

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ННІ Лісового і садово-паркового господарства**

**ПОГОДЖЕНО**

**Директор ННІ**

Лісового і садово-паркового  
господарства

\_\_\_\_\_ Роман ВАСИЛИШИН

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

**Завідувач кафедри**

Технологій та дизайну виробів з  
деревини

\_\_\_\_\_ Андрій СПИРОЧКІН

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему **Обґрунтування технології виготовлення та опорядження меблів  
для кухні на ТОВ «Еліо Фекторі»**

Спеціальність 187 – Деревообробні та меблеві технології

Освітня програма 187 – Деревообробні та меблеві технології

Орієнтація освітньої програми – Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Андрій СПИРОЧКІН

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ ст.викладач, к.т.н. Наталія БУЙСЬКИХ

Виконав \_\_\_\_\_

Олександр БУБНОВ

Київ 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ННІ Лісового і садово-паркового господарства**

**ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри**

Технологій та дизайну виробів з деревини

\_\_\_\_\_ Андрій СПІРОЧКІН

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024р.

**ЗАВДАННЯ**

**до виконання магістерської кваліфікаційної роботи здобувачу  
БУБНОВУ Олександр Олександровичу**

Спеціальність 187 Деревообробні та меблеві технології

Освітня програма 187 Деревообробні та меблеві технології

Орієнтація освітньої програми – Освітньо-професійна

Тема магістерської роботи Обґрунтування технології виготовлення та  
опорядження меблів для кухні на ТОВ «Еліо Фекторі»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «5» 11 2024р. № 1978 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 14.11.2025р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

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

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Проаналізувати літературні джерела щодо напрямків дослідження сучасних  
лакофарбових матеріалів для опорядження кухонних меблів, проаналізувати  
технічні характеристики лакофарбових матеріалів, розставити пріоритети,  
запропонувати підприємству лакофарбовий з найкращими показниками якості  
покриттів, провести експериментальні дослідження якості покриття на основі  
запропонованого лакофарбового матеріалу, зробити висновки.

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання «\_10\_»\_11\_\_\_\_\_2024р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Н.Буйських

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ О.Бубнов

## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота: «Обґрунтування технології виготовлення та опорядження меблів для кухні на ТОВ «Еліо Фекторі»». Робота містить 4 розділи, 19 рисунків, 32 таблиці, додатки. Загальний обсяг роботи становить 82 сторінки. Під час виконання магістерської було опрацьовано 54 літературних джерела.

У вступі наведено актуальність теми, сформульовано мету, об'єкт, предмет дослідження та основні завдання, що необхідно вирішити для досягнення поставленої мети. Обґрунтовано вибір матеріалів та окреслено необхідність оптимізації процесів опорядження кухонних меблів на виробництві.

У першому розділі проведено аналіз літературних джерел, присвячених технології опорядження виробів із деревини, характеристикам лакофарбових матеріалів, вимогам до їх експлуатаційних показників та сучасним тенденціям розвитку виробництва меблів. Відмічено, що стабільність та довговічність покриття залежать від фізико-механічних властивостей полімерної плівки, адгезії до основи та умов нанесення. Розглянуто сучасний стан ринку ЛФМ в Україні, а також тренди на застосування екологічно чистих та високотехнологічних покриттів.

У другому розділі наведено характеристику лакофарбових матеріалів. Для вибору оптимального лакофарбового матеріалу застосовано методи багатокритеріального аналізу, зокрема метод прийняття рішень на основі порівняльного аналізу характеристик. За результатами оцінки обрано два ЛФМ для дослідження: KEMILAC LPV 502 та VPK 130 VARI GLOSS.

У третьому розділі викладено методику проведення експериментальних досліджень. Описано процедуру підготовки зразків зі шпонованого МДФ, порядок нанесення лакофарбових матеріалів, основні режими сушіння та шліфування. Розглянуто методики визначення зносостійкості, твердості покриття, УФ-стійкості та оцінки зміни кольору. Обґрунтовано вибір контрольної серії зразків.

У четвертому розділі представлено результати експериментальних досліджень та їх аналіз. Встановлено, що лакофарбове покриття KEMILAC LPV 502 забезпечує підвищену твердість, кращу зносостійкість та меншу зміну кольору під дією УФ-випромінювання порівняно з VPK 130 VARI GLOSS. Проведено економічну оцінку доцільності застосування даного лаку в серійному виробництві.

Запропоновано заходи з удосконалення роботи малярної дільниці, зокрема модернізацію витяжної системи, встановлення додаткового освітлення та оптимізацію контролю якості, що дозволило знизити рівень браку та отримати річну економію 135 000 грн.

У висновках наведено основні результати та практичні рекомендації щодо впровадження оптимальної технології опорядження фасадів кухонних меблів на підприємстві.

Ключові слова: кухонні меблі, шпонований МДФ, лакофарбові матеріали, опорядження, KEMILAC LPV 502, зносостійкість, твердість покриття, технологія виробництва.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ОПОРЯДЖЕННЯ КУХОННИХ МЕБЛІВ.....	8
1.1. Сучасні тенденції ринку меблів.....	9
1.2. Матеріали для виготовлення кухонних меблів .....	10
1.3. Вимоги до покриттів кухонних фасадів.....	11
1.4. Технології нанесення лакофарбових матеріалів .....	13
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОБГРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	13
2.1. Опис технічних характеристик лаків.....	13
2.2. Прийняття проектних рішень .....	19
2.3. Рішення багатокритеріальної задач методом аналізу ієрархій .....	31
РОЗДІЛ 3 НАПРЯМИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	38
3.1. Загальна характеристика кухонного гарнітуру.....	38
3.2. Вибір матеріалів для виготовлення кухонного гарнітуру.....	39
3.3. Конструктивні особливості кухонного гарнітуру .....	43
3.4. Карта розкрою матеріалів і специфікація деталей.....	44
3.5. Технологія виготовлення кухонного гарнітуру.....	47
3.6. Вибір лакофарбових матеріалів та технологія опорядження фасадів...	50
РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ.....	55
4.1. Технологічна структура виробництва.....	55
4.2. Підготовка зразків до експерименту .....	59
4.3. Методика проведення експерименту.....	63
4.4. Результати експериментальних досліджень.....	64
4.5. Розрахунок витрат лаку на опорядження кухні.....	68
4.6. Удосконалення технології виготовлення та опорядження меблів для кухні.....	70
4.7. Пропозиції щодо вдосконалення роботи ділянки опорядження Покращення освітлення малярної камери.....	73
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	80

## ВСТУП

Сучасний розвиток меблевої галузі характеризується стрімким впровадженням нових технологій, матеріалів та методів опорядження виробів. Зростання вимог споживачів до якості, довговічності та екологічності меблів зумовлює необхідність удосконалення технологічних процесів та оптимізації виробництва. Особливе місце в структурі меблевого ринку займають кухонні меблі, оскільки вони працюють в умовах підвищеного зношування, вологості, впливу миючих засобів та ультрафіолетового випромінювання. Тому вибір конструктивних рішень, матеріалів та лакофарбових покриттів відіграє ключову роль у забезпеченні експлуатаційної надійності виробів.

ТОВ «Еліо Фекторі» – сучасне меблеве підприємство повного циклу, що спеціалізується на виготовленні індивідуальних кухонь, фасадів та корпусних меблів преміального сегмента. Виробництво активно використовує шпонований МДФ, поліуретанові лакофарбові матеріали та високотехнологічне обладнання. Проте, попри високий рівень організації, існує потреба у вдосконаленні окремих етапів технологічного процесу, зокрема малярної дільниці, що має ключовий вплив на якість готових виробів.

Актуальність роботи полягає в обґрунтуванні оптимальної технології виготовлення та опорядження кухонних меблів на основі шпонованих МДФ фасадів з використанням сучасних поліуретанових лаків, а також у проведенні експериментальної оцінки їх експлуатаційних властивостей. Практична значущість дослідження визначається можливістю впровадження отриманих результатів у виробництво ТОВ «Еліо Фекторі» з подальшим підвищенням якості та довговічності продукції. У сучасних умовах меблевого виробництва зростають вимоги до якості опорядження, екологічної безпеки продукції та довговічності покриттів. Особливо це стосується кухонних меблів, які експлуатуються в складних умовах підвищеної вологості, температурних коливань і механічних навантажень. Підприємствам необхідні технології, що

забезпечують оптимальне поєднання естетики, функціональності та економічної ефективності.

Робота присвячена дослідженню та вдосконаленню технології виготовлення кухонних меблів зі шпонованого МДФ та обґрунтуванню вибору лакофарбових матеріалів для опорядження на виробництві ТОВ «Еліо Фекторі».

*Мета роботи* - обґрунтування технології виготовлення та опорядження меблів для кухні на ТОВ «Еліо Фекторі».

*Об'єкт дослідження* - технологічний процес виготовлення та опорядження кухонних меблів на ТОВ «Еліо Фекторі».

*Предмет дослідження* – Фізико-механічні показники якості лакофарбових покриттів.

В роботі використано наступні методи дослідження: метод аналізу, метод спостереження, метод порівняння, експериментальний метод.

У роботі проаналізовано технологічний цикл виробництва кухонних меблів на підприємстві та встановлено основні проблемні ділянки, пов'язані з процесами шліфування та опорядження. Проведено експериментальні дослідження трьох типів покриттів: VPK 130 VARI GLOSS, KEMILAC LPV 502 та контрольного зразка.

Встановлено, що лак KEMILAC LPV 502 забезпечує найкращу твердість, високу зносостійкість (понад 450 циклів до появи слідів стирання) та мінімальну зміну кольору після УФ-опромінення. Економічні розрахунки показали, що при оптимальній витраті матеріалу собівартість покриття є нижчою за аналоги.

Запропоновано технічні рішення щодо модернізації малярної дільниці: покращення фільтрації, встановлення передкамерних фільтрів, оптимізація освітлення та мікроклімату.

Результати дослідження можуть бути впроваджені у виробництво кухонь на ТОВ «Еліо Фекторі» для підвищення якості покриттів, зменшення витрат матеріалів і вдосконалення технології опорядження.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ОПОРЯДЖЕННЯ КУХОННИХ МЕБЛІВ

### 1.1. Сучасні тенденції ринку меблів

Ринок кухонних меблів останніми роками характеризується зростанням вимог до якості матеріалів, довговічності декоративних покриттів, а також екологічності технологічних процесів [1]. Згідно з дослідженнями європейських виробників (IKEA, Poggenpohl, Häcker), пріоритетними стають такі критерії: стабільність конструкцій, використання високоякісних плитних матеріалів (МДФ, ДСП), застосування натуральних облицювальних матеріалів, підвищена стійкість поверхні до механічних, термічних та світлових впливів.

Кухонні фасади є найбільш експлуатованим елементом меблів, що зумовлює необхідність вибору оптимальних матеріалів основи (МДФ), облицювання (шпон), а також лакофарбового покриття [2]. У сучасних технологіях перевага надається поліуретановим лакофарбовим матеріалам, які забезпечують високу твердість, еластичність та зносостійкість поверхні [3].

Сучасні європейські стандарти (EN 312, EN 316, EN 15186, ISO 2409) регламентують вимоги до властивостей меблевих плит, адгезії покриттів, стійкості до стирання, хімічної та світлової стійкості. Це визначає необхідність проведення досліджень лакофарбових матеріалів для забезпечення високої якості готових виробів [4].

Дослідники [5,6] відмічають, що не останню роль відіграють функціональність кухонь. Враховують наступні параметри: грамотно побудований процес приготування їжі, планувальне рішення, яке ефективно задіює площу приміщення й організований швидкий рух людини біля обладнання.

Деревообробна промисловість України має високі темпи зростання у порівнянні з іншими галузями економіки. Через введені санкції щодо російських і білоруських виробників меблів для українських підприємств, що пропонують

дерев'яні меблі, фанери, а також ДСП і МДФ з'являються нові можливості для збільшення експорту своїх товарів у країни Європи.

Проте у 2022 р. внаслідок повномасштабної агресії ситуація значно погіршилася. На рис. 1.1 наведена динаміка індексів виробництва меблів протягом 2012-2022 рр [6].

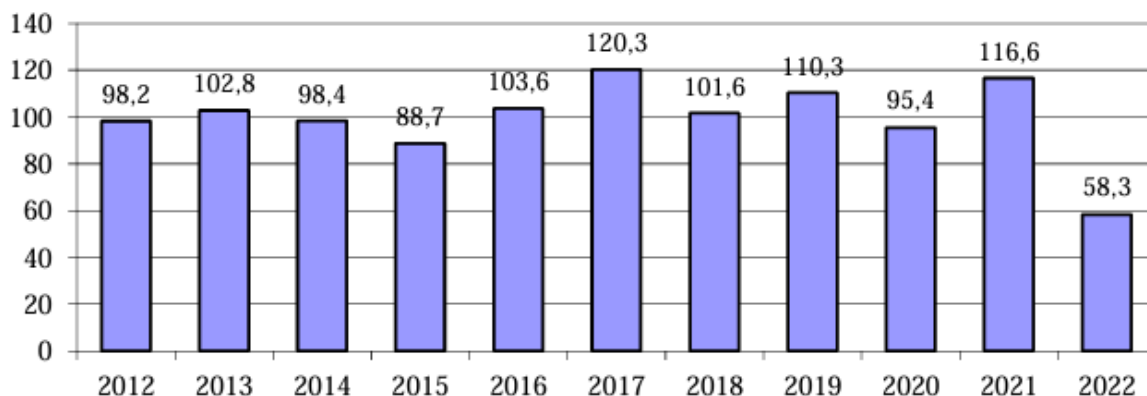


Рис.1.1. Динаміка індексів виробництва меблів протягом 2012-2022 рр. [7]

У довоєнний період українська меблева промисловість через високий рівень конкурентоспроможності постійно збільшувала власний експортний потенціал [8].

У відповідності до інформації Української асоціації виробників меблів, на яку припадає частка до 60% усієї меблевої промисловості України, обсяги експорту у 2021 р. досягнули 1,05 млрд. дол. США, збільшившись на 40% порівняно з 2020 р.

У 2022 р. місткість українського ринку меблів склала близько 1 млрд. дол. США. Останніми довоєнними роками Україна постійно нарощувала виробництво та експорт меблів. При цьому галузь виробництва меблів України характеризується високим рівнем конкурентоспроможності у порівнянні з іншими галузями економіки, які виробляють та реалізують споживчі товари попереднього вибору. Проте на ринок меблів України, як і на ринки інших товарів, негативно вплинули умови воєнного стану. Загалом до важливих тенденцій розвитку меблевого

ринку в Україні останнім часом належали: розвиток сегменту домашніх меблів; а саме меблів на замовлення, з яких найбільш популярними є кухонні меблі.

