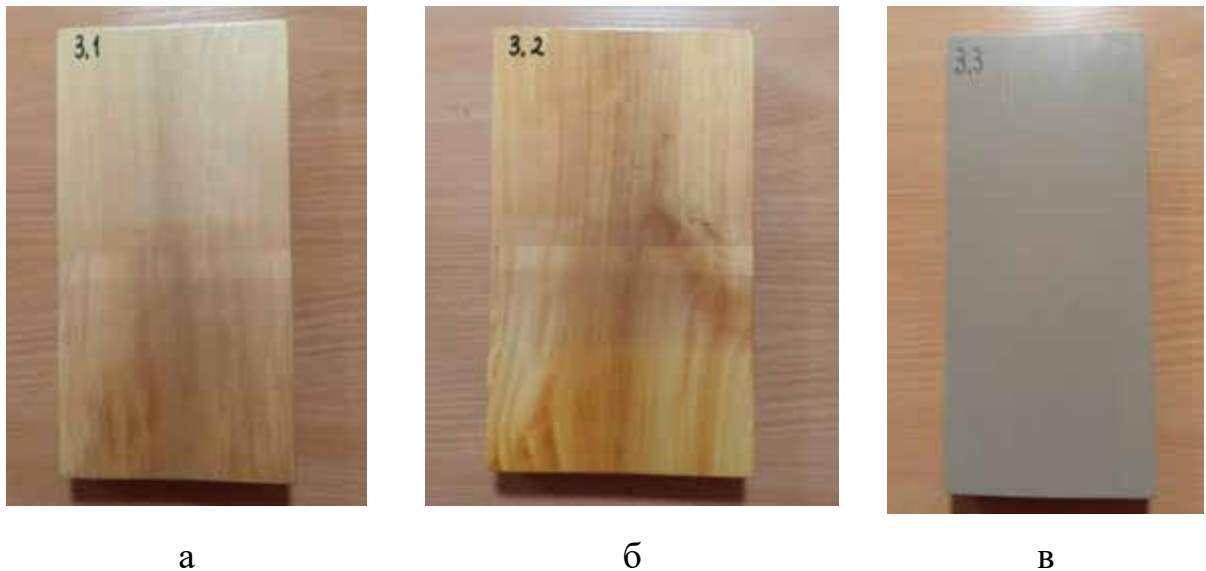


Рис. 4.8. Зразки вільхи (а- лак Maxima acrylic panel varnish, б-лак Maxima Ultra Woodcare, в-лак Hartwachs-Ol Farbig)

Наступною породою виступає груша (рис. 4.9) де на зразку 4.1 (рис. 4.9. а) можна спостерігати найбільш виразне знебарвлення матеріалу порівняно з іншими зразками, тим самим ми можемо спостерігати що на шару де було закріплено малярна смужка, сформувався градація кольору. На зразку 4.2 (рис. 4.9., б) схожий за змінами як на зразку 4.1 маючи однакову зміну характеристик. Зразок 3.4 (рис. 4.9., в) не було виявлено видимих змін.

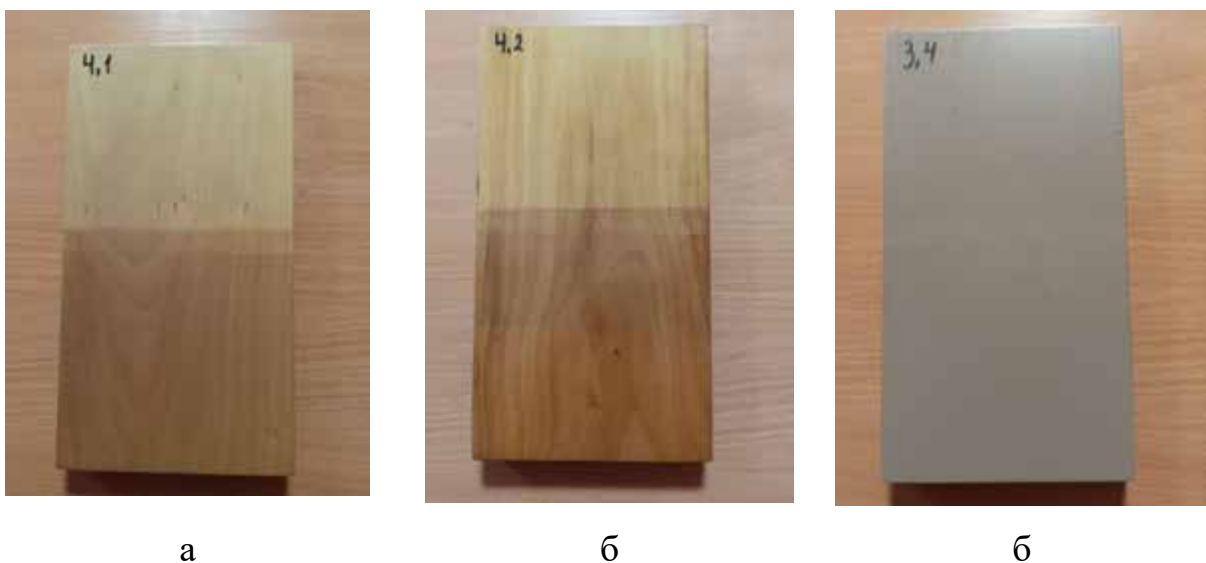


Рис. 4.9. Зразки груші (а- лак Maxima acrylic panel varnish, б-лак Maxima Ultra Woodcare, в-лак Hartwachs-Ol Farbig)

На зразках з породи дубу (рис. 4.10) було виявлено що на зразку 5.1 (рис. 4.10., а) можна спостерігається що частина яка була під впливом УФ випромінювання трохи змінилась в кольорі набула трохи світлішого відтінку. На зразку 5.2 (рис. 4.10., б) спостерігається зворотня дія порівняно з зразком 5.1 де на частині яка була під прямим впливом УФ випромінювання змінила свій колір на декілька тонів темніше. Зразок 3.5 (рис. 4.10., в) не було виявлено видимих змін.



