

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

УДК 684.59

ПОГОДЖЕНО

Директор ІНІ

Лісового і садово-паркового
господарства

Роман ВАСИЛИШИН

«_____» _____ 2024р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувача кафедри

Технологій та дизайну виробів з
деревини

Андрій СПИРОЧКІН

«_____» _____ 2024р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему **«Можливості використання вживаної деревини для
виготовлення меблевих фасадів»**

Спеціальність 187 – Деревообробні та меблеві технології

Освітня програма 187 – Деревообробні та меблеві технології

Гарант освітньої програми _____

к.т.н., доц. Андрій СПИРОЧКІН

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ д.т.н., проф. Олена ПІНЧЕВСЬКА

Виконав _____

Роман САЦЬКО

Київ 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ**

ІНІ Лісового і садово-паркового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Технологій та дизайну виробів з деревини
_____ Андрій СПРОЧКІН
«_____» _____ 2024р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

САЦЬКУ Роману Олеговичу

Спеціальність 187 Деревообробні та меблеві технології

Освітня програма 187 Деревообробні та меблеві технології

Тема магістерської роботи «Можливості використання вживаної деревини для виготовлення меблевих фасадів» затверджена наказом ректора НУБіП України від «11.10.2024»р. № 1821 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 11.11.2024р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

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

Проаналізувати літературні джерела щодо міцності клейових матеріалів та характеристики вживаної деревини. Проаналізувати об'єми та різновиди вживаної деревини. Проаналізувати зміни дизайну меблевих фасадів протягом століття. Провести маркетинговий аналіз ринку меблевих фасадів. Описати властивості клейових матеріалів. Визначити пріоритетні клейові матеріали методом розставлення пріоритетів. Визначити пріоритетні клейові матеріали за методом аналізу ієрархій. Провести експериментальні дослідження вживаної деревини на набрякання та зробити аналіз експерименту. Провести експериментальні дослідження деревини на міцність при сколюванні та зробити статистичну обробку даних. Розробити технологічний процес виготовлення меблевих фасадів зі вживаної деревини. Розробка дизайну меблевих фасадів зі вживаної деревини. Зробити висновки.

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання «_____» _____ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ О.Пінчевська

Завдання прийняв до виконання _____ Р.Сацько

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів, де в них подано 42 рисунків і 27 таблиць, вся магістерська робота займає 77 сторінки, також використано 50 джерела інформацій.

Об'єкт дослідження: вживана деревина як вторинний матеріал, що використовуються для повторного застосування в різних галузях .

Предмет дослідження: фізико-механічні властивості вживаної деревини, її можливості повторного використання, методи обробки та оцінка економічної ефективності її застосування.

Мета дослідження: дослідити можливості повторного використання вживаної деревини для виготовлення меблевих фасадів, оцінити її якісні характеристики після тривалого використання.

Першим розділом виступає «Аналіз матеріалів для виготовлення меблевих фасадів». В ньому розглядаються сучасні матеріали та фурнітура, яка використовується для виготовлення меблів. Також проводиться аналіз зміни дизайну фасадів протягом минулого століття.

В другому розділі «Розрахунки з визначення клею для виготовлення меблевих фасадів із вживаної деревини із застосуванням методів нечіткої логіки» розглядаються альтернативні клеї, а також порівнюються їхні властивості. Були визначені пріоритетні клейові матеріали.

Третім розділом є «Методика та результати проведення експериментальних досліджень з визначення міцності склеювання вживаної деревини». У ньому описана методика та результати проведених експериментальних досліджень.

Останнім четвертим розділом виступає «Розроблення технологічного процесу виготовлення меблевих фасадів із вживаної деревини». Він описує весь технологічний процес виготовлення меблевих фасадів. Продемонстровані креслення кухні, фасади якої виготовлені з вживаної деревини. Також представлена 3D-візуалізація.

На основі всіх проведених досліджень можемо зробити висновок, що використання вживаної деревини у виготовленні меблевих фасадів можливе і досить перспективне.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕБЛЕВИХ ФАСАДІВ.....	6
1.1 Аналіз різновидів та обсягів вживаної деревини.....	6
1.2 Зміна дизайну фасадів меблів протягом минулого століття.....	9
1.3 Маркетинговий аналіз ринку меблевих фасадів.....	14
1.4 Сучасні матеріали і фурнітура для виготовлення меблевих фасадів.....	20
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ З ВИЗНАЧЕННЯ КЛЕЮ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕБЛЕВИХ ФАСАДІВ ЗІ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ.....	26
2.1 Опис властивостей клейових матеріалів.....	26
2.2 Визначення пріоритетних клейових матеріалів за методом розставляння пріоритетів.....	31
2.3 Визначення пріоритетних клейових матеріалів за методом аналізу ієрархій. .	42
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ СКЛЕЮВАННЯ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ.....	46
3.1 Методика та результати експериментального визначення набрякання вживаної деревини.....	46
3.2 Методика та результати експериментального дослідження на міцність при сколюванні.....	52
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕБЛЕВИХ ФАСАДІВ ІЗ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ.....	59
4.1 Технологічний процес виготовлення меблевих фасадів із вживаної деревини.....	59
4.2 Розроблення дизайну кухні з використання меблевих фасадів виготовлених із вживаної деревини.....	66
ВИСНОВОК.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72

ВСТУП

В умовах сучасного світу, де екологічні питання та ефективне використання ресурсів стають все більш актуальними, пошук і реалізація екологічно чистих і економічних рішень у будівництві та дизайні інтер'єру є важливим завданням. Одним з перспективних напрямків у цій сфері є використання вживаної деревини для виготовлення меблевих фасадів. Це рішення не лише дозволяє зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, але й надає можливість створити унікальні та стильні елементи декору, які додають особливого шарму та характеру будь-якому інтер'єру.

Вживана деревина, що отримана з реконструйованих або демонтажних об'єктів, має безліч переваг. По-перше, її використання допомагає зменшити кількість відходів і запобігти вирубці нових лісів, що є важливим внеском у збереження природних ресурсів. По-друге, така деревина часто має унікальні текстури і кольори, які неможливо відтворити в нових матеріалах, що дозволяє створювати індивідуальні меблеві фасади з характером і історією.

Однак, для успішної реалізації проектів з використанням вживаної деревини необхідно враховувати ряд аспектів, таких як якість та обробка матеріалу, відповідність сучасним стандартам та технологічним вимогам. Важливо також враховувати естетичні та функціональні характеристики вживаних матеріалів, щоб забезпечити не тільки їх довговічність, але й естетичну привабливість.

Таким чином, використання вживаної деревини для виготовлення меблевих фасадів відкриває нові горизонти в дизайні інтер'єру, поєднуючи екологічність і естетичну унікальність.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕБЛЕВИХ ФАСАДІВ

1.1 Аналіз різновидів та обсягів вживаної деревини.

Відходи деревини – це матеріали або продукти, що втрачають свою первинну цінність, призначення та вважаються непотрібними або непридатними для подальшого використання. Це можуть бути залишки після обробки деревини, такі як опилки, обрізки, сколи, а також відрахування після виготовлення меблів, дерев'яних конструкцій, упаковки тощо (рис 1.1). Також до відходів деревини можуть відноситися старі меблі, стовпи та балки з руйнування будівель, або навіть дерева, які були заготовлені у зв'язку з будівництвом або ландшафтними роботами [1].



Рис. 1.1 Різновиди вживаної деревини [2].

Класифікація вживаної деревини (ВЖД) базується на ступені забруднення цього ресурсу. Враховуючи результати аналізу наукових джерел, встановлено, що основним критерієм класифікації є ступінь забруднення. Поняття "вживана деревина" охоплює промислові відходи деревини, у тому числі браковану продукцію, та використані вироби з деревини.

Українські вчені з Національного лісотехнічного університету розробили класифікатор ВЖД, який враховує аналогічні категорії відходів у країнах Європейського Союзу. Цей класифікатор пропонує чотири категорії вживаної деревини з різним ступенем обробки та забруднення:

ВЖД–І: Ця категорія включає цільну деревину та механічно оброблену деревину з мінімальними природними забрудненнями та без галогеновмісних сполук.

ВЖД–II: Сюди входить оброблена деревина без захисних речовин та галогеновмісних з'єднань у покриттях.

ВЖД–III: Ця категорія включає оброблену деревину без захисних речовин, але з галогеновмісними з'єднаннями у покриттях.

ВЖД–IV: Сюди входить деревина, оброблена захисними речовинами.

Крім того, визначено категорію ВЖД–ПХБ, яка охоплює деревину, що містить поліхлоровані біфеніли (ПХБ) та інші шкідливі сполуки, які потребують спеціальної обробки. Така класифікація допомагає регулювати поводження з відходами деревини та забезпечує стале та безпечне використання цього цінного ресурсу.

Використання вживаної деревини (ВЖД) вимагає ретельного підходу до її обробки та використання. Згідно з розробленою концепцією, спочатку проводиться аналіз на вміст хлорфенолу, креозотового мастила та інших шкідливих консервантів. Після цього дерев'яні сортименти з великим вмістом забруднень направляються на термічну обробку.

Залежно від категорії ВЖД, існують різні варіанти управління цими відходами. Одні вживані деревини підлягають повторному використанню, наприклад, залізничні шпали частково можуть бути використані знову. Частина матеріалу відбирається для переробки на стружку для ДСП, а решта використовується для енергетичного використання.

Основні категорії ВЖД можуть бути використані для виробництва енергії або вторинної сировини (рис.1.2). Наприклад, необроблена деревина зазвичай переробляється на вторинну сировину, тоді як оброблена деревина може бути використана як джерело енергії .



Рис. 1.2. Переробка вживаної деревини [3].

Зокрема, ефективне використання вживаної деревини допомагає зменшити відходи та сприяє створенню додаткових джерел енергії. Сучасні технології переробки дозволяють отримувати різні продукти з вживаної деревини.[1]

Регенована деревина – це постаріла деревина (рис 1.3), яка з часом зазнала природних процесів атмосферних впливів, що призвело до виразного зовнішнього вигляду з насиченими кольорами патини та глибокими візерунками зерна. Кожна дошка, виготовлена з переробленої деревини, унікальна [4].



Рис. 1.3. Регенована деревина [5].

Регенована деревина є екологічно чистою альтернативою новим пиломатеріалам, що зменшує попит на нові дерева, які потрібно вирубати. Він має унікальну естетичну привабливість з історичним значенням. Він міцний і має стабільні розміри, що робить його практичним вибором для підлоги, меблів і стін. А відновлена деревина може сприяти сертифікації проектів зеленого будівництва. Тож, така деревина має: стійкий і екологічно чистий варіант для дизайну будинку, який пропонує унікальну красу, стабільність і глибокий зв'язок з минулим. Перепрофільовуючи стару деревину з будівель або споруд, які більше не використовуються, ми можемо зменшити наш вплив на навколишнє середовище, зберігаючи види, що знаходяться під загрозою зникнення [4].

1.2 Зміна дизайну фасадів меблів протягом минулого століття.

Протягом минулого століття дизайн фасадів меблів зазнав значних змін, що відображає еволюцію соціальних, культурних і технологічних тенденцій. Це період, який охоплює різноманітні стилі та підходи, від витончених класичних форм до сміливих інноваційних рішень. Розглянемо основні етапи цієї трансформації:

- 1910-1930-ті роки: Арт Деко та Секретарі. Початок століття відзначався впливом стилю арт деко, який вирізнявся розкішними і геометричними формами (рис.1.4). Меблеві фасади цього періоду часто прикрашалися дорогими матеріалами, такими як лаковане дерево, шкіра, металеві вставки та інкрустації. Важливою особливістю була увага до деталей та естетичний мінімалізм, що поєднувався з функціональністю [6].



Рис. 1.4. Арт Деко та Секретарі [7].

- 1930-1950-ті роки: Модернізм і Баугауз. У середині століття модернізм і вплив школи Баугауз спричинили революцію в дизайні меблів. Баугауз назавжди зачинив свої двері у 1933 році, але його вплив на дизайн, архітектуру і мистецтво всюди. Сучасний Баугауз зберігає фундаментальні принципи стилю, але переосмислює та адаптує їх до потреб XXI століття: наголошує на екологічності, інтеграції цифрових технологій в дизайн, простих та ефективних рішеннях (рис.1.5) організації простору, як-от багатофункціональні та модульні меблевi системи.

Прості лінії та геометричні форми визначають культову естетику Баугаузу, а функціональність - досі головна умова в концепції. З іншого боку, технологічний прогрес, розширення масового виробництва. З початком «екофрендлі» ери в архітектурі з'явилися нові тенденції: переробка матеріалів, енергоефективне проєктування, максимізація природного освітлення та пошук екологічних альтернатив ПВХ (полівінілхлориду) і бетону [8].



Рис. 1.5. Естетика Баугаузу [9].

1950-1970-ті роки: Скандинавський стиль та Поп-арт. У середині століття скандинавський стиль набув популярності, пропонуючи теплі, прості та функціональні рішення (рис.1.6). Деревина, особливо світлі породи, ставала основним матеріалом, а фасади меблів характеризувалися простими, але елегантними формами. Паралельно з цим, поп-арт приніс до меблевого дизайну яскраві кольори і нетрадиційні форми. Стиль передбачає просторі приміщення, де можна розвернутися. Різні ніші, зони та рівні дозволяють краще підкреслити поп-арт. Вітається ускладнення планування приміщення багаторівневими стелями, перегородками для зонування, арками. Поп-арт інтер'єр - практично царство глянцю, пластику та яскравих фарб. У хід ідуть як натуральні, так і синтетичні матеріали. Різнокольорове скло, вставки з металу, картон, екошкіра чудово приживаються в оформленні поверхонь[10].