## 1.2. Матеріали для виготовлення кухонних меблів

Для підвищення декоративності фасадів широко застосовується натуральний шпон дуба, який має виразну текстуру, високу міцність та гарні естетичні властивості. Завдяки поєднанню МДФ і шпону забезпечується баланс між стабільністю конструкції та естетичною привабливістю.

Шпоновані фасади потребують якісного опорядження, оскільки натуральне деревне волокно є чутливим до вологи, ультрафіолету та механічних навантажень. Тому вибір лакофарбових матеріалів є критичним етапом у формуванні експлуатаційних властивостей виробу[5].

Лакофарбові матеріали (ЛФМ) є ключовим елементом технології оздоблення кухонних меблів, оскільки вони забезпечують формування захисно-декоративного покриття, яке визначає довговічність та експлуатаційні властивості виробів. У сучасному виробництві меблів використовуються різні типи ЛФМ: акрилові, нітроцелюлозні, водорозчинні та поліуретанові системи[6]. Серед них поліуретанові матеріали є найбільш ефективними завдяки поєднанню високої твердості, зносостійкості, хімічної стійкості та еластичності.

Поліуретанові лаки, які використовуються для опорядження шпонованих фасадів, формують щільну, механічно міцну структуру, що забезпечує захист поверхні від подряпин, вологи та температурних коливань. Вони характеризуються високим сухим залишком, що підвищує економічність нанесення. До їх переваг належать також добра адгезія до деревинних матеріалів, стійкість до ультрафіолету та можливість отримання різних ступенів блиску [7].

Процес нанесення поліуретанових лаків часто включає кілька шарів, із проміжним шліфуванням для досягнення рівномірності та гладкості. Використання правильних режимів сушіння дозволяє зменшити ризик дефектів (наприклад, помутніння, набряків, кратерів). Завдяки своїм властивостям

поліуретанові ЛФМ широко застосовуються в опорядженні кухонних фасадів преміум-класу [8].

### 1.3. Вимоги до покриттів кухонних фасадів

Кухонні фасади експлуатуються в умовах підвищеного навантаження, тому до їх покриттів висуваються високі вимоги, визначені міжнародними та європейськими стандартами (ISO 15184, ISO 2409, EN 15186, EN 12720) [8-11].

#### 1. Твердість покриття.

Показує здатність покриття протидіяти подряпинам і слідам від предметів. Вимірюється за методом олівцевої твердості (ISO 15184). Для кухонних фасадів рекомендована твердість – не нижче рівня Н–2Н.

#### 2. Адгезія.

Визначає міцність зчеплення лаку з основою. Перевіряється методом решітчастого надрізу за ISO 2409. Допустимий рівень – не нижче класу 1.

#### 3. Стійкість до УФ-випромінювання.

Покриття має зберігати колір і блиск навіть після тривалої експозиції. Рівень зміни кольору  $\Delta E$  повинен бути мінімальним (до 2 одиниць) – це важливо через наявність сонячного світла на кухні.

#### 4. Зносостійкість.

Покриття повинно витримувати значну кількість циклів стирання без пошкодження структури. Для сучасних кухонь це критично через часте відкривання/закривання фасадів та впливи під час прибирання.

#### 5. Вологостійкість.

Лак повинен захищати шпон від проникнення вологи, оскільки кухонні меблі постійно контактують із водяною парою та температурними змінами.

#### 6. Хімічна стійкість.

Покриття має бути стійким до домашніх миючих засобів, жирів, кислот та спиртів (стандарт EN 12720).

Таким чином, правильно підібраний лакофарбовий матеріал визначає не лише зовнішній вигляд, а й функціональну довговічність кухонних фасадів. Саме

тому в магістерському дослідженні проводиться порівняння та аналіз двох поліуретанових лаків – VPK 130 VARI GLOSS та KEMILAC LPV 502 [12-13].

#### 1.4. Технології нанесення лакофарбових матеріалів

Процес опорядження кухонних фасадів є багатоступеневою технологічною операцією, від якої залежить якість кінцевого виробу. Сучасне меблеве виробництво використовує декілька способів нанесення ЛФМ, серед яких найбільш поширеним є пневматичне розпилення, що забезпечує рівномірність шару та можливість контролю витрат.

##### Пневматичне розпилення

Це метод, при якому лак розпилюється за допомогою повітряного тиску, утворюючи дрібнодисперсну хмару, що рівномірно покриває поверхню шпону. Основні переваги методу:

- висока якість нанесення;
- можливість регулювання товщини шару;
- рівномірне покриття рельєфних поверхонь;
- економне використання матеріалу.

На практиці використовують двошарове нанесення лаку з проміжним шліфуванням абразивом зернистості P320–P400 [14]. Це дозволяє забезпечити гладкість поверхні та покращити адгезію між шарами.

##### Сушіння покриття

Сушіння проводиться в умовах контрольованої температури та вологості, що запобігає утворенню дефектів: апельсинової кірки, кратерів, матових зон. Поліуретанові лаки потребують стабільного середовища з температурою 18–25 °C та відносною вологістю 40–65%. Правильний режим сушіння забезпечує максимальну полімеризацію та формування твердого покриття.

##### Типові дефекти та їх причини

У технології нанесення можливі такі дефекти:

- кратери – через пил або силіконові забруднення;
- помутніння – через надлишкову вологість;

апельсинова кірка – через неправильну в'язкість лаку або занадто високий тиск повітря;

патьоки – надмірне нанесення або низька в'язкість.

Контроль чистоти повітря, підтримання оптимальних режимів і правильна підготовка матеріалу дозволяють уникнути цих дефектів [15].

У ході аналітичного огляду літератури встановлено, що сучасні тенденції у виробництві кухонних меблів орієнтуються на використання високоякісних плитних матеріалів (МДФ), натуральних облицювань (шпон дуба) та поліуретанових лакофарбових матеріалів, які забезпечують довговічність покриття та високі декоративні властивості. Теоретичні джерела вказують, що поліуретанові ЛФМ мають найкращі показники твердості, адгезії, УФ-стійкості та зносостійкості, що робить їх оптимальними для опорядження фасадів, які експлуатуються в складних умовах кухонного середовища. Стандарти ISO та EN регламентують вимоги до покриттів, що визначає необхідність виконання досліджень їх експлуатаційних властивостей. Таким чином, проведений огляд літератури підтверджує актуальність вибору шпонованого МДФ як основного матеріалу фасадів і доцільність порівняльного дослідження поліуретанових лаків з метою визначення оптимального варіанту опорядження меблів на підприємстві ТОВ «Еліо Фекторі».

## РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОБГРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Опис технічних характеристик лаків

1. «Trae Lyx» [16] (рис. 2.1.) це високоякісний лак, який широко використовується для опорядження деревини. Він є популярним завдяки своїм відмінним технічним характеристикам та екологічним властивостям. Основна особливість цього лаку полягає в тому, що він виготовляється на водній основі, що робить його безпечним для навколишнього середовища і здоров'я людини.

Лак «Trae Lyx» [16] має високий ступінь зносостійкості, що дозволяє використовувати його для покриття підлог, меблів та інших дерев'яних виробів, які зазнають інтенсивного механічного навантаження. Він забезпечує надійний захист від подряпин, впливу вологи та забруднень. Лак також створює естетично привабливе покриття, яке підкреслює текстуру деревини та її натуральний колір.



Рис. 2.1. Лак «Trae Lyx» [16]

2. «VPK 130 VARI GLOSS» (рис.2.2.) це високоякісний лак для деревини, відомий своїми унікальними характеристиками і широким спектром

застосування. Цей продукт створений для забезпечення високого рівня декоративного оздоблення та довговічного захисту поверхонь з деревини.



Рис. 2.2. Лак «VPK 130 VARI GLOSS» [12]

Основна особливість «VPK 130 VARI GLOSS» полягає в його змінному рівні глянцевої, який забезпечує особливий візуальний ефект, залежно від кута освітлення.

Лак «VPK 130 VARI GLOSS» має чудову адгезію до дерев'яних поверхонь, що гарантує утворення рівномірного і стійкого покриття. Він вирізняється високою стійкістю до зношування, що робить його ідеальним для застосування на поверхнях, які піддаються інтенсивному механічному впливу, таких як підлоги, меблі чи декоративні панелі.

3. «Kompozit AQUA PARQUET» (рис. 2.3.) Однокомпонентний поліуретановий водно-дисперсійний лак для дерев'яних підлог, з особливою міцністю до стирання. Відмінно захищає деревину від вологи та бруду.



Рис. 2.3. Лак «Kompozit AQUA PARQUET» [17]

Призначення: застосовується для покриття підлоги з натурального паркету, масивної та паркетної дошки, а також інших поверхонь, що піддаються сильному зносу.

Придатний для дерев'яних поверхонь усередині будівель. Підходить для "плаваючих" підлог та підлог з підігрівом. Можна застосовувати для лакування мінеральних матеріалів (наприклад, цегли, природного та штучного каменю), а також раніше лакованих поверхонь.

4. «KEMILAC LPV 502» (рис 2.4.) це високоякісний лак для деревини, який забезпечує ефективний захист та естетичне оздоблення дерев'яних поверхонь. Цей продукт розроблений із врахуванням сучасних вимог до лакофарбових матеріалів, включаючи високу міцність, зносостійкість і екологічність. Однією з ключових особливостей «KEMILAC LPV 502» є його відмінна адгезія до різних типів деревини, що гарантує рівномірне покриття та довговічність результату. Лак створює стійку до зношування поверхню, яка зберігає свої властивості навіть за умов інтенсивного використання. Це робить його ідеальним для меблів, підлог, дерев'яних панелей та інших елементів інтер'єру.



Рис. 2.4. Лак «KEMILAC LPV 502» [13]

«KEMILAC LPV 502» відзначається високою прозорістю, завдяки чому підкреслюється природна текстура і колір деревини. Він також забезпечує чудовий рівень блиску, що додає елегантності оброблюваній поверхні. Лак доступний у різних рівнях глянцевої, дозволяючи обирати між матовим, напівматовим чи глянцевим покриттям залежно від дизайнерських вимог.

5. «BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH» (рис. 2.5.) це водорозчинний лак з вмістом акрилового та уретанового полімерів виробництва «BIONIC HOUSE». Він призначений для фінішного покриття паркетної дошки, шпону, ламінату, а також для обробки меблевих поверхонь з декоративною метою. Завдяки простоті використання і широкій області застосування, цей акрил-уретановий засіб здобув популярність на ринку лакофарбових матеріалів [18].

Серед властивостей BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH варто відзначити:

Високоякісне стійке покриття з ефектом глянцевого або напівматового блиску.

Лак наноситься на попередньо підготовлену та відшліфовану поверхню.

Він швидко висихає за кімнатної температури, а також у умовах підвищеної температури.



Рис. 2.5. Лак «BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH» [18]

Після нанесення покриття з акрил-уретану швидко затвердіває завдяки технології самозшивання акрилової дисперсії.

Утворена лакова плівка має високу твердість, міцність та стійкість до стирання.

## 2.2. Прийняття проектних рішень

З розглянутих в попередньому розділі лаків для опорядження деревних матеріалів, для порівняння та визначення пріоритету вибрано по 5 ключових усереднених характеристик для кожного з 5 лаків, як вказано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

### Основні характеристики обраних антисептиків

Марка лаку	Сухий залишок, %	Мінімальні витрати, г/м <sup>2</sup>	Життєстійкість, год	Час висихання (на дотик), хв	Ціна, грн/л
«Trae Lyx»	42	120	4	60	323
«VPK 130 VARI GLOSS»	50	80	6	90	225
«Kompozit AQUA PARQUET»	39	30	2	90	285
«(KEMILAC) LPV 502»	32	120	6	120	313
«BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH»	29	90	12	60	213

Під час оцінки та якісного порівняння п'яти різних лаків, створені квадратні матриці бінарних відношень розміром 5x5. У цих матрицях "m" представляє характеристики завіс, "n" – види лаків, отже, розмірність матриці - 5x5. Взаємовідносини між характеристиками та видами лаків виражено математичними символами: "більше" - ">", "дорівнює" - "=", "менше" - "<" .

Далі проводиться порівняння показників за їх пріоритетністю під час оцінки характеристик. Для цього порівняння створено ще одну квадратну матрицю розміром m x n .

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  $K_{ij}$  :

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

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.



Показник сухого залишку, % вказує на кількість матеріалу, яка залишається на поверхні після того, як лак висохне або випаруються всі леткі компоненти, такі як розчинники. Це важливий параметр, оскільки він дає уявлення про те, скільки саме покриття буде утворено на поверхні після нанесення та висихання лаку. Чим більший цей показник тим краще, це сприятиме кращому захисту [19].

Для обчислення кількісних оцінок використано числові оцінки, надані експертами для кожної характеристики. Значення  $K_j$  обчислено за формулою (2.1), що дозволяє визначити різницю між найкращим та найгіршим показником. Розрахувавши коефіцієнт  $K_j$ , розраховано коефіцієнт  $\omega_j$ , за формулою (2.2):

Цей метод дозволяє визначити значення коефіцієнтів  $K_j$  та  $\omega_j$ , використовуючи дані з табл. (2.3 - 2.6) та формули (2.1) і (2.2).

Таблиця 2.3

### Матриця порівняння лаків за мінімальною витратою г/м<sup>2</sup>

		X1	X2	X3	X4	X5	K	ω
		120	80	30	120	90		
X1	120	=	>	>	=	>	4,0	0,70
X2	80	<	=	>	<	<		
X3	30	<	<	=	<	<		
X4	120	=	>	>	=	>		
X5	90	<	>	>	<	=		

Показник мінімальної витрати г/м<sup>2</sup> вказує на кількість матеріалу, яку потрібно нанести на одиницю площі (м<sup>2</sup>) для отримання бажаного шару покриття. Чим менше цей показник тим краще, оскільки це означає, що потрібно буде витратити менше лаку, аби надійно покрити поверхню

Таблиця 2.4

**Матриця порівняння лаку за життєстійкістю, діб**

		X1	X2	X3	X4	X5	К	ω
		4	6	2	6	12		
X1	4	=	<	>	<	<	6	0,81
X2	6	>	=	>	=	<		
X3	2	<	<	=	<	<		
X4	6	>	=	>	=	<		
X5	12	>	>	>	>	=		

Показник життєстійкості визначає період, протягом якого лак або фарба можуть бути використані після відкриття упаковки, або період, коли нанесене покриття ще залишається придатним до обробки (наприклад, додавання наступного шару) або не твердне занадто швидко, щоб його можна було коректно розподілити. Чим вище цей показник тим краще, оскільки можна використовувати лак і додатково наносити шар за більший період часу.