Рис. 4.10. Зразки дубу (а- лак Maxima acrylic panel varnish, б-лак Maxima Ultra Woodcare, в-лак Hartwachs-Ol Farbig)

Передостанніми зразками виступають зразки бересту (рис. 4.11) було виявлено що на зразку 6.1 (рис. 4.11., а) можна спостерігається що частина яка була під впливом УФ випромінювання трохи змінилась в кольорі набула трохи світлішого відтінку. На зразку 6.2 (рис. 4.11., б) спостерігається однакова дія впливу УФ випромінювання як і в зразку 6.1. Зразок 3.6 (рис. 4.11., в) не було виявлено видимих змін.

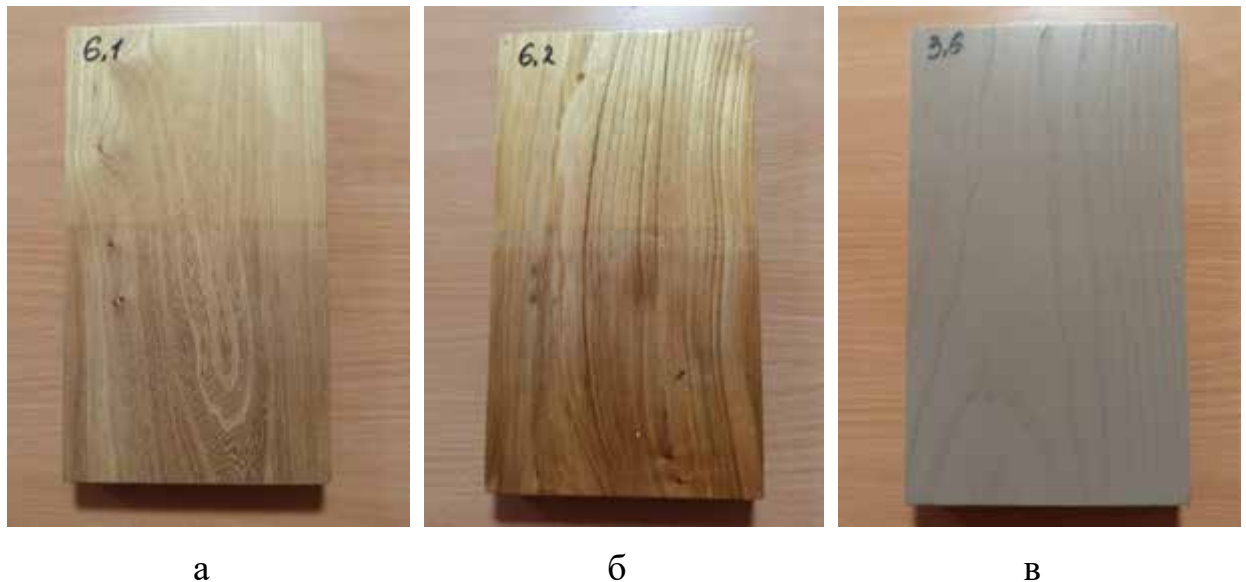


Рис. 4.11. Зразки бересту (а- лак Maxima acrylic panel varnish, б-лак Maxima Ultra Woodcare, в-лак Hartwachs-Ol Farbig)

Передостанніми зразками виступають зразки бересту (рис. 4.12) було виявлено що на зразку 7.1 (рис. 4.12., а) ясеню на частині що була під прямим впливом УФ випромінювання спостерігається зміна кольору в більш темний відтінок. На зразку 7.2 (рис. 4.12., б) не спостерігається видимих змін тільки є невелика градація кольору де була закріплена малярна смужки. Зразок 3.7 (рис. 4.12. в) як і на попередніх зразків з цим нанесенням видимих змін не виявлено.



Рис. 4.12. Зразки ясеню (а- лак Maxima acrylic panel varnish, б-лак Maxima Ultra Woodcare, в -лак Hartwachs-Ol Farbig)

На основі поданих результатів можна зробити загальну характеристику лакофарбових матеріалів з УФ захистом, тим що лаки як Maxima acrylic panel varnish, та лак Maxima Ultra Woodcare, показали непогану стійкість але не захистили матеріал повністю, а лак Hartwachs-01 Farbig захистив матеріал повністю від впливу УФ випромінювання, однією з причин є тим що лак у своєму складі містить пігменти.

4.3 Результати дослідження на хімічну стійкість покриттів

Для проведення дослідження стійкості захисно-декоративних покриттів до утворення плям необхідно використовувати такі розчинники, як ВКД, бутил, сольвент, оцтова кислота і розчинник 646, які показані на рис. 4.13



Рис. 4.13. Хімічні реагенти

Кожен розчинник є різним за характером дій і цільовим призначенням, але кожен з них може пошкодити лакофарбове покриття. Для кращого розуміння про ці розчинники було коротко охарактеризовано їх.

ВКД — це органічний розчинник на основі складних ефірів, який використовують для розчинення різних полімерів, фарб, лаків та інших хімічних сполук. Часто застосовується в промисловості для виготовлення

розчинних фарб і лаків, адже має добру здатність до розчинення і стабільність при зберіганні [43].

Бутиловий спирт — органічна сполука, представник спиртів, зазвичай використовується як розчинник у фарбувальних і лакофарбових матеріалах, а також у виробництві пластмас, клеїв і герметиків. Має характерний запах і добре розчиняє жиророзчинні речовини, олії, смоли [44].

