

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

УДК 674.032

ПОГОДЖЕНО Директор ІННІ Лісового і садово-паркового господарства Лакида П. І.
ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ Завідувач кафедри технологій та дизайну виробів з деревини Пінчевська О. О.

« » 20 р. « » 20 р.
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Обґрунтування міцності клейового з'єднання дерев'яного вікна»

Спеціальність 187 Деревообробні та меблеві технології (код і назва)
Освітня програма 187 Деревообробні та меблеві технології (назва)
Магістерська програма Сучасні деревооброблювальні технології (назва)
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна (освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

д.т.н., проф. Пінчевська О. О.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)
Керівник магістерської роботи
д.т.н., проф. Цапко Ю. В.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав Денисюк Б. В.
(підпис) (ПІБ студента)
КИЇВ - 2022

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технологій та дизайну
виробів з деревини

д.т.н., проф. _____ Пинчевська О.О.

20 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Денисюку Богдану Васильовичу

Спеціальність 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Спеціалізація «Деревообробні та меблеві технології»

Магістерська програма Сучасні деревообробувальні технології

Програма підготовки освітньо-професійна

Тема магістерської роботи «Обґрунтування міцності клейового з'єднання
дерев'яного вікна»

Затверджено наказом ректора НУБіП України від _____

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

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

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести огляд властивостей дерев'яних вікон при експлуатації.
2. Проаналізувати причини руйнування клеєного шару деревини.
3. Провести аналіз напрямів використання ефективних клеєних засобів.
4. Провести експериментальні дослідження з визначення клеєного шару до
температурно-вологісних коливань.
5. Визначити найбільш привабливу клеї для деревини

Дата видачі завдання « _____ »

20 р.

Керівник магістерської роботи _____

Цапко Ю. В.

Завдання прийняв до виконання _____

Денисюк Б. В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд та аналіз джерел літератури		
2	Визначення та вивчення методик проведення експериментальних досліджень		
3	Проведення експериментальних досліджень		
4	Аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень		
5	Написання дипломного проекту		

Студент _____ Денисюк Б. В.

Керівник проекту _____ д.т.н., проф. Цапко Ю. В.

ЗМІСТ	
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ДЕРЕВ'ЯНІ ВІКНА.....	6
1.1. Види вікон, їх виготовлення та методи з'єднання віконних елементів.	6
1.2. Підходи до склеювання дерев'яних вікон.....	20
1.3. Опис застосованих клеїв.....	29
1.4. Висновки до розділу 1.....	39
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ КЛЕСНОГО З'ЄДНАННЯ ПІД ЧАС ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИХ КОЛИВАНЬ	41
2.1. Матеріали дослідження, їх властивості.....	41
2.2. Виготовлення зразків для випробувань.....	43
2.3. Методика проведення досліджень.....	45
2.4. Засоби випробувань.....	51
2.5. Розрахунок похибки випробування.....	52
2.6. Висновки до розділу 2.....	54
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИХ ПОЛІВ НА МІЦНІСТЬ КЛЕСНОГО З'ЄДНАННЯ ВІКОННОГО КУТА.....	55
3.1. Процес проведення експериментальних досліджень.....	55
3.2. Процес визначення максимального руйнівного навантаження.....	65
3.3. Опис результатів.....	67
3.4. Висновки до розділу 3.....	73
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ПРИЙНЯТТЯ ПРОЄКТНОГО РІШЕННЯ.....	74
4.1. Метод розставляння пріоритетів.....	74
4.2. Метод експертних оцінок.....	81
4.3. Висновки до розділу 4.....	87
ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП УКРАЇНИ

Деревина, як будівельний матеріал, широко застосовується в будівництві й архітектурі завдяки своїм механічним та експлуатаційним властивостям. Але під час експлуатації змінюється стабільність геометричних розмірів і стійкість до

НУБІП УКРАЇНИ

зовнішнього середовища. Експлуатаційна надійність ефективність застосування ефективних клеєних з'єднань з деревини залежить від якості та реакційної здатності клею, а також від класу умов експлуатації об'єкта, де

НУБІП УКРАЇНИ

застосовуються ці матеріали. Надійність дерев'яних конструкцій необхідна і для об'єктів масового перебування людей, які експлуатуються в різних температурних умовах. Прикладом є споруди дитячих таборів та баз відпочинку, що часто не опалюються.

НУБІП УКРАЇНИ

Інколи при експлуатації деревини в умовах коливання температурно-вологісних полів у широких межах клеєві засоби можуть розчиняються у воді, легко вимиваються з поверхні деревини. Це приводить до набрякання конструкцій при дії вологи, руйнування клеєвого шару та обмеження терміну їх експлуатації. Таким чином, дослідження, що направлені на визначення стійкості

НУБІП УКРАЇНИ

до зміни клеєного шару до зміни температурадно-вологісних полів у широких межах є актуальними.

Об'єктом дослідження є: клеєний шар віконного кута з деревини.

Предметом дослідження є: властивості клеєвого шару віконного кута з деревини при впливі температурадно-вологісних коливань.

НУБІП УКРАЇНИ

Метою роботи є експериментальне обґрунтування стійкості клеєного з'єднання віконного кута з деревини при дії температурадно-вологісних коливаннях.

Для виконання поставленої мети необхідно виконати задачі:

- провести аналіз сучасного стану виготовлення вікон з деревини;

НУБІП УКРАЇНИ

- провести аналіз клеїв для склеювання деревини;

- провести комплекс експериментальних досліджень клеєного з'єднання віконного кута з деревини при дії температурадно-вологісних коливаннях.

РОЗДІЛ 1. ДЕРЕВ'ЯНІ ВІКНА

НУБІП УКРАЇНИ

1.1. Види вікон, їх виготовлення та методи з'єднання віконних елементів.

Віконні конструкції мають особливу декоративне і функціональне значення, тому до їх вибору необхідно підходити максимально уважно [1]. Віконні конструкції є невід'ємною частиною архітектури будівлі. Візуально перериваючи лінію фасаду, вони здатні надавати дому унікальну індивідуальність. Вікна мають багатогранні функції: забезпечуючи провітрювання і природне освітлення, тепло- і звукоізоляцію, вони створюють візуальний контакт з навколишнім середовищем (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Функціональність вікон [1]

Існують певні норми для виготовлення вікон, щоб готові конструкції могли пропускати достатньо світла в приміщення. Співвідношення площі вікна і площі підлоги повинно бути в межах від 1:5 до 1:8 (враховується тільки зашклена частина стулок).

До складу віконного блоку входять [1]:

- коробка;
- фрамуги (стулки що відкриваються і не відкриваються);
- підвіконна дошка;

НУБІП УКРАЇНИ

- Злив.
- Залежно від конструкції вікна бувають (рис. 1.2):
- одинарні;

- спарені – володіють зовнішньої і внутрішньої стулкою, з'єднаними між собою (внутрішня стулка додатково навішується до коробки за допомогою петлі);

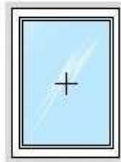
НУБІП УКРАЇНИ

- роздільні – коробка, на яку навішуються стулки, фрамуги і кватирки, причому останні можуть відкриватися як в один, так і в різні боки;

- роздільно-спарені – комбінація вікон зі спареними і роздільними стулками, зовнішні стулки у них одинарні, а внутрішні – спарені [2, 3].

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІ



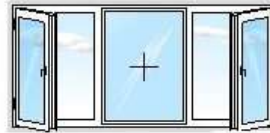
а



б

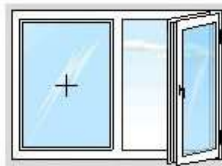


в

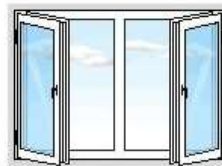


г

НУБІ

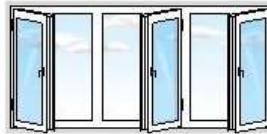


д



е

НУБІ



є

Рис. 1.2. Конструкції вікон: а – глухе одностулкове вікно; б – поворотне-

поворотно-відкидне одностулкове вікно; в – трьохстулкове вікно з однією стулкою; г – трьохстулкове вікно з двома стулками; д – двостулкове вікно з поворотною/поворотно-відкидною стулкою; е – двостулкове вікно з

НУБІП УКРАЇНИ

поворотними/поворотно-відкидними стулками; є – трьохстулкове вікно з трьома стулками [1].

Кватирка, яка використовується для провітрювання приміщення, може бути замінена спеціальними панелями; кватирками-стулками; горизонтальною рамою-фрамугою [4].

Залежно від кількості стулок в одному ряду вікна бувають: одно-, дво-, багатостулковими. За співвідношенням ширини і висоти стулки з урахуванням освітлення і зовнішнього вигляду рекомендують пропорції 3:5. Тобто якщо ширина вікна 1,5 м, то оптимально робити двостулкове вікно; якщо ширина вікна більше 2 м – трьохстулкове тощо [5].

По конструкції стулок і способу їх відкривання вікна бувають: з наплавом – відкриваються в приміщення; без наплаву – відкриваються назовні [1].

Більш герметичні конструкції з наплавом. Вікна без наплаву підходять для використання в приміщеннях, які використовуються в літню пору року, так як дана конструкція закривається нещільно, забезпечуючи постійну циркуляцію повітря і охолодження приміщення [1].

Крім віконного блоку вікно складається з [6]:

- скла або склопакета;
- фурнітури, що забезпечує можливість відкривання вікна;
- ущільнюючих прокладок, що щільно закривають стики між рамою і стулкою, забезпечуючи їх герметичність.

«Тепло» вікна безпосередньо залежить від якості склопакетів: кількості камер, відстані між стеклами, наявності спеціальних енергозберігаючих стекол, заповнення камер інертним газом (аргоном, криптоном, ксененом), що підсилює звукоізоляцію [1, 7].

Вікна з одинарним склінням підходять для приміщень, які використовуються тільки в літні місяці або для південного, теплого клімату.

Віконні рами з подвійним склінням встановлюються в кліматичних умовах помірного поясу для збереження тепла. Вікна з потрійним склінням підходять для районів з холодним кліматом [7].

Кількість стекол грає важливу роль і для звукоізоляції. Зрозуміло, що чим більше шарів скла, тим менше шуму (рис. 1.3). Однак, варто врахувати, що при рівній ширині профілю (наприклад, 45 мм) двокамерне вікно буде «шуміти» так само, як однокамерне. Тому, якщо ви вибираєте вікно з великою кількістю стекол, бажано збільшити глибину вікна. Якщо такої можливості немає, то вибирайте «асиметричні» склопакети, в яких скла різної товщини знаходяться на різній відстані один від одного [1, 8].

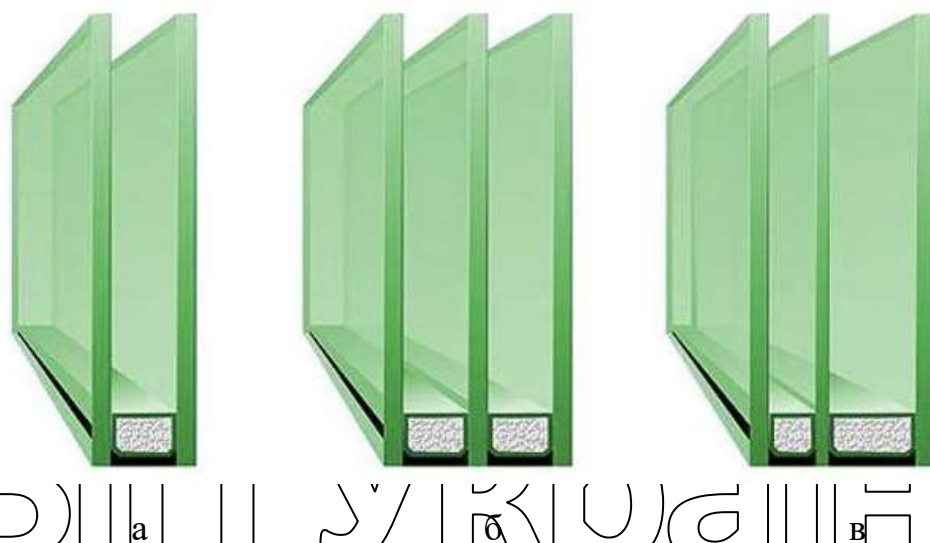


Рис. 1.3. Різновиди склопакетів: а – однокамерний; б – двокамерний; в – шумоізоляційний [8].

Дистанційна рамка склопакета порожня всередині, виконана з алюмінію з перфорованими отворами, всередину рамки засипають так званий осушувач (молекулярне сито, силікагель) для підтримки мінімальної вологості всередині склопакета і щоб уникнути випадання роси на внутрішній поверхні скла. Дистанційна рамка буває різних розмірів (6 мм, 8 мм, 10 мм, 12 мм, 14 мм, 16 мм, 18 мм, 20 мм), але встановлення в склопакет рамки товщиною понад 16 мм не має сенсу, так як приріст характеристик тепло- і звукоізоляції нікчемний або взагалі має негативне значення. Склопакети характеризуються формулою, наприклад: 4-16-4 – це означає «товщина скла» «повітряний прошарок» «товщина скла», також можливі буквені додчення «16а» – заповнений аргоном, «4к» – енергозберігаюче скло тощо [9].

З усього різноманіття вибору склопакетів можна виділити три основні групи [9]: класичні склопакети, газонаповнені склопакети, з енергозберігаючим склом.

Віконні системи з дерева (рис. 1.4). Плюси:

- екологічність;
- вікна мають гарну шумоізоляцію і теплоізоляцію, що гарантує більш комфортне проживання
- продуманий дизайн і довговічність.



Рис. 1.4. Види дерев'яних вікон [1, 3]

За кілька десятиліть технологія виробництва дерев'яних вікон змінилася кардинально. Тепер вихідним матеріалом служить не масив деревини, а брус, склеєний з декількох, найчастіше трьох, ретельно висушених і не містять дефектів ламелей [10].

Останнє підходить не для всіх кліматичних умов, оскільки його пухка м'яка деревина не переносить різких коливань зимових та літніх температур. Запорукою високої якості будь-яких дерев'яних виробів, в тому числі віконних блоків, є використання відбірної сировини і дотримання технології [10].