Таблиця 2.5

**Матриця порівняння лаків за часом висихання, хв**

		X1	X2	X3	X4	X5	К	ω
		60	90	90	120	60		
X1	60	=	<	<	<	=	2	0,43
X2	90	>	=	=	<	>		
X3	90	>	=	=	<	>		
X4	120	>	>	>	=	>		
X5	60	=	<	<	<	=		

Показник часу висихання для лаків вказує на час, необхідний для того, щоб лак повністю або частково висох на поверхні після нанесення. Це важлива характеристика, яка визначає, наскільки швидко лак почне затвердівати і може бути підданий подальшій обробці, наприклад, нанесенню наступного шару або використанню обробленої поверхні. Чим менше час висихання тим краще, це дає змогу пришвидшити технологічний процес без втрати якості.

**Матриця порівняння лаків за ціною**

		X1	X2	X3	X4	X5	К	ω
		323	225	285	313	213		
X1	323	=	>	>	>	>	1,43	0,28
X2	225	<	=	<	<	>		
X3	285	<	>	=	<	>		
X4	313	<	>	>	=	>		
X5	213	<	<	<	<	=		

Показник ціна вказує на вартість засобу для обробки деревини. Він є важливим критерієм для оцінки економічної доцільності вибору лаку. Чим нижча ціна тим краще, це дасть змогу зробити вироби більш доступними.

Для визначення пріоритетів кожного матеріалу за кожною характеристикою  $P_{ij}$  і пріоритету самого показника  $P_j$ , впроваджено поняття потужності критерію  $L$ -го порядку  $P(L)$ , що розраховано по рядках:

Перша ітерація:

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

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

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

Друга ітерація:

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

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

Третя ітерація:

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

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

За допомогою цього методу розраховано та заповнено табл. 2.7 - 2.11.

Таблиця 2.7

## Матриця суміжності для порівняння сухого залишку

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P <sub>i 1</sub>	P <sub>i 1*</sub>	P <sub>i 2</sub>	P <sub>i 2*</sub>	P <sub>i 3</sub>	P <sub>i 3*</sub>	
		42	50	39	32	29									
X1	42	1	0,64	1,36	1,36	1,36	1,72	0,36	5,72	0,23	27,30	0,23	130,3 1	0,23	
X2	50	1,36	1	1,36	1,36	1,36			6,44	0,26	31,68	0,26	151,5 4	0,26	
X3	39	0,64	0,64	1	1,36	1,36			5	0,20	23,44	0,20	112,0 4	0,20	
X4	32	0,64	0,64	0,64	1	1,36			4,28	0,17	20,10	0,17	96,36	0,17	
X5	29	0,64	0,64	0,64	0,64	1			3,56	0,14	17,28	0,14	82,90	0,14	
									Σ	25,00	1,00	119,8 2	1,00	573,1 6	1,00

Таблиця 2.8

Матриця суміжності для порівняння мінімальної витрати г/м<sup>2</sup>

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P <sub>i 1</sub>	P <sub>i 1*</sub>	P <sub>i 2</sub>	P <sub>i 2*</sub>	P <sub>i 3</sub>	P <sub>i 3*</sub>
		120	80	30	120	90								
X1	120	1	1,7	1,7	1	1,7	4,0	0,70	7,1	0,28	32,56	0,31	135,2 6	0,31
X2	80	0,3	1	1,7	0,3	0,3			3,6	0,14	13,10	0,12	53,74	0,12
X3	30	0,3	0,3	1	0,3	0,3			2,2	0,09	9,04	0,08	38,24	0,09
X4	120	1	1,7	1,7	1	1,7			7,1	0,28	32,56	0,31	135,2 6	0,31

X5	90	0,3	1,7	1,7	0,3	1			5	0,20	19,12	0,18	76,29	0,17
$\Sigma$									25,00	1,00	106,3 8	1,00	438,8 0	1,00

Таблиця 2.9

**Матриця суміжності для порівняння життєстійкості**

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P <sub>i 1</sub>	P <sub>i 1*</sub>	P <sub>i 2</sub>	P <sub>i 2*</sub>	P <sub>i 3</sub>	P <sub>i 3*</sub>
		4	6	2	6	12								
X1	4	1	0,19	1,81	0,19	0,19	6,0	0,81	3,38	0,14	10,34	0,10	37,39	0,10
X2	6	1,81	1	1,81	1	0,19			5,81	0,23	22,49	0,22	82,20	0,22
X3	2	0,19	0,19	1	0,19	0,19			1,76	0,07	6,18	0,06	24,02	0,06
X4	6	1,81	1	1,81	1	0,19			5,81	0,23	22,49	0,22	82,20	0,22
X5	12	1,81	1,81	1,81	1,81	1			8,24	0,33	38,58	0,39	149,8 8	0,40
$\Sigma$									25,00	1,00	100,0 7	1,00	375,6 8	1,00

Таблиця 2.10

**Матриця суміжності для порівняння за часом висихання**

	X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P <sub>i 1</sub>	P <sub>i 1*</sub>	P <sub>i 2</sub>	P <sub>i 2*</sub>	P <sub>i 3</sub>	P <sub>i 3*</sub>
--	----	----	----	----	----	---	---	------------------	-------------------	------------------	-------------------	------------------	-------------------

		60	90	90	120	60								
X1	60	1	0,57	0,57	0,57	1	2,0	0,43	3,71	0,15	17,44	0,15	82,45	0,15
X2	90	1,43	1	1	0,57	1,43			5,43	0,22	25,30	0,21	119,2 1	0,21
X3	90	1,43	1	1	0,57	1,43			5,43	0,22	25,30	0,21	119,2 1	0,21
X4	120	1,43	1,43	1,43	1	1,43			6,72	0,27	32,86	0,28	155,1 0	0,28
X5	60	1	0,57	0,57	0,57	1			3,71	0,15	17,44	0,15	82,45	0,15
								$\Sigma$	25,00	1,00	118,3 4	1,00	558,4 4	1,00

Таблиця 2.11

### Матриця суміжності для порівняння за ціною

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P <sub>i</sub> 1	P <sub>i</sub> 1*	P <sub>i</sub> 2	P <sub>i</sub> 2*	P <sub>i</sub> 3	P <sub>i</sub> 3*
		323	225	285	313	213								
X1	323	1	1,28	1,28	1,28	1,28	1,43	0,28	6,12	0,24	30,29	0,25	147,5 1	0,25
X2	225	0,72	1	0,72	0,72	1,28			4,44	0,18	21,42	0,18	104,4 3	0,18
X3	285	0,72	1,28	1	0,72	1,28			5	0,20	24,06	0,20	117,1 6	0,20
X4	313	0,72	1,28	1,28	1	1,28			5,56	0,22	27,02	0,22	131,4	0,22

													6	
X5	213	0,72	0,72	0,72	0,72	1			3,88	0,16	19,09	0,16	93,09	0,16
$\Sigma$									25,00	1,00	121,8 6	1,00	593,6 4	1,00

Для розрахунку по методу експертної оцінки отримано оцінки експертів та занесено в табл. 2.12. Далі формулами (2.12 та 2.13) обчислено середнє значення  $\bar{x}_{ij}$  та середнє квадратичне відхилення  $S_{ij}$  по кожному ряду відповідей [55]:

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

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

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

$m$  – кількість експертів.

Далі розраховано коефіцієнт варіації  $V_{ij}$  за формулою [55]:

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

Загальний коефіцієнт погодження експертів визначено за формулами нижча [6]:

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

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

де:  $n$  – кількість характеристик в анкеті;

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

Якщо  $0,5 \leq K_E \leq 1$ , то думка експертів погоджена [55].

Оцінки експертів та занесено в табл. 2.12

Таблиця 2.12

## Результат експертної оцінки пріоритетів показників

Кількість експертів	Норма витрати гр/м <sup>2</sup>			Термін служби, роки			Термін фіксації засобу, діб			Мінімально дозволена температура використання °С			Ціна грн/л		
	X <sub>i</sub>	X <sub>сер</sub> -X <sub>i</sub>	(X <sub>сер</sub> - X <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	X <sub>i</sub>	X <sub>сер</sub> -X <sub>i</sub>	(X <sub>сер</sub> - X <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	X <sub>i</sub>	X <sub>сер</sub> -X <sub>i</sub>	(X <sub>сер</sub> - X <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	X <sub>i</sub>	X <sub>сер</sub> -X <sub>i</sub>	(X <sub>сер</sub> - X <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	X <sub>i</sub>	X <sub>сер</sub> -X <sub>i</sub>	(X <sub>сер</sub> -X <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>
1	<b>2</b>	0,14	0,02	<b>3</b>	0,00	0,00	<b>5</b>	-0,71	0,51	<b>5</b>	-2,57	6,61	<b>5</b>	-1,57	2,47
2	<b>1</b>	1,14	1,31	<b>2</b>	1,00	1,00	<b>2</b>	2,29	5,22	<b>1</b>	1,43	2,04	<b>2</b>	1,43	2,04
3	<b>2</b>	0,14	0,02	<b>3</b>	0,00	0,00	<b>5</b>	-0,71	0,51	<b>1</b>	1,43	2,04	<b>2</b>	1,43	2,04
4	<b>1</b>	1,14	1,31	<b>2</b>	1,00	1,00	<b>5</b>	-0,71	0,51	<b>2</b>	0,43	0,18	<b>3</b>	0,43	0,18
5	<b>2</b>	0,14	0,02	<b>3</b>	0,00	0,00	<b>5</b>	-0,71	0,51	<b>1</b>	1,43	2,04	<b>2</b>	1,43	2,04
6	<b>2</b>	0,14	0,02	<b>3</b>	0,00	0,00	<b>5</b>	-0,71	0,51	<b>5</b>	-2,57	6,61	<b>5</b>	-1,57	2,47
7	<b>5</b>	-2,86	8,16	<b>5</b>	-2,00	4,00	<b>3</b>	1,29	1,65	<b>2</b>	0,43	0,18	<b>5</b>	-1,57	2,47
Середнє значення балу	2,14			3,00			4,29			2,43			3,43		
Середнє квадратичне відхилення	1,26			0,91			1,20			1,73			1,41		
Коефіцієнт варіації / 100%	0,59			0,30			0,28			0,71			0,41		
	K <sub>експ</sub> - 1		0,41	K <sub>експ</sub> - 2		0,70	K <sub>експ</sub> - 3		0,72	K <sub>експ</sub> - 4		0,29	K <sub>експ</sub> - 5		0,59
Загальний коефіцієнт погодження експертів	0,54														

За результатами розрахунків (табл. 2.12) коефіцієнт узгодженості експертів знаходиться у межах  $0,5 \leq K_{\text{експ}} \leq 1$ , тому думка експертів вважається узгодженою. Це дає можливість побудувати матрицю бінарних відношень вагомості показників – табл. 2.13.

Таблиця 2.13

**Матриця бінарних відношень**

		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K4	$\omega_4$
		2,14	3,00	4,29	2,43	3,43		
Y1	2,14	=	<	<	<	<	2,00	0,43
Y2	3,00	>	=	<	>	<		
Y3	4,29	>	>	=	>	>		
Y4	2,43	>	<	<	=	<		
Y5	3,43	>	>	<	>	=		

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

Визначено, у скільки разів найкращий об'єкт відрізняється від найгіршого, використовуючи формулу (2.1). Далі знаходимо коефіцієнт  $\omega_j$ , за формулою (2.2). Суміжні члени матриць визначено за формулами (2.3-2.4).

Замінено математичні символи (>), (=) та (<) відповідними значеннями  $\alpha_{ij}$ . Після цього створено матрицю суміжності для порівняння показників у табл. 2.14.

Таблиця 2.14

**Матриця суміжності для порівняння показників, що характеризують матеріали**

		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	W	P <sub>i 1</sub>	P <sub>i 1*</sub>	P <sub>i 2</sub>	P <sub>i 2*</sub>
		2,14	3	4,29	2,43	3,43						
Y1	2,1	1	0,57	0,57	0,57	0,57	2	0,43	3,28	0,13	15,66	0,13
Y2	3	1,43	1	0,57	1,43	0,57			5	0,20	22,78	0,19
Y3	4,3	1,43	1,43	1	1,43	1,43			6,72	0,27	32,86	0,28
Y4	2,4	1,43	0,57	0,57	1	0,57			4,14	0,17	18,85	0,16
Y5	3,4	1,43	1,43	0,57	1,43	1			5,86	0,23	27,45	0,23
$\Sigma$									25,00	1,00	117,60	1,00

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

На основі попередніх результатів побудовано загальну матрицю для обчислення комплексного пріоритету матеріалу (табл. 2.15).

Таблиця 2.15

**Підсумкова матриця**

Лак	Пріоритет лаку по одиничних показниках					Пріоритет показника		Комплексний пріоритет лаку
	1	2	3	4	5	номер	значення	
«Trae Lyx»	0,2 3	0,31	0,10	0,15	0,2 5	1	0,13	0,20
«VPK 130 VARI GLOSS»	0,2 6	0,12	0,22	0,21	0,1 8	2	0,19	0,19
«Kompozit AQUA PARQUET»	0,2 0	0,09	0,06	0,21	0,2 0	3	0,28	0,14
«KEMILAC LPV 502»	0,1 7	0,31	0,22	0,28	0,2 2	4	0,16	0,24
«BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH»	0,1 4	0,17	0,40	0,15	0,1 6	5	0,23	0,22

З отриманих вище результатів видно, що максимальний пріоритет має лак «KEMILAC LPV 502» з показником 0,24, тому цей лак рекомендовано для використання.

### 2.3. Рішення багатокритеріальної задач методом аналізу ієрархій

Мета: вибір кращого лаку.

Кількість альтернатив – 5.

Кількість критеріїв – 5.

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

Таблица 2.16

#### Скорочені назви

№	Критерії		№	Альтернативи
Кр1	Сухий залишок		A1	«Trae Lух»
Кр2	Мінімальні витрати		A2	«VPK 130 VARI GLOSS»
Кр3	Життєстійкість		A3	«Kompozit AQUA PARQUET»
Кр4	Час висихання		A4	«KEMILAC LPV 502»
Кр5	Ціна		A5	«BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH»

У процесі вибору найкращого лаку, 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.