Сольвент — це суміш органічних розчинників, які використовуються для розчинення фарб, лаків та інших матеріалів. Зазвичай містить суміш аліфатичних і ароматичних вуглеводнів. Сольвенти можуть бути різного складу залежно від призначення і характеризуються швидким випаровуванням та здатністю розчиняти широкий спектр органічних речовин [45].

Оцтова кислота (CH_3COOH) є органічною кислотою, що широко використовується в хімічній і харчовій промисловості. Вона також може бути використана як розчинник у виробництві різних хімічних речовин, зокрема ефірів, ацетатів, а також у синтезі полімерам, таких як целюлоза ацетат [46].

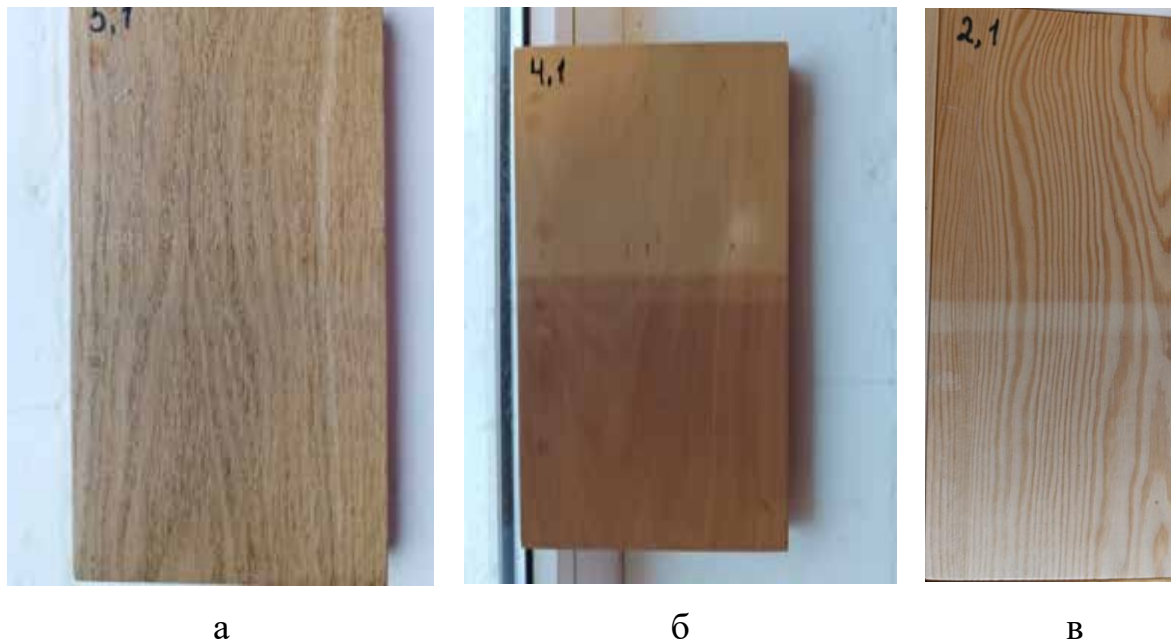
Розчинник 646 — це комерційне найменування суміші органічних розчинників, яка складається, зокрема, з ацетону, метилетилкетону та інших летких речовин. Використовується переважно в лакофарбовій промисловості, для очищення поверхонь, а також для розчинення полімерів і смол. Розчинник 646 має високу летючість і може використовуватися для розрідження лаків та фарб [47].

Для оцінки стійкості покриття до утворення плям використовують ВКД, бутил, сольвент, оцтову кислоту та розчинник 646. Всі ці речовини наносять на заготовку за допомогою скляної палички, формуючи краплі (рис. 4.14). Відстань від країв заготовки до крапель становить 40 мм, а відстань між краплями — 30 мм. Після нанесення речовин слід витримати 5 хвилин, щоб отримати помітні результати, при цьому необхідно поновлювати речовини, які випаровуються, для забезпечення точності дослідження.



Рис. 4.14. Проведення дослідів на хімічну стійкість

Першими зразками виступають зразки на яких нанесено лак Maxima acrylic panel varnish (рис. 4.15), при огляді всіх зразків було виявлено що покриття де було нанесено краплю розчинників як ВКД і бутил призвело до потемніння лакофарбового матеріалу, але 646 розчинник показав найбільш руйнівну дію на лакофарбовий матеріал тим що він частково зруйнував лакову плівку.



а

б

в

Рис. 4.15. Результат дослідів на лаку Maxima acrylic panel varnish (а-дуб, б-груша, в-сосна)

Наступним лакофарбовим матеріалом виступає лак Maxima Ultra Woodcare (рис. 4.16) при нанесені на них розчинників, найбільший вплив на матеріал дали розчинники як ВКД, бутил і 646, розчинник не спричинив ніякої шкоди тільки поміняв колір матеріалу на більш темний.



Рис. 4.16. Результат дослід на лаку Maxima Ultra Woodcare (а-дуб, б-груша, в-сосна)

Кінцеви лакофарбовим матеріалом виступає лак Hartwachs-Ol Farbig (рис. 4.17), на зразках після зняття розчинників не було виявлено видимих змін.