Рис. 1.6. Вітальня у стилі Поп-Арт [10].

1980-1990-ті роки: Постмодернізм і Еклектика. В основі розробки меблів Постмодернізму лежали архітектурні та дизайнерські ідеї відомих італійських та американських митців. Е.Сотсас, А.Мендіні, М.де Лючі представляли авангардний дизайн експериментальної студії «Алхімія» та «Мемфіс Груп». Лідером створеної в 1979 році «Алхімії» був А.Мендіні, який протиставив масовій технічній культурі в дизайні ручне виготовлення чи обробку творів, формуючи засади арт-дизайну. Е.Сотсас, засновник «Мемфіс груп», навпаки, орієнтувався не на оригінальну художню мову, а на виявлення можливостей нових матеріалів і технологій. Творчість дизайнерів цієї групи, які асоціювали себе з поняттям «новий дизайн», художньо-стильові, композиційні новації були настільки виразними, що в історії дизайну виокремлюється іноді стиль Мемфіс [11].



Рис. 1.7. Вітальня в стилі Постмодернізму [12].

2000-ті роки: Екологічний підхід і Мінімалізм. На початку нового століття мінімалізм та екологічні тренди стали домінуючими. Фасади меблів стали ще простішими і функціональнішими, з акцентом на екологічні матеріали та стійкі технології. Чисті лінії, нейтральні кольори та високоякісні поверхні стали основою дизайну меблів, в той час як впровадження інноваційних технологій забезпечило новий рівень функціональності і довговічності (Рис.1.8).



Рис. 1.8. Екологічний підхід до дизайну [13].

2020-ті роки: Персоналізація та Технологічні Інновації. У 2000-х роках архітектура і дизайн активно розвивали екологічний підхід, орієнтуючись на зменшення екологічного впливу будівництва і використання природних ресурсів.



Рис. 1.9 Дизайн кухні у 2020-ті роки [14].

Цей період позначився розвитком "зелених" будівельних стандартів, таких як LEED, та підвищенням уваги до енергоефективності, повторного

використання матеріалів та впровадження відновлюваних джерел енергії. Паралельно з екологічним підходом, популярності набув мінімалізм, з акцентом на прості форми, чисті лінії та функціональність, відображаючи бажання уникнути надмірності й споживацтва.

Таким чином, зміна дизайну фасадів меблів протягом століття відображає не лише зміни в стилістичних уподобаннях, але й еволюцію технологій (рис.1.9), соціальних норм та культурних контекстів. Ця динаміка продовжує впливати на сучасні тенденції, пропонуючи нові можливості для створення функціональних і естетично привабливих меблів[15].

1.3 Маркетинговий аналіз ринку меблевих фасадів

Останнім часом розвиток дизайну та конструювання з метою удосконалення споживчих властивостей гратчастих меблевих виробів (ГМВ) істотно змінив підходи до формування процесів виробництва та управління, організації предметно-просторового середовища життєдіяльності людини. У дизайні сучасних меблів неприйнятні стандартні рішення. Важливі тут, так би мовити, індивідуальні та дрібносерійні проекти, реалізація яких повинна базуватися на новітніх технологіях.

Аналіз ринків збуту та роботи деревообробної галузі, до якої входить меблева промисловість, технічних можливостей підприємств за останній рік показує, що на ринку з'являється все більше меблів вітчизняного виробництва з унікальними конструктивно-технічними рішеннями. У світі і зокрема в Україні пройшло розширення технічних можливостей. Це зумовлено високим рівнем розвитку науково-технічного прогресу, тому в сучасних умовах техніка стала практично необмеженою і завдяки цьому виробництво має можливість користуватися всеможливою технікою для задоволення споживчих потреб. З розширенням технічних можливостей виробництва в конструюванні меблів відкривається повна свобода для пошуку різноманітних форм та конструкційних деталей для ГМВ, особливо гнутих. В Україні протягом останніх років спостерігається стійке зростання обсягів виробництва ДСП, збільшується також частка виробництва ламінованої плити [16]. Далі наводиться детальний огляд ключових аспектів маркетингового аналізу ринку меблевих фасадів.

Огляд ринку. Першочергово потрібно визначити розмір ринку, оцінити загальний обсягу ринку меблевих фасадів, кількість виробників та основних дистриб'юторів. Важливо враховувати різні сегменти ринку, такі як комерційні та житлові меблі, а також регіональні особливості.

Темпи зростання: аналіз темпів зростання ринку, в тому числі прогнозування зростання в найближчі роки. Вивчення факторів, які впливають на зростання, таких як економічні умови, інновації в дизайні та змінюється споживчий попит.

Аналіз трендів. Сучасні тренди у дизайні меблевих фасадів у 2024 році відзначаються різноманітністю матеріалів та кольорових рішень, які поєднують

естетичність з практичністю. Основні напрями включають екологічність і натуральність. Зростає попит на фасади з натурального дерева, шпоновані поверхні, а також матеріали на основі МДФ і ДСП, які добре імітують дерево. Такі фасади, зокрема, вкриті спеціальними захисними покриттями, виглядають природно і забезпечують довговічність меблів, водночас відповідаючи запитам на екологічно чисті рішення [17].

Важливими аспектами є технологічність і зручність. Дизайнери активно інтегрують технології, такі як вбудовані LED-підсвічування, в фасади для створення зручного освітлення кухонних зон або елементів, що підкреслюють декоративні деталі [18].

Щодо кольорової гами, модними залишаються нейтральні відтінки, а саме: бежевий, сірий і пастельні тони, які створюють легку атмосферу. Однак, яскраві акцентні кольори, як-от темно-зелений або марсала, додають індивідуальності й дозволяють експериментувати зі стилем, особливо в комбінації з матовими або глянцевиими фасадами [19].

Мінімалістичний стиль тепер набуває більш виразного вигляду з акцентами на текстурах і нестандартних деталях. Простота ліній поєднується з незвичайними геометричними формами та виразними акцентами, що надають меблям унікальності [1].

Повернення до природи. Кольори, текстури та матеріали, натхненні природою, залишаються актуальними. Відтінки зеленого, коричневого, пісочного, а також натуральне дерево без великої обробки створюють відчуття близькості до природи в інтер'єрі.

Технологічні інтеграції. Сучасні меблі все більше включають технологічні інновації: вбудовані зарядні пристрої, динаміки, LED-освітлення та інші елементи, що покращують комфорт та функціональність.

Яскравість і сміливість у виборі кольору. Хоча нейтральні кольори залишаються популярними, 2024 рік також відзначається сміливим використанням яскравих кольорів. Акцентні кольори в меблях можуть стати центральним елементом дизайну інтер'єру [1].

Аналіз впливу на меблевий ринок нових матеріалів, таких як екологічні та перероблені матеріали (рис 1.10). Розгляд інновацій, таких як ламіновані поверхні, акрилові фасади, дерев'яні панелі та інші новинки.



Рис. 1.10. Еволюція трендів [20], [21].

Споживчі потреби та сегментація. Вивчення того, що шукають споживачі в меблевих фасадах, такі як стиль, функціональність, стійкість до зносу, легкість в догляді тощо. Виявлення основних критеріїв прийняття рішення при покупці.

Сегментація ринку: аналіз різних сегментів споживачів, таких як домашні господарства, комерційні клієнти (офіси, готелі), розробники нерухомості, дизайнери інтер'єрів. Визначення специфічних потреб і уподобань кожного сегмента.

Експерти меблевого ринку виділяють наступні тенденції його розвитку в Україні в 2019 році:

- найбільш активними темпами розвивається виробництво домашніх меблів, при цьому, в економ-сегменті лідируючі позиції з продажу займають саме українські виробники;
- швидкими темпами розвивається виготовлення офісних меблів (Рис 8), чому сприяє зростання популярності використання дизайну офісних приміщень;
- поява мультибрендових гіпермаркетів меблів;
- активне зростання популярності онлайн-продажів серед більшості виробників;
- переорієнтація вітчизняних виробників від однотипних меблів на створення унікальних пропозицій [22].



Рис. 1.11. Офісні меблі [23].

Конкуренція. Не зважаючи на суттєву фрагментацію, ринок меблів є надзвичайно конкурентним. Дійсно, за КВЕД 31.0 «Виробництво меблів» в Україні у довоєнному 2021 році було зареєстровано 8412 суб'єктів підприємницької діяльності, з яких 6937 у формі ФОП. Більш того, впевнено можна сказати, що значна частина внутрішнього попиту орієнтована на імпортні меблі, продажі яких співставні з продажами національних виробників. Такий рівень конкуренції вимагає від виробників та меблевих магазинів ставитись надзвичайно уважно до маркетингового просування власної продукції, надаючи пріоритет високій якості, інноваціям та ефективному сервісу, а також активному використанню як цифрових, так і традиційних маркетингових інструментів для залучення та утримання клієнтів [24].

Сьогодні в Україні налічується понад 3 тисячі компаній-виробників меблів. Серед них: великі меблеві фабрики, що виготовляють меблі серійно, середні підприємства, що працюють за індивідуальними замовленнями і дрібні, серед яких близько 30% - мікропідприємства. Великі виробники мають більш якісне обладнання, що забезпечує їм великі, в порівнянні з середніми і малими підприємствами, обсяги виробництва. При цьому великі виробники мають меншу виробничу гнучкість і не можуть швидко реагувати на зміну смаків, стилів і дизайнерських трендів. У меншій мірі такі виробники можуть

задовольняти індивідуальні запити, що з успіхом здійснюють середні і малі суб'єкти господарювання меблевої галузі.

Для виходу в більш дорогий сегмент елітних меблів деякі українські виробники збирають вироби, використовуючи імпортні комплектуючі, що, відповідно, відбивається на ціні.

Основний склад гравців на українському меблевому ринку сформувався з 1991 по 2000 рік. Значну частку ринку займають компанії (рис.1.12) «Енран», MERX, «Стерх», LIVS, «Гербор», «Кухні України», «Екмі-меблі» та ін.

Головними конкурентними перевагами володіють підприємства - лідери галузі, які працюють не тільки на українському ринку, але і за його межами. Невеликі меблеві магазини і дрібні виробництва намагаються протистояти великим мережам. Найбільший рівень конкуренції спостерігається серед середніх і малих суб'єктів господарювання меблевої галузі, які основні зусилля концентрують на економ-сегменті. Також спостерігається зростання конкуренції серед інтернет-магазинів меблів [22].

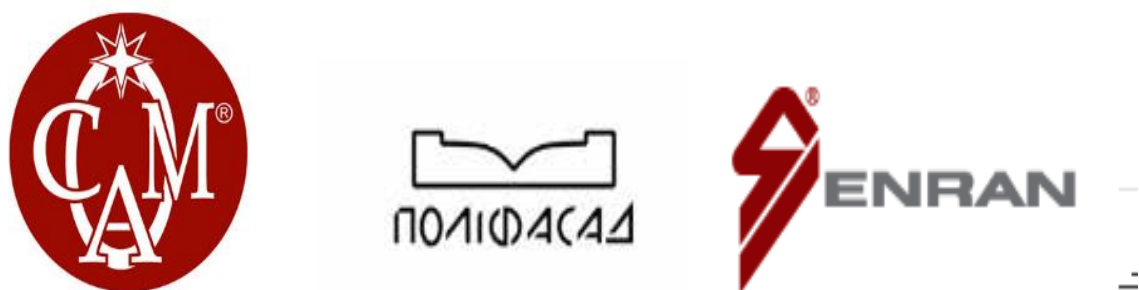


Рис. 1.12. Основні виробники [25], [26], [27].

Канали дистрибуції потребують аналізу різних платформ, таких як спеціалізовані магазини, великі ритейлери, онлайн-платформи, оптові дистриб'ютори. Вивчення переваг і недоліків кожного каналу дає змогу ефективно реалізувати продукцію з якомога меншими витратами на їх рекламу та логістику (рис.1.13).

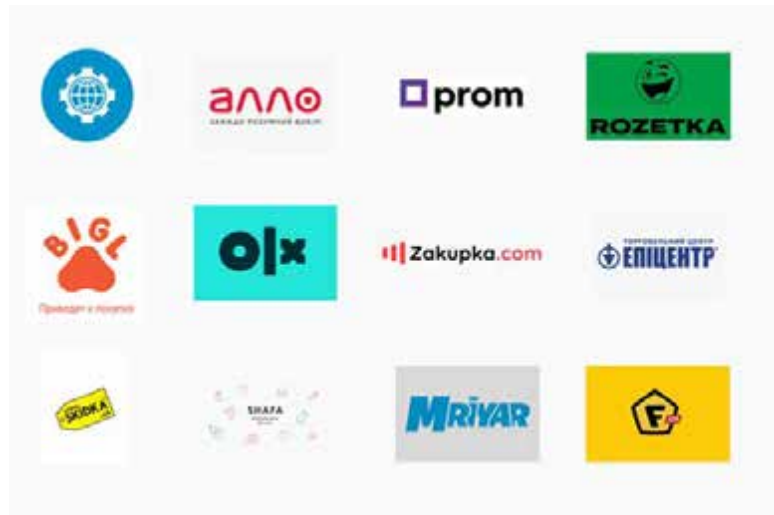


Рис. 1.13 Канали дистрибуції [28].