На першому етапі здійснюють подовжнє розпилювання колод діаметром не менше 28 см під певним кутом, що дозволяє профілям в майбутньому витримувати розрахункові навантаження. Потім обрізні дошки (вибрані з середньої частини колод, але без серцевини) надходять в сушильні камери, де деревина досягає вологості 10-12%.

Висушені дошки обстругують для виявлення прихованих дефектів і вад деревини, калібрують на рейсмусових верстатах і розкрояють по ширині. Пошкоджені ділянки деревини вирізують, а отримані заготовки на лініях торцевого зрощування збирають по довжині в ламелі, які потім знову калібрують. Після цього ламелі з протилежним напрямком річних кілець за допомогою гідравлічних пресів склеюють між собою. Сучасні клейові склади забезпечують з'єднання надзвичайно високої міцності і довговічності. За такою технологією виготовляють клеєний брус, з якого в подальшому виготовляють віконні рами і стулки. Брус профілюють на чотиристоронніх верстатах і торцюють під потрібний розмір. Потім вирізують кутові з'єднання, а з отриманих заготовок склеюють конструкції. На всіх стадіях для досягнення найвищої точності застосовують верстати з ЧПУ [10].

Клеєний брус володіє такою важливою якістю, як геометрична стабільність. З нього можна виконувати профілі різного, вельми складного перетину. На заключному етапі віконні блоки просочують спеціальними захисними складами, фарбують або покривають лаком. Фарбування проводиться методом вакуумного напилення, за допомогою фарборозпилювача або кисті.

Сучасні віконні конструкції зі склопакетами мають ряд переважних особливостей перед рамними варіантами, які можна виділити в наступні [11]:

1. Наявність тришарового клеєного бруса, відповідного до всіх видів дерев'яних вікон володіє стійкістю до деформації і впливу погодних умов;
2. Застосування потовщеного профілю, товщиною від 78 міліметрів, що надає можливість установки декількох контурів для зміцнення конструкції;
3. Унікальна герметичність склопакетів, що створюють високу теплову і звукову ізоляваність.

На ринку представлена велика різноманітність сучасних дерев'яних вікон [3].

Завдяки наявності додаткового скління і великої ширини рами фінські вікна мають чудову тепло- і звукоізоляцію. Важливу роль у поглинанні вуличного шуму грає різна товщина повітряних камер, одна з яких знаходиться

безпосередньо в склопакеті, а друга між внутрішньою і зовнішньою стулками. У цих моделях є свої відмінні риси:

вікна відчиняються тільки в одній площині на розорювання;

стулка зі склопакетом розташована із внутрішньої сторони віконного блоку;

завдяки наявності спеціального механізму зовнішня та внутрішня стулки можуть відкриватися синхронно.

Глибина коробки таких моделей варіюється в межах 130-210 мм. Основним недоліком фінських вікон вважається відсутність можливості відкинути стулки

на провітрювання. Однак такий мінус повністю компенсується перевагами цих

виробів – вікна при комплектації 2-камерними склопакетами можуть мати коефіцієнт опору теплопередачі $K_0 = 1,33 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$ – це чудовий показник. Він

означає, що вироби придатні для експлуатації в регіоні із найсуворішими кліматичними умовами [3, 12].

Загальний принцип його будови показаний на рис. 1.5.



Рис. 1.5. Схема фінського дерев'яного вікна з склопакетом [3, 13]

1 – Профіль рами, виготовлений за спеціальною технологією. Він може мати різну ширину – зазвичай від 160 до 205 мм.

2 – Внутрішній склопакет.

3 – Зовнішнє скло.

4 – Силіконовий герметик, що наноситься з внутрішньої і зовнішньої сторони переднього скла, який може бути замінений гумовими ущільнювачами.

5 – Алюмінієвий захисний профіль на зовнішній стороні передньої рами.

6 – Водовідвідний профіль з алюмінію.

7 – Бічний профіль з алюмінію.

8 – Фурнітурні елементи.

9 – Дистанційна рамка між стеклами склопакета [13, 17].

Фінські вікна можуть мати тільки розпашні механізми і відкриваються «на себе», поворотно-розсувні конструкції, а також в яких моделях частина рами піднімається вгору. Для провітрювання приміщення рами оснащені традиційної кватиркою, фрамугою або вентиляційним, що закривається зазором – клапаном. Кватирки і фрамуги повинні обов'язково мати обмежувачі відкривання, які будуть притримувати їх у відкритому положенні [13].

Фінські вікна вважаються самими теплими, так як між закриваються герметично стулками утворюється досить широка повітряна прошарок, яка є відмінним тепло- і звукоізолятором [13, 14].

Якщо порівнювати з фінськими моделями, то шведські вікна (рис. 1.6) мають вузьку раму, за рахунок чого зменшується відстань між склом внутрішньої та зовнішньої стулок. Ширина коробки цих виробів у середньому становить 100-120 мм. Такі моделі популярні завдяки таким властивостям [3, 15]:

компактні та барити вікна, яке має відмінні тепло- та звукоізоляцію;
можливість синхронно відкидати стулки на провітрювання.

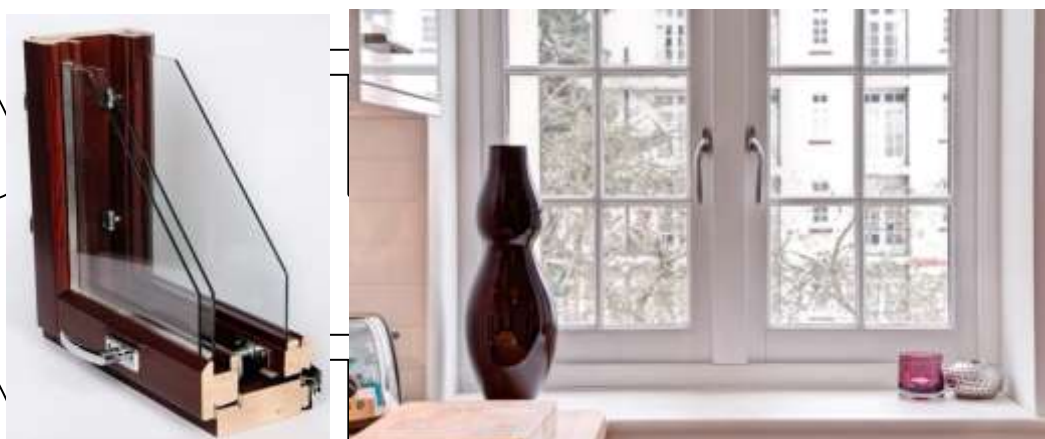


Рис. 1.6. Профіль шведського вікна [3, 16]

Шведські моделі менш енергоефективні за фінські. Натомість вони важать відчутно менше. Ці моделі добре підійдуть для установки в європейській частині [3].

Німецькі конструкції (рис. 1.7) дають можливість фіксації стулок в різних площинах, тому немає потреби влаштовувати додаткові кватирки для провітрювання, відповідно, світлопроникна здатність у таких вікон досить висока. З переваг слід також назвати тепло- і шумоізоляційні властивості.



Рис. 1.7. Дерев'яні вікна німецької конструкції [3]

Склопакети в німецьких дерев'яних вікнах встановлюються за допомогою герметика, тому при необхідності заміни склопакетів, доведеться міняти і рами. Норвезька компанія склопакети встановлює на гумових прокладках, що дозволяє робити заміну склопакетів у наявних рамах. При цьому, норвезькі віконні технології характеризуються наявністю у вікнах водовідводів, які несуть дуже корисну функцію – в період великих перепадів температур вони перешкоджають запотіванню скла і випадання конденсату [17].

У наш час дерев'яні вікна рідко роблять з масиву. Завдяки застосуванню сучасних технологій, дерев'яні вікна роблять з так званого, клеєного бруса, тим самим усуваючи недоліки деревини і зберігаючи її позитивні якості [18].

Дерев'яний профіль роблять набірним, з двох-трьох склеєних дощок (рис. 1.8) (ламелей). Ламелі, щоб позбавитися від сучків і інших пороків деревини, теж склеюють з дощечок.

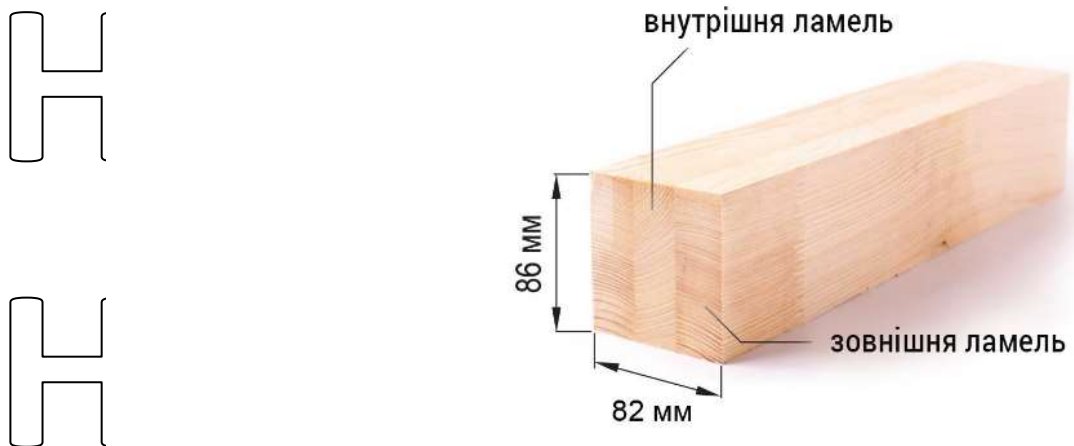


Рис. 1.8. Клеєний брус для виготовлення вікон

Саме такий багатопаровий клеєний брус ніколи не розшарується. Вимоги до якості клеїв, яким склеюють ламелі, найжорсткіші, категорія жорсткості – D4. Він намертво сполучає деталі, проникаючи в структуру деревини. З'єднання, є настільки надійним, що ламелі можна нарощувати в довжину. З такою набірною конструкцією профіль витримує навантаження до 320 кг [18, 20].

Готові ламелі склеюються між собою на «міні-шип» – рис. 1.9. Їх розміщують відносно один одного таким чином, щоб напрямок волокон уздовж дошки було в різні боки. Це дозволяє прибрати ефект залишкового напруги в брусі, то є брус не буде «крутити». Після склеювання заготовку поміщають для просушування під прес [21].

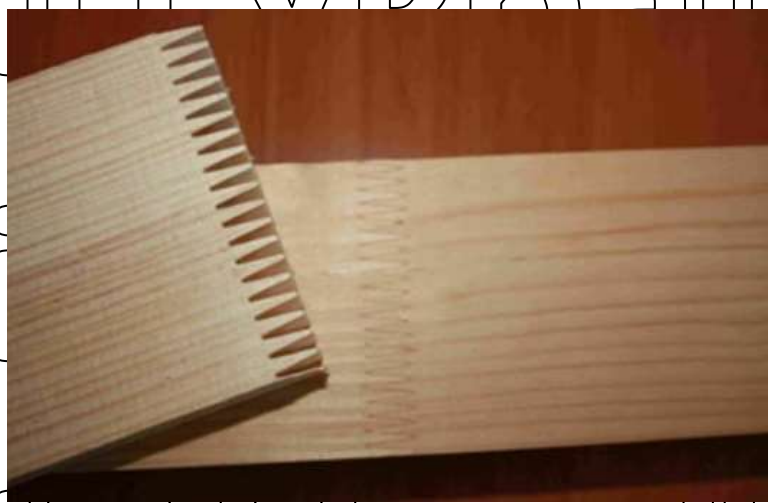


Рис. 1.9. Зрошування по довжині на «міні-шип» [22]

Міні-шип нарізається на шипорізному модулі лінії зрошування за допомогою спеціальних фрез. Отримане шипове з'єднання має здатність самозаклинюватися при короткочасному тиску пресування, та зберігати цей тиск поза пресом. Зрошування на мікрошип проводиться за ГОСТ 644 9.1-82 «Вироби з деревини та деревних матеріалів. Поля допусків для лінійних розмірів та посадки».

Деякі вимоги [22]:

- в одну ламель допускається зрошування чорнових заготовок лише однієї породи деревини та одного сорту;

- при зрошуванні чорнових заготовок, на одному боці яких розташовані смоляні кишеньки, сучки, серцевина, інші дефекти, а друга сторона чиста – чиста сторона всіх заготовок на ламелі має бути з одного боку;

- при зрошуванні заготовок деталі мають однакову ширину та товщину;

- заготівки твердолистяних порід підбираються за кольором та текстурою;

- для особливо вимогливих замовників незалежно від породи деревини заготовки підбираються за текстурою, тобто заготівки радіального та тангентального способів розпилу зрошуються окремо;

- питомий торцевий тиск при зрошуванні відповідає вимогам ГОСТ 19414-

90 «Деревина клеєна масивна. Загальні вимоги до зубчастих клейових сполук»: хвойні та м'яколистяні породи – 8,0 МПа, твердолисті породи – 10,0 МПа;

на готових ламелях не допускаються «недожим» (на струганій ламелі помітні маленькі отвори), «сходи» (різні відрізки ламелі мають різну висоту або ширину), «вириви волокон деревини».

Звичайно, дерев'яні вікна зроблені з клеєного бруса мають вищу міцність, менш сприйнятливі до дії вологи і не схильні до викривлень у відмінності від дерев'яних вікон з масиву. Завдяки цій технології дерев'яні вікна знову стали популярними і престижними, але на жаль дорогими.

Кутове з'єднання найчастіше використовують в кріпленні віконних блоків, парникових рам тощо. Таке з'єднання відрізняється від інших тим, що об'єднані деталі розташовують по відношенню один до одного під кутом 90°.

Залежно від використаних кріплень все кутові з'єднання поділяють на з'єднання на шип і на вус [23].

Кутові з'єднання можуть бути L-подібні і T-подібні.

L-подібні кутові з'єднання мають безліч варіантів, від простого (впівдерева), до найбільш міцного (на потрійний шип) (рис. 1.10).