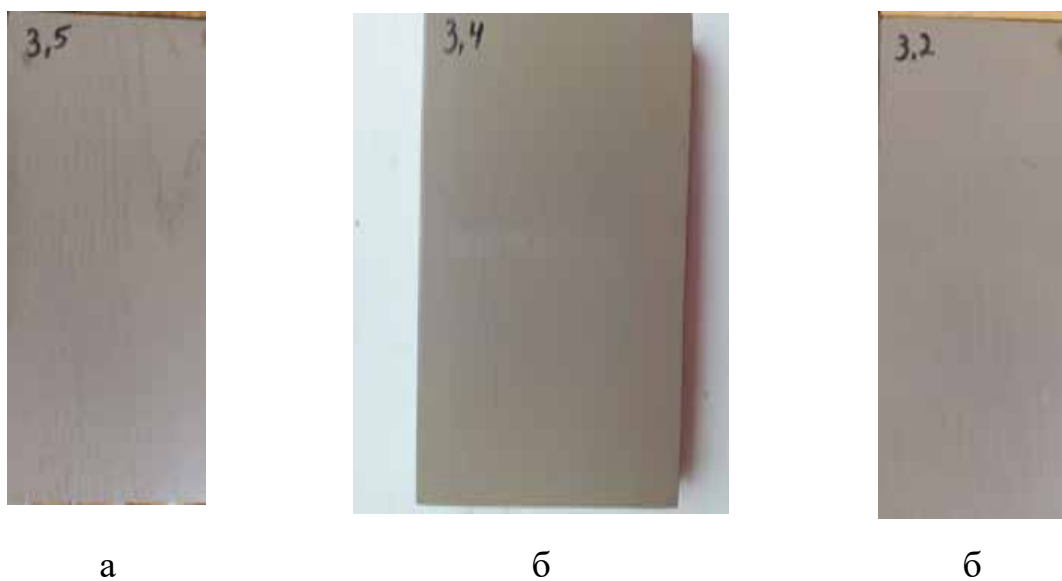


Рис. 4.17. Результат дослід на лаку Hartwachs-Ol Farbig (а-дуб, б-груша, в-сосна)

Дані результати внесено до таблиці 4.3 для наглядного показу, які речовини можуть більше змінити структуру покриття а які менше мають вплив.

Таблиця 4.3

Результат випробування стійкості захисно-декоративних покриттів до водостійкості і плямоутворення

Назва лакофарбового матеріалу	Найменування розчиннику	Час дії реагенту на покриття, хв	Результат оцінки у балах
1	2	3	5
Maxima acrylic panel varnish	ВКД	15	3
	Бутил		3
	Сольвент		1
	Оцтова кислота		1
	646		4
Maxima Ultra Woodcare	ВКД	15	3
	Бутил		3
	Сольвент		1
	Оцтова кислота		1
	646		3
Hartwachs-Ol Farbig	ВКД	15	1
	Бутил		1
	Сольвент		1
	Оцтова кислота		1
	646		1

Таким чином при аналізі таблиці, найбільш стійкішим до впливу хімічних реагентів виступає лакофарбовий матеріал Hartwachs-Ol Farbig який показав оцінку в 1 бал до всіх розчинників, це свідчить що розчинники не завдали ніякої шкоди.

4.4 Визначення адгезії лакофарбового покриття

Наступне дослідження стосується адгезії лакофарбових покриттів, щоб визначити, яке з них є найбільш придатним для використання. Для цього потрібно застосувати лінійку, скотч та лезо, які показані на рисунку 4.18



Рис. 4.18. Інструменти для дослідження

Першим етапом визначення адгезії є проведення надрізування. У нашому дослідженні буде застосовано метод решіткового надрізування (рис. 4.19 і 4.20), що дозволяє максимально оцінити властивості покриття. Надрізування здійснюється на відстані не менше 10 мм від краю. Використовуючи лінійку як направляючу та лезо, спочатку виконуються горизонтальні надрізи довжиною 50 мм, всього 6 надрізів з інтервалом 5 мм між лініями, а потім аналогічно проводяться вертикальні надрізи.

Ключовими зразками виступають зразки з сосни та дубу, вони були вибрані бо являються основними матеріалами для виготовлення дверей в Україні.

Першими зразками виступає сосна (рис. 4.19), де на всіх матеріалах обробленими лаками Maxima acrylic panel varnish,, Maxima Ultra Woodcare,, Hartwachs-Ol Farbig, решітчасте надрізування показало що лакофарбові матеріали мають дуже хорошу адгезію з матеріалом і оцінюється в 1 бал.