Розраховано значення середнього геометричного значення елементів матриці за формулою:

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

де:  $i$  – номер рядка матриці;

$s$  – кількість елементів в  $i$ -му рядку матриці;

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

Далі обчислено значення ЛПр для першого рядка за формулою нижче [56]:

$$ЛПр_1 = \frac{[(w_1/w_1) \cdot (w_2/w_2) \cdot \dots \cdot (w_n/w_n)]^{\frac{1}{s}}}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)}, \quad (2.18)$$

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 [56].

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

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

де:  $n$  – розмір матриці;

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

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

1. Обчислюють суму елементів першого рядка матриці.
2. Отриману суму множать на відповідне значення вектора локальних пріоритетів (ЛПр) для першого рядка матриці.
3. Повторюють ці дії для кожного наступного рядка матриці: суму другого рядка множать на ЛПр другого рядка, суму третього рядка – на ЛПр третього рядка і так далі.
4. Усі отримані результати підсумовують.

Отримане значення є найбільшим власним числом матриці попарних порівнянь (МПП), позначеним як  $\lambda_{max}$  або також визначають  $L_{am}$ .

За допомогою цього методу розраховано та заповнено табл. 2.17. – 2.23.

Таблиця 2.17

**Матриця МПП критеріїв відносно мети**

		Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	G	ЛПр
Сухий залишок	Кр1	1	1/2	1/4	1/3	1/5	0,384	0,065
Мінімальні витрати	Кр2	2	1	1/3	1/2	1/3	0,644	0,109
Життєстійкість	Кр3	4	3	1	1/2	2	1,644	0,279
Час висихання	Кр4	3	2	2	1	1/4	1,246	0,211
Ціна	Кр5	5	3	1/2	4	1	1,974	0,335
Сумма							5,892	1,000

Показники:  $N=5$ ;  $\lambda_{am}=5,762$ ;  $CI=0,191$ ;  $CR=0,170$

Найбільше значення ЛПр=0,335

Таблиця 2.18

**Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію сухий залишок**

		Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	G	ЛПр
«Trae Lyx»	A1	1	1/4	1/4	1/2	1/2	0,435	0,072
«VPK 130 VARI GLOSS»	A2	4	1	1/4	1/2	1/3	0,699	0,116
«Kompozit AQUA PARQUET»	A3	4	4	1	2	3	2,491	0,414
«KEMILAC LPV 502»	A4	2	2	1/2	1	1/4	0,871	0,145
«BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH»	A5	2	3	1/3	4	1	1,516	0,252
Сумма							6,012	1,000

Показники:  $N=5$ ;  $\lambda_{am}=5,540$ ;  $CI=0,135$ ;  $CR=0,120$

Найбільше значення ЛПр=0,414

Таблиця 2.19

**Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію мінімальні витрати**

		Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	G	ЛПр
«Trae Lyx»	A1	1	1/5	1/2	1/2	1/3	0,441	0,075
«VPK 130 VARI GLOSS»	A2	5	1	1/3	1/2	1/3	0,774	0,132
«Kompozit AQUA PARQUET»	A3	2	3	1	3	4	2,352	0,400
«KEMILAC LPV 502»	A4	2	2	1/3	1	1/3	0,850	0,145
«BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH»	A5	3	3	1/4	3	1	1,465	0,249
Сумма							5,882	1,000

Показники: N=5; Lam=5,802; CI=0,201; CR=0,179

Найбільше значення ЛПр=0,400

Таблиця 2.20

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

		Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	G	ЛПр
«Trae Lyx»	A1	1	1/2	1/4	1/2	1/3	0,461	0,074
«VPK 130 VARI GLOSS»	A2	2	1	1/4	1/5	1/3	0,506	0,082
«Kompozit AQUA PARQUET»	A3	4	4	1	4	2	2,639	0,425
«KEMILAC) LPV 502»	A4	2	5	1/4	1	1/2	1,046	0,169
«BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH»	A5	3	3	1/2	2	1	1,552	0,250
Сумма							6,204	1,000

Показники: N=5; Lam=5,291; CI=0,073; CR=0,065

Найбільше значення ЛПр=0,425

Таблиця 2.21

**Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію час висихання**

		Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	G	ЛПр
«Trae Lyx»	A1	1	3	1/4	3	2	1,351	0,219
«VPK 130 VARI GLOSS»	A2	1/3	1	1/4	1/5	1/3	0,354	0,057
«Kompozit AQUA PARQUET»	A3	4	4	1	4	2	2,639	0,428
«KEMILAC LPV 502»	A4	1/3	5	1/4	1	1/2	0,731	0,119
«BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH»	A5	1/2	3	1/2	2	1	1,084	0,176
Сумма							6,159	1,000

Показники: N=5; Lam=5,473; CI=0,118; CR=0,105

Найбільше значення ЛПр=0,428

Таблиця 2.22

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

		Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	G	ЛПр
«Trae Lyx»	A1	1	1/2	1/3	1/2	3	0,758	0,139
«VPK 130 VARI GLOSS»	A2	2	1	1/3	1/3	1/2	0,644	0,118
«Kompozit AQUA PARQUET»	A3	3	3	1	1/3	1/2	1,084	0,199
«KEMILAC LPV 502»	A4	2	3	3	1	2	2,048	0,375
«BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH»	A5	1/3	2	2	1/2	1	0,922	0,169
Сумма							5,457	1,000

Показники: N=5; Lam=5,788; CI=0,197; CR=0,175

Найбільше значення ЛПр=0,375

Побудовано матрицю пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв (табл. 2.23).

Таблиця 2.23

**Матриця пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв**

	Назва	ПрКр	A1	A2	A3	A4	A5
			«Trae Lyx»	«VPK 130 VARI GLOSS»	«Kompozit AQUA PARQUET»	«(KEMILAC) LPV 502»	«BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH»
Кр1	Сухий залишок	0,065	0,072	0,116	0,414	0,145	0,252
Кр2	Мінімальні витрати	0,109	0,075	0,132	0,400	0,145	0,249
Кр3	Життестійкість	0,279	0,074	0,082	0,425	0,169	0,250
Кр4	Час висихання	0,211	0,219	0,057	0,428	0,119	0,176
Кр5	Ціна	0,335	0,139	0,118	0,199	0,375	0,169

Далі проводиться розрахунок глобального пріоритету (ГлПр). Значення глобального пріоритету для рядка А1 визначається шляхом сумування добутків значень стовпця "ПрКр" (табл. 2.24) на відповідні значення у стовпці "А1". Аналогічні обчислення виконуються для всіх інших рядків.

Отримані дані заносимо у табл. 2.24 глобальні пріоритети альтернатив.

Таблиця 2.24

**Глобальні пріоритети альтернатив**

	Назва	ГлПр
1	«Trae Lyx»	0,126
2	«VPK 130 VARI GLOSS»	0,096
3	«Kompozit AQUA PARQUET»	0,346
4	«KEMILAC LPV 502»	0,223
5	«BIONIC HOUSE PARQUET VARNISH»	0,207

З табл. 2.24 встановлено, що Альтернатива А3 «Kompozit AQUA PARQUET» має найвищий глобальний пріоритет, який складає 0,346, і, отже, він є найкращою альтернативою для досягнення цілі – опорядження деревини

Результати обчислень вказують на вибір лаку для опорядження за першим методом лак «КЕМІЛАС LPV 502»; за другим методом максимальний пріоритет отримав лак «Композит АQUА PARQUET». Таким чином розрахунки показали які лаки слід використовувати в експериментах, щоб визначити який з них буде краще для опорядження деревини.

### РОЗДІЛ 3. НАПРЯМИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Загальна характеристика кухонного гарнітуру

У рамках даної магістерської кваліфікаційної роботи проектується кутовий кухонний гарнітур сучасного стилю, призначений для встановлення у житловому приміщенні. Конструкція кухні представлена у вигляді двох ліній модулів, розташованих під кутом 90°, що забезпечує зручність розміщення робочих зон та ефективне використання простору[20].

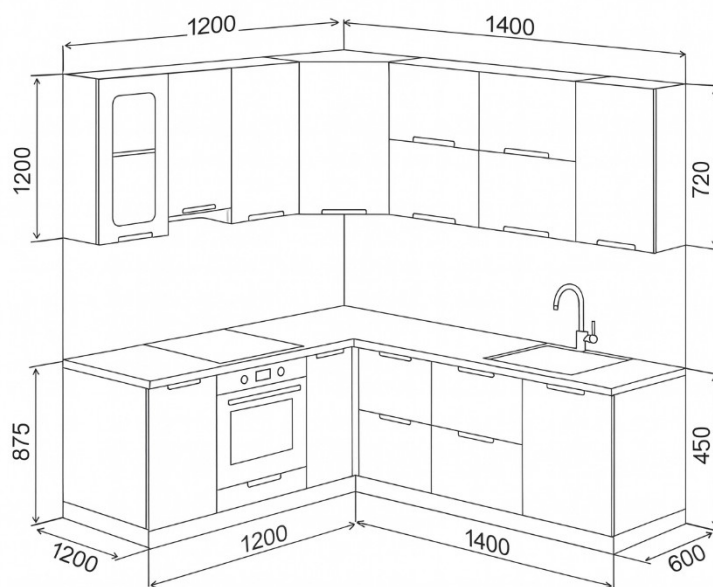


Рис. 3.1. Креслення кухні

В основі композиції – комбінація нижніх та верхніх модулів різної ширини (рис 3.1.), що дозволяє оптимально організувати зберігання кухонного приладдя та техніки. Загальний вигляд гарнітуру відповідає сучасним вимогам ергономіки: плавні лінії, мінімалістичний дизайн, відсутність зайвих декоративних елементів, стримані кольори.

Кухня оснащена вбудованими елементами: варильною поверхнею, духового шафою, мийкою та місцем під холодильник. Фасади мають природну текстуру дубового шпону, що поєднує сучасний стиль із натуральністю та створює візуально приємний і теплий інтер'єр (рис 3.2.).



Рис. 3.2. Кухня загальний вид

Основні переваги обраної конструкції:

- раціональне використання площі приміщення завдяки кутовому рішенню;
- універсальність модулів, що дозволяє адаптувати кухню під конкретні габарити замовника;
- висока функціональність – наявність достатньої кількості місць для зберігання;
- естетичність та довговічність матеріалів завдяки використанню МДФ і натурального шпону;
- можливість якісного опорядження поліуретановими лакофарбовими матеріалами для забезпечення зносостійкості фасадів [21].

### 3.2. Вибір матеріалів для виготовлення кухонного гарнітуру

Матеріальний склад кухні визначає її довговічність, зовнішній вигляд та стабільність конструкції. Для даного проекту обрано матеріали, які відповідають сучасним вимогам якості, екологічності та технологічності оброблення.

МДФ як основний конструкційний матеріал

Для виготовлення корпусних частин та фасадів застосовується МДФ-плита (Medium Density Fiberboard) товщиною 18 мм – один із найпоширеніших матеріалів у сучасному меблевому виробництві. Його вибрано з огляду на такі переваги:

висока однорідність структури, що забезпечує чистоту фрезерування;  
стабільність геометричних параметрів при змінах вологості та температури;

відмінна адгезія до лакофарбових матеріалів, що є критичним для подальшого опорядження;

відповідність вимогам ДСТУ EN 622-5:2019 [22].

МДФ забезпечує міцність і надійність конструкцій, а також є оптимальним матеріалом для подальшого облицювання шпоном дуба.

Шпон дуба натуральний

Фасадна частина гарнітуру облицьована натуральним шпоном дуба, який характеризується:

чіткою текстурою та природною естетикою;  
високою механічною міцністю та стійкістю до деформацій;  
можливістю якісного лакування, що підкреслює природний рисунок волокон;

сумісністю з поліуретановими лакофарбовими матеріалами.

Товщина шпону – 0,6 мм, тип – строганий. Шпон дуба є преміальним матеріалом, широко використовуваним у кухонних фасадах середнього та високого цінового сегмента.

Матеріали для корпусної частини

Корпуси кухні виготовляються з ламінаційної ДСП товщиною 18 мм, білого або світлого відтінку. Такий матеріал обрано завдяки:

достатній міцності для корпусів;

- легкості миття та експлуатації;
- економічності порівняно з МДФ;

- відповідності меблевим стандартам EN 14322 [23].

Допоміжні матеріали

Для збирання та монтажу використовуються:

- клей ПВА D3 для шпону;
- клей-розплав EVA для крайкування;
- плита задня HDF товщиною 3 мм;
- кромка ПВХ 0,5 та 2 мм у місцях, що потребують захисту від

вологи.

Цей матеріальний склад повністю відповідає сучасним вимогам до виготовлення кухонних меблів преміум-класу та забезпечує високий ресурс експлуатації виробу.

Вибір фурнітури для кухонного гарнітуру

Фурнітура є одним із ключових елементів кухонних меблів, оскільки визначає функціональність, зручність користування та довговічність конструкцій. Для даного проекту обрано фурнітуру австрійського бренду BLUM [24], яка вважається еталоном на світовому ринку завдяки високій надійності, плавності ходу та тривалому терміну експлуатації.

Основні принципи вибору фурнітури BLUM

При виборі фурнітури враховувалися такі критерії:

- ергономічність та плавний хід механізмів;
- високий ресурс відкриття, підтверджений сертифікацією (від 80 000 до 200 000 циклів);
- інтеграція системи доводчиків BLUMOTION[25];
- регулювання фасаду у трьох площинах;
- гарантована відповідність європейським стандартам якості EN 15570 [26] та EN 15706.

Набір фурнітури для проектованої кухні

- Петлі BLUM CLIP [27] top BLUMOTION

Використовуються для відкриття фасадів верхніх і нижніх модулів.

Переваги:

- інтегрований амортизатор BLUMOTION;
- прихована система монтажу;
- стійкість до навантажень;
- плавне закривання незалежно від ваги фасаду.

Типи петель у проекті:

- стандартні 110°;
- для кутових модулів;
- накладні та вкладні.

Висувні системи TANDEMBOX або MERIVOBOX

Для нижніх модулів кухні застосовуються висувні шухляди BLUM:

- система TANDEMBOX Antaro [28] – для посуду та столових приборів;

- напрямні з частковим/повним висуванням;
- динамічна вантажопідйомність: 30–50 кг;
- плавний хід завдяки роликовій або тандемній системі;
- ресурс роботи понад 100 000 циклів.

Система підйомників AVENTOS HF / HK-S

Застосовується у верхніх секціях.

Переваги:

- фасад піднімається вгору без потреби звільняти простір спереду;
- зручність роботи у вузьких приміщеннях;
- доводчик BLUMOTION;
- можливість фіксації фасаду у будь-якій точці траєкторії.