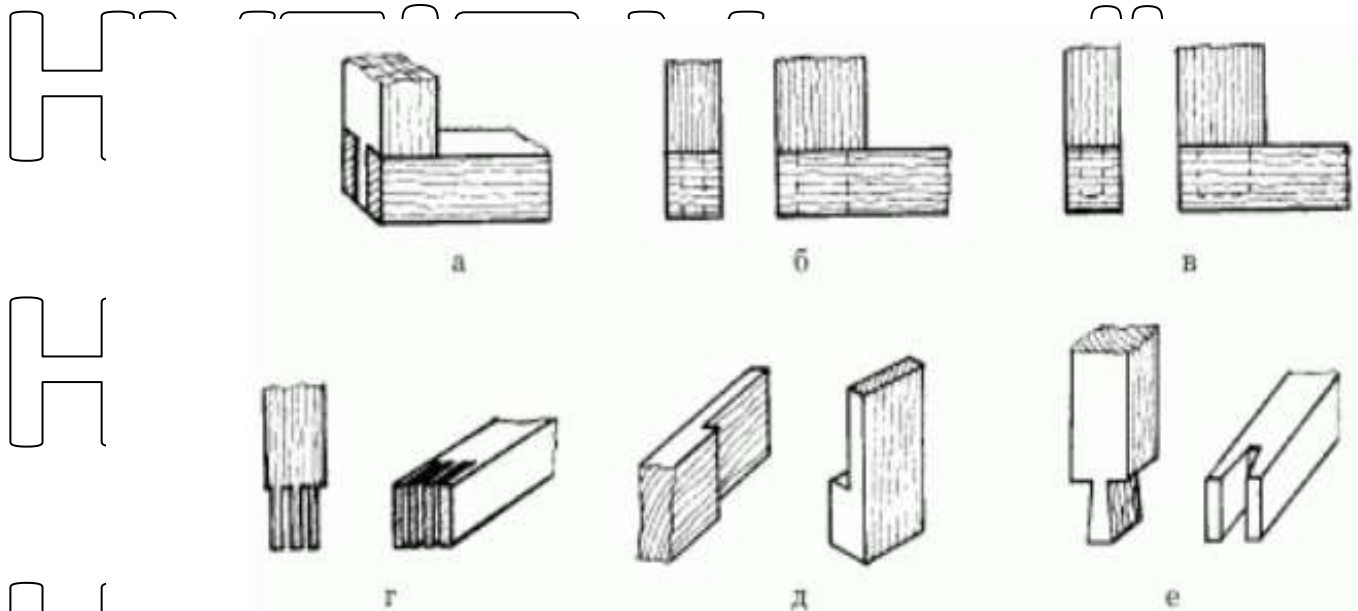


Рис. 1.10. Кутові кінцеві з'єднання: а – з одинарним відкритим наскрізним шипом; б – з одинарним наскрізним потайним шипом впотемок; в – з

одинарним глухим шипом впотемок; г – з потрійним відкритим наскрізним

шипом; д – в пряму накладку впівдерева; е – в наскрізний ластівчин хвіст [23].

Кутові з'єднання на шип мають кілька різновидів. Наскрізне з'єднання на шип (рис. 1.10 а, б, г, е) може мати в своїй конструкції від 1 до 3 шипів, причому зі збільшенням кількості шипів збільшується і міцність кріплення.

Некрізне з'єднання відрізняється від наскрізного тим, що шипове кріплення відбувається в середині деталей і зовні залишається непомітним. В цьому випадку всередині заготовок роблять невеликі поглиблення під шипи, які трохи глибше, ніж самі шипи, щоб залишилося місце для клею (рис. 1.10 в).

Кутові з'єднання на вус відрізняються тим, що сторони деталей, що з'єднуються між собою, зрізані під кутом 45°. Так само як і з'єднання на шип,

кріплення на вус можуть бути наскрізними, при яких видно згуртовування, і нескрізними, коли саме кріплення зафіксовано всередині деталей [23, 24].

Наскрізне з'єднання на вус (рис. 1.11 а) зміцнюють як одним шипом, так і трьома.



Рис. 1.11. Кутове з'єднання на вус: а – наскрізне; б – наскрізне; в – на клею [23].

Принцип кріплення тут такий же, як при кутовому нескрізному на шип. При нескрізних з'єднанні на вус розглядити положення шипа неможливо. Тут в рівній мірі можуть використовуватися як круглі шипи, так і плоскі – кріплення від цього ні в якій мірі не ослабне (рис. 1.11 б).

Але при вибірці деревини під шипи обов'язково роблять гнізда трохи більше, ніж самі шипи, щоб потім заготовки легко з'єднувалися між собою [23, 25].

Шипові з'єднання виконують на клею. Їх ділять на кінцеві, кутові і ящикові. Існує дуже багато варіантів таких з'єднань (рис. 1.12).

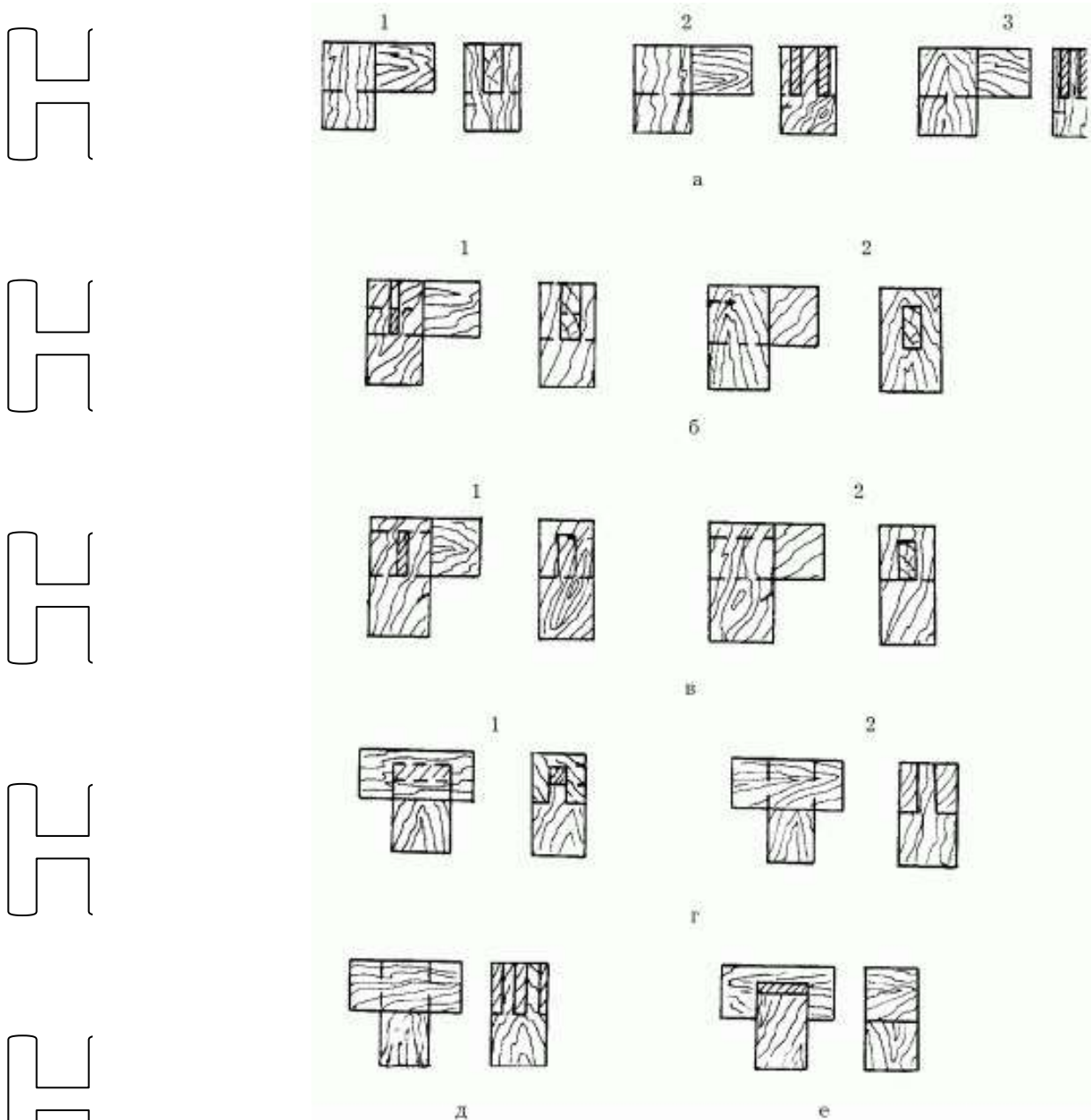


Рис. 1.12. Кутові шипові з'єднання: а – відкриті наскрізні: 1 – одинарне; 2 – подвійне; 3 – потрійне; б – напівпотайне: 1 – наскрізне; 2 – наскрізне; в – впотай: 1 – наскрізне; 2 – наскрізне; г – серединне: 1 – наскрізне; 2 – наскрізне; д – серединне подвійне; е – серединний ненаскрізне в паз [23, 26].

Наприклад, кутові кінцеві з'єднання можна робити з наскрізним шипом, з наскрізним або непрямым шипом впотай. Такі сполуки застосовують при в'язанні брусів стулок, фрамуг, кватирок, дверей тощо.

1.2. Підходи до склеювання дерев'яних вікон.

На будівельному ринку представлено кілька різновидів склеюючих сумішей, які можна використовувати при склеюванні заготовок з деревини або похідних деревообробки. Клеї – це речовини або суміші речовин органічного або неорганічного походження, які бувають в твердому (гранули, стержні, блоки) рідкому (розчини, емульсії), порошкоподібному або іншому видах. Вони забезпечують склеювання різних матеріалів, це обумовлено технічними характеристиками і складовими самого клею (утворенням міцного адгезійного зв'язку і когезії клею до поверхні) [27].

За складом [27, 28]

Органічні – базовими елементами є синтетичні полімери та олігомери, наприклад: епоксидні смоли, каучуки, поліуретани та ін. Скріплюють елементи при застиганні (твердінні) – це термореактивні склади, при охолодженні – термопластичні клеї, а також при вулканізації – гумові склади. Органічні клеї в свою чергу мають власну класифікацію:

– природні – клеї рослинного походження: крохмаль, каучук і т.д., а також тварини: альбумінові, колагенові клеї.

– штучні – на основі природної сировини, наприклад, нитроцелюлози;

– синтетичні – базуються на синтетичних смолах і каучуку.

Неорганічні – в основі містять різні метали або неметали. До цієї групи належать керамічні клеї – на базі кремнію, магнію; металеві – на рідкому металі, наприклад, ртуті, і силікатні клеї – на рідкому склі.

За кількістю вологи

Висихаючі – головними в складі є полімеризується речовини. Процес з'єднання відбувається завдяки випаровуванню з клею вологи або розчинника (в залежності від того, що входить до складу). До цього типу належать силікатний, столярний клеї, ПВА тощо [28].

Не висихаючі – склеюють деталі незалежно від температури і вологості, тому широко використовуються у вигляді самоклеючих смужок, наприклад, для

склеювання розбитих вази, приклеювання полички або для ремонту меблів. Зроблені на основі акрилових смол або канифолі.

За призначенням виділяють універсальний, побутової, канцелярський, взуттєвої, столярний клей і ін. З наведених назв зрозуміло, що існують спеціалізовані склади, що клеять, які розроблені для певного матеріалу, а є універсальні, якими можна користуватися для склеювання і пластика, і шкіри, і папери, і кераміки [27, 28].

За термічними характеристиками:

Терморективні – тверднуть під впливом різних факторів, наприклад, підвищення температури, при цьому процес незворотній. Це епоксидні, фенолформальдегідні і інші клеї.

Термопластичні – під час склеювання деталей їх структура не змінюється, проте, на відміну від терморективних, процес звернемо: при підвищенні температури вони знову стають клейкими.

За умовами склеювання:

Контактні – дві деталі можна склеїти, не докладаючи ніяких зусиль, тобто без тиску на них. Потрібно лише почекати, поки клей схопиться.

Липкі – склеюють практично миттєво – за кілька секунд. Тиснути на деталі не потрібно [27, 28].

За характером склеювання:

Оборотні – після того як ви склеїли декілька елементів, застиглий клей може знову стати рідким під впливом будь-яких чинників, наприклад, при зануренні в розчинник.

Необоротні – застигають остаточно під впливом деяких факторів: УФ-випромінювання, високої температури або при контакті з водою.

За вологостійкістю

Висоководостійкі – міцно фіксують з'єднання навіть в киплячій воді.

Водостійкі – зберігають міцність з'єднання тільки в воді кімнатної температури (20-25°C).

Не водостійкі – відразу розпадаються при найменшому контакті з водою [27, 28].

За консистенцією і видом:

Склеювальні склади бувають твердими, капсульованими, у вигляді розплаву і дисперсійними.

По доступу навантаження:

Виділяють 4 групи клеїв.

D1 – рекомендується використовувати всередині приміщення, при цьому відсоток вологості не повинен бути понад 15%, а температура не повинна опускатися нижче 50°C.

D2 – застосовується також для роботи з деталями, які згодом будуть знаходитися в приміщенні. Ненадовго витримує підвищення вологості до 18%.

D3 – може використовуватися як всередині, так і зовні будівлі. При цьому в складі враховані можливі впливи погодних умов.

D4 – підходять для застосування всередині приміщення навіть при високій вологості і температурі. Якщо вам потрібно скористатися ним на відкритому повітрі, то рекомендується покрити місце з'єднання, наприклад, лаком або фарбою, щоб зберегти його міцність [27, 28, 29].

Крім того є також [27]:

- двокомпонентні клеї – це клеї, які виробляються шляхом змішування двох або більше компонентів, які вступають в хімічну реакцію з утворенням хімічно зшитого клею. Найбільш поширеними двокомпонентними клеями є епоксидні клеї (смоли), поліуретанові, акрилові і силіконові клеї;

- клей, що твердне за рахунок реакції з вологою, сформульований для реакції із вологою в повітрі або в субстратах для формування отвердлого високої міцності полімерного шару. Два найбільш відомих види – це силікон та поліуретан. Вони найбільш часто використовуються в якості ущільнюючого складу, ущільнюючої прокладки та герметиків;

- анаеробний клей – засіб від твердого полімеру при відсутності кисню. Він зазвичай використовується як клей для різьбових з'єднань і утримання з'єднання

для металевих деталей. Анаеробні клеї залишаються рідкими, поки вони піддаються впливу атмосфери, але швидко тверднуть, як тільки їх закривають. Вони упаковані в спеціальні контейнери, які можуть "дихати", щоб запобігти матеріалам схоплюватися в контейнерах.