Правильний вибір рекламної платформи значно збільшує обсяги продажу, а також дає змогу налаштування реклами на свою цільову аудиторію, що значно впливає на ефективність продажу через різні інтернет-платформи, тому що робить рекламу більш ефективною, що в свою чергу дає змогу для розвитку будь-якого підприємства.

1.4 Сучасні матеріали і фурнітура для виготовлення меблевих фасадів

Сучасні матеріали для виготовлення меблевих фасадів значно розширилися і включають різноманітні варіанти, які дозволяють досягти різних стилістичних і функціональних цілей.

Приклад найбільш популярних матеріалів: МДФ (Medium Density Fibreboard) – це деревоволокниста плита середньої щільності, виготовлена з деревних волокон, з'єднаних за допомогою термічної обробки та клею. МДФ дуже популярний у виготовленні меблів і фасадів завдяки своїм численним перевагам (рис.1.14).



Рис.1.14. МДФ плита [29].

МДФ виробляється шляхом пресування деревних волокон під високим тиском і температурою разом з клеєм. Це забезпечує однорідну структуру плити без великих сучків і тріщин. Плити мають щільність близько 600-800 кг/м³, що робить їх досить міцними і стабільними.

Переваги МДФ:

- гладкість поверхні: МДФ має рівну і гладку поверхню, що робить його ідеальним для лакування, фарбування та обклеювання декоративними плівками;
- легкість у обробці: МДФ легко підлягає обробці – його можна різати, фрезерувати, свердлити та шліфувати без великого зусилля;
- стабільність форми: МДФ має меншу ймовірність деформації під впливом температурних і вологісних змін порівняно з натуральним деревом;

- доступність і економічність: Зазвичай дешевший, ніж масив дерева, що робить його економічним вибором для меблів.

Недоліки МДФ:

- Чутливість до вологи: МДФ може розбухати або деформуватися при тривалому контакті з водою, тому його слід обробляти водовідштовхувальними засобами.
- Вага: МДФ зазвичай важчий, ніж інші матеріали, такі як фанера або легкі пластики.
- Викиди формальдегіду: У процесі виготовлення використовуються клеї, які можуть містити формальдегід. Сучасні виробники намагаються мінімізувати вміст формальдегіду, але це все ще важливий фактор, особливо для внутрішніх приміщень [30].

Фанера – це композитний матеріал, виготовлений з тонких шарів деревини, які склеєні разом у спеціальному пресі. Вона є одним з найбільш поширених матеріалів у будівництві та виготовленні меблів завдяки своїй міцності, стабільності і відносно низькій вартості (рис. 1.15).



Рис. 1.15 Фанера [31].

Фанера складається з кількох тонких шарів деревини (зазвичай від 3 до 15), званих шпоном, які склеєні між собою з чергуванням напрямку волокон. Це забезпечує рівномірний розподіл навантаження та зменшує ймовірність деформації.

Для склеювання використовуються різні види клеїв, включаючи формальдегідні та безформальдегідні склади, в залежності від призначення і вимог до вологості та екологічності.

Переваги фанери:

- міцність і стабільність: фанера має високу міцність на вигин і стабільність форми завдяки чергуванню напрямків волокон у шарах.
- легкість у обробці: легко ріжеться, свердлиться та фрезерується, що робить її зручною у використанні для меблів та будівельних конструкцій.
- стійкість до деформацій: завдяки багатошаровій конструкції фанера менше схильна до розтріскування та вигинання під впливом змін вологості та температури.
- доступність і економічність: часто є більш економічним варіантом в порівнянні з масивом дерева.

Недоліки фанери:

- чутливість до вологи: хоча фанера більш стійка до вологи, ніж багато інших дерев'яних матеріалів, вона все ще може деформуватися або розбухати при тривалому контакті з водою, особливо якщо використовуються неводостійкі клеї.
- вартість: якісна фанера може бути дорогою, особливо при використанні спеціальних або екзотичних видів деревини [30].

Масив дерева, є матеріалом, виготовленим з цільного шматка дерева, що використовують у виготовленні меблів та фасадів завдяки його натуральній красі та міцності (ри.1.16). Один з найпрестижніших і традиційних матеріалів для меблів, що надає виробам елегантний і класичний вигляд .



Рис. 1.16 Фасад з масиву [32].

ДСП (Деревно-стружкова плита) – це популярний матеріал для виготовлення меблів і внутрішнього оздоблення, виготовлений з дрібних деревних частинок, таких як стружки і тріски, які склеюються разом за допомогою клею під високим тиском і температурою. ДСП є економічним і універсальним матеріалом, що широко використовується завдяки своїй доступності та легкості в обробці (рис.1.17).

Переваги ДСП:

- економічність: ДСП є менш дорогим, ніж масив дерева або фанера, завдяки використанню дрібних деревних частинок і меншій потребі в обробці;
- легкість в обробці: легко ріжеться, свердлиться, фрезерується та обробляється, що робить її зручною для виготовлення меблів та оздоблення;
- рівномірна поверхня: має гладку і рівну поверхню, що забезпечує хорошу основу для фарбування, ламінування і інших фінішних обробок;
- стійкість до деформації: менше схильна до викривлення або тріщин у порівнянні з деякими іншими матеріалами, особливо якщо використовується в сухих умовах.

Недоліки ДСП:

- чутливість до вологи: ДСП погано реагує на вологість і може розбухати або деформуватися при тривалому контакті з водою. Спеціальні варіанти, такі як вологостійка ДСП, можуть частково вирішити цю проблему;
- міцність: хоч ДСП має хорошу міцність для повсякденних завдань, вона менш міцна і стабільна, ніж масив дерева або фанера, особливо при великих навантаженнях.



Рис. 1.17 ДСП

Ми розглянули різні матеріали, які використовуються для створення меблів. ДСП дозволяє отримати великий вибір текстур і колірних рішень, залишаючись при цьому більш доступним варіантом. Однак його поверхня вимагає більш дбайливого поводження. МДФ, з його гладкою поверхнею і стійкістю до вологи, підходить для створення елегантних і функціональних предметів меблів, таких як сучасна кухня зі стійкою та барними стільцями [30].

Важливою складовою при виробництві меблів є фурнітура. Ручки та кнопки є однією з найпоширеніших категорій меблевої фурнітури. Вони використовуються для відкривання та закривання дверей, ящиків та шаф. Ручки можуть бути виконані з різних матеріалів, таких як метал, дерево, скло та пластик (рис. 1.18).



Рис. 1.18 Ручки для шухляд [33]

Такі елементи кріплення як петлі не тільки підтримують конструкцію меблів, але й дозволяють відкривати і закривати двері, ящики і кришки (рис. 1.19). Вони бувають різних типів, включаючи накладні, невидимі, приховані та декоративні петлі.



Рис. 1.19 Петлі кріплення [34].

Підйомники та амортизатори дозволяють комфортно відчиняти та закривати двері шаф та ящиків(рис.1.20).



Рис. 1.20 Підйомний механізм [35].

Вони забезпечують плавний рух та запобігають можливим випадковим травмам.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ З ВИЗНАЧЕННЯ КЛЕЮ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕБЛЕВИХ ФАСАДІВ ЗІ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

2.1 Опис властивостей клейових матеріалів

Вибір клею для дерев'яних меблів є важливою задачею як для професійних майстрів, так і для домашніх умільців. Неправильно обраний клей може призвести до швидкого руйнування меблів, втрати естетики та значних фінансових витрат на подальший ремонт. У цій статті ми поглибимося в різноманіття клеїв для дерева, їх властивості, переваги та недоліки, а також дамо поради щодо вибору кращого варіанту для ваших потреб.

Існує кілька основних типів клеїв, які використовуються для з'єднання дерев'яних меблів. Розглянемо їх детальніше:

- ПВА клей – це один з найбільш популярних варіантів, доступний на ринку. Він має водну основу, що робить його нетоксичним і безпечним для використання в домашніх умовах. Проте, слід звернути увагу на те, що ПВА може бути непридатним для вологих місць.
- епоксидний клей – вкрай потужний і стійкий до води. Його можна використовувати для виготовлення меблів, які піддаються важким навантаженням. Однак, епоксидні клеї потребують точного змішування компонентів.
- клей на основі поліуретану – вважається одним з найміцніших варіантів для дерев'яних меблів. Цей клей водостійкий і стійкий до температурних коливань. Важливо пам'ятати, що він потребує певного часу для висихання.
- клей на основі ацетату – часто використовується в деревообробній промисловості, оскільки має короткий час висихання і гарну адгезію. Проте він може бути менш ефективним у вологих умовах [36].

Полівінілацетатний клей - це біла суспензія на водній основі з легким специфічним запахом. Завдяки екологічній безпеці, доступною ціною і відмінним склеювальним властивостями клей ПВА (рис.2.1) широко

застосовують у побуті, канцелярії. Але на цьому область його застосування не закінчується.



Рис. 2.1 Полівінілацетатний клей [37].

Клей ПВА володіє наступними основними технічними характеристиками:

- вологостійкий і водонепроникний. Це дозволяє застосовувати його в якості ґрунтовки, а також використовувати для збільшення гідроізоляційних властивостей таких поверхонь, як штукатурка, деревина тощо

- вибухо- і пожежобезпечний, що робить його безпечним зберігання і застосування.

- нетоксичний, і тому екологічно безпечний, що дозволяє застосовувати його навіть у приміщеннях, призначених для дітей.

- термостійкий і морозостійкий, здатний переносити широкий діапазон температур від -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

- дає мінімальну усадку при висиханні, що робить можливим його використання в якості герметика для забивання пустот і тріщин.

- має високу адгезію. У зв'язку з цим його часто додають в будівельні суміші та розчини для збільшення їх адгезії і гідроізоляційних властивостей.

Столярний клей (ПВА) має високу адгезію до матеріалів з деревини, застосовується при складанні меблів, а також при роботі з дерев'яними поверхнями.

Поливінілацетатна дисперсія — основа клею ПВА, застосовується при виробництві будівельних сумішей підвищуючи ступінь адгезії цих матеріалів. Відрізняється максимальній силою схоплювання. Мабуть, на будівельному майданчику не знайдеться найбільш універсального і незамінного матеріалу, ніж полівінілацетатний клей. А його досить низька вартість і доступність підвищує його популярність в рази [38].

Поліуретановий клей (рис. 2.2) – це клей, який використовується для склеювання різних матеріалів, включаючи дерево, метал, скло, пластик, гуму та багато іншого. Цей клей має ряд переваг перед іншими видами клею, такими як міцність, гнучкість та стійкість до води. Однією з головних переваг поліуретанового клею є його міцність. Цей клей може тримати матеріали разом із великою силою, що робить його ідеальним для використання у багатьох галузях, включаючи будівництво, виробництво меблів та автомобільну промисловість. Поліуретановий клей також гнучкий, що означає, що може витримувати деякі деформації без втрати своїх властивостей склеювання. Це особливо важливо для матеріалів, які можуть розширюватися та стискатися залежно від температури та вологості [39].



Рис. 2.2 Клей «Kleiberit 503» [40].

Ще однією перевагою поліуретанового клею є його стійкість до води. Цей клей не руйнується під впливом вологи, що робить його ідеальним для використання в додатках, де матеріали повинні бути захищені від води, таких як дахи, вікна та двері.

Для використання поліуретанового клею потрібно правильно змішати компоненти. Як правило, клей поставляється у двох компонентах – базова смола та затверджувач. Ці компоненти необхідно змішати у певних пропорціях, щоб отримати бажані властивості клею. Слід звернути увагу на інструкції пропорцій, оскільки неправильне змішування може призвести до небажаних результатів[39].

Епоксидні клеї (рис. 2.3) можуть складатися тільки зі смоли та затверджувача або містити також наповнювачі, пластифікатори, модифікатори, розчинники та ін. Епоксидні клеї можуть бути рідкими, пастоподібними та твердими (монолітними, порошкоподібними) або плівковими.

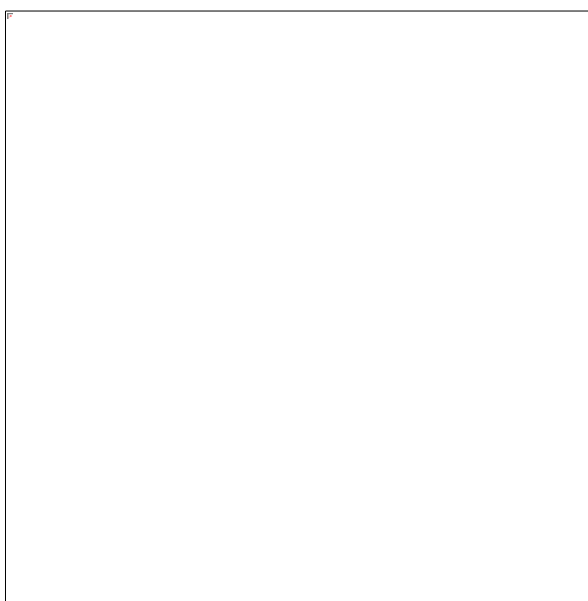


Рис. 2.3 Клей епоксидний «Ремпласт» [41].