Інші елементи BLUM

- монтажні планки для петель;
- кріплення ящиків;
- демпфери TIP-ON BLUMOTION [29] (при потребі безручкового відкривання);

- набір органайзерів ORGA-LINE для шухляд.

Переваги застосування фурнітури BLUM у проекті

- тривалий термін служби виробу;
- підвищений комфорт користування кухнею;
- сумісність із шпонованими фасадами;
- зменшення шуму при експлуатації;
- високий рівень безпеки;
- гарантія стабільності конструкцій протягом всього терміну служби.

### 3.3. Конструктивні особливості кухонного гарнітуру

Конструкція кухонного гарнітуру базується на модульному принципі, що дозволяє формувати функціональні секції відповідно до потреб користувача та параметрів приміщення. Основним конструкційним матеріалом є МДФ та ДСП, що забезпечують стабільність, довговічність та точність геометрії модулів.

Корпусні модулі складаються з боковин, дна, кришки, полиць та задньої стінки, які з'єднуються між собою за допомогою конфірматів, шкантів та монтажних металевих елементів. Для верхніх шаф застосовуються підвісні системи з регулюванням, що дозволяє компенсувати нерівності стін та забезпечити точне вирівнювання ряду.

Фасади виготовлені з МДФ, облицьованого натуральним шпоном дуба, що гарантує естетичний вигляд та високу міцність поверхні. Торці фасадів закриті шпонованою крайкою або ПВХ-крайкою, що додатково захищає від вологи та механічних впливів [30].

Для висувних шухляд використовуються напрямні з плавним ходом та доводчиками, що забезпечують комфортну експлуатацію та підвищують загальну надійність конструкції. Кутові секції виконані зі спеціальними з'єднувальними елементами, що гарантують жорсткість та правильну геометрію під час монтажу.

Стільниця кріпиться до нижніх модулів за допомогою монтажних кутиків та фіксаторів, що забезпечують стабільність навіть під значним навантаженням. В зоні мийки застосовуються вологостійкі елементи та герметизація.

У конструкції враховані технологічні зазори між фасадами, модулями та стінами, що гарантує плавну роботу фурнітури, рівномірні шви та високий естетичний рівень готового виробу.

Завдяки використанню якісних матеріалів, продуманим конструктивним вузлам та фурнітурі BLUM, кухня характеризується довговічністю, зручністю експлуатації та сучасним зовнішнім виглядом[31].

### 3.4. Карта розкрою матеріалів і специфікація деталей

Для виготовлення кухонного гарнітуру була сформована карта розкрою, яка включає перелік усіх деталей, необхідних для виробництва корпусів і фасадів, а також оптимальне використання листових матеріалів (рис.3.3).



Рис. 3.3. Карта розкрою листа МДФ

Розкрій виконано з урахуванням мінімізації відходів, дотримання напрямку волокон шпону та стандартних розмірів плит.

Основним матеріалом для корпусних деталей є ламінована ДСП товщиною 18 мм, а для фасадів – МДФ 18 мм, шпонований дубом. Використання стандартних листів 2800×2070 мм дозволяє отримати максимальний вихід деталей при мінімальній кількості залишків.

Під час розкрою враховувалися такі критерії:

- напрям волокон шпону на фасадах;
- технологічні зазори для подальшого фрезерування та опорядження;
- місця встановлення кріпильних елементів;
- забезпечення достатньої площі для шліфування перед нанесенням

лакофарбового покриття;

- розташування деталей для зменшення деформацій.

Специфікація деталей включає:

- розміри деталей корпусів (боковини, полиці, дно, кришка);
- розміри фасадів;
- елементи для внутрішнього наповнення;
- заготовки для фрезерування;
- елементи для обшивки та декоративних модулів[32].

Для кожної деталі визначено:

- матеріал;
- товщину;
- габарити;
- кількість;
- необхідність крайкування;
- сторону облицювання шпоном.

Використання оптимізованої карти розкрою забезпечує економне витрачання матеріалів, зменшення собівартості виготовлення та покращення організації виробництва (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

### Специфікація виготовлення кухні

№	Найменування деталі	Матеріал	Товщина,	Розміри,	Кількість	Крайка

			мм	мм(Д*В)	, шт	
1	2	3	4	5	6	7
1	Боковина ниж.модуля	ДСП ламінована	18	720*560	4	0,5 мм ПВХ
2	Дно ниж.модуля	ДСП ламінована	18	564*560	2	0,5 ПВХ
3	Кришка ниж.модуля	ДСП ламінована	18	564*560	2	0,5 ПВХ
4	Полиця	ДСП ламінована	18	560*560	3	0,5 ПВХ
5	Задня стінка	НДФ біла	3	560*700	2	---
6	Боковина верх.модуля	ДСП ламінована	18	720*300	4	0,5 ПВХ
7	Дно верх.модуля	ДСП ламінована	18	296*560	2	0,5 ПВХ
8	Кришка верх.модуля	ДСП ламінована	18	296*560	2	0,5 ПВХ
9	Полиця верх.модуля	ДСП ламінована	18	296*560	4	0,5 ПВХ
10	Задня стінка верх.модуля	НДФ біла	3	296*720	2	---
11	Фасад ниж.модуля	МДФ шпон.дуб	18	713*596	3	Шпон 1 мм
12	Фасад верх.модуля	МДФ шпон.дуб	18	713*296	4	Шпон 1 мм
13	Фасад (надварильний)	МДФ шпон.дуб	18	356*596	1	Шпон 1 мм

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
14	Фасад шухляди	МДФ	18	150*596	2	Шпон

		шпон, дуб				1 мм
15	Деталь під стільницю	ДСП ламінована	18	100*560	2	---
16	Перемичка	ДСП ламінована	18	80*560	2	---
17	Кутовий торц. елемент	МДФ шпон, дуб	18	720*180	1	Шпон 1 мм
18	Планка кріпильна	ДСП ламінована	18	100*296	2	---
19	Опорна планка	ДСП ламінована	18	100*564	1	---
20	Цоколь	Пластик	100	2000*10 0	1	---

Використання оптимізованої карти розкрою забезпечує економне витрачання матеріалів, зменшення собівартості виготовлення та покращення організації виробництва. Крім того, точне планування розкрою мінімізує кількість відходів, дозволяючи максимально ефективно використовувати листові матеріали – ДСП, МДФ чи фанеру. Це не лише скорочує витрати, а й спрощує подальші етапи складання та монтажу.

### 3.5. Технологія виготовлення кухонного гарнітуру

Процес виготовлення кухонного гарнітуру включає комплекс технологічних операцій, спрямованих на отримання конструктивно стійких, функціональних та естетичних виробів. Технологія охоплює розкрій плитних матеріалів, обробку кромки, фрезерування фасадів, опорядження поверхонь поліуретановими лакофарбовими матеріалами та фінальну збірку модулів [33]. Усі етапи виконуються відповідно до технологічних карт підприємства та вимог стандартів меблевого виробництва.

#### Підготовчий етап

На цьому етапі здійснюється:

- перевірка якості МДФ, ДСП та шпону дуба;
- підготовка креслень та специфікації деталей (п. 3.5);
- формування карти розкрою;
- налаштування обладнання для подальших операцій.

Матеріали зберігаються у складському приміщенні з контрольованими параметрами вологості для запобігання деформаціям плит.

Розкрій плитних матеріалів

Розкрій виконується на форматно-розкрійних верстатах із ЧПУ або напівавтоматичних верстатах. Основні вимоги:

- точність різку  $\pm 0,5$  мм;
- орієнтація деталей відповідно до карти розкрою;
- мінімізація відходів (до 8–10 % від площі листа);
- контроль чистоти різку для подальшого кромкування.

Корпусні деталі виготовляються з ламінованої ДСП, а фасадні заготовки – з МДФ під шпонування.

Обробка кромки

Торці корпусних деталей облицьовуються ПВХ-крайкою 0,5–2 мм методом гарячого приклеювання. Етапи:

- нанесення клею-розплаву EVA;
- приклеювання крайки;
- фрезерування виступів;
- шліфування переходів;
- полірування.

Для фасадів використовується шпонована крайка дуба товщиною 1 мм, яка забезпечує однорідність текстури й підвищує естетичність виробу [34].

Фрезерування фасадів

Фасади з МДФ фрезеруються на високоточних CNC-центрах.

Операції включають:

- формування декоративного профілю (якщо передбачено дизайном);
- створення посадкових отворів під фурнітуру;
- підготовку торців під крайку;
- калібрування поверхні перед опорядженням.

Точність позиціонування забезпечує бездоганну посадку петель та направляючих BLUM.

Шліфування поверхні

Шліфування виконується в кілька етапів:

1. попереднє шліфування МДФ абразивом P120;
2. калібрувальне шліфування після шпонування – P180;
3. фінішне шліфування перед нанесенням лаку – P220 – P240;
4. проміжне шліфування між шарами лаку – P320 – P400.

Шліфування забезпечує рівномірність поверхні, усуває мікродефекти та підвищує адгезію покриття.

Опорядження фасадів

Для опорядження використовуються поліуретанові лаки, обрані у пункті (VPK 130 VARI GLOSS та KEMILAC LPV 502 [12-13]).

Технологічна схема:

- очищення поверхні від пилу;
- нанесення першого шару лаку методом пневморозпилення;
- сушіння (температура 18–25 °С, вологість 40 – 65 %);
- проміжне шліфування;
- нанесення другого шару лаку;
- фінальна полімеризація протягом 12–24 год.

Контроль в'язкості лаку здійснюється у змішувальній лабораторії підприємства.

Монтаж та збірка

Після опорядження деталі передаються в зону збірки. Етапи:

- складання корпусів із використанням конфірматів та шкантів;

- встановлення фурнітури BLUM;
- монтаж направляючих та висувних систем;
- навішування фасадів;
- монтаж стільниці та цоколя;
- регулювання зазора фасадів та плавності закривання.

Ящики та дверцята регулюються у трьох площинах для досягнення ідеальної геометрії.

Контроль якості

Контроль включає:

- вимірювання геометричних параметрів;
- перевірку швів та стиків;
- контроль якості покриття (без патьоків, кратерів, подряпин);
- тест плавності фурнітури;
- перевірку відповідності технологічній карті.

Після схвалення меблі пакуються у багатошарове пакування та передаються на склад.

### 3.6. Вибір лакофарбових матеріалів та технологія опорядження фасадів

Опорядження фасадів є одним із ключових етапів технології виготовлення кухонного гарнітуру, оскільки саме якість покриття визначає довговічність поверхонь, їх стійкість до механічних навантажень, вологи, хімічних речовин та ультрафіолету [35]. Для шпонованих фасадів із дубу були обрані поліуретанові лакофарбові матеріали, які забезпечують оптимальну твердість і зносостійкість, а також підкреслюють природну текстуру деревини.

Вибір лакофарбових матеріалів

У рамках проекту та подальших досліджень (розділ 4) для опорядження фасадів обрано два поліуретанових лаки:

1. VPK 130 VARI GLOSS [12]

Поліуретановий лак із середньою твердістю та високою пластичністю.

Основні характеристики:

- сухий залишок: ~50 %;
- витрата: 80–120 г/м<sup>2</sup>;
- відмінна рівномірність нанесення;
- хороша УФ-стійкість;
- придатний для двошарового нанесення з проміжним шліфуванням.

Цей лак використовується для отримання гладкого та рівного покриття з можливістю тонування.

## 2. KEMILAC LPV 502[13]

Преміальний поліуретановий лак із підвищеною твердістю й зносостійкістю. Характеристики:

- твердість до 2Н;
- висока стійкість до стирання;
- низький рівень зміни кольору під дією УФ;
- висока хімічна стійкість (EN 12720);
- економна витрата – 100–120 г/м<sup>2</sup>.

За результатами експериментальних досліджень (розділ 4), лак KEMILAC LPV 502 [12] показав найкращі експлуатаційні властивості і може вважатися оптимальним для серійного використання у виробництві фасадів кухонних меблів.

Технологія нанесення лакофарбового покриття

Опорядження фасадів здійснюється у спеціально обладнаній малярній камері із забезпеченням стабільних параметрів мікроклімату та фільтрації повітря.

Підготовка поверхні

- шліфування шпону абразивом P180–P240;
- видалення пилу повітряною форсункою та липкою серветкою;

- перевірка однорідності поверхні.

Нанесення першого шару лаку

- метод: пневматичне або HVLP-розпилення;
- товщина нанесення: 80–100 г/м<sup>2</sup>;
- контроль в'язкості в лабораторії підприємства.

Проміжне сушіння

- температура: 18–25 °С;
- відносна вологість: 40–65 %;
- час сушіння: 30–60 хв залежно від лаку.

Проміжне шліфування

- абразив Р320–Р400;
- мета – зняти підняте волокно та забезпечити адгезію другого шару.

Нанесення другого шару лаку

- витрата: 90–110 г/м<sup>2</sup>;
- контроль рівномірності нанесення;
- запобігання появі кратерів, помутніння, патьоків.

Фінальна полімеризація

- тривалість: 12–24 години;
- повне твердіння протягом 7 діб.

Переваги обраної технології опорядження

- висока твердість покриття (Н–2Н);
- стійкість до абразивного зношення;
- збереження декоративних властивостей шпону;
- висока УФ-стабільність;
- можливість промислового застосування на підприємстві ТОВ «Еліо

Фекторі»;

- низький рівень браку за умови правильного мікроклімату.

Вибір поліуретанових лакофарбових матеріалів VPK 130 VARI GLOSS та KEMILAC LPV 502 [12-13] зумовлений високими експлуатаційними

вимогами до кухонних фасадів. Технологія нанесення покриття забезпечує формування щільної, зносостійкої та декоративно стабільної поверхні, що відповідає сучасним стандартам меблевого виробництва. За результатами досліджень найкращим варіантом для серійного виробництва визначено лак KEMILAC LPV 502 [12].

У конструктивно-технологічній частині було розглянуто повний цикл проектування кухонного гарнітуру, починаючи від вибору матеріалів і фурнітури та закінчуючи технологією виготовлення й опорядження фасадів. Обґрунтовано застосування МДФ, облицьованого натуральним шпоном дуба, як основного матеріалу для фасадів, та ламінованої ДСП – для виготовлення корпусів. Перевага надана фурнітурі BLUM, що забезпечує високу надійність і комфорт експлуатації кухні.

На основі проектною моделі сформовано карту розкрою та специфікацію деталей, що дозволяє оптимізувати використання матеріалів і зменшити виробничі витрати. Розроблено технологічну послідовність виготовлення, яка включає розкрій плитних матеріалів, кромкування, фрезерування, шліфування, опорядження поліуретановими лакофарбовими матеріалами та подальшу збірку модулів.