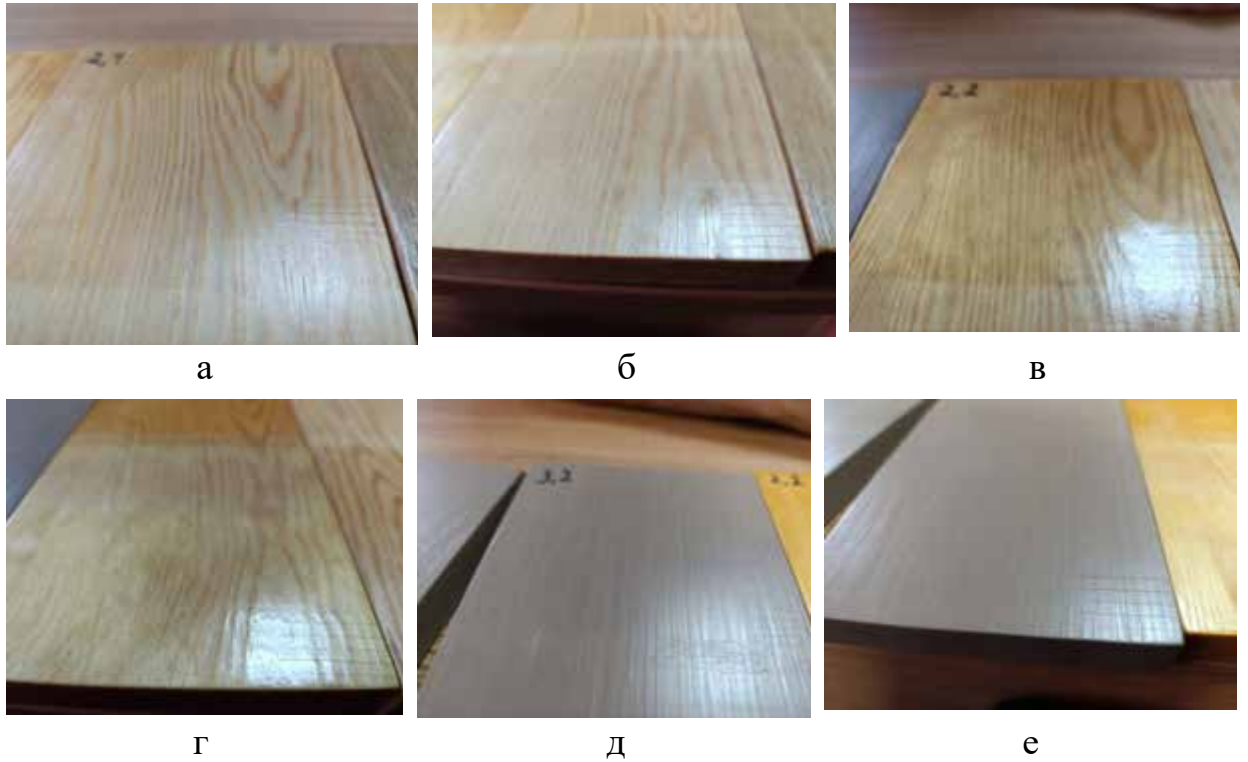


Рис. 4.19. Решітчасте надрізування на зразках сосни

Наступним матеріалом виступає дуб (рис. 4.20) де як і на сосні було нанесено лаки Maxima acrylic panel varnish,, Maxima Ultra Woodcare,, Hartwachs-Ol Farbig, результат такий самий як і зразках сосни і оцінюється в 1 бал.





Г

Д

е

Рис. 4.20. Решітчасте надрізування на зразках сосни

Дані з результатами адгезії на зразках вносимо в табл. 4.4. де ми можемо загально оцінити матеріали.

Таблиця 4.4

Результати випробування покриття на адгезію

Матеріал зразків	Спосіб надрізування	Результат оцінки у балах
1	2	3
Сосна	Решітчастий	1
Дуб	Решітчастий	1

На основі даних з таблиці можна визначити, що в даному випадку адгезію визначає не матеріал на який нанесено лакофарбовий матеріал, а сам лак і його характеристики.

4.5 Визначення водостійкості матеріалу

Для проведення дослідження стійкості лакофарбового матеріалу до впливу води впродовж певного часу, використовуваними матеріалами виступають всі зразки, вата медична для збереження вологи на зразках, та проста вода.

Дослід буде проведений упродовж семи днів для видимого результату, сам дослід проводиться таким чином щоб на зразки кладеться волога вата (рис. 4.21), яка буде зволожуватися впродовж визначеного терміну проведення дослід.



Рис. 4.21. Початок дослідів на водостійкість

По закінченню часу проведення дослідів було знято всі медичні вати з зразків, і було проведено візуальний аналіз зразків (рис. 4.22) на любу зміну матеріалу.



Рис. 4.22. Кінець дослідження на водостійкість

При аналізі всіх зразків не було виявлено ніяких змін в кольорі чи структурі лакофарбових матеріалів, це свідчить що матеріали є водостійким.

4.6 Статистика вимірювання твердості лакофарбового матеріалу

Дослідження на твердість покриття проводилося таким чином що з всіх поданих зразків було вибрано дві породи які найбільше використовуються для виготовлення дверей, такими є сосна і дуб, на кожній породі було нанесено

лакофарбове покриття Maxima acrylic panel varnish, Maxima Ultra Woodcare та Hartwachs-Ol Farbig, сам дослід проводився за допомогою твердоміра.

Твердомір (дюрометр) — це інструмент для визначення твердості матеріалів за шкалою Шора шляхом вдавлювання. Він призначений для тестування твердості таких матеріалів, як гума, смола та термопластмаси, забезпечуючи точні результати завдяки широкому діапазону вимірювань. Прилад відрізняється компактними розмірами, великим LCD-дисплеєм та функцією збереження результатів, що робить його зручним у використанні [49].



Рис. 4.23. Твердомір [49]

Для дослідження твердості лакофарбових матеріалів було вибрано найпопулярніші матеріали які використовуються найбільш розповсюджено на ринку України для виготовлення дверей і інших виробів (рис.4.24).



Рис. 4.23. Замірювання твердості

Для досягнення заданої точності визначено похибки вимірювань та розраховано необхідну кількість вимірів. Визначено середнє значення отриманої твердості покриття за формулою (4.1) [50-51]:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{1141}{20} = 57.05 \quad (4.1)$$

де :

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

n – кількість вимірювань.

Дисперсію розраховуємо за формулою (4.2) [33-34]:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 P_i}{n-1} = \frac{288.45}{20-1} = 15.182 \quad (4.2)$$

де:

x_1, x_2, \dots, x_n - значення вимірної величини;

\bar{x} – середнє значення;

n – кількість вимірювань.

Таблиця 4.5

Результати вимірювання твердості лакофарбового покриття на сосні

Лакофарбовий мат.	Номер зразка	Дані твердості	
Maxima acrylic panel varnish	2.1	48,5	51
		60,5	56
		59	57
		59	55
		60	59
		59,5	64,5
		58,5	53
		54	57
		52	62
		57	58,5
Maxima Ultra Woodcare	2.2	53	61,5
		68	54,5
		66	68,5
		52	48
		60	61,5

Продовження таблиці 4.5

		62,5	61
		55	57,5
		57	63,5
		59	49
		69	54
Hartwachs-Öl Farbig	3.2	54,5	50,5
		60,5	57,5
		69	66,5
		66	59
		54,5	64,5
		57	55
		62	60
		55,5	55
		57	56
		67,5	58,5

Таблиця 4.6

Результати вимірювання твердості лакофарбового покриття на дубі

Лакофарбовий матеріал	Номер зразка	Дані твердості	
Maxima acrylic panel varnish	5.1	56	72,5
		70,5	57
		60,5	71,5
		62	73,5
		61,5	70
		69,5	57
		64,5	59,5
		55,5	69
		64	66
		64	71,5
Maxima Ultra Woodcare	5.2	67,5	72
		77	73
		73,5	74,5
		73,5	60
		65,5	61,5
		74	72
		60	56
		74	72,5
		74,5	57

Продовження таблиці 4.6

		57,5	70
Hartwachs-Öl Farbig	3.5	55,5	48,5
		67,5	61,5
		74	70
		67	65
		66	66,5
		55	63
		60,5	57,5
		71,5	61
		58	66,5
		60	70

Середнє квадратичне відхилення розраховується за формулою (4.3) [50-51]:

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{15.182} = 3.896 \quad (4.3)$$

де:

D – дисперсія.