Найпоширенішими є такі варіанти – ПВА (рис. 1.13). Ця аббревіатура означає полівінілацетатну дисперсію. Суміш екологічно безпечна, тому придатна для застосування в приміщеннях, позбавлених витяжної вентиляції. Клей швидко сохне, здатний витримати значні статичні навантаження. З'єднання не руйнується навіть при сильному зволоженні. Клей на ПВА-основі відрізняє невисока вартість. Він зручний в усіх відношеннях для побутового застосування, коли потрібно приклеювати невеликі деталі (наприклад, декор на корпусні меблі) [29, 30].



Рис. 1.13. Різновиди клею ПВА

До переваг клеїв на основі ПВА відносяться [29, 31]:

- відсутність токсичних компонентів;
- швидке схоплювання;
- добре витримування статичних навантажень;
- тривалий термін експлуатації;

Клей складається на 85-95 % з ПВА, на 0-10 % з води, до 5% – пластифікатори, 0,5% – спеціальні поліпшують добавки.

Для підвищення ефективності в клей додають і інші компоненти [29]:

- Каолін, тальк, крейда підвищують міцність скляду
- Апетоїн, бензин підвищують стійкість до вологи.

- Пластифікатори, наприклад, масло або гліцерин підвищують еластичність клею.
- Фарфор, метал, скло – прискорюють застигання.
- Інгібітор стиrolу, нітросполуки збільшують термін зберігання.

Поліуретановий склад. Ціна цієї продукції набагато вище, ніж у попереднього варіанту, зате продукція на основі поліуретану відмінно витримує динамічні навантаження. Клей вологостійкий, нечутливий до ультрафіолету і температурних змін. Тому, якщо доводиться працювати в умовах, близьких до екстремальних, це – найкращий вибір [30].

Клейові суміші, виконані на основі смол, затребувані як в лобуті, так і на виробництві: меблевому або деревообробному. Крім вологостійкості, такі сполуки не руйнуються і під впливом хімічно агресивних засобів. Тому, перш ніж користуватися ними, потрібно подбати про захист шкіри. Їх переваги:

- універсальність;
- водостійкість;
- міцна фіксація.

Недолік: перевитрата клею, оскільки точно розрахувати, скільки саме його потрібно для виконання тієї чи іншої роботи зі склеювання заготовок, неможливо.

Наприклад, клей TEKNO DENİZ TUTKALI (рис. 1.14) швидко діє з високою адгезією для використання на вертикальних і горизонтальних поверхнях [32].

Використовують при виготовленні човнів і меблів з дерева; для склеювання дерев'яних виробів і елементів між собою, для склеювання багатьох будівельних матеріалів між собою, при монтажі фальш підлог.

НУБІП УКРАЇНИ



Рис. 1.14. Поліуретановий клей TEKNO DENİZ TUTKALI

Особливості та переваги [32] висока адгезія, стійкий до вологи і хімічних речовин, швидко твердіє, має низьку в'язкість і легко наноситься, можна наносити на вологі поверхні, може використовуватися в якості заповнювача швів.

Найменування рідке скло частіше використовується як силікатний клей. Така назва більш поширена серед споживачів. Тобто, водний лужний розчин силікатів натрію $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ і (або) калію $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ [33, 34].

Попри зростаючу популярність сучасних облицювальних матеріалів (грунтовок, шпаклівок, водовідштовхувальних і вогнестривких сумішей), рідке скло нині займає вагомую долю ринку. Фактично, терміном «рідке скло» називають силікатний клей, водонепроникні й клейові характеристики якого сприяють популярності матеріалу.

Водна суміш силікату натрію здатна розчинятися у воді, утворюючи густу рідину. При різному дозуванні варіюються фізико-хімічні та експлуатаційні характеристики будівельних розчинів. Завдяки цьому матеріал має широку сферу застосування [33].

Головними споживачами описуваного матеріалу вважаються підприємства будівельної сфери. Широко поширене застосування рідкого скла в бетоні. Силікатний клей характеризується відносно невеликою вартістю. І при цьому він

істотно покращує експлуатаційні властивості бетонного розчину, гарантуючи останньому відмінну гідроізоляцію. Крім того, рідке скло має високі антибактеріальні можливості [35].

Просочення дерева (будівельних виробів з деревини), бетону і оштукатурених поверхонь буває різною. Найчастіше використовується спосіб, при якому просочувальний склад наноситься на укріплене покриття фарбопультом або звичайної малярської пензлем кілька разів. Така методика називається глибокою обробкою поверхонь. Є й більш «щадний» спосіб захисту штукатурки, бетону і дерева. Він передбачає обробку покриття всього один раз.

Покриття стають стійкими до впливу агресивних зовнішніх факторів, димових газів, високої вологості і покращують інші свої експлуатаційні характеристики. Вони знаходять:

міцність на стирання;

високий показник твердості;

здатність «замикати» різні нерівності і пори (рис. 1.15), що утворюються в покриттях (такі пори руйнують шар бетону або штукатурки) [35].



Рис. 1.15. Герметизація щілин

Спочатку отримані і надалі виявлені, властивості рідкого скла можна визначити таким списком [36]:

абсолютна інертність до вологи і всім наслідків, які супроводжують реакцію з водою;

антисептик для бактерій, цвілі, гнилі і всіляких грибків;

ефективно заповнює пори матеріалів, з якими його використовують.

Винятком можна назвати ті, які є крихкими (наприклад, цегла з глини і черепашник), де застигання скла може спровокувати руйнування структури;

антистатик, який мінімізує статичну електрику;

термоізолятор, здатний підвищити опір високих температур більшості матеріалів.

Гумовий клей – це розчин синтетичного каучуку в бензині. Раніше для виготовлення цього клею використовували тільки природний натуральний

каучук, що добувається з соку південноамериканського дерева гевеї, але в даний

час використовуються його синтетичні аналоги [37].

«Гумовий» клей – це недорогий клей для відповідальних з'єднань.

Застосовується для склеювання гумових виробів, які не відчувають велике

навантаження. «Гумовий» клей дуже популярний: деталі шкіряних курток і

інших виробів перед прострочуванням спочатку наживляють на гумовий клей, а

потім вже прошивають. Він еластичний, його легко можна розірвати. Залишки

клею з матеріалу прибираються просто бензином.

Також гумові клеї застосовуються для склеювання виробів з картону,

паперу, фотографій. Метод приклеювання у цих трьох груп практично однаковий.

Перед склеюванням практично будь-яка поверхня повинна бути зачищена

шкуркою і знежирена. Спочатку потрібно нанести клей, почекати, поки

висихає розчинник, щоб залишився тільки каучуковий шар, і потім

склеювані поверхні притиснути, і потримати якийсь час під навантаженням.

Спосіб застосування [37]. На зачищену і знежирену поверхню нанести рівний

шар клею, просушити до повного зникнення липкості. Для відповідальної

склеювання рекомендується нанести другий шар клею через 10-15 хв. після

першого, також просушити. Міцність з'єднання збільшиться в 1,5–2 рази, якщо

нагріти 2-й шар до $t^{\circ}=50-60^{\circ}\text{C}$. Сильно притиснути на 30 с. Вирішальне значення

має сила, а не тривалість тиску. Виробом можна користуватися через 1 годину.

Кінцева міцність досягається через 24 години. Для поліхлоропренових клеїв

рекомендується як можна сильніше притискати склеювані деталі. Це пов'язано з

тим, що в основі цих клеїв – короткі молекули, і чим сильніше механічний вплив на поверхню, тим краще ці молекули зчіплюються один з одним, тобто краще адгезія. Також є рекомендація – шов підігрівати, або термоактивувати. Це також робиться для поліпшення адгезії склеюваних поверхонь.

Епоксидний клей для дерева складається із смол та затверджувача. Для склеювання деревини слід витримати пропорції, вказані в інструкції. Перед використанням компоненти клею перемішують протягом 5 хвилин, наносять тонким шаром на поверхні, що склеюються і з'єднують їх з невеликим натисканням. Відрізняється універсальністю, міцністю, вологостійкістю та високою стійкістю до олій. Такий клей застосовують не тільки для склеювання деревини, але і для багатьох інших матеріалів. Висихає епоксидний клей для дерева за добу. При використанні епоксидного клею слід виявити обережність, оскільки він викликає подразнювальну дію при попаданні на шкіру.

Синдетиконовий клей застосовують для склеювання деревини з іншими матеріалами. Складається він із сухого столярного клею, цукру та гашеного вапна. Має високу міцність, стійкість до різних впливів. Перед застосуванням синдетиконового клею йому дають набухнути протягом 24 годин, після чого наносять на поверхню тонким шаром [38].

Характеристика клею бустилат (рис. 1.16) говорить про те, що готова суміш у робочому стані має вигляд сірої маси, консистенції не рідкої сметани. Після повного висихання, клей набуває прозорості і не має ніякого специфічного запаху. Бустилат відноситься до екологічно чистого продукту та вогнебезпечної речовини [39].



Рис. 1.16. Клей бустилат

До складу даної клеючої речовини входить латекс з додаванням крейди, загусника карбоксиметилцелюлоза, вода та додаткові елементи. Крім того, враховуючи те, що клей використовується для робіт усередині приміщень, до його складу не входять жодні леткі речовини. Тому бустилат не загрожує здоров'ю людини. Крім того, до складу клеючої речовини не входить спирт, тому вона не боїться вогню. Вся продукція перед тим, як відправитися на ринок збуту, перевіряється в спеціальних лабораторіях на якість, після чого клей отримує сертифікат.

На сьогоднішній день можна купити не тільки традиційний клей, що випускається вже багато років, але і масу його різновидів, більш удосконалених властивостей. Кожен із видів має різну міру морозостійкості, сприйнятливості до різного температурного режиму та інші переваги [39].

1.3. Опис застосованих клеїв.

Для склеювання деревини обрано клеї які зможуть склеїти матеріал та нададуть йому високий рівень адгезії. При цьому для проведення досліджень було задіяно 5 типів клеїв.

Перший тип – клей ПВА «Люкс» D4 (рис. 1.17).



Рис. 1.17. Клей ПВА «Люкс» D4

Характеристики клею зображені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Характеристики клею ПВА «Люкс» D4

Характеристика	Значення
В'язкість, Па*с	10-15
Величина рН	4 ± 1
Масова частка сухого залишку, %	50 ± 2
Час відкритої витримки, хв	3-10
Витрати, г/м ²	90 - 200
Робоча температура, °С	+15... +35
Умови зберігання	За температури +5...+30 °С в щільно закритій тарі
Форма випуску	Полімерні євроконтейнеривід 20 до 1000 кг

Властивості клею ПВА «Люкс» D4 [40]:

- Колір - білий.
- Клейовий шов має високий рівень супротиву до старіння та не затуплює інструменти.
- Наноситься як машинним, так і ручним способом.
- Можна використовувати в гарячих і холодних пресах.
- Стійкий до впливу факторів навколишнього середовища, відповідає класу підвищеної водостійкості.
- Термін придатності – 4 місяці з дати виробництва.

Рекомендації щодо застосування клею ПВА «Люкс» D4:

Клей застосовується для нанесення машинним методом за допомогою валиків або сопел, а також для нанесення ручним способом. При ручному способі нанесенні використовується валик або щітка. З метою дотримання заходів

безпеки потрібно надіти рукавички, таким чином уникнути або мінімізуючи контакт розчину клею зі шкірою рук. Якщо склеювання проводиться в приміщенні, необхідно забезпечити гарну вентиляцію.

При використанні клею в пресах гарячого та холодного пресування, рекомендований час пресування:

- при холодному пресуванні – більше 20 хв;
- при гарячому пресуванні – 2-10 хв.
- Тиск під час пресування – 0,1-1,2 Н/мм.

Перед застосуванням клею Д4 потрібно підготувати поверхні: для надійного з'єднання, деталі мають бути рівними і сухими, а перед нанесенням клею поверхню краще знежирити. При склеюванні, рекомендується зменшити зазор між деталями до мінімуму, так як великий допуск і збільшення товщини

клеювального шару знижують міцність шва і збільшують терміни висихання. Клей

випускається вже готовим до використання, перед його застосуванням потрібно перемішати суміш. Адгезив наносять на одну із склеюваних поверхонь, після чого обидві деталі з'єднують між собою, для цього їх можна також записнути струбиною або в гарячому чи холодному пресі.

Подальше оброблення деталей дозволяється лише через 24 години, після повної полімеризації клею. На тривалість висихання клею впливає температура, вологість деревини і сила притиснення деталей, які склеюються. Якщо деревина волога, то це подовжує час висихання клейового шва. Для більшості столярних

виробів допустимий параметр вологості деревини знаходиться в діапазоні від 6 до 8%.

Зберігати адгезив потрібно за температури від +5 °С до +30 °С в щільно закритій тарі.

Другий тип - Поліуретановий клей Soudal 66A D4 (рис. 1.18.)



Рис. 1.18. Поліуретановий клей Soudal 66A D4

Характеристики даного клею наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Характеристики поліуретанового клею Soudal 66A D4

Характеристика	Значення
Хімічна основа	поліуретан
Консистенція	рідина
Механізм затвердіння	волога полімеризація
Щільність (DIN 53479)	Ок. 1,1 г/см ³
Сухий залишок	0,95
Відкритий час *	15 хвилин
Час притиснення	3 години
Притискаюча сила	1 кг / см ²
Вологостійкість (DIN EN 204)	D4
Терmostійкість	від -40 °С до +100 °С (повністю затверділа)
Міцність при зсуві	> 10 Н/мм ²
Витрата	Ок. 150 г / м ²

Властивості клею [41]:

НУБІП України

- Простота використання;
- Швидке затвердіння;
- Висока адгезійна міцність;

• Клей збільшує обсяг, заповнюючи таким чином вільний простір між елементами, які склеюються;

НУБІП України

- Можна застосовувати навіть для мокрої деревини.

Область використання:

• Усередині приміщення, де з'єднання буде часто і довго піддаватися впливам проточної води чи конденсату;

НУБІП України

• При можливому довготривалому перебуванні з'єднання при умовах високої вологості;

• Для зовнішніх робіт, у випадку, коли з'єднання схильне до несприятливих погодних умов;

НУБІП України

- Виготовлення дверей, а також віконних рам з класом вологостійкості D4

• Структурне склеювання дерев'яних елементів (із застосуванням шпунтів, пазів, шипів тощо);

- Склеювання деревини з різними типами будівельних матеріалів, такими

НУБІП України

як бетон, цегла та шпі;

Колір: жовтий.