Особливу увагу приділено технології нанесення лакового покриття, що забезпечує високі експлуатаційні властивості шпонованих фасадів, а також системі контролю якості, яка дозволяє досягти відповідності виробу сучасним стандартам меблевого виробництва[36].

Таким чином, у розділі наведено обґрунтоване конструктивне та технологічне рішення виготовлення кухонного гарнітуру, яке може бути впроваджене у виробничий процес ТОВ «Еліо Фекторі» та забезпечує високу якість, довговічність і естетичність готових меблів.

#### РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ

#### 4.1. Технологічна структура виробництва

Технологічний процес на підприємстві організований за потоково-операційним принципом та включає такі етапи:

##### 1. Приймання та складування матеріалів

Проводиться вхідний контроль плитних матеріалів (МДФ, ДСП), шпону, лаків, клеїв, фурнітури (рис.4.1).



Рис. 4.1. Стелажі для зберігання плитних матеріалів

##### 2. Розкрій плитних матеріалів

Виконується на форматно-розкрійних верстатах та автоматизованих центрах(рис.4.2).

Забезпечує точність розмірів та мінімум відходів.

CNC-центр HOMAG

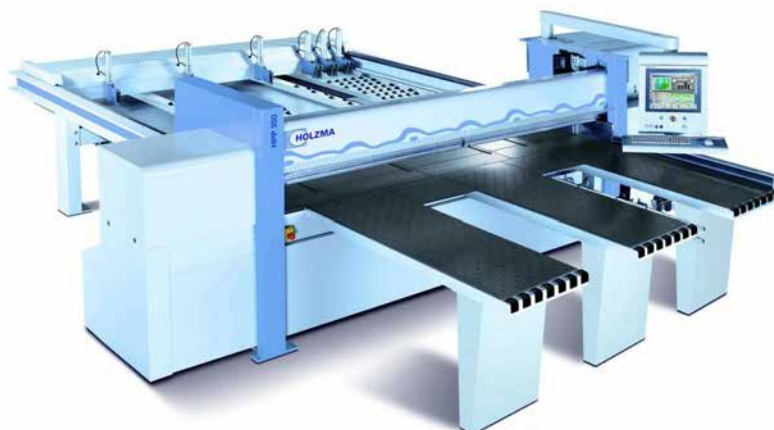


Рис. 4.2. Форматно-розкрійний центр HOLZMA HPP 350 [38]

### 3. Фрезерування та свердління

Виконується на CNC-центрах HOMAG та свердильно-присадному обладнанні (рис.4.3).



Рис. 4.3. Вертикальний обробний центр HOMAG VHX [39]

Виконується на CNC-центрах HOMAG та свердильно-присадному обладнанні. Тут формуються декоративні елементи фасадів та конструктивні отвори.

### 4. Шліфування поверхні

Проводиться стрічковими та плоскошліфувальними верстатами (рис.4.4).



Рис. 4.4. Калібрувально-шліфувальний центр BUTFERING[40]

Готує поверхню МДФ та шпону до нанесення покриття.

#### 5. Малярні роботи

Включають нанесення ґрунту, лаку, проміжне шліфування, фінальне опорядження (рис. 4.5). Використовується поліуретанова система покриття, що забезпечує твердість та стійкість поверхні [41]. Це одна з ключових дільниць підприємства.



Рис. 4.5. Малярна камера підприємства ELIO

#### 6. Зона колористики (змішувальна лабораторія)

Тут проводиться підбір кольору, змішування лаків, аналіз в'язкості та контроль параметрів нанесення (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Лабораторія змішування лакофарбових матеріалів на підприємстві ELIO

#### 7. Зона збирання

Виконується складання корпусів, встановлення фурнітури BLUM, контроль геометрії (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Зона збирання кухонних модулів на підприємстві ELIO

#### 8. Контроль якості та пакування

Фінальний огляд виробів, перевірка покриття, фіксація результатів у технологічному паспорті (рис. 4.8).



Рис. 4.8. Зона пакування

#### 4.2. Підготовка зразків до експерименту

Мета дослідження полягає у визначенні експлуатаційних властивостей лакофарбових покриттів, нанесених на шпоновані МДФ фасади кухонного

гарнітуру, та обґрунтуванні вибору оптимального лакофарбового матеріалу для застосування на виробництві ТОВ «Еліо Фекторі» (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Зразки для експерименту

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Підготувати серії зразків МДФ, облицьованих натуральним шпоном дуба, з використанням різних лакофарбових матеріалів.
2. Провести комплекс експериментальних випробувань покриттів, що характеризують їхню придатність до експлуатації в умовах кухонних приміщень.
3. Визначити показники твердості, зносостійкості та УФ-стабільності лакового покриття.
4. Порівняти ефективність покриттів двох поліуретанових лаків –VPK 130 VARI GLOSS та KEMILAC LPV 502[12-13].
5. Надати рекомендації щодо вибору лакофарбового матеріалу для серійного застосування у виробництві фасадів кухонних меблів.

Для проведення досліджень були виготовлені три серії зразків МДФ:

- Серія №1 – лак VPK 130 VARI GLOSS [12] Поліуретановий лак середньої твердої групи, призначений для декоративного та захисного покриття деревини та шпону.

- Серія №2 – лак KEMILAC LPV 502[13]

Високоякісний поліуретановий лак із підвищеною твердістю, спрямований на максимальну зносостійкість та стабільність покриття.

- Серія №3 – контрольні зразки без покриття Використовуються як базовий еталон для порівняння механічної та кольорової стабільності.

Для всіх серій використовувалися однакові основи – МДФ 18 мм, облицьована шпоном дуба товщиною 0,6 мм. Шпонування виконувалося методом гарячого пресування з використанням клею ПВА D3.

Перед нанесенням лаків поверхня зразків шліфувалася абразивом P180 – P240 [14]. Опорядження проводилося методом пневматичного розпилення у два шари з проміжним підсушуванням та шліфуванням.

До додаткових матеріалів, використаних у дослідженні, належать:

- абразивні матеріали P180 – P400;
- очищувачі для видалення пилу;
- мірні ємності та віскозиметри;
- УФ-лампа для прискорених випробувань;
- набір олівців для визначення твердості (ISO 15184) [9];
- обладнання для абразивних випробувань.

Для проведення експериментальних досліджень було виготовлено серію зразків зі шпонованого МДФ, на які наносили два різних лакофарбових матеріали: KEMILAC LPV 502 та VPK 130 VARI GLOSS [12-13]. Вибір саме цих лаків обумовлений їх поширеним застосуванням у меблевому виробництві та різницею в експлуатаційних властивостях, що дозволяє об'єктивно оцінити їхню придатність для опорядження кухонних фасадів. Лак KEMILAC LPV 502 є двокомпонентним поліуретановим матеріалом із сухим залишком 32 %, витратою близько 120 г/м<sup>2</sup>, високою твердістю і зносостійкістю, що робить його оптимальним варіантом для кухонних меблів, які експлуатуються в умовах підвищеної вологості та механічних навантажень. Другий лак – VPK 130 VARI GLOSS – двокомпонентний акрил-поліуретановий матеріал із сухим залишком

50 %, витратою 80 г/м<sup>2</sup> та високою еластичністю, що забезпечує добрий декоративний результат, але поступається за твердістю та стійкістю до стирання.

Обидва матеріали наносилися методом пневматичного розпилення у два шари з проміжним підсушуванням, а поверхня шпону перед опорядженням шліфувалася абразивом P180–240[14]. Крім того, було виготовлено контрольну серію зразків без будь-якого лакофарбового покриття для визначення базових характеристик матеріалу та коректного порівняння результатів експериментів. Така структура експерименту дозволяє якісно оцінити вплив кожного з лаків на експлуатаційні властивості опоряджених поверхонь, включаючи їхню твердість, зносостійкість та УФ-стійкість, а також сформулювати обґрунтовані рекомендації щодо застосування лакофарбових матеріалів у виробництві кухонних меблів на ТОВ «Еліо Фекторі».

KEMILAC LPV 502 – двокомпонентний поліуретановий лак італійського виробництва, призначений для високоякісного оздоблення виробів із деревини та шпонованих плит (табл. 4.1.).

Таблиця 4.1

#### Технічна характеристика лаку KEMILAC LPV 502

Показник	Значення
Сухий залишок, %	32%
Мінімальна витрата, г/м <sup>2</sup>	120
Життестійкість, год	6
Час висихання	120
Ціна, грн/л	313

Як видно з таблиці, цей лак відзначається підвищеною зносостійкістю, стабільним сухим залишком і високою твердістю покриття.

#### 4.3. Методика проведення експерименту

Методика проведення експериментальних досліджень спрямована на визначення основних експлуатаційних характеристик лакофарбових покриттів, що наносяться на шпоновані фасади кухонних меблів. Дослідження

проводилися за стандартними методами, що відповідають чинним ISO та EN нормативам, прийнятим у меблевій та деревообробній галузях

#### Підготовка зразків

Для досліджень було виготовлено три серії зразків МДФ розміром 150×150 мм:

- Серія №1 – покриття лаком VPK 130 VARI GLOSS[13]
- Серія №2 – покриття лаком KEMILAC LPV 502[12]
- Серія №3 – контрольні зразки без покриття

Підготовка включала:

1. Шліфування МДФ абразивом P180 – P240
2. Очищення поверхні від пилу
3. Нанесення лаку пневматичним способом
4. Сушіння 30 – 60 хв
5. Проміжне шліфування P320 – P400
6. Нанесення другого шару лаку
7. Фінальна полімеризація протягом 12–24 год

Усі зразки сушилися в однакових умовах ( $t = 20 \pm 2$  °C, RH = 50 ± 5 %).

#### Методика визначення зносостійкості

Випробування виконувалися за методикою аналогічною EN 15185:2007.

Сутність методу:

- зразок встановлюється на абразивний диск;
- здійснюється обертання під навантаженням;
- фіксується кількість циклів до появи видимих слідів стирання;
- результат – кількість циклів до першої появи пошкоджень.

Оцінювали параметр:

- *кількість циклів до стирання (цикли).*

#### Методика визначення твердості покриття

Тест проводився за стандартом ISO 15184:2012 (Олівцева твердість).

Суть тесту:

- на поверхню під кутом  $45^\circ$  прикладається олівець певної твердості;
- проводиться лінія без надмірного тиску;
- твердість визначається максимальним “Н”- класом олівця, який не

залишає подряпини.

Оцінюваний параметр:

- *твердість покриття за олівцем (H–2H).*

Методика визначення УФ-стійкості

Проводилась за прискореною схемою, близькою до методики ISO 4892-

3:

- тривалість експозиції: 12 год;
- УФ-лампа з довжиною хвилі 340 нм;
- температура камери –45–50 °С.

Після експозиції вимірювали:

- зміну кольору  $\Delta E$  за допомогою колориметра;
- візуальні дефекти (пожовтіння, помутніння, мікротріщини);
- порушення блиску.

Оцінювані параметри:

- $\Delta E$  – зміна кольору
- ступінь втрати блиску (%).

Фіксація та обробка результатів

Для кожного випробування виконували не менше трьох повторів, після чого обчислювали:

- середнє значення;
- максимальне та мінімальне відхилення;
- відсоток різниці між серіями.

#### 4.4. Результати експериментальних досліджень

Випробування лакофарбових покриттів проводилися з метою оцінити їхню придатність до експлуатації на фасадах кухонних меблів, які піддаються впливу абразивних навантажень, ультрафіолетового випромінювання, змін температури

та механічних впливів. Дослідження виконували на трьох серіях зразків (VPK 130 VARI GLOSS, KEMILAC LPV 502 [12-13] та контрольних) (рис.4.10 ).

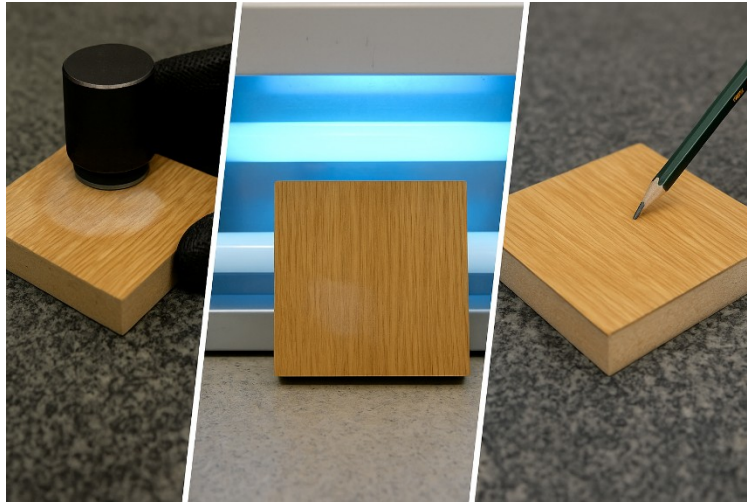


Рис. 4.10 Експериментальні зразки під час випробування

#### Випробування на зносостійкість

Під час зносостійкого тестування було встановлено:

- контрольні зразки без покриття вже після перших циклів демонстрували помітні пошкодження, подряпини та матування;
- на зразках, покритих лаком VPK 130 VARI GLOSS, перші видимі ознаки стирання з'явилися після середньої кількості циклів;
- покриття KEMILAC LPV 502 показало найбільшу стійкість – поверхня зберігала блиск і цілісність значно довше (рис. 4.11).

Візуально фіксували:

- поява матових зон;
- мікроподряпини;
- зменшення блиску;

- лінійні пошкодження в напрямку руху абразиву.



Рис. 4.11. Результати експерименту зносостійкості

Випробування на твердість покриття

Після тесту олівцевої твердості встановлено:

- на контрольних зразках олівці навіть середньої твердості залишали глибокі сліди;
- лак VPK 130 VARI GLOSS витримував вплив олівців середнього класу твердості, залишаючи мінімальні подряпини при H;
- лак KEMILAC LPV 502 показав максимально високий результат – поверхня не піддавалася подряпинам до класу 2H [42] (рис. 4.12).