Похибку середнього значення розраховали за формулою (4.4) [50-51]:

$$\Delta = \mp \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \mp \frac{3.896}{\sqrt{20}} = 0.87 \quad (4.4)$$

де:

σ – середнє квадратичне відхилення;

n – кількість вимірювань.

Коефіцієнт варіації розраховуємо за формулою (4.5) [50-51]:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{3.896}{57.05} \cdot 100\% = 6.82\% \quad (4.5)$$

де :

M - середнє значення вимірюваної величини.

Показник точності експерименту розраховано за формулою (4.6) [50-51]:

$$P = \frac{V}{\sqrt{n}} = \frac{6.82}{\sqrt{20}} = 1.527 \quad (4.6)$$

де:

n – кількість вимірювань.

Кількість вимірювань розраховуємо за формулою (4.7) [50-51]:

$$n = \frac{t_a^2 V^2}{P_a^2} = \frac{1.73^2 * 6.82^2}{5^2} = 5.584 = 14$$

(4.7)

де:

t – коефіцієнт Стюдента (табличне значення -);

P_a^2 – показник точності, що для деревообробної галузі складає 5 %.

Розрахунки статистичної обробки твердості занесені до табл. 4.8.

Таблиця 4.8

Результати статистичної обробки твердості покриття

Лакофарбовий матеріал	Середнє арифметичне,	Дисперсія, D	Середнє квадратичне	Похибка середнього, Δ	Коефіцієнт варіації V, %	Показник точності досліджу Р	Коефіцієнт Стюдента, t	Необхідна кількість вимірів n
Сосна								
Maxima acrylic panel varnish	57.05	15,182	3,89	0,87	6,83	1,53	1.73	14
Maxima Ultra Woodcare	59.025	39,144	6,25	1,39	10,59	2,3714	1.73	14
Hartwachs-Ol Farbig	59.3	26,037	5,11	1,14	8,61	1,93	1.73	14
Дуб								

Продовження таблиці 4.8

Maxima acrylic panel varnish	64.775	35,67	5,97	1,33	9,22	2,06	1.73	13
Maxima Ultra Woodcare	68.275	48,934	6,99	1,56	10,24	2,29	1.73	13
Hartwachs-Ol Farbig	63.225	40,59	6,37	1,42	10,08	2,25	1.73	13

За результатами досліджень було встановлено, що серед усіх протестованих матеріалів найвищу твердість на сосні продемонструвало покриття Hartwachs-Ol Farbig, а на дубі — Maxima Ultra Woodcare. Статистичний аналіз підтвердив високу точність отриманих результатів та дозволив зробити такі висновки:

- Твердомір засвідчив високу точність вимірювань.
- Покриття Maxima acrylic panel varnish та Hartwachs-Ol Farbig показали стабільні результати на обох типах деревини.
- Maxima Ultra Woodcare виявилось найстійкішим до механічних впливів на дубі.

Загалом, досліджені матеріали характеризуються високим рівнем твердості, що підвищує їхню придатність для використання в виробництві дверей та меблів.

ВИСНОВОК

Магістерська кваліфікаційна робота була зосереджена на обґрунтуванні опорядження дверей на ФОП «Цвінціцький В.Ю».

В ході роботи було виконано детальний аналіз лакофарбових матеріалів які використовуються для опорядження та захисту від впливу УФ випромінювання. Для оцінки якості лакофарбового покриття, було проведено експериментальні дослідження характеристик лакофарбових матеріалів. За результатами досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Був проведений аналітичний огляд напрямків дослідження лакофарбових матеріалів з УФ-захистом, який показав, що проблема захисту деревини від впливу УФ випромінювання є актуальною і повинна розвиватись подальше.

2. Розрахунки пріоритетного матеріалу показали, що для опорядження дверей найкраще підходить лак «Hartwachs-Ol Farbíg». Однак, для підтвердження цього необхідно провести експериментальні дослідження, і в разі потреби можна вибрати інші матеріали.

3. Для проведення досліду було проаналізовано способи визначення характеристик лакофарбових матеріалів різними методами.

4. Експериментальні дослідження покриттів на якісні показники дозволили встановити:

- Що стійкість покриттів до впливу УФ випромінювання залежить не тільки від лакофарбового матеріалу, а також від породи деревини, на яку він наносився. Також було встановлено, що покриття, які містять пігменти не змінили свого кольору під впливом УФ-випромінювання.

- Дослідження на стійкість до дії хімічних реагентів виявили, що покриття лаком Maxima acrylic panel varnish було найгіршим. Стійкість до дії хімічних реагентів (ВКД, 646, бутіл) була оцінена в 3 та 4 бали. Це свідчить, що покриття не є стійким до цих розчинників. Найкращу стійкість мав лак Hartwachs-Ol Farbíg, стійкість якого була оцінена в 1 бал.

- Аналіз результатів випробування на адгезію та водостійкість показав, що всі випробувані лакофарбові матеріали мають високі показники, що дозволяє їх використовувати для опорядження зовнішніх дверей.