Склеювані поверхні:

Типи: пористі та непористі матеріали, такі як: дерево, цегла, бетон, ДСП

НУБІП України

та ін.

Підготовка: поверхні склеювання повинні бути знежирені, а також очищені від бруду та пилу.

- Легке зволоження поверхні дає можливість покращення швидкості затвердіння та заповнюючих властивостей (клей спінується, заповнюючи всі

НУБІП України

порожнечі).

• Покращити адгезію можна завдяки обробки поверхні наждачним папером.

- Рекомендовано попередньо проводити власні випробування на сумісність.
- Термін зберігання: 12 місяців від дати виготовлення у закритій упаковці у сухому прохолодному місці при температурі від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+25^{\circ}\text{C}$.

Інструкція із застосування:

Метод: нанести клей пензлем або зубчастим шпателем на одну з поверхонь, які склеюються, з'єднати деталі, максимально стиснути їх протягом 15 хвилин і залишити потім під навантаженням на 3 години.

Притиснення склеюваних поверхонь під час затвердіння клею необхідно для набуття максимальної міцності з'єднання.

Температура застосування: від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$.

Очищення: Свіжий клей можна усунути ізоуритановим очищувачем. Стверділий клей можна видалити тільки механічним шляхом.

Заходи безпеки:

- Стандартна техніка безпеки.
- Для докладної інформації слід прочитати етикетку.

Третій тип - Каучуковий клей Tytan Classic FIX (рис. 1.19.)



Рис. 1.19. Каучуковий клей Tytan Classic FIX

Технічні характеристики наведені у табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Характеристики Каукусового клею Tutan Classic FIX

Характеристика	Значення
Колір:	прозорий
Витрата:	150 – 300 г/м ²
Робочий час:	10-15 хв
Час повного затвердіння (в нормальних умовах):	до 72 год
Термостійкість:	від -20°C до +60°C
Термін придатності:	12 місяців

Опис клею [42]:

Надміцний монтажний клей на основі синтетичного каучуку.

Універсальний клей з широким спектром застосування утворює безбарвний шов, наділений еластичними властивостями. Рекомендується для склеювання важких будівельних елементів під час ремонтних та оздоблювальних робіт.

Особливості клею:

- Прозорий шов;
- Висока сила хвату;
- Сила 120 кг/м;
- Вологостійкий;
- Морозостійкий;
- Має чудову адгезію до різних будівельних матеріалів;
- Для широкого спектру робіт.

Сфера застосування:

- Монтаж легких та важких матеріалів, а також елементів декору з виробів з деревини, пінополіуретану, металу, скла, твердих пластиків (ПВХ, АБС, полікарбонату).

- Не підходить для поліпропілену, поліетилену, поролону та пінополістиролу.

- Для зовнішніх та внутрішніх робіт.

Четвертий тип - Клей будівельний «БУСТИЛАТ Д» (рис.1.20.)



Рис. 1.20. Клей будівельний «БУСТИЛАТ Д»

Технічні характеристики клею [43] наведено у табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Характеристики клею будівельного «БУСТИЛАТ Д»

Характеристика	Значення
Колір	Білий
Тип	Однокомпонентний
Водостійкість	Вологостійкий
Призначення	Для внутрішніх або зовнішніх робіт
Витрата	0.7 - 1.0 кг/м ²
Вага	1,2 кг
Термін придатності	18 місяців

Галузь застосування [44]:

Клей Бустилат застосовується для надійного приклеювання керамічної плитки, лінолеуму на тканинній або ворсової основі, дерев'яних виробів, гіпсокартону, важких і пробкових шпалер, паперу.

Властивості:

- еластичний;
- міцний;
- висока адгезія;
- зручність в застосуванні;

• може використовуватися в приміщеннях з підвищеним рівнем вологості;

- без містить запаху;

- не містить розчинників;
- характеризується екологічністю.

Спосіб застосування:

Перед використанням клей Бустилат необхідно добре перемішати. При загущенні клею допустимо розведення водою, але не більше 5%. Клей рівномірно наноситься зубчастим шпателем на попередньо підготовлену поверхню. Товщина шару становить 2 - 3 мм. При наклеюванні лінолеуму потрібно нанести шар клею і витримати близько 5 - 7 хв. Після того наклеїти і міцно притиснути, прокатати зверху валиком для видалення із середини залишків повітря. При склеюванні інших виробів, потрібно щільно притиснути поверхні, які обробляються. Залишки клею видаляються губкою. Не можна змішувати з іншими клеями, розчинниками чи герметиками. Час повного висихання становить 24 години. Інтенсивне використання склеюваного покриття можливо лише після повного затвердіння, тобто не раніше 72 годин.

Зберігання:

Зберігати за температури від + 5° С до + 25° С, уникати дії прямих сонячних променів та опалювальних приладів, що знаходяться поруч

Останній тип клею - Рідке скло (рис. 1.21.).



Рис. 1.21. Рідке скло

Технічні характеристики рідкого скла наведені у табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Характеристики рідкого скла

Характеристика	Значення
Колір:	прозорий
Витрата:	300 г/м ²
Термін висихання	до 30 хв
Робоча температура, °C	+5... +35
Термостійкість:	1300 °
Термін придатності:	24 місяців

Призначення [45]:

Рідке скло натрієве - це унікальний матеріал, що володіє багатьма властивостями і застосовується в різноманітних сферах:

Для зв'язку і склеювання багатьох будівельних матеріалів;

Можна застосовувати для склеювання силікатних і порцелянових виробів, фарфору, картону, алюмінієвої фольги з металом, скла, а також для просочування таких матеріалів як папір, тканина, бетон, штукатурка і дерев'яні вироби з метою надання підвищеної щільності і вогнестійкості.

Властивості:

Готове до використання, легко наносити на поверхню, не токсичне і пожежобезпечне, має високі адгезійні властивості, що дає можливість широко використовуватися в будівництві та побуті.

Застосування:

Валиком або пензлем наноситься тонкий шар рідкого скла на поверхні, які необхідно склеїти, після чого їх потрібно щільно притиснути один до одного. Для просочення поверхонь треба нанести рідке скло пензлем або валиком в декілька шарів. Кожен наступний шар необхідно наносити тільки після висихання попереднього шару. Рідке скло також можна розводити водою

(у пропорції 400 грамів рідкого скла на 1 літр води).

Запобіжні заходи:

Зберігати рідке скло необхідно в герметично закритій тарі при температурі вище 5°C та у не доступному місці для дітей. При потраплянні в очі – промити водою. Уникати впливів прямих сонячних променів та вологи.

1.4. Висновки до розділу 1.

В даному розділі наведено характеристику дерев'яних вікон та їх елементів, класифікацію конструкцій та види скління, розглянуто профілі різних видів вікон та проведено порівняння їх характеристики. Проведено аналітичний огляд щодо методів з'єднання елементів конструкцій та вказано варіанти

застосування. Було проаналізовано підходи до склеювання дерев'яних вікон, розглянуто характеристику клеїв за складом, кількістю води, призначенням, термічними характеристиками, характером склеювання тощо. Детально розглянуто різні види клеї, що застосовують у галузі, наведено їх переваги, недоліки та сфери використання. А також детально розглянуті саме ті клеї, які будуть використовуватися у даній роботі.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ КЛЕЄНОГО З'ЄДНАННЯ ПІД ЧАС ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИХ КОЛИВАНЬ

2.1. Матеріали дослідження, їх властивості.

Деревина сосни є однією з найбільш використовуваних і відомих у всьому світі. Проте існують різні види деревини сосни, які є не такими відомими, але використовуються людьми. Кожна соснова деревина має особливі властивості та характеристики, які відрізняються від іншої деревини.

В галузі столярних робіт найбільш використовуваною є сосна звичайна [46]. Цей вид є самим поширеним видом у всій Європі. Він має великий ареал поширення аж від Іспанії до Росії. Деревина має червонувату серцевину і блідо-жовту заболонь. Вузли у нього розміщені досить часто, і на них є маленькі смоляні кишені. Даний вид сосни також відомий на Піренейському півострові під назвою соріасорія через те, що в основному експлуатується даний вид деревини в цій місцевості.

Сосна відноситься до типу «м'якої деревини», що відрізняється високими експлуатаційними властивостями та неймовірною зовнішньою красою [47].

Серед переваг у порівнянні з іншими типами деревини є вказані показники:

– **Густина.** Серед всіх типів хвойних порід деревина сосни має найвищий рівень густини. Середня густина цієї деревини становить 520 кг/м^3

Тоді як, наприклад, густина деревини смереки при аналогічній вологості – 450 кг/м^3 , а ялиці – 410 кг/м^3 .

– **Щільність.** Також ця деревина є однією з найбільш щільних при порівнянні з іншими хвойними. За рахунок цього деревина менше вбирає в себе вологу, а при цьому також менше піддається враженню грибків та комах.

– **Міцність.** В порівнянні з іншими хвойними видами, сосна має високі показники міцності та ударної в'язкості. Саме тому, соснові балки здатні витримувати більші навантаження, не змінюючи своїх геометричних параметрів.

– Стійкість до тріщиноутворення. За рахунок щільності та вищого рівня вмісту смоли у деревині, вона значно менше піддається утворенню тріщин. Відповідно на сосновому брусі тріщини є не такими глибокими та широко не розкриваються.

– Естетична привабливість. Деревина сосни має ефектний та чітко виражений малюнок, порівняно з іншими видами хвойних порід, які на вид є більше однорідними.

– Мінімальна кількість «випадаючих» сучків. Якщо порівнювати із смерекою та ялицею, то деревина сосни містить сучки більші в діаметрі, проте їх кількість є значно меншою. Переважають так звані «живі сучки», тобто ті, які не висихають та не випадають з бруса.

До недоліків відноситься зміна кольору деревини в процесі експлуатації, проте це ніяк не впливає на фізичні властивості. Також можливим є руйнування через вплив комах та різних мікроорганізмів.

Соснова деревина широко використовується у виробництві меблів, а також застосовується і в будівництві будинків, дамб, портових споруд, кораблів, причалів і вагонів.

Саме для проведення експериментальних досліджень були обрані зразки із

деревини сосни. На рис. 2.1. наведено пиломатеріал із деревини сосни, який використовувався для досліджень.

НУБІП України

НУБІП України



Рис. 2.1. Дошка із деревини сосни

2.2. Виготовлення зразків для випробувань.

1. Підбирається пиломатеріал хвойних порід, а саме – сосна товщиною 40 мм, який відповідає ДСТУ та не має дефектів, які б мали істотний вплив на проведення досліджень (сучки, тріщини, нерівномірна вологість).

2. Вирізані зразки проходять стадію стругання, фрезерування та вирізання пазів під з'єднання. Для цього використовується наступне обладнання, зображене на рис. 2.2. та рис. 2.3.



Рис. 2.2. Станок для вирізання та стругання заготовок.



Рис. 2.3. Станок для фрезерування та вирізання пазів [48]

Для досліджень клеєного з'єднання під час температурно-вологісних коливань були виготовлено зразки планок віконних кутів із деревини сосни (рис.



Рис. 2.4. Зразки планок віконних кутів із деревини сосни

2.3. Методика проведення досліджень.

Суть методу випробувань стійкості до атмосферних коливань полягає у моделюванні процесів руйнування клеєвого шару штучним шляхом та визначенні зміни оціночних показників до і після дії зміни температурно-вологісних полів.

Методика передбачає проведення декількох етапів лабораторних випробувань клеєвого шару по оціночним показникам: зовнішній вигляд, наявність розтріскування, вивітрювання, відшарування, розчинення, утворення пухирів, вологопоглинання, висолоутворення.

Зразки кутового з'єднання віконних елементів виготовляють із прямошарової сухої деревини сосни вологістю не більше 15% і густиною від 400 до 550 кг/м³ у вигляді кутника розміром 300х300 мм і товщиною 40 мм. Зразки

деревини повинні бути без вад. Бокові поверхні повинні бути стругані, торцеві поверхні обпилені і оброблені наждаком.

Зразки деревини перед склеюванням висушують в сушильній шафі (рис. 2.5.) за температури 100 ± 3 °С до постійної маси (втрата маси повинна складати не більше 0,2 г протягом 24 години).



Рис. 2.5. Сушильна шафа

На просушені зразки деревини з усіх сторін наносять клей і витримують. Витрату, умови нанесення і сушки повинні відповідати нормативній документації на клей. Витрату клеєвого засобу, нанесеного на зразок, визначають ваговим методом по різниці мас зразка до і після нанесення.

Перед випробуванням склеєні і висушені зразки деревини просушують і зважують. Загальну кількість клею (R), кг/м^3 , визначають за рівнянням

$$R = \frac{m_1 - m_2}{V}, \quad (2.1)$$

де m_1 – маса зразка після склеювання, кг;

m_2 – маса зразка до склеювання, кг;

V – об'єм зразка, м^3 .

Випробування проводять не менше, ніж на трьох зразках. Для витримання деревини при мінусових температурах використовується морозильна камера (рис. 2.6.), внутрішня поверхня якої теплоізовльована полістиролом (рис. 2.7.), з холодильним пристроєм зображеним на рис. 2.8. та блоком керування температурою (рис. 2.9.).