Як затверджувачі використовують ди- і поліаміни, аміноаміди (головним чином диціандіамід), органічні кислоти їх ангідриди, комплекси к-т Льюїса з амінами та ефірами, а також полімерні затверджувачі-модифікатори (фенолоформальдегідні та кремнійорганічні смоли, каучуки, поліаміди на основі жирних кислот та ін.).

Розчинниками для епоксидних клеїв є спирти, ксилол, ацетон та інші органічні сполуки або їх суміші в кількості не більше 3-5% від маси сухої смоли. Більша кількість розчинника небажана через труднощі його видалення з клейової сполуки. Деякі розчинники (наприклад, спирти) можуть прискорювати затвердіння епоксидних клеїв амінами.

Приготування клеїв. Рідкі та пастоподібні епоксидні клеї готують змішуванням окремих компонентів у змішувачах (при невеликих кількостях – вручну). Епоксидні клеї, що твердіють без нагріву, мають малу життєздатність, їх готують безпосередньо перед вживанням. Високов'язкі епоксидні смоли перед змішуванням прогрівають при 25-35 ° С, а тверді затверджувачі - при вищих температурах. Це полегшує змішування компонентів[42].

Для склеювання вживаної деревини було обрано чотири марки клеїв:

- Titebond Original, Deli EA74813
- Kleiberit 303
- Kleiberit 501.0
- Клей епоксидний «Ремпласт».

2.2 Визначення пріоритетних клейових матеріалів за методом розставляння пріоритетів

Суть методу розставляння пріоритетів полягає в попарному якісному порівнянні конкуруючих об'єктів (один кращий за іншого, або гірший, або рівноцінний за якоюсь властивістю іншому) з подальшим переходом на кількісні оцінки з використанням конкретних значень показників властивостей конкурентів, а за їх відсутності – експертних оцінок. Порівняння проводять в матричній формі, що дозволяє в подальшому за відповідної математичної обробки отримати кількісні значення пріоритетів рішень конкуруючих рішень (об'єктів) по кожній властивості окремо і за комплексом показників (ознак) [43].

Було обрано чотири основні характеристики по кожному з чотирьох клеїв для склеювання вживаної деревини

Таблиця 2.1

Перелік клеїв з властивостями

№ з/п	Назва клею	В'язкість МПа-с	Температура нанесення $t^{\circ}\text{C}$	Витрата $\text{г}/\text{м}^2$	Час пресування хв.
1	Titebond Original	10000	10	150-200	30-40
2	Kleiberit 303	13000	10	100-130	15
3	Kleiberit 501.0, Chemolan B45	8000	20	100-200	30-60
4	Клей епоксидний «Ремпласт»	400	25	100-150	1440

Для якісного порівняння чотирьох елементів побудовано квадратні матриці бінарних відношень з діапазоном $m \times n$; співвідношення об'єктів виражено символами краще $>$, дорівнює $=$, гірше $<$.

Відповідно кількість матриць складала чотири. Далі порівняно показники по їх пріоритетності (вагомості) в оцінці характеристик, для співставлення побудовано квадратну матрицю $m \times n$.

Для переходу до кількісної оцінки по кожному показнику було визначено значення найкращого об'єкту і на яку величину воно відрізняється від найгіршого за формулою , [43]:

$$K_j = \frac{X_{ij \max}}{X_{ij \min}}, \quad (2.1)$$

де: $X_{ij \max}$ - значення максимальної оцінки i – того об'єкта по j - му показнику;

$X_{ij \min}$ - значення мінімальної оцінки i – того об'єкта по j - му показнику.

За знайденим коефіцієнтом K_j визначено коефіцієнт ω_j , а потім члени a_{ij} матриць суміжності A_j , що заміняють матриці бінарних відношень. Коефіцієнт ω розраховано за формулою (2.2) [43]:

$$\omega_j = \left(\frac{K-1}{K+1} + \sqrt{\frac{0.05}{n}} \right) \quad (2.2)$$

Суміжні члени матриць визначено наступним чином :

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 + \omega_j & \text{при } X_{ij} > X_{ej} \\ 1 & \text{при } X_{ij} = X_{ej} \\ 1 - \omega_j & \text{при } X_{ij} < X_{ej} \end{cases} \quad (2.3)$$

$$A_j = \begin{pmatrix} a_{11}, & a_{12}, & \dots, & a_{1n}, \\ a_{21}, & a_{22}, & \dots, & a_{2n}, \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1}, & a_{i2}, & \dots, & a_{in}, \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}, & a_{n2}, & \dots, & a_{nn}, \end{pmatrix}$$

Відповідно замінено математичні символи $>$, $=$, $<$ значенням a_{ij} .

Далі за таким методом складено матрицю бінарних відношень для порівняння клеїв за в'язкістю - табл. 2.2, за температурою нанесення - табл. 2.3, за витратою на м²- табл. 2.4, за часом пресування табл. 2.5. Також в таблицях наведено значення коефіцієнтів K і ω .

Таблиця 2.2

Матриця порівнянь клеїв по в'язкості

	X1=10000	X2=13000	X3=8000	X4=400	K1=X _{макс} /X _{мін}	ω1
X1=10000	=	<	>	>	3,25	0,64
X2=13000	>	=	>	>		
X3=8000	<	<	=	>		
X4=400	<	<	<	=		

Аналізуючи в'язкість клеїв надається перевага клею з найменшою в'язкістю, оскільки даний показник впливає на складність нанесення клею.

Для розрахунку кількісних оцінок, беручи до уваги відому нам інформацію, також це можливо за допомогою числової оцінки експертів по кожній характеристиці. Значення K_j визначено за вище вказаною формулою (2.1) в результаті бачимо різницю значень між кращим і гіршим показником:

$$K_j = \frac{13000}{400} = 3,25$$

Розраховано коефіцієнт K_j , розраховано коефіцієнт ω_j , за формулою (2.2):

$$\omega_j = \left(\frac{3,25 - 1}{3,25 + 1} + \sqrt{\frac{0,05}{4}} \right) \times 1 = 0,64$$

Таким методом розраховано значення коефіцієнтів K_j , ω_j , беручи значення з відповідних табл. 2.3 – 2.5, з використанням формул: (2.1) і (2.2).

Таблиця 2.3

Матриця порівняння клеїв по температурі нанесення

	X1=10	X2=10	X3=20	X4=25	K2=X _{макс} /X _{мін}	ω2
X1=10	=	=	<	<	2,50	0,54
X2=10	=	=	<	<		
X3=20	>	>	=	<		
X4=25	>	>	>	=		

В даній таблиці надається перевага клеям в яких температура нанесення менша, тому що цей показник може значно впливати на технологію нанесення клею, а саме потребувати спеціального обладнання чи підвищить собівартість виробу.

Таблиця 2.4

Матриця порівняння клеїв по витраті на м²

	X1=175	X2=115	X3=150	X4=115	K3=X _{макс} /X _{мін}	ω3
X1=175	=	>	>	>	1,52	0,32
X2=115	<	=	<	=		
X3=150	<	>	=	>		
X4=115	<	=	<	=		

Аналізуючи норми витрат вибраних клеїв, надається пріоритет клеям з меншою нормою витрат на м², оскільки це економічно обґрунтовано.

Таблиця 2.5

Матриця порівняння клеїв по часу пресування

	X1=35	X2=15	X3=45	X4=1440	K4=X _{макс} /X _{мін}	ω4
X1=35	=	>	<	<	96,00	1,09
X2=15	<	=	<	<		
X3=45	>	>	=	<		
X4=1440	>	>	>	=		

В даній таблиці надається перевага виробникам клеїв, які забезпечують менший час висихання. Це дозволяє зменшити технологічний цикл склеювання виробу, також дозволяє зменшити виробничі площі для технологічної витримки.

Для визначення пріоритету кожного клею по кожній характеристиці P_{ij} і пріоритету показника P_j введено поняття потужності критерію L – го порядку $P(L)$, що розраховано по рядках за відповідними формулами [43].

Перша ітерація:

$$P_i(1) = \sum_{j=1}^n a_j ; \quad (2.5)$$

$$P_i(1) = \sum_{j=1}^m a_j ; \quad (2.6)$$

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

Друга ітерація:

$$P_i(2) = \sum_{j=1}^m a_j ; \quad (2.8)$$

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

Третя ітерація:

$$P_i(3) = \sum_{j=1}^m a_j ; \quad (2.10)$$

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

Результати розрахунків занесені в табл. 2.7. За цим методом розраховано і табл. 2.8 - 2.10.

Метод експертних оцінок застосовано для обґрунтування перспективного клею. Для цього методу було вибрано сім експертів, які виставляли оцінки по кожній характеристиці клею.

Було розраховано формули (2.12 – 2.16), результати яких занесені до табл. 2.11. Середнє значення балу розраховано за формулою (2.12) [43]:

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

де x_{ij} - оцінка семи експертів по першій характеристиці, m – кількість експертів.

Середнє квадратичне відхилення розраховане за формулою (2.13) [43]:

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

Далі розраховано коефіцієнт варіації V_{ij} за формулою (2.14) [43]:

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

Загальний коефіцієнт погодження експертів розраховано за формулами [43]:

$$K_{Eij} = 1 - \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} , \quad (2.15)$$

$$K_E = \frac{\sum_{i=1}^n K_{Eij}}{\sum_{i=1}^m m_{ij}} , \quad (2.16)$$

де n – кількість характеристик в анкеті; m_{ij} – кількість оцінок по кожній характеристиці в кожному з вирівняних рядів.

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

Таблиця 2.7

Матриця суміжності для порівняння клеїв по в'язкості

	X1=10000	X2=13000	X3=8000	X4=400	P 1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
X1=10000	1	1,64	1,64	1,64	5,92	0,37	22,46	0,40	77,14	0,41
X2=13000	0,36	1	1,64	1,64	4,64	0,29	15,69	0,28	52,68	0,28
X3=8000	0,36	0,36	1	1,64	3,36	0,21	10,56	0,19	35,85	0,19
X4=400	0,36	0,36	0,36	1	2,08	0,13	7,07	0,13	24,55	0,13
				Σ	16,00	1,00	55,78	1,00	190,21	1,00

Таблиця 2.8

Матриця суміжності для порівняння клеїв по температурі нанесення

	X1=10	X2=10	X3=20	X4=25	P 1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
X1=10	1	1,54	1,54	0,46	4,54	0,28	16,12	0,28	57,53	0,27
X2=10	0,46	1	0,46	0,46	2,38	0,15	8,64	0,15	31,40	0,15
X3=20	0,46	1,54	1	0,46	3,46	0,22	11,79	0,20	42,44	0,20
X4=25	1,54	1,54	1,54	1	5,62	0,35	21,61	0,37	77,91	0,37
				Σ	16,00	1,00	58,16	1,00	209,28	1,00

Таблиця 2.9

Матриця суміжності для порівняння клеїв по витраті

	X1=175	X2=115	X3=150	X4=115	P 1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
X1=175	1	1,32	0,68	0,68	3,68	0,23	14,01	0,23	54,25	0,23
X2=115	0,68	1	0,68	0,68	3,04	0,19	11,87	0,19	46,00	0,19
X3=150	1,32	1,32	1	0,68	4,32	0,27	16,56	0,27	64,00	0,27
X4=115	1,32	1,32	1,32	1	4,96	0,31	19,52	0,31	75,50	0,31
				Σ	16,00	1,00	61,97	1,00	239,75	1,00

Таблиця 2.10

Матриця суміжності для порівняння клеїв по часу пресування

	X1=35	X2=15	X3=45	X4=1440	P 1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
X1=35	1	-0,09	-0,09	-0,09	0,73	0,05	-0,67	-0,02	-4,39	-0,07
X2=15	2,09	1	-0,09	-0,09	2,91	0,18	3,30	0,08	-1,52	-0,02
X3=45	2,09	2,09	1	-0,09	5,09	0,32	12,03	0,30	15,21	0,23
X4=1440	2,09	2,09	2,09	1	7,27	0,45	25,52	0,64	56,19	0,86
				Σ	16,00	1,00	40,19	1,00	65,49	1,00

Складено квадратну матрицю бінарних відношень (табл. 2.12)

Таблиця 2.12

Матриця бінарних відношень

	Y1=1,57	Y2=3,29	Y3=2,14	Y4=3,71	K3=Y _{макс} /Y _{мін}	ω3
Y1=1,57	=	<	<	<	2,36	0,52
Y2=3,29	>	=	>	<		
Y3=2,14	>	<	=	<		
Y4=3,71	>	>	>	=		

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

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

Далі вираховано коефіцієнт ω, за формулою (2.2) :

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

Відповідно замінено математичні символи >, =, < відповідними значеннями a_{ij} . Далі складено матрицю суміжності для співставлення показників (табл. 2.13).

Таблиця 2.13

Матриця суміжності для порвняння показників, що характеризують клеї.

	Y1=1,57	Y2=3,29	Y3=2,14	Y4=3,71	P 1	P1*	P2	P2*
Y1=1,57	1	0,48	0,48	0,48	2,45	0,15	8,99	0,15
Y2=3,29	1,52	1	1,52	0,48	4,52	0,28	16,20	0,28
Y3=2,14	1,52	0,48	1	0,48	3,48	0,22	12,06	0,21
Y4=3,71	1,52	1,52	1,52	1	5,55	0,35	21,40	0,36
				Σ	16,00	1,00	58,65	1,00

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

На основі попередніх результатів побудовано підсумкову матрицю для розрахунку комплексного пріоритету клею (табл. 2.14).