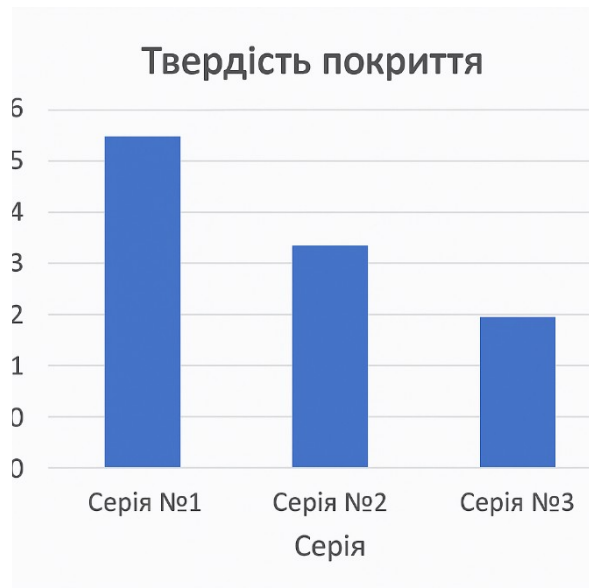


Рис. 4.12. Графік твердості лакофарбових покриттів

Візуальні спостереження:

- на лаку КЕМІЛАС дефекти були мінімальними або відсутніми;
- ВРК мав тонкі сліди у центральній зоні проведення тесту;
- контролі сильно дряпалися, структура волокон піднімалась.

Випробування на УФ-стійкість

Після 12 годин УФ-експозиції встановлено:

- контрольні зразки зазнали інтенсивного пожовтіння та помітного висвітлення дубового шпону;
- покриття лаком ВРК 130 VARI GLOSS дещо втратило блиск, спостерігалось незначне помутніння;
- покриття КЕМІЛАС LPV 502 зберегло рівномірність тону, зміна кольору була мінімальною.

Спостереження включали:

- оцінку  $\Delta E$  ;
- наявність мікротріщин після УФ-нагріву;
- порушення текстури покриття;
- зміну блиску в %

КЕМІЛАС продемонстрував найвищу стабільність: поверхня залишалася глянцевою, без мутних зон (рис. 4.13).

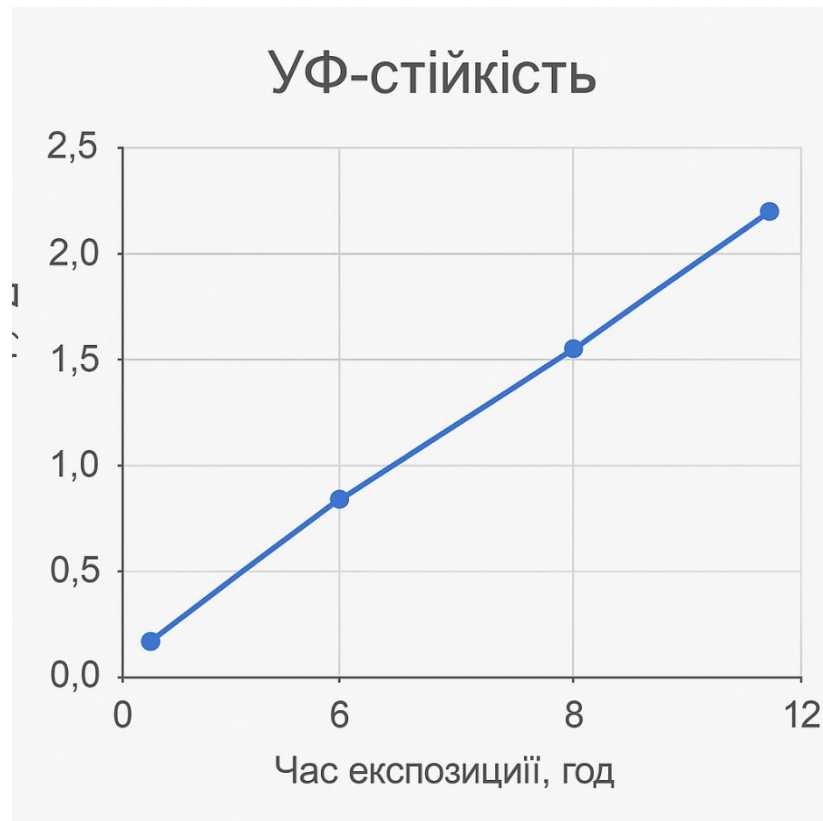


Рис. 4.13. Графік УФ-стійкості зразків лакового покриття (серії №1–3)

Загальний ефект після випробувань

Після виконання всіх тестів:

- контрольні зразки втратили декоративні властивості, структура шпону стала грубішою, відзначено темні й світлі плями;
- лак VPK показав середню стабільність, але проявив помірне стирання та зниження блиску;
- лак КЕМІЛАС LPV 502 [12] зберіг найбільш рівномірний зовнішній вигляд, не зазнав критичних дефектів і продемонстрував найкращий комплексний результат.

У результаті проведених досліджень було встановлено, що лакофарбові матеріали, застосовані для опорядження шпонованих фасадів із дубового шпону, суттєво відрізняються за експлуатаційними характеристиками. Проведені випробування на зносостійкість, твердість та УФ-стійкість дозволили кількісно оцінити ефективність різних лаків і визначити матеріал, найбільш придатний для використання у виробництві кухонних меблів на ТОВ «Еліо Фекторі».

Лак KEMILAC LPV 502 продемонстрував найвищу комплексну ефективність: максимальну стійкість до стирання (720 циклів), найкращу твердість поверхні (2H) та мінімальні зміни кольору після УФ-експозиції ( $\Delta E = 1.2$ ). Лак VPK 130 VARI GLOSS[13] показав середні показники, придатні для стандартних умов експлуатації, проте поступився за ключовими параметрами. Контрольні зразки без лакового покриття зазнали значних пошкоджень та зміни кольору, що підтверджує необхідність застосування високоякісних ЛФМ при виготовленні меблів преміум-класу.

#### 4.5. Розрахунок витрат лаку на опорядження кухні

Для кухонного гарнітура приймається площа шпонованих фасадів:  
 $S = 14 \text{ м}^2$

Теоретична витрата матеріалу обчислюється за формулою:

$$Q = S \cdot q \quad (4.1)$$

де

$S$  – площа ( $\text{м}^2$ ),

$q$  – витрата лаку на  $1 \text{ м}^2$  ( $\text{г}/\text{м}^2$ ).

Підставимо значення:

$$Q = 14 \cdot 120 = 1680 \text{ г} = 1.68 \text{ кг}$$

#### 3. Перерахунок на об'єм лаку

Середня густина поліуретанового лаку:  $\rho = 0.9 \text{ кг}/\text{л}$

Визначаємо об'єм лаку:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (4.2)$$

Підставимо:  $V = \frac{1.68}{0.9} = 1.86 \text{ л}$

4. Розрахунок фінансових витрат :

$$C = V \cdot P \quad (4.3)$$

де

V – необхідний об'єм лаку (л),

P – ціна за 1 л.

Підставимо:

$$C = 1.86 \cdot 313 = 582.12 \text{ грн}$$

Результати розрахунків занесено до табл. 4.2.

Таблиця 4.2

#### Розрахунок витрат лаку KEMILAC LPV 502

Показник	Результат
Площа поверхні, м <sup>2</sup>	14
Теоретична витрата, г	1680 г
Об'єм лаку, л	1.86 л
Ціна за 1 л, грн	313
Загальна вартість, грн	582.18 грн

Лак KEMILAC LPV 502 [12] демонструє оптимальне співвідношення технічних характеристик, економічної ефективності та експлуатаційної стійкості(табл.4.2).

Витрати на опорядження кухонних фасадів площею 14 м<sup>2</sup> становлять близько 582 грн, що робить його економічно обґрунтованим варіантом при виготовленні меблів преміум-класу.

Таким чином, проведені дослідження довели, що вибір лакофарбового матеріалу безпосередньо впливає на довговічність, стабільність кольору та механічну стійкість фасадів. Отримані результати стали основою для подальшого удосконалення технологічного процесу опорядження на підприємстві та дали можливість обґрунтувати вибір оптимального лаку для виробництва кухонних меблів підвищеної якості.

#### 4.6. Удосконалення технології виготовлення та опорядження меблів для кухні

У результаті огляду виробництва ТОВ «Еліо Фекторі» було встановлено низку проблем, що впливають на якість покриття та загальну ефективність процесів [43]:

Малярна дільниця:

- недостатня рівномірність освітлення (рис. 4.14);
- слабка інтенсивність витяжки в зоні нанесення лаку;
- нерівномірний розподіл повітря при сушінні;
- накопичення пилу після фрезерування, який потрапляє на фасади;
- нечітке зонування робочого простору (фарбування / сушка / контроль).



Рис. 4.14. Нерівномірне освітлення малярної камери

Підготовка поверхні:

- ручне шліфування дає нерівномірну якість (рис.4.15);
- відсутній контроль шорсткості перед лакуванням.



Рис. 4.15. Зона шліфування деталей

Фінішний контроль:

- переважно вибірковий, без фіксації даних;
- не ведеться статистика дефектів.

Такі недоліки зумовлюють зростання витрат та збільшення кількості браку [44].

#### 4.7. Пропозиції щодо вдосконалення роботи ділянки опорядження

##### Покращення освітлення малярної камери

Пропонується встановити додаткові LED-світильники (6500К) [45], що підвищать освітленість до нормативних 750–1000 Лк (рис. 4.16).



Рис. 4.16. Приклад LED-світильника для покращення освітлення [45]

Ефект: покращення контролю якості лакування, зменшення повторного перефарбування.

Посилення витяжної системи запроваджується додатковий фільтр передкамери та збільшення витяжного об'єму на 20–25%.

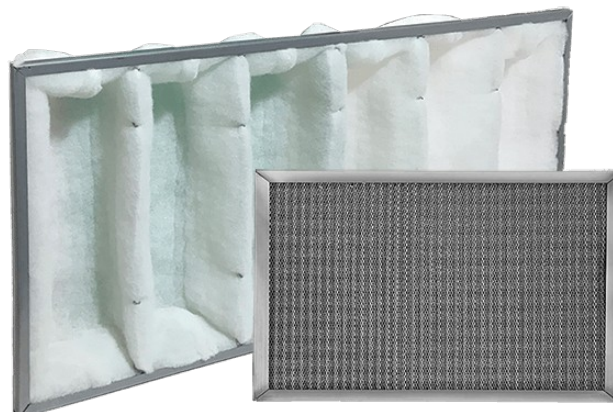


Рис. 4.17. Фільтр для кращого очищення повітря [47]

Ефект: менше пилових включень, стабільні умови сушіння, зниження дефектності (рис. 4.17).

Впровадження автоматизованої шліфувальної станції

Заміна ручного шліфування шліфмашиною трічкового/картриджного типу.

Ефект: однакова шорсткість, менше людського фактора, економія часу до 30%.

Оптимізація лакофарбового матеріалу На основі проведених експериментів рекомендовано використовувати лак KEMILAC LPV 502 [12], який забезпечив найкращі результати за зносостійкістю, твердістю та УФ-стійкістю.

Ефект: підвищена довговічність покриття, менше рекамацій.

Цифровий журнал контролю якості

Пропонується фіксація параметрів обробки у вигляді електронного чек-листа (шліфування, нанесення, сушіння, дефекти).

Ефект: структурована статистика, аналіз слабких ділянок технології, підвищення стабільності процесу.

Пропонується наступне додаткове обладнання:

Для підвищення якості опорядження фасадів та зменшення відсотка браку на ТОВ «Еліо Фекторі» фінансовий відділ спільно з технологами виробництва провели аналіз стану малярної дільниці та визначили необхідність впровадження додаткового обладнання. На основі виявлених недоліків було запропоновано низку заходів, спрямованих на покращення умов нанесення лакофарбових матеріалів і підвищення стабільності технологічного процесу[47].

До переліку рекомендованих заходів увійшли:

– встановлення додаткового освітлення, що забезпечує рівномірний світловий потік та дозволяє малярам своєчасно помічати дефекти покриття (вартість – 12 000 грн);

– модернізація витяжної системи та встановлення передкамерних фільтрів, що підвищує якість очищення повітря, зменшує запиленість і запобігає повторному осіданню пилу на поверхні виробів (вартість – 22 000 грн);

– впровадження автоматичної шліфстанції, яка забезпечує стабільну якість проміжного шліфування та зменшує людський фактор у процесі підготовки поверхні (вартість – 80 000 грн);

– запуск електронного журналу обліку опоряджувальних операцій, що не потребує фінансових витрат, але дозволяє відстежувати відповідальність, цикли робіт та узагальнювати статистику браку.

Сумарні витрати на модернізаційні заходи становлять 114 000 грн, але очікуваний економічний ефект перекриває ці інвестиції вже протягом першого року експлуатації.

Після впровадження запропонованих рішень було здійснено порівняльний аналіз ключових показників роботи малярної дільниці. Рівень браку знизився з 7,5 % до 3,2 %, що еквівалентно покращенню на 4,3 %. Значно скоротилась кількість фасадів, що потребували перефарбування: з 40 шт/місяць до 15 шт/місяць, тобто на 25 одиниць менше. У грошовому еквіваленті це означає зменшення витрат на перефарбування з 18 000 грн/міс до 6 750 грн/міс, що дає щомісячну економію 11 250 грн.

Річний економічний ефект від модернізації становить 135 000 грн/рік, що перевищує початкові інвестиції у вдосконалення малярної камери. Таким чином, запропоновані заходи не лише покращують технологічні та якісні показники опорядження, але й забезпечують швидку окупність та довгострокове фінансове зростання підприємства.

#### Висновок економічної ефективності

Річна економія 135 тис. грн покриває всі витрати на вдосконалення (114 тис. грн) менш ніж за 1 рік. Отже, модернізація є економічно доцільною та швидкоокупною.

Запропоновані удосконалення підвищують технологічну стабільність процесу, зменшують кількість браку, покращують якість лакофарбового покриття та знижують виробничі витрати. Реалізація заходів підвищить конкурентоспроможність підприємства, покращить умови праці та забезпечить довговічність кухонних фасадів.

В результаті аналізу основних технологічних недоліків [48], що впливають на якість виготовлення та опорядження кухонних фасадів на ТОВ «Еліо Фекторі», було запропоновано комплекс технічних та організаційних рішень для їх усунення. Проведений аналіз показав, що найбільші проблеми виробництва пов'язані з роботою малярної ділянки, зокрема з недостатнім освітленням, нерівномірним повітрообміном, пиловим забрудненням та варіативністю якості ручного шліфування.

Запропоновані заходи – модернізація освітлення, посилення вентиляційно-фільтраційної системи, впровадження автоматизованої шліфувальної станції, перехід на більш ефективний лак KEMILAC LPV 502 [12] та впровадження цифрового контролю якості – дозволяють значно підвищити технологічну стабільність процесів. Вони забезпечують покращення якості лакофарбового покриття, зниження кількості дефектів та повторних перефарбувань, мінімізацію людського фактору і підвищення довговічності готової продукції.