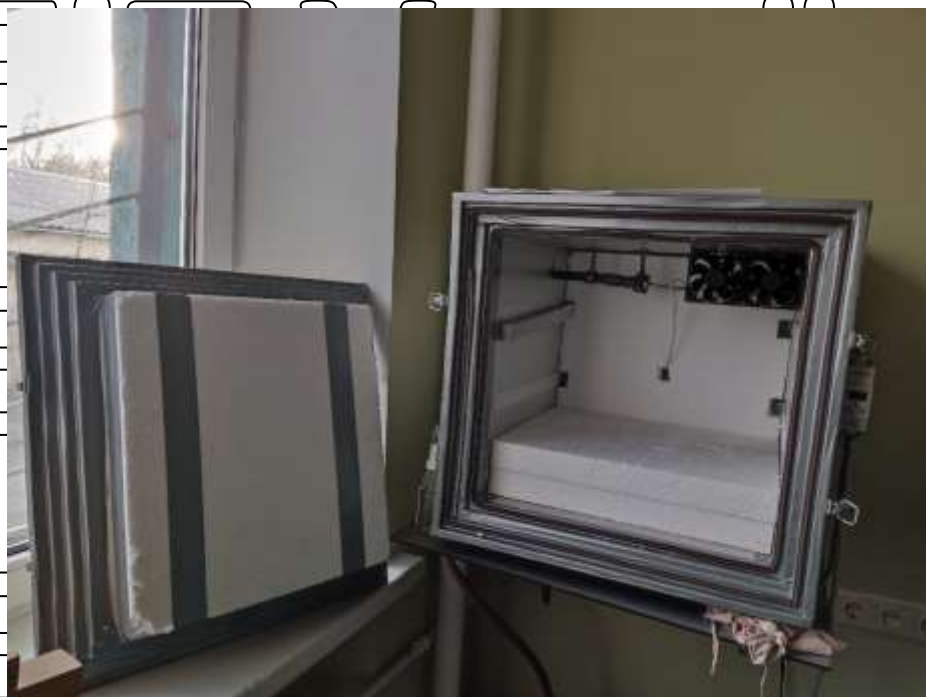


Рис. 2.6. Морозильна камера



Рис. 2.7. Внутрішня поверхня морозильної камери



Рис. 2.8. Холодильний пристрій



Рис. 2.9. Блок керування

Вплив зміни температурно-вологісних полів на клеєвий шар деревини.

Цикл випробувань зміни температурно-вологісних полів на клеєвий шар деревини включає наступні етапи:

- *перший етап*: зразки звожують за допомогою розпилювача і витримують при температурі $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ і відносній вологості повітря $(97 \pm 3) \%$ протягом 10 хв.;

- *другий етап*: зразки переносять в камеру холоду і витримують при температурі мінус $(15 \pm 3) ^\circ\text{C}$ протягом 6 годин (рис. 2.10.);

- *третій етап*: із холодильної камери зразки переносяться в приміщення і кондиціонують при температурі $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ і відносній вологості повітря $(97 \pm 3) \%$ протягом 6 годин;

- *четвертий етап*: зразки витримують на повітрі при температурі $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ і відносній вологості повітря $(97 \pm 3) \%$ протягом 9 годин.



Рис. 2.10. Проведення випробувань

Підготовлені зразки витримано у вентиляваній сушильній шафі при температурі $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ не менше 48 годин, потім охолоджено до температури навколишнього середовища, не виймаючи їх з шафи.

Після витримки зразки зважують з похибкою не більше $\pm 0,1$ г.

Під час випробувань спостерігають за станом покриття:

- візуально проводиться оцінка зовнішнього виду клеєвого з'єднання деревини: розтріскування, вивітрювання, відшарування, висолування.

- визначають значення напруги при руйнуванні, що пройшли зміни температурно-вологісних полів на клеєвий шар деревини згідно з ДСТУ.

Клеєвий шар деревини витримає випробування з визначення здатності зберігати свої властивості упродовж експлуатації, якщо показники: зовнішній вигляд, наявність розтріскування, вивітрювання, відшарування, розчинення, утворення пухирів, вологопоглинання, висолоутворення, отриманого по закінченню усіх циклів випробувань відсутні.

Методика проведення експериментальних досліджень полягає в послідовності наступних дій:

1. Підбирається пиломатеріал хвойних порід, а саме – сосна товщиною 40 мм, який відповідає ДСТУ та не має дефектів, які б мали істотний вплив на проведення досліджень (сунки, тріщини, нерівномірну вологість).

2. З відібраних соснових пиломатеріалів вирізаємо однакові зразки шириною 65 мм

3. Вирізані зразки проходять стадію стругання, фрезерування та вирізання пазів під з'єднання.

4. Відбувається приготування клеїв та самих зразків до склеювання у пазах, а саме – очищення та знежирення поверхні склеювання.

5. Безпосереднє склеювання соснових заготовок за допомогою п'яти різних клеїв та витримка після склеювання.

6. Всі зразки зважуються та підписуються відповідно до клеєвого розчину, яким вони з'єднанні, дані фіксуються.

7. Після технологічної витримки склеєних зразків піддаємо їх впливам температурно-вологісних коливань за такою технологією:

- зволожуємо зразки водою за допомогою розпилювача протягом 10 хв.,

– Розміщуємо зразки у морозильній камері при температурі $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 6 годин;

– Вістаємо зразки з морозильної камери та розморозуємо протягом 6 годин;

– Витримуємо зразки за кімнатної температури протягом 9 годин при кімнатній температурі.

8. Даний цикл повторюємо певну кількість разів.

9. Після впливів температурно-вологісних коливань фіксуємо залишаємо зразки на 4 доби, після чого проводимо повторне їх зважування, вимірювання вологості та фіксуємо результати.

10. За допомогою випробувальної машини проводимо руйнування зразків по черзі та записуємо дані щодо їх руйнування.

11. Порівнюємо результати досліджень та робимо висновки.

2.4. Засоби випробувань.

Таблиця 2.1

Випробувальне обладнання та засоби вимірювальної техніки

Найменування і тип засобу вимірюв.	Діапазон вимірювання	Клас точності та/або похибка вимірювання	Нормативна документація	Призначення під час випробувань
Психрометр аспірацій.	Температури: від 5 до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ вологості: від 45 % до 75 %	Похибка вимірювання температури $\pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$; вологості $\pm 4\text{ %}$	ТУ 25-1607-54-85	Вимірювання температури та вологості навколишнього середовища
Годинник	Від 0 до 60 с Від 60 до 3600 с Від 3600 до 7200 с Від 7200 до 10800 с	Кл. точності 2. $\pm 0,4\text{ с}$ $\pm 1,9\text{ с}$ $\pm 3,8\text{ с}$ $\pm 5,7\text{ с}$	ТУ 25-1894.003-90	Вимірювання тривалості випробування
Штангенциркуль	Від 0 до 125 мм	Кл. точності 2 Похибка вимірювання $\pm 0,1\text{ мм}$	ГОСТ 166-89	Вимірювання відстаней під час склеювання
Рулетка	Від 0 до 5 м	Кл. точності 2 Ціна поділки – 1 мм	ГОСТ 7502-89	Вимірювання розмірів зразків

Продовження Табл. 2.1

Найменування і тип засобу вимірюв.	Діапазон вимірювання	Клас точності та/або похибка вимірювання	Нормативна документація	Призначення під час випробувань
Ваги ВЛР-200	Від 0 до 200 г	Кл. точності 2.	ГОСТ 21513-76	Вимірювання маси вогнезахисного покриття
Барометр	Від 600 до 800 мм рт.ст.	1,0 мм рт. ст.	Паспорт барометр	Вимірювання атмосферного тиску
Камера холоду	Від 0 до мінус 17 оС	± 1 оС	Паспорт	Проведення випробувань на довговічність
Термошкаф	від 0 до 100 °С	± 1 оС	Паспорт	Проведення випробувань на довговічність
Ексікатор	5 дмВ			Проведення випробувань

На всіх вимірювальних пристроях вказана похибка вимірювання, максимальний діапазон вимірювання, призначення і нормативна документація що до застосування.

2.5. Розрахунок похибки випробування.

Під час випробувань відбувається контроль маси. Після витримки зразки зважують на вагах, щоб визначити втрату маси з точністю до 0,1 % та розраховують за формулою:

$$P = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \cdot 100\% , \quad (2.1)$$

де m_1 - маса зразка до випробування, г,
 m_2 - маса зразка після випробування, г

За результат випробування приймають середнє арифметичне значення результатів випробувань, дані занесені до табл. 3.1

Для розрахунку результату випробування використовують результати вимірювань, які отримані під час проведення випробування.

Розрахунок максимальної похибки визначення втрати маси:

складовими невиключеної систематичної похибки вимірювання маси є похибки різноваг масою 100 та 200 г., які становлять $\pm 0,08$ г.

$$\Delta_{\text{втр.мас}} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\Delta m_1)^2 + (\Delta m_2)^2} \quad (2.2)$$

де: Δm_1 - похибки різноваг масою 100г;

Δm_2 - похибки різноваг масою 200г.

Розрахунок максимальної похибки визначення площі зразка.

$$\Delta_{\text{плоч.}} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{l_{1\text{сер.}}^2 \cdot (\Delta l_2)^2 + l_{2\text{сер.}}^2 \cdot (\Delta l_1)^2}; \quad (2.3)$$

де: $\Delta l_1 = \Delta l_2 = 10^{-4}$ (м) - максимальна похибка штангенциркуля ШЦ -

1 (0...250 мм),

$l_{1\text{сер.}}$ - ширина, мм;

$l_{2\text{сер.}}$ - довжина, мм.

Розрахунок максимальної похибки визначення втрати маси:

$$\Delta_{\text{ув.}} = \pm 1,1 \cdot \frac{m_{\text{сер.}}^2 \cdot \Delta S^2 + S_{\text{сер.}}^2 \cdot \Delta m^2}{720} \quad (2.4)$$

де: $m_{\text{сер.}}$ - середня маса втрати зразка, г;

ΔS^2 - максимальна похибка визначення площі зразка, м²;

$S_{\text{сер.}}^2$ - середня площа зразка, м²;

Δm^2 - максимальна похибка визначення втрати маси зразка, г.

НУБІП УКРАЇНИ

2.6. Висновки до розділу 2.

Встановлено основні етапи досліджень при визначенні властивостей клесових композицій, їх взаємовпливу та взаємодії з деревиною. Визначені методи досліджень зміни температурно-вологісних полів на клесний шар деревини. Для дослідження взаємодії та взаємовпливу складових на клесний шар та їх зв'язок з деревиною, визначення опору руйнування використовували спеціальні методи досліджень.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛГІСНИХ ПОЛІВ НА МІЦІСТЬ КЛЕЄНОГО З'ЄДНАННЯ ВІКОННОГО КУТА

3.1. Процес проведення експериментальних досліджень.

Дослідження найефективнішого клею проводимо за обраною методикою. Пиломатеріали із деревини сосни товщиною 40 мм розпускаємо на заготовки шириною 65мм, стругаємо їх, фрезеруємо, вибираємо пази та отримуємо вже готові віконні елементи (рис. 3.1. та рис. 3.2). Відповідно, виготовляємо 15 пар кутових з'єднань, щоб здійснити потім їх руйнування та визначити, яке клейове з'єднання буде найміцнішим.



Рис. 3.1. Деталь дерев'яного вікна з вушком



Рис. 3.2. Деталь дерев'яного вікна з шипом

Готові деталі із щипом та вушком з'єднуються кутовим кінцевим з'єднанням на наскрізний одинарний шип (рис. 3.3.)



Рис. 3.3. З'єднання деталей на наскрізний одинарний шип

Всі деталі повинні мати однакове щільне з'єднання між собою ще перед процесом склеювання, щоб забезпечити точність проведення дослідження.

Потім приступаємо безпосередньо до склеювання зразків із застосуванням обраних клеїв (рис. 3.4.).



Рис. 3.4. Клеї для склеювання зразків

Перед нанесенням клею, дотримуємося всіх вимог щодо їх застосування, а саме:

– Підготовка поверхонь склеювання – знежирення за допомогою спирту;

– Приготування розчину всіх клеїв. Оскільки всі клеї є однокомпонентними, то була необхідність тільки розмішати деякі із них.

Витрату клеєвого засобу, нанесеного на зразок, визначають ваговим методом по різниці мас зразка до і після нанесення (рис. 3.5.).

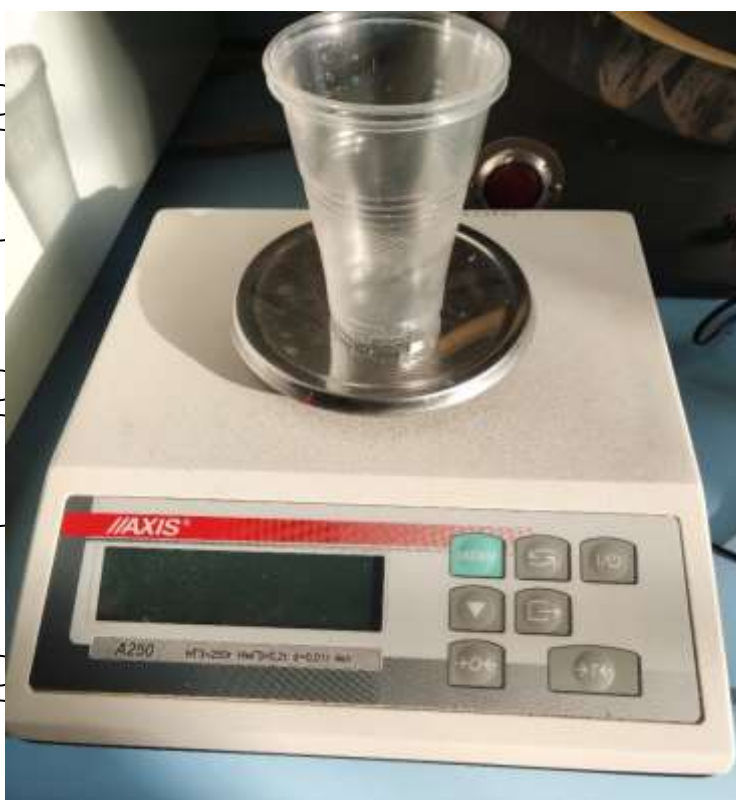


Рис. 3.5. Ваги для зважування

Перед випробуванням склеєні і висушені зразки деревини просушують і зважують. Загальну кількість клею (R), $\text{кг}/\text{м}^3$, визначають за рівнянням

$$R = \frac{m_1 - m_2}{V}, \quad (3.1)$$

де m_1 – маса зразка після склеювання, кг ;

m_2 – маса зразка до склеювання, кг ;

V – об'єм зразка, м^3 .

Нанесення клеїв на зразки здійснювалось за допомогою широкого пензля (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Пензлик для нанесення клею на зразки деревини

Приступаємо до нанесення клею на першу групу із трьох зразків – із використанням клею ПВА «Люкс» D4 (рис. 3.7). Перед використанням клей розмішуємо. Потім наносимо його на поверхню склеювання рівномірним шаром і залишаємо просочитися в деревину протягом декількох хвилин, після чого повторно наносимо клей тонким шаром, з'єднуємо деталі, заповнюємо всі щілини клеєм та усуваємо залишки. Склеєні зразки відставляємо в сторону для технологічної витримки.