Комплексний пріоритет клею розраховано за другою ітерацією, за формулою (2.8.)

Таблиця 2.14

Підсумкова матриця

Вид клею	Пріоритет препарату по одиночних показниках				Пріоритет показника		Комплексний пріоритет препарату
	1	2	3	4	номер	значення	
Titebond Original, Deli EA74813	22,46	16,12	14,01	0,67	1	0,48	25,07
Kleiberit 303	15,69	8,64	11,87	3,30	2	0,48	19,07
Kleiberit 501.0.	10,56	11,79	16,56	12,03	3	0,48	24,60
Клей епоксидний «Ремпласт»	7,07	21,61	19,52	25,52	4	0,48	35,60

За результатами підсумкової таблиці бачимо, що максимальний пріоритет має клей епоксидний «Ремпласт» українського виробника, тому саме цей клей слід запропонувати для склеювання вживаної деревини.

2.3 Визначення пріоритетних клейових матеріалів за методом аналізу ієрархій.

Метод аналізу ієрархії- це математичний інструмент системного підходу до складних проблем прийняття рішень. Він не диктує особі, що приймає рішення, прийняття будь-якого «правильного» рішення, а дозволяє знайти в інтерактивному режимі такий варіант (альтернативу), який найкращим чином узгоджується з розумінням суті проблеми та вимогами до її вирішення.

Метод застосовується для таких завдань:

- порівняльний аналіз об'єктів (багатокритеріальне ранжування);
- багатокритеріальний вибір кращого об'єкту (кращої альтернативи);
- розподіл ресурсів між проектами;
- проектування систем за кількісними та якісними характеристиками.

У процесі застосування методу беруть участь кваліфіковані експерти, які не допускають суттєвих похибок в оцінках. При цьому група експертів повинна бути консолідованою і мати спільні позиції у прагненні до узгодженості своїх оцінок [43].

Застосування МАІ проводять у такому порядку:

- будують якісну модель проблеми у вигляді ієрархії, що включає мету, альтернативні варіанти досягнення цілі і критерії для оцінки якості альтернатив;
- визначення пріоритетів всіх елементів ієрархії з використанням методу парних порівнянь;
- синтез глобальних пріоритетів альтернатив шляхом лінійної згортки пріоритетів елементів та ієрархій;
- перевірка суджень на узгодженість;
- прийняття рішень на основі отриманих результатів [43].

Першим рівнем ієрархії є мета або короткий опис завдання, критерії становлять другий рівень ієрархії. Це кількісна або якісна характеристика, яка є істотною для судження про об'єкт.

Альтернативи – третій рівень ієрархії, де наведені об'єкти серед яких слід зробити вибір. Після визначення мети ранжують критерії по важливості. Якщо критерій не має прийнятої міри, то порівняння проводять з використанням спеціально «шкали відносної важливості» [43].

Після визначення числових значень кожного критерію, будують квадратну матрицю парних порівнянь прийнятих числових значень критеріїв (w_1, w_2, \dots, w_n)

Таблиця 2.15

Матриця парних порівнянь (МПП) критеріїв відносно мети

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	Серед.геом.	ЛПр
Кр1	В'язкість	1,00	0,50	1,00	0,20		0,56	0,125
Кр2	Температура	2,00	1,00	0,50	5,00		1,50	0,332
Кр3	Витрата	1,00	2,00	1,00	5,00		1,78	0,395
Кр4	Час пресування	5,00	0,20	0,20	1,00		0,67	0,148
						Сума =	4,505	1,000
	DIM=4;		Lam=	5,08	CI=	0,020	CR=	0,022

Таблиця 2.16

Матриця парних порівнянь (МПП) альтернатив ($A_1 \dots A_4$) відносно до критерію Кр1

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	Серед.геом.	ЛПр1
A1	Titebond Original,	1,00	1,00	0,11	0,17		0,37	0,056
A2	Kleiberit 303	1,00	1,00	0,17	0,11		0,37	0,056
A3	Kleiberit 501.0	9,00	6,00	1,00	5,00		4,05	0,614
A4	Клей епоксидний «Ремпласт»	6,00	9,00	0,20	1,00		1,81	0,274
						Сума =	6,604	1,000
	DIM=4;		Lam=	4,53	CI=	0,176	CR=	0,196

Таблиця 2.17

Матриця парних порівнянь (МПП) альтернатив (A1...A4) відносно до критерію Кр2

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	Серед.геом.	ЛПp1
A1	Titebond Original,	1,00	1,00	0,11	0,17		0,37	0,107
A2	Kleiberit 303	2,00	1,00	0,17	0,11		0,44	0,127
A3	Kleiberit 501.0,	6,00	0,25	1,00	5,00		1,65	0,478
A4	Клей епоксидний «Ремпласт»	1,00	5,00	0,20	1,00		1,00	0,289
						Сума	3,462	1,000
	DIM=4;		Lam=	4,50	CI=	0,168	CR=	0,186

Таблиця 2.18

Матриця парних порівнянь (МПП) альтернатив (A1...A4) відносно до критерію Кр3

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	Серед.геом.	ЛПp1
A1	Titebond Original,	1,00	1,00	0,11	0,17		0,37	0,154
A2	Kleiberit 303	0,21	1,00	0,17	0,11		0,25	0,104
A3	Kleiberit 501.0,	0,30	0,25	1,00	5,00		0,78	0,326
A4	Клей епоксидний «Ремпласт»	1,00	5,00	0,20	1,00		1,00	0,416
						Сума =	2,401	1,000
	DIM=4;		Lam=	4,24	CI=	0,079	CR=	0,087

Таблиця 2.19

Матриця парних порівнянь (МПП) альтернатив (A1...A4) відносно до критерію Кр4

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	Серед.геом.	ЛПp1
A1	Titebond Original,	1,00	1,00	0,11	0,17		0,37	0,093
A2	Kleiberit 303	3,00	1,00	0,17	0,11		0,49	0,122
A3	Kleiberit 501.0,	2,00	2,00	1,00	5,00		2,11	0,533
A4	Клей епоксидний «Ремпласт»	1,00	5,00	0,20	1,00		1,00	0,252
						Сума	3,969	1,000
	DIM=4;		Lam=	4,12	CI=	0,040	CR=	0,045

Таблиця 2.20

Матриця пріоритетів критеріїв відносно мети і альтернатив щодо кожного з критеріїв

	Назва	ПрКр	A1	A2	A3	A4
			Верстат 1	Верстат 2	Верстат 3	Верстат 4
Кр1	В'язкість	0,125	0,06	0,06	0,61	0,27
Кр2	Температура	0,332	0,11	0,13	0,48	0,29
Кр3	Витрата	0,395	0,15	0,10	0,33	0,42
Кр4	Час пресування	0,148	0,09	0,12	0,53	0,25
	Сума =	1,000	0,409	0,409	1,950	1,232

Таблиця 2.21

Глобальні пріоритети Альтернатив

№	Назва	ГлПр
A1	Titebond Original,	0,117
A2	Kleiberit 303	0,108
A3	Kleiberit 501.0	0,443
A4	Клей епоксидний «Ремпласт»	0,332

Як ми бачимо, що Альтернатива А3 (Kleiberit 501.0) має найбільше значення глобального пріоритету -0,443 і є найкращим вибором для склеювання деревини. Тому для випробувань ми обираємо Kleiberit 501.0 та Клей епоксидний «Ремпласт».

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ СКЛЕЮВАННЯ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

3.1 Методика та результати експериментального визначення набрякання вживаної деревини.

Дерево поглинає або втрачає вологу і, відповідно, розширюється або всихає, залежно від рівня вологості та температури навколишнього повітря. Про цю залежність дерева від вологості та температури знають усі, хто колись із ним працював. Оптимальна вологість повітря є одним із найважливіших критеріїв утримання дерев'яних меблів, паркету. Ідеальна вологість для виробів із дерева - 40-65% при температурі 18-25°C. Взимку, коли повітря в приміщенні стає нестерпно сухим, вологість падає до позначки 15-20%, що відповідає рівноважній вологості деревини всього 4-5% (при нормі 8-12%). Саме зниження вологості повітря нижче гранично допустимого рівня є головною причиною передчасного старіння меблів та втрати її зовнішнього вигляду. Реакцію меблів на зміну вологості повітря, як і підлогових покриттів, можна визначити за її зовнішнім виглядом. Особливо чутливі дерев'яні меблі з натуральної деревини (якщо меблі робляться з ДСП (деревно-стружкові плити), МДФ (плитний матеріал, виготовлений з висушених деревних волокон, оброблених синтетичними сполучними речовинами), матеріалів, які у своєму складі мають стружку-тирсу, так схильна до впливу сухого повітря, як меблі, виготовлені з натуральної деревини) [44].

Меблі використовуються в різних умовах та повинні мати різні характеристики, від чого першочергово відштовхуються виробники. Меблі для вітальні та спальної кімнати не потребують додаткового або надмірного захисту від вологи. Меблі для кухні та ванної кімнати повинні виготовлятися з матеріалів які стійкі до надмірної вологості та захищені стійким лакофарбовим покриттям, що забезпечить споживачам надійність та довговічність.

Відомо, що деревина змінює свої розміри в трьох різних напрямках: тангенціальному, радіальному та поздовжньому. Під час виконання даної

роботи, було проведено дослід на розбухання вживаної деревини в порівнянні з не вживаною деревиною. Для експериментальних зразків було відібрано вживану деревину сосни 30*250*4000 мм, що довгий час використовувалась у вигляді покрівлі ангару (15 років). Перед процесом набухання повітряно-сухі зразки висушували в сушильній шафі (рис.3.1) при температурі 103 ± 2 °С, а також для порівняння вживаної деревини було закладено зразки не вживаної деревини.



Рис. 3.1 Термостабілізація зразків

Після процесу сушіння, з дошок виготовили експериментальні зразки розміром 30*30*15 мм. Виміряли їхні тангенціальний і радіальний розміри (рис.3.2) за допомогою двох мікрометрів (0-25мм та 25-50мм). Розміри занесені до (таб.3.1-3.2).



Рис. 3.2 Вимірювання розмірів зразків

Після процесу вимірювання розмірів зразки витримували у воді протягом семи днів при температурі 20 ± 2 градуси, поки вони не стали повністю насиченими (рис.3.3). При візуальному огляді зразків було чітко виражене розбухання деревини та проява шорсткості поверхні у всіх зразках. Зразки з вживаної деревини відрізняються за забарвленням, вони стали більш темнішого кольору.



Рис. 3.3 Зразки після замочування

Після замочування зразків протягом тижня розміри були виміряні, результати занесені до (таб.3.1-3.2), величина набухання в тангенціальному (α_t) і радіальному (α_r) напрямках була розрахована за формулою (3.1- 3.3). Загальне об'ємне набухання (α_v) розраховано за формулою (3.4), наведено на рис.3.4, було отримано як сума величини набухання в обох напрямках. Експерименти з набухання проводили на основі процедури стандарту TS 4084 (1983).

$$\alpha_t = \frac{D_s - D_0}{D_s} * 100\% \quad (3.1)$$

$$\alpha_{ш} = \frac{D_{Sш} - D_{0ш}}{D_{Sш}} * 100\% \quad (3.2)$$

$$\alpha_d = \frac{D_{Sd} - D_{0d}}{D_{Sd}} * 100\% \quad (3.3)$$

$$\alpha_v = \alpha_t + \alpha_{ш} + \alpha_d \quad (3.4)$$

де, α - величина набухання у відсотках, D_s - розмір зразка в насиченому стані (мм) і D_o - в сухому стані (мм).

Аналіз даних показав, що невживана деревина демонструє трохи більше збільшення у товщині (3,50% проти 3,26%) порівняно з вживаною деревиною, що може свідчити про більшу чутливість невживаного матеріалу до волого поглинання (рис.3.4).

Збільшення ширини є найбільшим у обох випадках, проте невживана деревина має трохи більший показник (5,59%) порівняно з вживаною (5,49%).

Вживана деревина демонструє значно менше збільшення в довжині (1,07%), тоді як невживана деревина показує більше зростання (1,69%). Це може свідчити про те, що структура вживаної деревини вже стабілізована і менше піддається деформаціям у цьому напрямі.