Економічні розрахунки довели, що впровадження запропонованих рішень є доцільним: річна економія перевищує загальні витрати на модернізацію, а строк окупності складає менше одного року. Таким чином, удосконалення технологічного процесу не лише підвищує якість продукції, але й забезпечує фінансову вигоду підприємству.

## ВИСНОВКИ

Для проведення комплексного експериментального дослідження були виготовлені зразки зі шпонованого МДФ, поверхня яких піддавалася опорядженню різними лакофарбовими матеріалами. Метою нанесення двох типів лаків було порівняння їх експлуатаційних, декоративних та технологічних характеристик, визначення оптимального матеріалу для промислового використання на ТОВ «Еліо Фекторі», а також встановлення впливу лакофарбових покриттів на загальну довговічність та зносостійкість фасадів кухонних меблів.

У дослідженні використовувалися такі лакофарбові матеріали: KEMILAC LPV 502 та VPK 130 VARI GLOSS, які належать до класу двокомпонентних поліуретанових та акрил-поліуретанових систем відповідно. Лак KEMILAC LPV 502 характеризується сухим залишком 32 %, має рекомендовану витрату 120 г/м<sup>2</sup> та час висихання «на дотик» 120 хв. Він відноситься до групи поліуретанових матеріалів підвищеної твердості, стійких до механічних навантажень, хімічного впливу та підвищеної експлуатації. Завдяки своїй структурі поліуретановий лак формує щільну, рівномірну поверхневу плівку, здатну витримувати тривалі циклічні навантаження, часте миття, дію миючих засобів та температурні коливання, що є критичним для кухонних фасадів.

Лак VPK 130 VARI GLOSS, навпаки, має акрил-поліуретанову основу та характеризується підвищеним сухим залишком – 50 %. Рекомендована витрата становить 80 г/м<sup>2</sup>, а час висихання «на дотик» – 90 хв. Цей лак має добру еластичність, що робить його придатним для декоративного опорядження фасадів, проте за показниками твердості та абразивної стійкості він поступається KEMILAC LPV 502. Використання цього лаку у дослідженні дозволило порівняти поліуретанові та акрилові системи з різною товщиною плівки та різним характером взаємодії із шпонованою поверхнею.

Перед нанесенням лаків поверхню зразків готували за єдиною технологічною схемою: шліфування абразивними матеріалами P180–P240,

видалення пилу та нанесення першого шару лаку методом пневматичного розпилення. Після висихання проводилося проміжне шліфування, і наносився другий шар покриття. Такий режим вибраний на основі технологічних рекомендацій виробника та відповідає реальним умовам виробництва на ТОВ «Еліо Фекторі».

Крім двох основних серій зразків, що були опоряджені лаками, була виготовлена контрольна серія без покриття. Її використання є необхідним для визначення базових властивостей матеріалу, а також для об'єктивного порівняння під час проведення випробувань. Контрольні зразки дозволяють оцінити, наскільки саме лакофарбовий матеріал підвищує або змінює експлуатаційні властивості шпонованої поверхні, а також використовуються для корекції похибок та встановлення точних значень приросту показників.

Структура експерименту із застосуванням трьох серій зразків забезпечує можливість глибоко проаналізувати такі параметри, як твердість покриття, стійкість до стирання, УФ-стійкість, зміна кольору  $\Delta E$  після опромінення, а також загальну довговічність покриттів. Дослідження двох різних за природою лаків дозволяє оцінити відмінності між поліуретановими та акрил-поліуретановими системами, а контрольний зразок — сформувати базовий рівень для аналогій. У сукупності це дає можливість визначити найбільш ефективний лакофарбовий матеріал для подальшого застосування на підприємстві та сформувати науково обґрунтовані рекомендації щодо оптимізації процесу опорядження кухонних меблів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сучасні технології у виробництві меблів. веб-сайт. URL: <https://www.taburetka.ua/statti/> (дата звернення 12.01.2025)
2. Фасади для кухні: види, переваги, недоліки. веб-сайт. URL: <https://www.taburetka.ua/statti/fasady-dlya-kuhni-vydy-perevagy-nedoliky-> (дата звернення 12.01.2025)
3. Product offer and datasheets. веб-сайт. URL: [https://www.ssab.com/en/brands-and-products/hardox/product-program?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=198\\_283\\_21174\\_&gclid](https://www.ssab.com/en/brands-and-products/hardox/product-program?gad_source=1&gad_campaignid=198_283_21174_&gclid) (дата звернення 14.01.2025)
4. ДСТУ ISO 2409:2019 Фарби та лаки. Випробування методом решітчастих надрізів (ISO 2409:2013, IDT). веб-сайт. URL: <https://online.budstandart.com/ua/> (дата звернення 14.01.2025)
5. Що таке натуральний шпон? І де його застосовують?. веб-сайт. URL: <https://baykal.com.ua/ua/> (дата звернення 16.01.2025)
6. Основні тенденції у сфері лакофарбових матеріалів. веб-сайт. URL: <https://www.defens.ua/osnovni-tendencziyi-u-sferi-> (дата звернення 16.01.2025)
7. Лаки поліуретанові/алкідні органорозчинні. веб-сайт. URL: <https://khimrezerv.ua/product-category/lakofarbovi-materialy/laky-ta-> (дата звернення 16.01.2025)
8. Види поліуретанового лаку та правила роботи з ним. веб-сайт. URL: <https://www.komplekt.ua/ua/blog/khimtovary/vidy-poliuretanovogo-laka-i-> (дата звернення 20.01.2025)
9. ДСТУ EN ISO 15184:2022 Фарби та лаки. Визначення твердості плівки за допомогою олівця (EN ISO 15184:2020, IDT; ISO 15184:2020, IDT). веб-сайт. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=114971](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=114971) (дата звернення 20.01.2025)
10. ДСТУ EN 15186:2022 Меблі. Оцінка стійкості поверхні до подряпин (EN 15186:2012, IDT). веб-сайт. URL: [https://online.budstandart.com/catalog/doc-page.html?id\\_doc=118108](https://online.budstandart.com/catalog/doc-page.html?id_doc=118108) (дата звернення 20.01.2025)

11. ДСТУ EN 12720:2022 Меблі. Оцінювання стійкості поверхні до холодних рідин (EN 12720:2009+A1:2013, IDT). веб-сайт. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=118118](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=118118) (дата звернення 20.01.2025)
12. VPK 130 VARI GLOSS Поліуретановий лак. веб-сайт. URL: [https://www.old.krasilnikov.com.ua/verinlegno/Verinlegno\\_VPK\\_130\\_VARI\\_GLOSS.p](https://www.old.krasilnikov.com.ua/verinlegno/Verinlegno_VPK_130_VARI_GLOSS.p) (дата звернення 21.01.2025)
13. Лак прозорий глясовий kemichal. веб-сайт. URL: <https://kemichal.kiev.ua> (дата звернення 21.01.2025)
14. SIAFLEX Рулон абразивний. веб-сайт. URL: <https://avtomaler-plus.com.ua/ua/abrazivni-materiali/siaflex-rulon-abrazivniy-50m-r40-r400-zerno-> (дата звернення 23.01.2025)
15. Як вирішити поверхневі дефекти. веб-сайт. URL: <https://ua.powerfulsky.com/info/how-to-solve-surface-defects-> (дата звернення 24.01.2025)
16. Лак TRAE LYX Projekt Lak. веб-сайт. URL: <https://www.decor.ua/manufacture/p-2810-n-Лак+для+сходів+2К+водний+TRAE+LYX> (дата звернення 26.01.2025)
17. Kompozit aqua parquet (композит аква паркет). веб-сайт. URL: <https://solomonplus.com.ua/ua/kompozit-aqua> (дата звернення 28.01.2025)
18. Лак Tikkurila Parketti-Assa. веб-сайт. URL: <https://tikkurila-shop.com.ua/tikkurila-parketti-ässä-> (дата звернення 03.02.2025)
19. Буйських Н.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Технологія захисно-декоративних покриттів» для студентів навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства ОС Бакалавр ОПП «Деревообробні та меблеві технології» денної та заочної форм навчання. К. : Вид-во НУБІП, 2025. 54 с.

20. ТАБУРЕТКА.КУХНІІ. веб-сайт. URL: [https://www.taburetk.ua/54-kuhni?gad\\_campaignid=22950012889&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQiAxJXJBh](https://www.taburetk.ua/54-kuhni?gad_campaignid=22950012889&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAxJXJBh)  
(дата звернення 05.02.2025)
21. НОВА КУХНЯ. веб-сайт. URL: [https://novakuhnya.com.ua/?gad\\_source=1&gad\\_campaignid](https://novakuhnya.com.ua/?gad_source=1&gad_campaignid) (дата звернення 05.02.2025)
22. ДСТУ EN 622-5:2010 Плити деревинноволокнисті. Технічні умови. Частина 5. Вимоги до плит, виготовлених сухим способом (MDF) (EN 622-5:2009, IDT) веб-сайт. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=51232](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51232) (дата звернення 10.02.2025)
23. ДСТУ EN 14322:2022 Плити деревинні. Плити з меламіновим покриттям для внутрішнього використання. Визначення, вимоги та класифікація (EN 14322:2021, IDT). веб-сайт. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=109415](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=109415) (дата звернення 11.02.2025)
24. BLUM. веб-сайт. URL: <https://shop-ua.blum.com> (дата звернення 13.02.2025)
25. Доводчик Blumotion. веб-сайт. URL: <https://furniture.od.ua/ua/blumotion-dlya-dveri-seryj-970-1002> (дата звернення 15.02.2025)
26. ДСТУ EN 1570-1:2018 Вимоги щодо безпеки для підйимальних платформ. Частина 1. Платформи, що обслуговують до двох стаціонарних площадок (EN 1570-1:2011. A1:2014, IDT). веб-сайт. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=81165](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=81165) (дата звернення 17.02.2025)
27. CLIP top BLUMOTION. веб-сайт. URL: <https://www.blum.com/ua/uk/> (дата звернення 23.02.2025)
28. TANDEMBOX. веб-сайт. URL: <https://owwa.com.ua/uk/mebleva-furniture>  
(дата звернення 27.02.2025)
29. Система напрямних TIP-ON BLUMOTION. веб-сайт. URL: <https://mt.ua/products/movento-270mm-40kg-tip-on-blumotion> (дата звернення 15.03.2025)
30. Переваги, особливості та ідеї дизайну. веб-сайт. URL: <https://givoua.com/blog/>  
(дата звернення 20.03.2025)

31. Монтаж стільниць: особливості установки. веб-сайт. URL: <https://topovi.com.ua/>(дата звернення 25.03.2025)
32. Аналіз технологічного процесу виробництва. веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/12752342/page:5>  
(дата звернення 28.03.2025)
33. Кухня: основні елементи, матеріали та фурнітура. веб-сайт. URL: <https://viyarbazar.com/blog/> (дата звернення 03.04.2025)
34. Крайка Дуб. веб-сайт. URL: <https://viyar.ua/ua/> (дата звернення 06.05.2025)
35. Опорядження фасадів. веб-сайт. URL: <https://www.archbudlviv.com/statti-news/oporadzenna-fasadiv> (дата звернення 10.05.2025)
36. Фарбувальне обладнання. веб-сайт. URL: <https://lacover.ua/tekhnichna-pidtrimka-vid> (дата звернення 21.05.2025)
37. ТОВ «Еліо Фекторі». веб-сайт. URL: <https://eliohome.com> (дата звернення 27.05.2025)
38. HOLZMA HPP 350. веб-сайт. URL: <https://wtp.hoechsmann.com/ua/> (дата звернення 28.05.2025)
39. HOMAG DRILLTEQ V-200 (BHX 055). веб-сайт. URL: <https://www.machineseeker.com.ua/homag-drillteq+v-200+%28bhx+055%29/i> (дата звернення 03.06.2025)
40. Щітковий шліфувальний верстат Bütfering. веб-сайт. URL: <https://stankosfera.com.ua/ua/p519818783-schyotochnyj-shlifovalnyj-stanok.html>  
(дата звернення 10.06.2025)
41. Поліуретанові покриття. веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki> (дата звернення 17.06.2025)
42. Прилад вимірювання твердості та стійкості покриттів до подряпин. веб-сайт. URL: <https://novotest.ua/ua/katalog-priborov/pribor-izmereniya-tverdosti-i>  
(дата звернення 22.06.2025)
43. Фарбувальна камера: основні вимоги. веб-сайт. URL: <https://smartline.in.ua/ua/>  
(дата звернення 29.06.2025)

44. Технології фрезерування. веб-сайт. URL: <https://dvorsky.kiev.ua/ua/stati/kuxni/tehnologii-frezerovki-kak-sdelat> (дата звернення 05.07.2025)
45. LED світильник 12v 100см IP20 Холодний 6500К. веб-сайт. URL: <https://led-svit.com.ua/led-svityllyk-12v-100sm-ip20-kholodnyi-6500k> (дата звернення 10.07.2025)
46. Фільтр для кращого очищення повітря. веб-сайт. URL: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fselton.com.ua%2Fuk%2> (дата звернення 18.08.2025)
47. ФІНАНСУВАННЯ. веб-сайт. URL: <https://fkd.net.ua/index.php/fkd/article/view/3801> (дата звернення 23.08.2025)
48. Аналіз технологічного процесу. веб-сайт. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Технологічний\\_процес](https://uk.wikipedia.org/wiki/Технологічний_процес) (дата звернення 10.09.2025)
49. Модернізація підприємства. веб-сайт. URL: <https://ligazakon.net/topics/> (дата звернення 15.09.2025)
50. Сучасний технологічний процес. веб-сайт. URL: <https://tyzhden.ua/metody-vdoskonalennia-tekhnologichnoho-protsehu> (дата звернення 20.10.2025)
51. Швець О. Використання німецького досвіду проектування меблів у підготовці майбутніх дизайнерів. *Зб. Наук. праць Уманського державного педагогічного університету*. Умань, 2021. №4. С.55-63
52. Петецькі І. Ринок меблів у контексті розвитку ринку соціально квазізначущих товарів. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку*. 2023. № 2 (9). С.326-332.
53. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL : <https://http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 16.07.2025)
54. Аналітичний огляд ринку меблів України. URL : <https://uafm.com.ua/wpcontent/uploads/2018/07/oglyad-rynku-mebliv-2018.pdf> (дата звернення: 14.07.2025).
55. 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.

56. Данілов В.Я. Статистична обробка даних. навч. посіб. Київ, 2019. 156 с. URL: [https:// chrome-extension:// efaidnbmn nnibpsajp](https://chrome-extension://efaidnbmnnnkpbpccpooijlbmqljeeeoocq) (дата звернення: 18.07.2025).