Рис. 3.7. Процес нанесення клею ПВА «Люкс» D4

Приступаємо до наступної групи зразків із використанням каучукового клею Tutan Classic FIX. Наносимо клей смужками та точками прямо з тюбика на поверхню склеювання (рис. 3.8.), швидко з'єднуємо деталі, після чого роз'єднуємо їх, чекаємо 3-5 хвилин та з'єднуємо знову, заповнюємо щілини та усуваємо залишки клею.



Рис. 3.8. Процес нанесення каучукового клею Tutan Classic FIX

Наступними склеюємо деталі за допомогою поліуретанового клею Soudal 66A D4. Трішки зволожуємо поверхню склеювання водою для прискорення затвердіння клею та поліпшення заповнюючих властивостей. Наносимо клей пензлем (рис. 3.9), з'єднуємо деталі та усуваємо залишки клею.



Рис. 3.9. Процес нанесення поліуретанового клею Soudal 66A D4

Рідке скло розміщуємо, наносимо на поверхню склеювання пензлем (рис. 3.10.), з'єднуємо деталі, заповнюємо щілини та усуваємо залишки клею.



Рис. 3.10. Процес нанесення рідкого скла

Клей будівельний «БУСТИЛАТ Д» розміщуємо, наносимо на поверхню склеювання пензлем (рис. 3.11.), так само як і на попередніх зразках, з'єднуємо деталі, заповнюємо щілини та усуваємо залишки клею.



Рис. 3.11. Процес нанесення клею будівельного «БУСТИЛАТ Д»

Після склеювання всіх 15 зразків, залишаємо їх на 3 доби для технологічної витримки.

Готові склеєні зразки показані на рис. 3.12. та рис. 3.13.



Рис. 3.12. Склеєні зразки поліуритановим клеєм та клеєм ПВА



Рис. 3.13. Склеєні зразки каучуковим клеєм, клеєм «Бустилат» та рідким склом

Тепер зразки зважуємо та фіксуємо їх масу. В табл. 3.1. наведено результати визначення кількості клеєного засобу на зразки.

Таблиця 3.1

Результати визначення кількості клеєного засобу на зразки

№п/п	Назва клеєного засобу	Маса до склеювання	Маса після склеювання	Кількість нанесеного засобу
1	ПВА «Люкс» D4	421,15	444,15	23,00
2	Полуретановий клей Soudal 66A D4	473,54	490,79	17,25
3	Каучуковий Клей Tytan Classic FIX	456,87	477,57	20,70
4	Клей будівельний «БУСТИДАТ – Д»	428,60	497,60	69,00
5	Рідке скло	433,19	467,69	34,50

Після фіксації даних, приступаємо до процесу надання зразкам впливу температурно-вологісного середовища таким чином:

Спочатку зволожуємо зразки розпилювачем (рис. 3.14.).



Рис. 3.14. Розпилювач для зволоження зразків

Після зволоження, поміщаємо по 5 зразків із використанням кожного із клеїв у морозильну камеру при температурі -15°C на 6 години (рис. 3.15.).



Рис. 3.15. Завантаження зразків у морозильну камеру

Після витримки у морозильній камері, зразки розморожуємо протягом 6 годин та залишаємо при кімнатній температурі протягом 9 годин.

Повторюємо ці цикли також і для інших пар зразків протягом 34 днів.

Після впливу температурно-вологісних коливань залишаємо всі зразки при кімнатній температурі протягом 4 діб, після чого проводимо вимірювання маси

зразків та їх вологості перед випробуванням на максимальне руйнівне навантаження. Вологість вимірюємо за допомогою електронного вологоміра PROFY SD13 (рис. 3.16.).



Рис. 3.16. Електронний вологомір PROFY SD13

В табл. 3.2. наведено результати визначення маси зразків після впливу температурно-вологісних коливань та їх вологість.

Таблиця 3.2

Результати визначення стійкості клеєного з'єднання до впливів температурно-вологісних коливань, залежно від кількості циклів

Клей	Кількість циклів випробувань	Середня маса зразка, г		Зміна маси зразка, г	Вологість, %
		до випробувань	після випробувань		
Бустилат	6	497,6	535,3	37,7	22
	12	535,3	528,1	-7,2	21
	24	528,1	531,5	3,4	23
	34	531,5	536,8	5,3	20
Рідке скло	6	467,69	499,25	31,56	19
	12	499,25	503,6	4,35	23
	24	503,6	502,1	-1,5	22
	34	502,1	506,4	4,3	20
ПВА	6	444,15	480,2	36,05	20
	12	480,2	478,6	-1,6	22
	24	478,6	482,9	4,3	21
Каучуковий	34	482,9	481,5	-1,4	23
	6	477,57	511,1	33,53	22
	12	511,1	508,8	-2,3	24
Полеуритановий	24	508,8	514,7	5,9	22
	34	514,7	512,2	-2,5	20
	6	490,79	524,5	33,71	20
	12	524,5	527,1	2,6	20
	24	527,1	525,6	-1,5	21
	34	525,6	528,3	2,7	22

3.2. Процес визначення максимального руйнівного навантаження.

Міцність клеєвого з'єднання визначаємо за допомогою експериментальної руйнівної машини Р-5 (рис. 3.17).



Рис. 3.17. Експериментальна руйнівна машина Р-5

Зразок для руйнування розміщуємо у спеціальну конструкцію, яка призначена для руйнування кутових з'єднань таким чином, як це показано на

рис. 3.18.



Рис. 3.18. Розміщення заготовки у випробувальній машині

За допомогою пульта керування (рис. 3.19.) здійснюємо рух верхньою балкою установки для фіксації зразків у стартове положення.



Рис. 3.19. Пульт керування

Всі необхідні показники при даному випробуванні фіксуються автоматично за допомогою програми на ПК, яка підключена до випробувальної машини. Програма налаштована таким чином, що процес руйнування буде здійснюватися до того, коли навантаження на зразок буде дорівнювати 50% від максимального навантаження – тоді випробування призупиняється. При цьому на екран виводиться результат експерименту, в тому числі максимальне зусилля, при якому руйнується зразок, межа міцності та графік прикладання навантаження на зразок.

Процес руйнування зразків зображено на рис. 3.20. – рис. 3.22.



Рис. 3.20. Руйнування зразків типу «полесуритан» та «каучук» відповідно



Рис. 3.21. Руйнування зразків типу «ПВА» та «рідке скло»



Рис. 3.22. Руйнування зразків типу «Бустилат»

Після руйнування зразків важливо детально роздивитися зразки, аби дати оцінку міцності клеєвого з'єднання. На зразках із використанням поліуританового клею Soudal 66A-D4 (рис. 3.23.) руйнування відбулося більшою мірою по деревині та частково по клеєвому шву.



Рис. 3.23. Зруйнований зразок типу «поліуритан»

За допомогою програми, результати руйнування зразка можна побачити на графіку (рис. 3.24.). Максимальне середнє руйнівне навантаження в даному випадку становить 2125,42 Н, а межа міцності – 0,29 Н/мм².

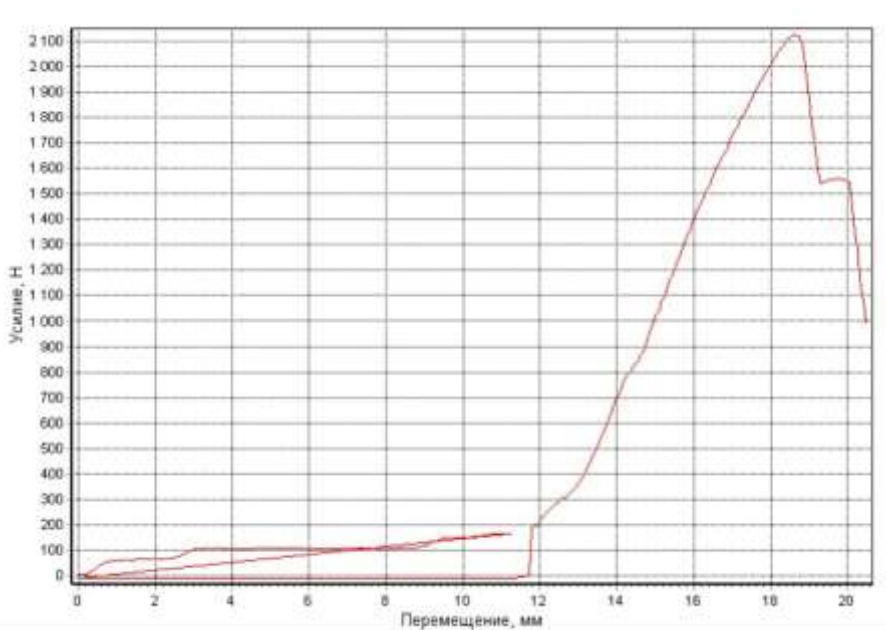


Рис. 3.24. Процес руйнування зразка з поліуритановим клеєм при навантаженні

Наступна група зразків, які були склеєні каучуковим клеєм Tytan Classic FIX, також демонструє руйнування як по деревині, так і по клеєвому шву (рис. 3.25).



Рис. 3.25. Зруйнований зразок типу «каучук»

Максимальне середнє руйнівне навантаження при застосуванні клею каучукового становить 1236,64 Н, а також межу міцності 0,17 Н/мм² (рис. 3.26.).

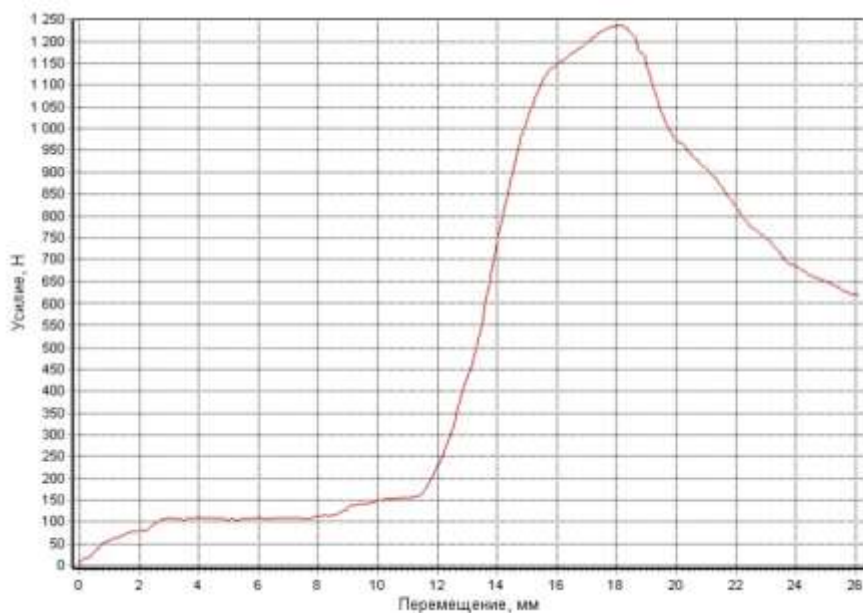


Рис. 3.26. Процес руйнування зразка з каучуковим клеєм при навантаженні

Група зразків, які були з'єднані клеєм ПВА «Люкс» D4, теж показала не поганий результат. Руйнування відбулося здебільшого по клеєвому шву, проте є також і невеличкі сколи по самій деревині (рис. 3.27).



Рис. 3.27. Зруйнований зразок типу «ПВА»

Максимальне середнє зусилля при зломі становить 1248,87 Н, межа міцності – 0,17 Н/мм² (рис. 3.28.).

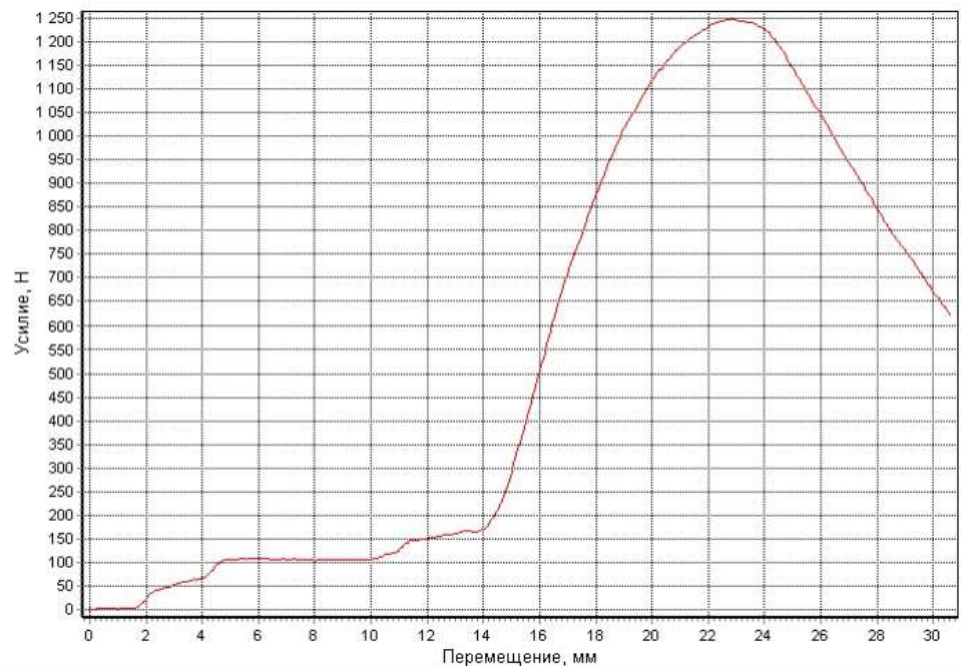


Рис. 3.28. Процес руйнування зразка з клеєм ПВА при навантаженні

Зразки, склеєні рідким склом, зруйнувалися виключно по клеєвому шву, тріщин в деревині не спостерігалось (рис. 3.29.).



Рис. 3.29. Зруйнований зразок типу «рідке скло»

Максимальне середнє руйнівне навантаження при застосуванні рідкого скла становить 885,94 Н, а межа міцності – 0,12 Н/мм² (рис. 3.30.).