- Встановлено, що найбільшу твердість на сосні має Hartwachs-Ol Farbig 59,3. Необхідно відмітити, що інші лакофарбові матеріали - Maxima acrylic panel varnish та Maxima Ultra Woodcare не значною мірою поступаються твердістю і їх коливання твердості було в межах 57.05 - 59.025. На дубі найбільшу твердість мав лак Maxima Ultra Woodcare - 68.275.

Таким чином встановлено, що УФ випромінювання спричинило найбільший вплив на декоративні властивості покриттів і не мало впливу на фізико-механічні показники. Також можна зробити висновок, що домішки у лакофарбові матеріали пігментів підвищують захист від дії УФ-випромінювання.

Всі досліджені лакофарбові матеріали можна рекомендувати підприємству для опорядження вхідних дверей та виробів, що експлуатуються в умовах зовнішнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Xuting Wang, Kuiyan Song, Improvement of UV resistance and mechanism in polypropylene wax on wood surface through maleic anhydride and β -nucleating agent modification. August 2024 Vol. 226. URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141391024001861?via%3Dihub#preview-section-references>. (дата звернення: 12.5.2024).
- 2 Chiara Piccardo, Design strategies to increase the reuse of wood materials in buildings: Lessons from architectural practice. 25 September 2022 Vol. 368. URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622026737> (дата звернення: 13.5.2024).
- 3 Wenhao Liu, Chuanshuang Hu, Modification of birch wood surface with silane coupling agents for adhesion improvement of UV-curable ink. November 2020 Vol. 148. URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300944020301624> (дата звернення: 14.5.2024).
- 4 Rene Herrera, Simultaneous Improvement of Surface Wettability and UV Resistance of Wood with Lignin-Based Treatments. August 2023 Vol. 15. URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85168806263&origin=peoplefinder> (дата звернення: 14.5.2024).
- 5 Ramage, Michael H, The wood from the trees: The use of timber in construction. 1 February 2017 Vol. 68. URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84991735608&origin=reflist> (дата звернення: 14.5.2024).
- 6 Himes, Austin, Wood buildings as a climate solution. November 2020 Vol. 4. URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85104589661&origin=reflist> (дата звернення: 14.5.2024).
- 7 Paquet, Chloé, Self-healing UV curable acrylate coatings for wood finishing system, Part 1: Impact of the formulation on self-healing efficiency. August 2020 Vol. 10.

- URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85089777921&origin=peoplefinder> (дата звернення: 15.5.2024).
- 8 Blaiszik B.J Self-healing polymers and composites. August 2010 Vol. 40.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-77957008564&origin=reflist> (дата звернення: 15.5.2024).
- 9 Zhong, Nan, Self-repair of structural and functional composites with intrinsically self-healing polymer matrices: A review. February 2015 Vol. 69.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85089777921&origin=peoplefinder> (дата звернення: 15.5.2024).
- 10 Jnido, Ghiath, One-step deposition of polyester/TiO₂ coatings by atmospheric pressure plasma jet on wood surfaces for UV and moisture protection. 1 February 2020 Vol. 10.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85080930668&origin=peoplefinder> (дата звернення: 15.5.2024).
- 11 Judeinstein, Patrick, Hybrid organic-inorganic materials: A land of multidisciplinary. August 1996 Vol. 6.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-11544309817&origin=reflist> (дата звернення: 15.5.2024).
- 12 Wen, Jianye, Organic/inorganic hybrid network materials by the sol-gel approach: Impact of the formulation on self-healing efficiency. August 1996 Vol. 8.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85089777921&origin=peoplefinder> (дата звернення: 15.5.2024).
- 13 Andrady A.L., Effects of UV radiation on natural and synthetic materials. May 2023 Vol. 22.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85149239768&origin=peoplefinder> (дата звернення: 15.5.2024).
- 14 Peng, Yao, Improvement of wood against UV weathering and decay by using plant origin substances: Tannin acid and tung oil. 15 September 2021 Vol. 168.

- URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85105286796&origin=reflist> (дата звернення: 16.5.2024).
- 15 Khan, Md.Musharof Hussain, Environmental impacts of wooden, plastic, and wood-polymer composite pallet: a life cycle assessment approach: Impact of the formulation on self-healing efficiency. August 2021 Vol. 26.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85110418013&origin=reflist> (дата звернення: 15.5.2024).
- 16 Doruk, Şemsettin, Ultraviolet Light and Natural Weathering vs. the Compression Strength of Laminated Wood. August 2023 Vol. 18.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85161144473&origin=peoplefinder> (дата звернення: 117.5.2024).
- 17 Ayadi N., Color stability of heat-treated wood during artificial weathering. June 2003 Vol. 61.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0037531637&origin=reflist> (дата звернення: 17.5.2024).
- 18 Baysal, Ergun, Surface properties of impregnated and varnished Scots pine wood after accelerated weathering: Impact of the formulation on self-healing efficiency. April 2014 Vol. 130.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84897615802&origin=reflist> (дата звернення: 15.5.2024).
- 19 Aksu, Soner, Application of acrylic-based varnishes reinforced with nano fillers for conservation of weathered and worn surfaces of the historical and cultural wooden buildings. 1 March 2022 Vol. 54.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85123015096&origin=peoplefinder> (дата звернення: 17.5.2024).
- 20 Kaygin B., A nano-technological product: An innovative varnish type for wooden surfaces. January 2008 Vol. 4.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-70349220812&origin=reflist> (дата звернення: 17.5.2024).