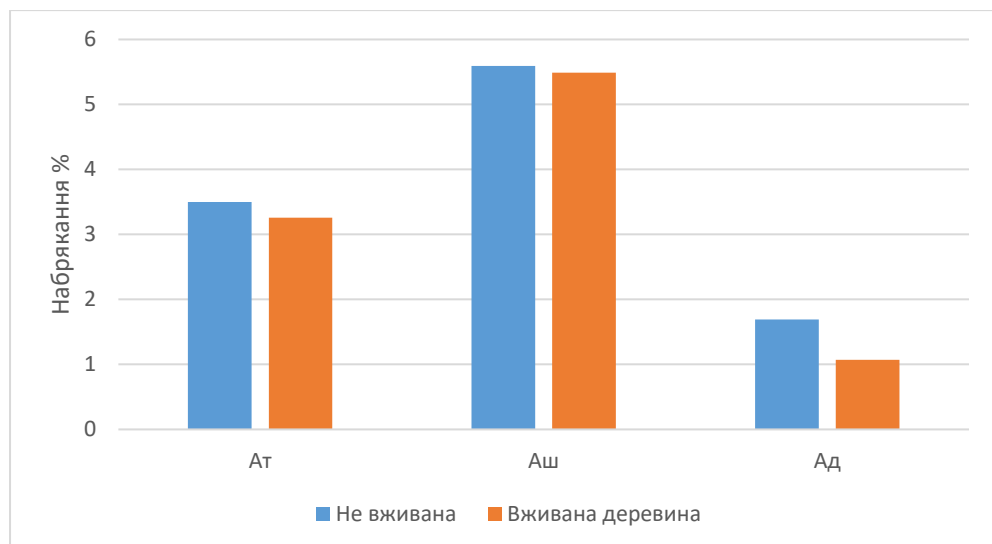


Рис.3.4 Діаграма розбухання деревини

Вживана деревина загалом менш схильна до деформації при набряканні в усіх трьох вимірах. Найбільша різниця спостерігається в довжині, що може вказувати на структурні зміни, які роблять її менш сприйнятливою до змін у розмірах під дією вологи.

Невживана деревина, яка ще не піддавалась змінам через попереднє використання, має тенденцію до більшого набрякання, особливо по довжині. Це вказує на те, що при використанні невживаної деревини необхідно враховувати більші можливі деформації при підвищеній вологості.

Таким чином, для застосувань, де важлива стабільність розмірів деревини, краще підходить вживана деревина, оскільки вона менше змінює розміри під впливом вологи. Менші деформації вживаної деревини, в порівнянні з невживаною, можуть бути обумовлені кількома факторами, пов'язаними з фізико-хімічними змінами, які відбуваються в структурі деревини в процесі її використання та старіння. Вживана деревина в процесі її експлуатації вже пройшла декілька циклів природнього зволоження та висушування, що знижує її здатність вбирати воду. Ці цикли сприяють зменшенню гігроскопічності, оскільки пори та капіляри деревини частково закупорюються через накопичення смол, мінералів або органічних речовин, що залишаються після висихання. Як результат, вживана деревина менш чутлива до коливань вологості, що зменшує її набрякання.

Таблиця 3.1

Результати досліджень набрякання вживаної деревини

№	До набрякання			Після набрякання						a_v
	Т	Ш	Д	Т	Ш	Д	a_T	$a_{ш}$	a_D	
1,00	14,08	28,58	31,28	14,49	30,10	31,50	2,91	5,32	0,70	8,93
2,00	14,04	28,54	31,26	14,52	30,45	31,87	3,42	6,69	1,95	12,06
3,00	14,08	28,66	31,21	14,52	30,04	31,53	3,13	4,82	1,03	8,98
4,00	14,01	28,54	31,15	14,52	30,05	31,42	3,64	5,29	0,87	9,8
5,00	14,06	28,58	31,20	14,51	30,10	31,45	3,20	5,32	0,80	9,32
$a_{сер}$							3,26	5,49	1,07	9,8

Таблиця 3.2

Результати досліджень не вживаної деревини

№	До замочування			Після замочування						a_v
	Т	Ш	Д	Т	Ш	Д	a_T	$a_{ш}$	a_D	
1,00	14,03	28,03	30,05	14,51	30,04	30,15	3,42	7,17	0,33	10,92
2,00	14,03	28,52	30,01	14,51	29,82	30,53	3,42	4,56	1,73	9,71
3,00	14,00	28,52	30,05	14,50	30,01	30,74	3,57	5,22	2,30	11,09
4,00	14,00	28,52	30,01	14,52	30,04	30,60	3,71	5,33	1,97	11,01
5,00	14,02	28,47	30,02	14,49	30,08	30,65	3,35	5,66	2,10	11,11
$a_{сер}$							3,50	5,59	1,69	10,76

3.2 Методика та результати експериментального дослідження на міцність при сколюванні.

Склеювання - це один з найпоширеніших способів з'єднання матеріалів між собою, при якому клей проникає в міжклітинні і внутрішньоклітинні простори деревини, твердіє, з'єднуючи склеюванні поверхні. Міцність клейового шва залежить від рівномірності просочування клейовим розчином склеюваних поверхонь, якості клею, технологічної послідовності виконання робіт, режиму склеювання, а також від щільності прилягання цих поверхонь. Тепер склеювання широко застосовують у виробництві меблів і в будівництві (склеєні балки, арки, ферми, крокви тощо).

Склеювання дає змогу використовувати відходи деревини, деревину зниженої якості, а також зменшує жолоблення деталей. Задовільної міцності клейові з'єднання досягають при дотримуванні режиму склеювання. Тобто, вологість заготовок повинна бути в межах 5-15% , а клас шорсткості поверхні деревини - не нижче 8-го. Для якісного склеювання потрібно, щоб температура заготовок перед склеюванням була в межах 15-20С. Клей необхідно наносити рівним шаром товщиною 0,1-0,15 мм механізованим способом або за допомогою валиків і пензлів. Витрата синтетичного клею становить 0,35-0,5 кг/м² склеюваної поверхні. В'язкість клею визначають за допомогою віскозиметра, яким вимірюється час витікання (в секундах) 100 см. кубічного клею при температурі 20 С.

Після нанесення (намащування) клею, як правило, на обидві склеюванні поверхні заготовки, вони стискаються струбцинами, пневматично-шланговими пресами (ваймами) або спеціальним устаткуванням під тиском 0,3-1,2 МПа. Тривалість витримування в пресі склеєних деталей становить 10-15хв (для синтетичних клеїв) при нагріванні клейового шва, а без підігрівання для всіх клеїв 2 - 6годин. Тривалість витримування після розпресування до повторної обробки 24-48 годин [45].

Міцність при сколюванні визначають відповідно до ДСТУ ISO 4578:2008 за методом випробування, який заснований на визначенні руйнівного навантаження при випробуванні зразка та обчисленні міцності при цьому

навантаженні. Він призначений для визначення міцності клейового з'єднання на гладку фугу при сколюванні уздовж волокон склеєної масивної деревини. Форма та розміри зразків повинні відповідати зазначеним на (рис. 3.5). Можна виготовляти зразки шириною, меншою ніж зазначені на, якщо ширина клейового шару у виробі не дозволяє одержати зразок необхідної ширини. Зразок форми а є основним і застосовується для проведення усіх видів випробувань клеїв і клейових з'єднань деревини. Зразок форми б використовується при випробуванні клейових з'єднань деревини.

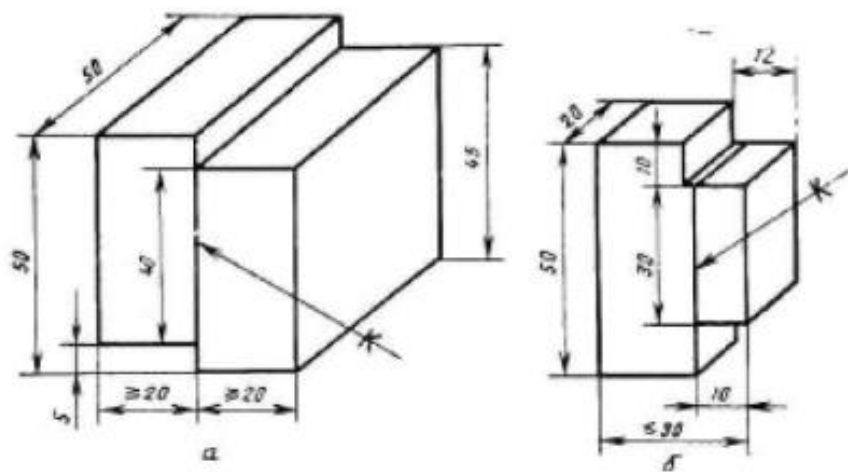


Рис. 3.5 Форма та розмір зразків [46].

Заготівку для зразків склеюють спеціально або вирізають з готових виробів у вигляді бруска. Довжину заготівки L встановлюють залежно від необхідної кількості зразків для випробувань. До проведення випробування зразки витримують у приміщенні при температурі 20 ± 2 °C і відносній вологості повітря 65 ± 5 % не менше 3 діб після склеювання заготівок без нагрівання та не менше 1 доби після склеювання з нагріванням. Зразки встановлюють у пристрій для випробувань (рис. 3.6).

Поверхні уступів зразка а та нижнього уступу зразка б повинні щільно прилягати до відповідних поверхонь пристрою. Пристрій з встановленим у ньому зразком поміщають на опорну платформу випробувальної машини таким чином, щоб вісь пуансона пристрою збігалася з віссю навантажувального пристрою машини.



Рис. 3.6 Встановлення зразку у випробувальну машину

Зразок навантажують безупинно при швидкості переміщення навантажувальної голівки машини $0,60 \pm 0,15$ мм/хв. Випробування продовжують до руйнування зразка. Руйнівне навантаження визначають з похибкою не більше 50 Н [46]. Максимальне навантаження визначається комп'ютерною програмою підключеною до випробувальної машини. Наведено графік навантаження в часі одного із зразків з клеєм «Ремпласт» (рис. 3.7).



Рис. 3.7 Результат визначення межі міцності по одному із зразків

Після проведення експерименту зразок було оглянуто та виявлено, що відбулося розщеплення волокон деревини, а не руйнування клейового з'єднання.

Виходячи з спостережень, можна зробити висновок, що воно значно міцніше за саму деревину (рис. 3.8).



Рис. 3.8 Зображення одного з зруйнованих зразків

Міцність клейового з'єднання при сколюванні уздовж волокон τ розраховують за формулою, МПа:

$$\tau = \frac{P}{b \cdot l}; \quad (3.5)$$

де P – руйнівне навантаження Н; b – ширина площі сколювання зразка, мм;
 l – довжина площі сколювання зразка, мм.

Таблиця 3.3

Результати випробувань клею «Ремпласт»

№	Розміри зразка		Руйнуюче навантаження P , Н (кгс)	Межа міцності, Мпа (Н/мм ²)	Руйнування по деревині, %
	Ширина, b	Довжина, l			
1	20,1	30,2	5304	87,37	80
2	20,1	30,1	5296	87,53	90
3	20	30,1	5298	88	80
4	20,2	30,2	5340	87,53	80
5	20,1	30,1	5308	87,73	80
$\tau_{сер}$				87,64	

Таблиця 3.4

Результати випробувань клею «Kleiberit 501.0»

№	Розміри зразка		Руйнуюче навантаження Р, Н (кгс)	Межа міцності, МПа (Н/мм ²)	Руйнування по деревині, %
	Ширина, b	Довжина, l			
1	20,1	30,1	4422	73,090	75
2	20,2	30,2	4457	73,061	80
3	20,1	30,2	4427	72,930	80
4	20,1	30,1	4383	72,445	75
5	20,1	30,1	4376	72,329	80
тсер				72,77	

Було пораховано середні значення міцності клейового з'єднання при сколюванні по двох групах зразків. Зразки з клеєм «Ремпласт» мають середнє значення міцності 87,64 МПа (Н/мм²), а зразки клею «Kleiberit 501.0» мають середнє значення міцності 72,77 МПа (Н/мм²) дані відображені в діаграмі (рис.3.9).

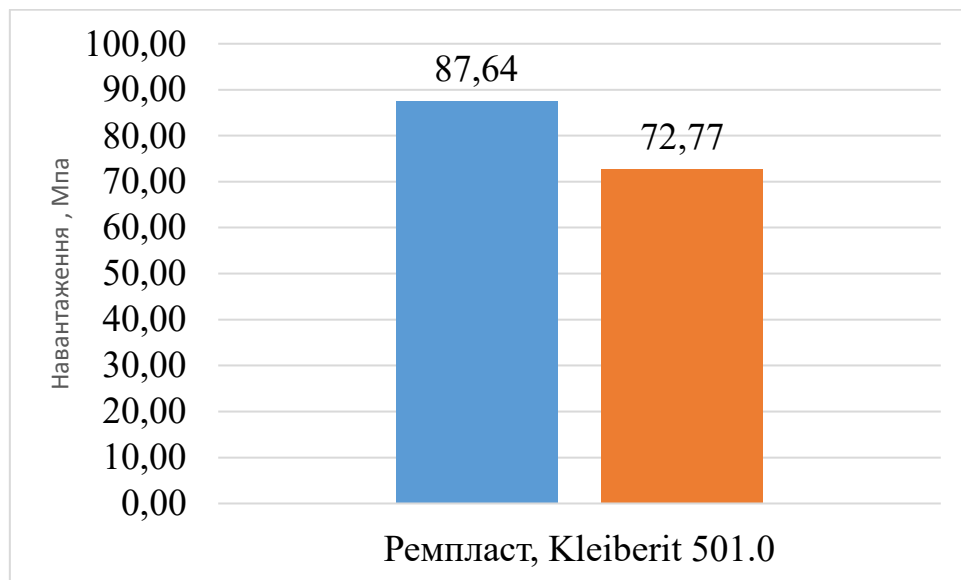


Рис.3.9 Порівняння межі міцності клеїв

Мета статистичного оброблення – визначення найбільш ймовірного значення досліджуваної величини. Нижче наведено основні показники, які дозволяють повністю встановити точність, правильність і повторюваність спостережень.