- 21 Allen, Norman S, Behaviour of nanoparticle (ultrafine) titanium dioxide pigments and stabilisers on the photooxidative stability of water based acrylic and isocyanate based acrylic coatings: Impact of the formulation on self-healing efficiency. August 2002 Vol. 78.
URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85089777921&origin=peoplefinder> (дата звернення: 15.5.2024).
- 22 Ринок УФ-лаків в Україні: веб-сайт. URL: <https://inventure.com.ua/uk/analytics/investments/rinok-uf-lakiv-v-ukrayini> (дата звернення: 12.8.2024).
- 23 Аналіз ринку УФ лаків в Україні. 2023 рік: веб-сайт. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-uf-lakov-v-ukraine-2023-god> (дата звернення: 12.8.2024).
- 24 Лак панельный акриловый Maxima Acrylic Panel Varnish : веб-сайт. URL: <https://obj.com.ua/ru/lak-panelnyi-akrylovyi-maxima-09l-sht./> (дата звернення: 5.10.2024).
- 25 Maxima Дерезазахисний засіб: веб-сайт. URL: <https://farbex.ua/products/derevozahisnij-zasib/> (дата звернення: 5.9.2024).
- 26 Кольорове масло з твердим воском Osmo Hartwachs-Ol Farbig: веб-сайт. URL:<https://osmoukraine.com.ua/uk/product-664?srsId=AfmBOor64WNoLoLUXRfoL74Krrh0NvD0nbAKev2MVGk46JxFpmv6kbtT> (дата звернення: 5.9.2024).
- 27 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
- 28 Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании : підручник / Г. М. Добров, Ю. та ін. Київ : Наукова думка, 1974. 160 с.
- 29 Гнатієнко Г. М., Снитюк В.Є. Експертні технології прийняття рішень : монографія. Київ : ТОВ «Маклаут», 2008. 444 с.

- 30 Федулова Л. І. Сучасна методологія технологічного прогнозування . *Економіка і прогнозування*. 2008. № 3. С. 106–120.
- 31 Іляшенко С. Метод експертних оцінок при виборі партнерів для ділового співробітництва. *Економіка України*. 1996. № 7. С.83–85.
- 32 ДСТУ ISO 2409:2019 Фарби та лаки. Випробування методом решітчастих надрізів (ISO 2409:2013, IDT) [Чинний від 01.10 2020]. Вид офіційне: Держпоживстандарт України, 2020. 10с
- 33 ДСТУ ISO 2812-1:2015 Фарби та лаки. Визначення стійкості до дії рідин. Частина 1. Метод занурення в рідини, за винятком води (ISO 2812-1:2007, IDT) [Чинний від 01.01 2016]. Вид офіційне: Держпоживстандарт України, 2020. 17с
- 34 ДСТУ ISO 3668:2019 Фарби та лаки. Візуальне порівняння кольору фарб (ISO 3668:2017, IDT) [Чинний від 01.06.2019]. Вид офіційне: Держпоживстандарт України, 2020. 15с
- 35 ASTM D1729:2013. Візуальне порівняння кольору фарб. (ISO 3668:2017, IDT) [Чинний від 01.01.2014]. Вид. офіційне: ASTM International, 2013. 15 с.
- 36 Деревина Дуб: веб-сайт. URL: <https://estrade.com.ua/derevyna-dub-rustik/> (дата звернення: 15.09.2024).
- 37 Деревина Ясень: веб-сайт. URL: <https://estrade.com.ua/derevyna-yasen/> (дата звернення: 15.09.2024).
- 38 Деревина Берест: веб-сайт. URL: <https://estrade.com.ua/derevyna-berest/> (дата звернення: 15.09.2024).
- 39 Деревина Сосна: веб-сайт. URL: <https://estrade.com.ua/derevyna-sosna/> (дата звернення: 15.09.2024).
- 40 Деревина Вільха: веб-сайт. URL: <https://estrade.com.ua/derevyna-vilkha/> (дата звернення: 15.09.2024).
- 41 Деревина Груша: веб-сайт. URL: <https://estrade.com.ua/derevyna-grusha-yevropejska/> (дата звернення: 15.09.2024).

- 42 ДЕРЕВИНА КЛЕН: веб-сайт. URL: <https://estrade.com.ua/derevyna-klen/> (дата звернення: 15.09.2024).
- 43 Органічні розчинники: веб-сайт. URL: <https://www.systopt.com.ua/article-organycheskye-rastvorytely?srsltid=AfmBOooPRAjYp-IfOSntILjHAFvnZ8GTtLzC7wE1df8Ca1ElfScPy3EC> (дата звернення: 20.09.2024).
- 44 Бутилацетат: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hssjkw> (дата звернення: 20.09.2024).
- 45 Що таке сольвент та де його застосовують: веб-сайт. URL: <https://tophim.com.ua/ua/iak-otrymuiut-i-de-zastosovuiut-solve/> (дата звернення: 20.09.2024).
- 46 Оцтова кислота – унікальні властивості та застосування: веб-сайт. URL: <http://surl.li/zyysws> (дата звернення: 20.09.2024).
- 47 Індустріальні Фарби: веб-сайт. URL: <https://divada.com.ua/ua/p1346825-rastvoritel-646.html> (дата звернення: 20.09.2024).
- 48 Буйських Н.В. Методичні вказівки до написання курсової роботи з курсу: «Технологія захисно-декоративних покриттів». Київ, Видавничий центр НУБІП. 2018
- 49 Цифровий твердомір (дюрометр) Шора модель 5610D, шкала 0 - 100: веб-сайт. URL: <https://thermolab.net.ua/ua/p800743010-tsifrovoj-tverdomer-dyurometr.html> (дата звернення: 20.09.2024).
- 50 Бехнологія деревообробки: веб-сайт. URL: <http://surl.li/vkfqua> (дата звернення: 06.10.2024).
- 51 Дослідження та оцінка твердості лакофарбових покриттів на штучно застарених зразках: веб-сайт. URL: <http://surl.li/wanycp> (дата звернення: 06.10.2024).