Середнє арифметичне значення \bar{X}

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3.6)$$

Дисперсія вибірки S^2

$$S^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3.7)$$

Середнє квадратичне відхилення S

$$S = \sqrt{S^2} \quad (3.8)$$

Коефіцієнт варіації V

$$V = \frac{S}{\bar{X}} * 100 \quad (3.9)$$

Середня похибка значень S_y

$$S_y = \pm \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3.10)$$

Показник точності P

$$P = \frac{S_y}{x} * 100 \quad (3.11)$$

Результати статистичного оброблення дослідів на міцність при сколюванні занесені до таб. 3.5

Назва	\bar{X}	S^2	S	V	S_y	P
"Ремпласт"	87,64	0,05	0,24	0,27	0,10	0,12
«Kleiberit 501.0»	72,77	0,12	0,35	0,49	0,16	0,22

На основі даних у таблиці можна зробити наступні висновки щодо порівняння властивостей двох матеріалів — «Ремпласт» і «Kleiberit 501.0»:

Середнє значення вибірки (\bar{X}): «Ремпласт» має середнє значення 87,64, тоді як «Kleiberit 501.0» — 72,77.

Це свідчить про те, що матеріал «Ремпласт» у середньому має вищий показник властивості, яка аналізується.

Дисперсія вибірки (S^2): дисперсія для «Ремпласт» — 0,05, а для «Kleiberit 501.0» — 0,12.

Вища дисперсія у «Kleiberit 501.0» свідчить про те, що його властивості мають більше розсіювання, тобто значення більше відхиляються від середнього.

Середнє квадратичне відхилення S : «Ремпласт» становить 0,24, тоді як «Kleiberit 501.0» — 0,35.

Більше значення стандартного відхилення у «Kleiberit 501.0» вказує на вищий рівень мінливості порівняно з «Ремпласт».

Коефіцієнт варіації (V): для «Ремпласт» коефіцієнт варіації складає 0,27 (або 27%), а для «Kleiberit 501.0» — 0,49 (або 49%).

Нижчий коефіцієнт варіації у «Ремпласт» показує більш стабільні характеристики, оскільки розсіювання відносно середнього значення менше.

Загальний висновок: «Ремпласт» демонструє вищу середню величину досліджуваної властивості та меншу мінливість, що вказує на стабільніші показники. «Kleiberit 501.0», хоча і має нижче середнє значення та вищу варіативність, може мати більшу вірогідність (рівень надійності).



Рис.3.10 Зразки після дослідів на сколювання

В результаті цього дослідів ми визначили, що зразки на основі епоксидного клею «Ремпласт» витримують більші навантаження. Розрив на зразках був саме по деревині (рис.3.10).

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕБЛЕВИХ ФАСАДІВ ІЗ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

4.1 Технологічний процес виготовлення меблевих фасадів із вживаної деревини

Виробництво меблевих фасадів розпочинається з закупки та доставки вживаної деревини на підприємство. Після чого, деревина проходить первинну стадію сортування, задача якої - виявити механічні пошкодження деревини, а також наявність металевих та інших залишків.

Сушіння заготовок – основний етап технологічного процесу виробництва меблевого щита. Вона визначає подальшу адаптацію щитових матеріалів до місця їх використання. Найпоширенішим є метод конвективно-камерного сушіння,

Поперечний розкрій, або попереднє торцювання, виторцювання кривизни – цей етап технологічного процесу є вирішальним щодо виходу та створення вартості сировини. Тут визначається прибуток за кожен щит. Поперечний розкрій, обрізка по довжині та торцювання розглядаються разом, виходячи з максимального виходу та створення вартості. Таким чином, для кожної нової дошки розраховується послідовність кроків, що оптимізують. Поперечному розкрою піддається переважно висушена і викривлена деревина. Піломатеріал після сушіння часто має викривлення, скручування, які важко оптимізують для отримання більшого виходу деревини. Для того, щоб мінімізувати деформацію, проводиться так зване торцювання, яке зменшує втрати матеріалу при подальшій обробці заготовок. Довжина сторцтованих відрізків вибирається таким чином, щоб їх можна було отримати прохідну ламель фіксованої довжини і щоб вона була зручна в обігу. При цьому із заготівлі вирізаються тільки великі вади і проводиться прирізка по торцях. У подальшому технологічному процесі розкромлені дошки, або ламелі мають прямолінійне розташування волокон, спрямованих паралельно кромці обрізної.

Обрізка передбачає видалення округлих частин дошки із дошки або бруса. Існують різні види обрізки. Одним з них є паралельне обрізування. Заготівля за

робочий прохід обрізається таким чином, що сторони і кромки розташовуються паралельно один одному.

Розкрій – це розрізання широкої заготовки (мова про пиломатеріал) в поздовжньому напрямку на вузькі заготовки. Завдяки розкрою пиломатеріалу, особливо дуже широких заготовок, знімається більша частина внутрішніх напруг. Таким чином досягається покращення якості, дошки менше розтріскуються і коробляться. Для даної технологічної операції залежно від величини та продуктивності фірми використовуються як технічно прості, так і дуже складні верстати. До простих установок належать поздовжні обрізні круглопильні верстати, які за допомогою обробного агрегату розкрояють круглий пиломатеріал, відокремлюючи корисний матеріал і рейки від широких заготовок.

При попередньому струганні знімається певний шар з заготовки, що вийшла з пилорами, що дозволяє проводити візуальний контроль поверхні. Чотиристороннє попереднє стругання проводиться після розкрою. Воно необхідно, якщо проводиться контроль усіх сторін, наприклад сканером, і поверхні матеріалу пред'являються високі вимоги. Під забрудненою поверхнею, що вийшла з пилорами заготовки, важко незброєним оком визначити вади деревини, зміну фарбування та напрямок волокон. Для сканера, який використовується в наступній технологічній операції з оптимізуючим торцюванням, розпізнавання вад може бути утруднене через слабкий контраст деревини.

Торцюванням або розторцюванням називається нарізка заготовок на певні довжини. При виробництві меблевого щита йдеться в основному про процес оптимізації, при якому враховуються якісні характеристики і таким чином встановлюється довжина заготовок. Проводиться виторцювання так званих вад деревини, таких як сучки, що випали, синьова, засмолки і т.д., в результаті отримують не містять вад відрізки. Короткі відрізки надалі з'єднуються в заготовки необхідної довжини, наприклад, за допомогою зрощування на міні-шип. Подальший варіант – розкрій на фіксовані довжини. При цьому довга

дошка відкривається на необхідні довжини без особливого обліку великих вад. Деякі породи деревини можуть не містити вад протягом кількох метрів. Так можна отримувати фіксовані довжини, що не містять вад. Подібні заготовки згодом сортуються в основному за довжиною та кольором. У виробництві меблевого щита торцювання та сортування є оптимізуючими операціями, які можуть проводитися вручну або повністю автоматично.

При обробці вручну розпізнавання вад проводиться робочим, який відзначає дефектне місце флуоресцентною крейдою або лазером. Верстат зчитує маркування та робить різ на цій ділянці дошки. Потім отторцьована заготовка подається на станцію сортування, де вона розподіляється за певними критеріями.

При повній автоматизації процесу торцювання сканер сканує до чотирьох сторін заготовки, що охоплює, охоплює дані матеріалу і передає їх на торцювальний верстат. Виробляється різ, і заготівля транспортується далі. Наприкінці верстата розташовані сортувальні ділянки, які залежно від критеріїв сортування мають різну довжину. Тут заготовки автоматично за допомогою скидачів розподіляються за певними критеріями. В основному відрізані відрізки оптимізуються і сортуються тут за кольором та/або довжиною.

Короткі відторцьовані заготівлі довжиною 150-300 мм не повинні відсортуватись у відходи, вони повинні подаватися далі у виробництво. Наприклад, для отримання заготовок різної довжини, що не містять вад. Стикові з'єднання по довжині не мають міцності, необхідної для розтягування та вигину. Ці навантаження без проблем можуть сприйматися при шиповому з'єднанні, міцність зрощених заготовок порівняно з прохідними ламелями набагато вища [47].

При виробництві меблевого щита зазвичай застосовується з'єднання на горизонтальний шип (рис. 4.1). На поверхні щита видно східчастий стик. На вузькому боці видно зубчастий профіль. Ламелі горизонтально подаються в лінію зрошування, що безперервно працює. Подача в поздовжньому напрямку пресованих зрошених на міні-шип коротких заготовок проводиться в основному довільно, розташування річних кілець не враховується [47].

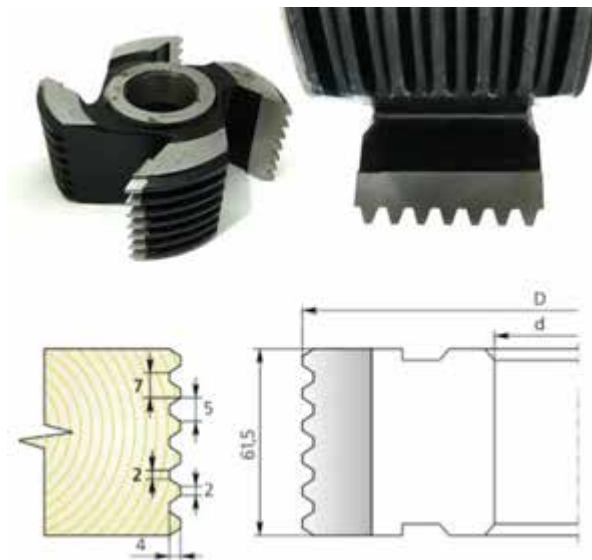


Рис. 4.1 Зображення форми шипа та фрези [48].

Поздовжнє фрезерування з метою зняття напливів клею, сходів між ламелями, отримання точних геометричних параметрів називається струганням.

Прямокутність - окремі ламелі повинні бути прямокутними, з кутом, що дорівнює 90° . Чим товщі заготівля, тим критичніша прямокутність. Клейовий шов не повинен бути відкритим, інакше щит приймає після преса вигнуту або хвилясту форму або клейові шви залишаються відкритими .

Паралельність – при склеюванні ламелів у щит дуже невеликі неточності по ширині окремих ламелей можуть складатися і призвести до відкриття клейових швів. При цьому заготовки м'яких порід у пресі склеюються краще, ніж заготовки твердих порід. Важлива точність роботи .

Для оптимального склеювання відстроганих ламелів у масивний щит повинні виконуватись такі умови:

- оптимальний крок різання 1,5-2,0 мм (якщо менше 1,5 мм, виникає небезпека ефекту полірування; більше 2,0 мм – підвищується витрата клею, виникає видимий клейовий шов, відбувається ослаблення когезійної сили клею);
- глибина ворсу має становити менше 0,1 мм (якщо більше, то підвищується витрата клею, виникає видимий клейовий шов, відбувається ослаблення когезійної сили клею).

Склеювання: у цьому етапі безпосереднього виробництва меблевого щита на вузьку сторону готових оброблених ламелей наноситься клей, а потім ламелі з'єднуються в щит. Клей наноситься однією стороною ламелей. Завантаження прес проводиться пакетним способом. Ламелі знаходяться в контакті один з одним і переважно механічно вштовхуються в область пресування (рис. 4.2). Прес закривається, і приводиться в дію бічний притиск, що вирівнює нерівності, одночасно подається необхідний тиск на клейові шви [47].



Рис. 4.2 Прес для склеювання меблевого щита [49].

Форматуванням називається розкрій щита в чистовий розмір (довжина x ширина). При промисловому форматуванні можуть використовуватись різні верстати. Як правило, при виробництві меблевого щита застосовується подвійний торцювальний верстат.

Калібрування щита з видаленням залишків клею, досягнення необхідного розміру за товщиною та шліфування поверхні щита для отримання заданої

чистоти називається шліфуванням. Після форматування щита він передається на обробку поверхні у вигляді шліфування. У цьому знімається перепад ламелей. Чим точніше працює прес, тим менше матеріалу потрібно знімати. Термін служби шліфувальної стрічки збільшується і витрати знижуються. При шліфуванні за допомогою широкострічкового верстата шліфувального першим кроком шліфування є виготовлення базової площини [47].

Наступним йде процес форматного розкрою: меблевий щит розрізається на заготовки заданих розмірів (рис. 4.3). Розкрій проводять зокрема на круглопилкових форматних верстатах або на верстатах з ЧПУ, що дає змогу отримати геометрично правильну форму .



Рис. 4.3 Форматний розкрій [47].

Опорядження заготовок проводять ручним інструментом у спеціально облаштованій камері, яка виключає можливість потрапляння вологи та пилу через що має професійну систему вентиляції та подачі повітря.

На наступному етапі проводять свердлильно присадочну операцію. Дана технологічна операція включає в себе: просвідлювання отворів під шканти та мініфікси, а також під петлі та амортизатори. Операцію виконують на автоматичному свердлильно-присадочному верстаті (рис. 4.4).



Рис. 4.4 Свердільно- присадковий верстат [50].

Кінцева операція - це пакування та збирання готового виробу, проводиться вручну та потребує невеликої кількості ручного інструменту, дану операцію може виконати навіть сам замовник.

4.2 Розроблення дизайну кухні з використання меблевих фасадів виготовлених із вживаної деревини

Виконано розробку дизайну кухні з використанням меблевих фасадів із вживаної деревини. На рис. 4.5 і 4.6 зображені відповідні креслення.

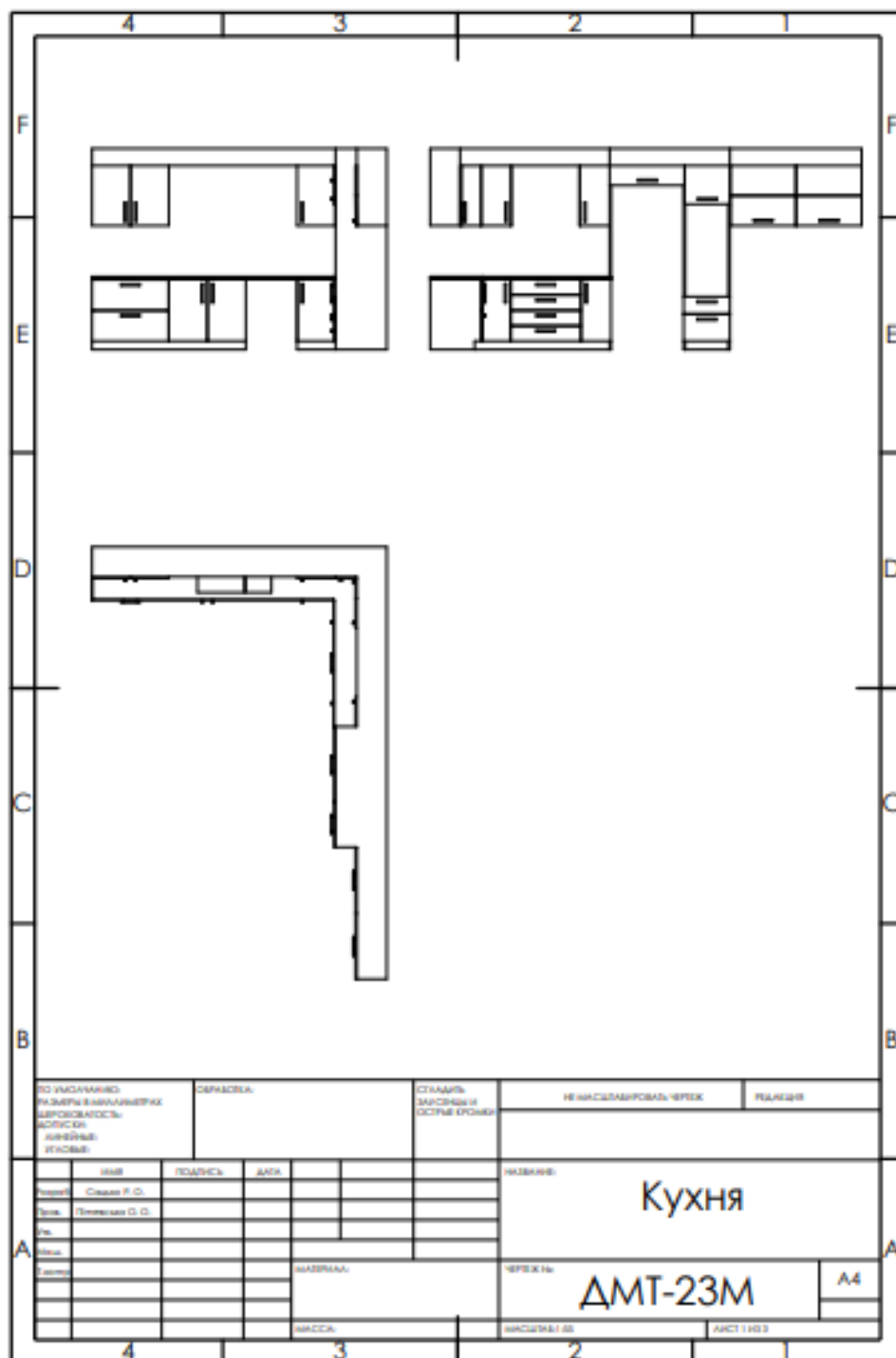


Рис. 4.5 Креслення кухні вигляд зпереду та зверху.

На рис. 4.8 зображена 3-D візуалізація кухні, фасади якої, виготовленої з вживаної деревини.



Рис.4.8 3-D візуалізація кухні

Розроблено проєкт кутової кухні з меблевими фасадами зі вживаної деревини. У конструкції якої передбачені місця для холодильника, духової шафи, витяжки, мийки та врізної газово-варочної панелі. При проєктуванні було враховано всі потрібні елементи кухні, які необхідні для комфортного користування.

ВИСНОВОК

Магістерська робота була спрямована на вивчення та дослідження можливостей використання вживаної деревини у виробництві меблевих фасадів. Проведено аналіз різновидів та обсягів вживаної деревини, який показав, що регенована деревина є екологічно чистою альтернативою новим пиломатеріалам. У поєднанні з сучасними матеріалами та фурнітурою можливе створення нового напрямку у виробництві меблів.

При виборі клейових матеріалів було застосовано такі методи: розтавляння пріоритетів, аналізу ієрархій. За допомогою даних методів було обрано клейові матеріали.

За результатами випробувань на міцність при сколюванні було з'ясовано, що міцність клейового шару з використанням епоксидного клею «Ремпласт» в середньому становить 87,64 Мпа (Н/мм²). Натомість клей «Kleiberit 501.0» має середню межу міцності 72,77 Мпа (Н/мм²). Виходячи з даних результатів, можна зробити висновок, що для склеювання вживаної деревини краще використовувати епоксидний клей «Ремпласт».

Під час проведення дослідів на розбухання деревини було порівняно дві групи зразків. Перша – вживана деревина, друга – свіжопиляна деревина. Було виявлено, що після замочування зразків, об'ємне розбухання вживаної деревини становить 9,8%, а свіжопиляної - 10,76%. Можемо зробити висновок, що вживана деревина підходить для виготовлення меблевих фасадів, які можуть використовуватися в умовах підвищеної вологості, таких, як ванна кімната та кухня.

Було проведено дослід на адгезію клейових матеріалів. В ході дослідження було визначено, що епоксидний клей «Ремпласт» має оцінку по шестибальній шкалі – 5. Клей поліуретановий «Kleiberit 501.0» має оцінку – 6. Можемо зробити висновок, що адгезія краща у поліуретанового клею «Kleiberit 501.0».

Підбивши підсумки всіх результатів досліджень можемо зробити висновок, що використання вживаної деревини у виготовленні меблевих фасадів можливе і досить перспективне. Вживана деревина має свою текстуру та

особливі візуальні характеристики, які незрівнянні з свіжопиляним матеріалом. Також дану текстуру неможливо відтворити за допомогою штучних матеріалів та плівок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Recycling wood waste [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ligno.com.ua/uk/news/105_wood-waste-recycling.html .
2. Піддони [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://palletport17.com/>
3. Послуга подрібнення деревини на тріску <https://flagma.ua/uk/posluga-podribnennya-derevini-na-trisku-o4475076.html>
4. Що таке рекультивована деревина? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/vbnpqg>
5. Куплю старі дошки з дерев'яних будівель <https://flagma.ua/uk/kuplyu-stari-doshki-z-derev-yanih-budivel-o13637814.html>
6. Ар-деко [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Ар-деко> .
7. Файл:Alavoine, Weil-Worgelt Study, ca. 1928-1930..jpg [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Alavoine,_Weil-Worgelt_Study,_ca._1928-1930..jpg
8. How the Bauhaus rebuilt everything [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://skvot.io/uk/blog/how-the-bauhaus-rebuilt-everything> .
9. Файл:Neuy Museum, Arbeitszimmer.jpg [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Neuy_Museum,_Arbeitszimmer.jpg
10. Поп-арт [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://domvremonte.com.ua/ua/design_all/pop-art/ .
11. Studfile.net. Тема: Дизайн інтер'єру [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5775032/page:10/> .
12. Вітальня в стилі Постмодернізму [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ninefloor.com/@houzy/vse-stili-interera-foto>

13. Екологічний підхід в дизайні квартири [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vanil-studio.com.ua/ekologicheskii-podhod-v-dizaine-interiera.html>
14. Актуальні тренди в дизайні інтер'єру [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://zk.com.ua/aktualnitrendy_v_dyzyayni2021.
15. ArchDaily [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.archdaily.com/> .
16. Studfile.net. Тема: Технології виготовлення меблів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/7227716/page:3/> .
17. Меблеві тренди весни 2024 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mebliromax.com.ua/blog/meblevi-trendy-vesny-2024-roku>
18. Основні тренди меблів 2024 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ferrum-decor.com.ua/ua/blog/post/osnovni-trendy-mebliv-2024-roku> .
19. Тренди в меблевому дизайні 2024 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vse.ua/info/trendy-v-mebelnom-dizayne-2024-goda-stilnye-resheniya-po-dostupnym-tsenam-1454/> .
20. Стінка Барон від Меблі Сервіс [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p78029362-stinka-baron-vid.html>
21. Натуральні матеріали в дизайні інтер'єру [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.pinterest.com/pin/586593920201135087/>
22. Огляд ринку меблів в Україні: тенденції розвитку [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://rubarbs.com/ua/article/oglyad>
23. Офісні меблі [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://smartspace.com.ua/ru/clauses/na-chto-sleduet-obratit-vnimanie-pri-razrabotke-in.html>
24. Furniture marketing [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dinanta.com/blog/furniture-marketing>

25. Стар Арт Майстер виробник фасадів преміум класу для тих хто цінує якість та насамперед себе. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://sammarket.com.ua/>
26. Декори ПВХ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://polifasad.ua/materialy/cveta-plenki-pvh/>
27. Фабрика Енран [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://goldenplaza.com.ua/manufacturers/enran/>
28. Кращі сайти з оптової закупівлі товарів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://worldbank.org.ua/4503-nazvani-krashchi-sayti-z-optovoyi-zakupivli-tovariv-dlya-wildberries-.html>
29. Що таке МДФ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://nowystyl.ua/ru/blog/chto-takoe-mdf-y-stoyt-ly-pokupat-mebel-yz-mdf>
30. З чого роблять меблі [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://organicmebel.shop/z-choho-robljat-mebli/?srsltid=AfmBOor5mxvYuuqyve2t8cLSDLf2nVjT0EYLSjgRxCu8UEHKwbaB1FP4>
31. Фанера 10 мм [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://prom.ua/p931277699-fanera-1525mm1525mm-sort.html>
32. Меблеві фасади з дерева [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vikna-dveri.rv.ua/fasadi>
33. Які бувають ручки для меблів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://divanetto.com.ua/furnitura-i-komplektuyushhie/kakie-byvayut-ruchki-dlya-mebeli-na-kuhne-obzor-modelej/>
34. Завіс 45/35 мм стальний механічний для внутрішніх дверей [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://gtv.com.pl/uk/produkt/ZP-BICN070ZE/>
35. AVENTOS HS відкидний підйомник для фасаду з ДСП [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://furnitura.od.ua/ua/aventos-hs-otkidnoj-podemnik-dlya-fasada-iz-dsp-kh-676-800-mm-20s2h01-20s3501-seryj>

36. Клей для дерев'яної меблі [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.kolloris.org.ua/kle%D1%97/klej-dlya-derevyanoyi-meбли-yak-pravylno-obraty-ta-ne-pomylytysya.html>
37. Клей TITEBOND III ULTIMATE D4 для дерева [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://farbadecor.com.ua/ua/p1705379879-klej-titebond-iii.html>
38. Клей ПВА: властивості [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://boden.com.ua/ua/a216486-klej-pva-vlastivosti.html>
39. Поліуретановий клей, властивості, застосування [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://kovrik-tm.com.ua/uk/stati/poliuritanovyy-kley-svoystva-primen/>
40. Клей поліуретановий Kleiberit 501.0 PUR D4 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/168656188/p168656188/comments/>
41. Клей епоксидний "Ремпласт" [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/410585814/p410585814/>
42. Епоксидні клеї [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dafna.com.ua/news/jepoksidnye-klei-89.html>
43. Пінчевська О.О. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни: «Актуальні проблеми механічного оброблення деревини» / О.О. Пінчевська. – Київ: НУБіП України, 2014. – 43 с.
44. Для збереження дерев'яних меблів та паркету [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://boneco-air-o-swiss.com/dlya-zberezhennya-derevyanih-mebliv-ta-parketu?srsId=AfmBOooXpt7c1AaeIfB1SYbdRBs8KmXrwtrbck1I6N_BiVDcQdeAjV48
45. З'єднання на клею [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://joiner.org.ua/tekhnolohiia-stoliarnykh-robit/prosti-stoliarni-z-iednannia-ikh-vyhotovlennia.html>

46. Підгорна Л. П., Черкашина Г. М., Лебедєв В. В. Теорія та методи дослідження і випробування пластмас, клеїв та герметиків: навч. посіб. Харків: Вид-во НТУ «ХП», 2011. – 273 с.
47. Технологія виробництва меблевого щита [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://lira-ukraine.com/tehnologiya-proizvodstva-mebelno-go-schita/>
48. Фреза для зрощування деревини [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://cae.kiev.ua/product_2593.html
49. Пресвайма для виробництва меблевого щита [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://kami.in.ua/ua/p36128790-press-vajma-dlya.html>
50. MAGGI Boring System 323 Свердлильно-присадочний 3-суппортний верстат [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://kami.in.ua/ua/p46090590-maggi-boring-system.html>