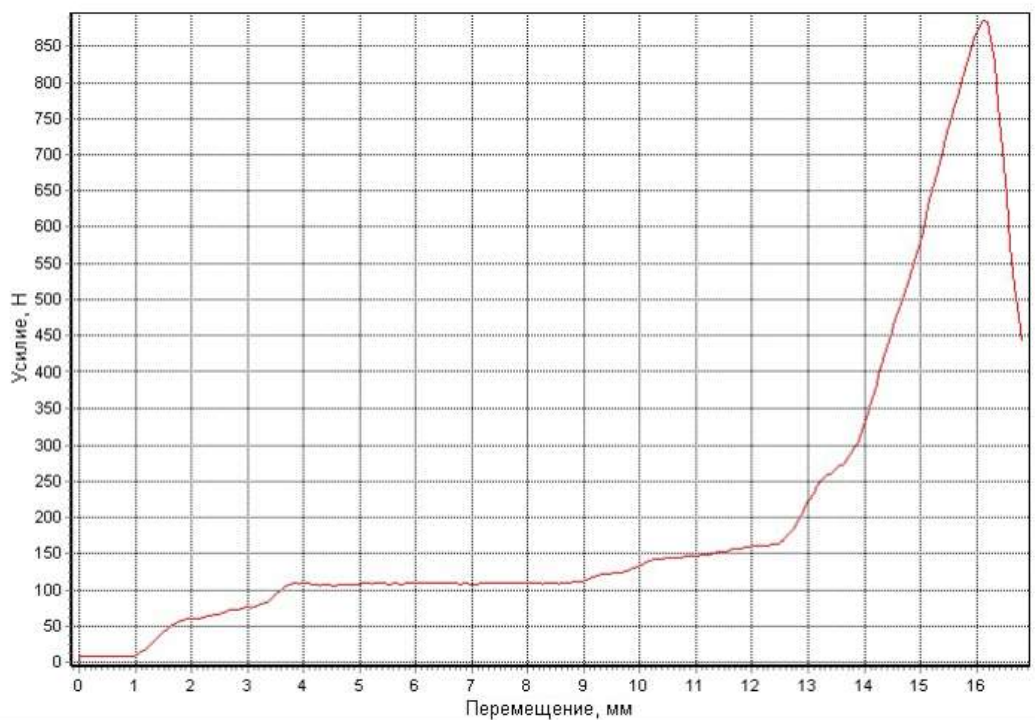


Рис. 3.30. Процес руйнування зразка з рідким склом при навантаженні

Останніми проходили випробування зразки з використанням клею будівельного «БУСТИЛАТ Д». З виду, як і у випадку з рідким склом, руйнування здійснювалось тільки по площі склеювання (рис. 3.31.).



Рис. 3.31. Зруйнований зразок типу «бустилат»

Максимальне середнє руйнівне навантаження при застосуванні даного клеючого засобу є найменшим з усіх зразків і становить 515,68 Н, межа міцності відповідно – 0,07 Н/мм² (рис. 3.32.).

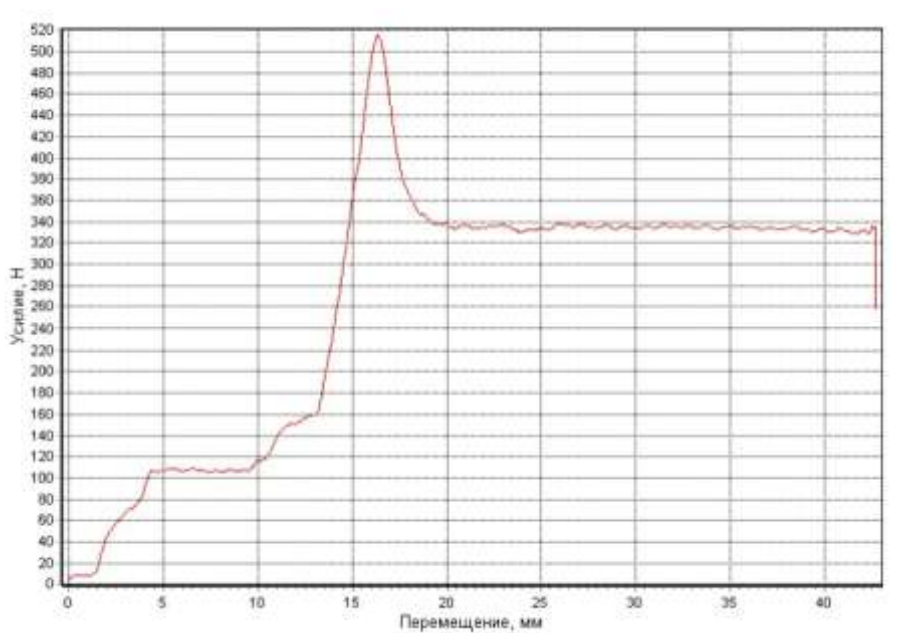


Рис. 3.32. Процес руйнування зразка з клеєм «Бустилат Д» при навантаженні

Результати досліджень на максимально руйнівні навантаження наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Зведена таблиця результатів досліджень

Тип клею	Межа міцності, Н/мм ²	Максимальне зусилля	Подовження по L0, %	Подовження по L1, %
Полеуритановий	0,29	2125,42	6,83%	968,30%
Каучуковий	0,17	1236,64	8,71%	987,10%
ПВА	0,17	1248,87	10,21%	1002%
Рідке скло	0,12	885,94	5,60%	956%
Бустилат	0,07	515,68	14,23%	1042%

3.4. Висновки до розділу 3.

Проведені експериментальні дослідження по визначенню максимального зусилля на руйнування клеєного шару кута вікна, показали що застосування клеєного засобу на основі бустилату та рідкого скла показали одні з найнижчих результатів, оскільки, дані клеї не витримують температурно вологісних коливань у широких межах.

Зниження адгезійної здатності для бустилату пов'язано з тим що він водно-дисперсійний клей є неморозостійким та при низькому рівні температури вона втрачає свої властивості. А клей на основі рідкого скла має лужне середовище (рН більше за 10), а деревина вміщує окремі компоненти смоляних кислот, які взаємодіють з клеєним шаром, знижуючи адгезію.

Застосування каучукового клею та ПВА досить добре забезпечує адгезію завдяки своїм властивостям, оскільки клейовий склад повинен володіти достатньою еластичністю, щоб дозволити деревині розширюватися і всихати під впливом температури. Ще кращий результат отримано для поліуретанового клею, який показав найбільшу межу міцності, що і дозволяє стверджувати про відповідність виявленого механізму формування властивостей клеєного шару і практичну привабливість пропонувані технологічних рішень.

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК. ПРИЙНЯТТЯ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ.

4.1. Метод розставляння пріоритетів.

Суть методу розставляння пріоритетів полягає в попарному якісному порівнянні конкуруючих об'єктів з подальшим переходом на кількісні оцінки з використанням конкретних значень показників властивостей конкурентів, а за їх відсутності – експертних оцінок. Порівняння проводять в матричній формі (за допомогою знаків $>$; $<$; $=$), 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). Загальна таблиця характеристик клеїв вказана в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Характеристики клеїв

№	Назва клею	В'язкість, МПа с	Витрати, г/м ²	Термін висихання, год.	Термостійкість °С	Ціна, грн/кг
1	ПВА «Люкс» D4	6500	250	18	120	350,58
2	Поліуретановий клей Soudal 66A D4	5000	150	1	100	190
3	Каучуковий Клей Tytan Classic FIX	4500	300	72	60	111
4	Клей будівельний «БУСТИЛАТ – Д»	6000	850	24	80	47
5	Рідке скло	4500	300	0,15	1300	36

В даному випадку в конкурсі беруть участь 5 клей та 5 характеристик. Тому будемо квадратні матриці бінарних відношень, яких, відповідно, також буде 5. Для кожної характеристики складемо свою матрицю.

Першою буде матриця порівняння клей за в'язкістю (табл. 4.2)

Таблиця 4.2

Матриця порівняння клей за в'язкістю

	A1	A2	A3	A4	A5	K	w
	6500	5000	4500	6000	4500		
A1	6500	=	<	<	<		
A2	5000	>	=	<	>		
A3	4500	>	>	=	>	3	0,50
A4	6000	>	<	<	=		
A5	4500	>	>	=	=		

У даній таблиці: A1-A5 – це клей, відповідно до табл. 4.1; K – показник, який показує у скільки разів найкраща оцінка відрізняється від найгіршої; w – коефіцієнт переваги. Символами краще «>», дорівнює «=», гірше «<» позначаються співвідношення об'єктів у відповідних стовпцях та рядках.

Згідно з цим, показник K розраховується за формулою:

$$K_j = \frac{X_{ij\max}}{X_{ij\min}} \quad (4.1)$$

де $X_{ij\max}$ – максимальна оцінка i -того об'єкта по j -му показнику; $X_{ij\min}$ – мінімальна оцінка i -того об'єкта по j -му показнику. Для першого випадку буде:

$$K_j = \frac{3}{1} = 3$$

За знайденим коефіцієнтом K_j визначають коефіцієнт ω_j :

$$\omega_j = \left(\frac{K-1}{K+1} + \sqrt{\frac{0,05}{n}} \right) \beta_v \quad (4.2)$$

Для першої ітерації $\beta_v = 1$

$$\omega_j = \left(\frac{3-1}{3+1} + \sqrt{\frac{0,05}{7}} \right) * 1 = 0,50$$

За таким самим принципом складаємо матриці для інших характеристик.

Матриця порівняння клеїв за витратами зображена в табл. 4.3. Пріоритет надається клею із найменшими витратами для його заощадження.

Таблиця 4.3

Матриця порівняння клеїв за витратами

	A1	A2	A3	A4	A5	K	w
	250	150	300	850	300	2,00	0,34
A1	250	=	<	>	>		
A2	150	>	=	>	>		
A3	300	<	<	=	=		
A4	850	<	<	<	<		
A5	300	<	<	=	=		

Матриця порівняння клеїв за терміном висихання зображена в табл. 4.4. Чим швидше висихає клей, тим швидше можна ввести виріб в експлуатацію, який було склеєно тим чи іншим клеєм.

Таблиця 4.4

Матриця порівняння клеїв за терміном висихання

	A1	A2	A3	A4	A5	K	w
	18	1	72	24	0,15	5	0,67
A1	18	=	<	>	<		
A2	1	>	=	>	<		
A3	72	<	<	=	<		
A4	24	<	<	=	<		
A5	0,15	>	>	>	=		

Матриця порівняння клеїв за термостійкістю зображена в табл. 4.5.

Пріоритет надається клеям із найвищою термостійкістю, щоб запобігти загорянню при експлуатації.

Таблиця 4.5

Матриця порівняння клеїв за термостійкістю

	A1	A2	A3	A4	A5	K	w
	120	100	60	80	1300	5	0,67
A1	120	=	<	<	>		
A2	100	>	=	<	>		
A3	60	>	>	=	>		
A4	80	>	>	<	=		
A5	1300	<	<	<	=		

Матриця порівняння клеїв за ціною зображена в табл. 4.6. Ціна має важливе значення при виборі клеїв, саме тому у даному випадку пріоритет надається найдешевшому клею.

Таблиця 4.6

Матриця порівняння клеїв за ціною

	A1	A2	A3	A4	A5	K	w
	350,58	190	111	47	36		
A1	350,58	=	<	<	<		
A2	190	>	=	<	<		
A3	111	>	>	=	<	2,5	0,43
A4	47	>	>	>	=		
A5	36	>	>	>	>		

Після цього переходимо до наступного етапу: замість знаків «<», «=» та

«>» записуємо кількісні значення. Члени a_{ij} матриць суміжності $A_j = \| a_{ij} \|$

визначають наступним чином:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1+\omega & \text{при } X_{ij} > X_{ej} \\ 1 & \text{при } X_{ij} = X_{ej} \\ 1-\omega & \text{при } X_{ij} < X_{ej} \end{cases} \quad (4.3)$$

Таку процедуру виконуємо до кожної із характеристик.

Матриця кількісних значень порівняння клеїв за в'язкістю зображена в табл. 4.7.

Таблиця 4.7

Матриця кількісних значень порівняння клеїв за в'язкістю

	A1	A2	A3	A4	A5
	6500	5000	4500	6000	4500
A1	6500	1	0,5	0,5	0,5
A2	5000	1,5	1	1,5	0,5
A3	4500	1,5	1,5	1	1
A4	6000	1,5	0,5	0,5	1
A5	4500	1,5	1,5	1	1

Матриця кількісних значень порівняння клеїв за витратами зображена в табл. 4.8.

Таблиця 4.8

Матриця кількісних значень порівняння клеїв за витратами

		A1	A2	A3	A4	A5
		250	150	300	850	300
A1	250	1	0,66	1,34	1,34	1,34
A2	150	1,34	1	1,34	1,34	1,34
A3	300	0,66	0,66	1	1,34	1
A4	850	0,66	0,66	0,66	1	0,66
A5	300	0,66	0,66	1	1,34	1

Матриця кількісних значень порівняння клеїв за терміном висихання зображена в табл. 4.9.

Таблиця 4.9

Матриця кількісних значень порівняння клеїв за терміном висихання

		A1	A2	A3	A4	A5
		18	1	72	24	0,15
A1	18	1	0,33	1,67	1,67	0,33
A2	1	1,67	1	1,67	1,67	0,33
A3	72	0,33	0,33	1	0,33	0,33
A4	24	0,33	0,33	1,67	1	0,33
A5	0,15	1,67	1,67	1,67	1,67	1

Матриця кількісних значень порівняння клеїв за термостійкістю зображена в табл. 4.10.

Таблиця 4.10

Матриця кількісних значень порівняння клеїв за термостійкістю

		A1	A2	A3	A4	A5
		120	100	60	80	1300
A1	120	1	0,33	0,33	0,33	1,67
A2	100	1,67	1	0,33	0,33	1,67
A3	60	1,67	1,67	1	1,67	1,67
A4	80	1,67	1,67	0,33	1	1,67
A5	1300	0,33	0,33	0,33	0,33	1

НУБІП УКРАЇНИ

Матриця кількісних значень порівняння клеїв за ціною зображена в табл. 4.11.

Таблиця 4.11

Матриця кількісних значень порівняння клеїв за ціною

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	350,58	190	111	47	36
A2	350,58	1	0,57	0,57	0,57
A3	190	1,43	1	0,57	0,57
A4	111	1,43	1,43	1	0,57
A5	47	1,43	1,43	1,43	1
A5	36	1,43	1,43	1,43	1,43

Для визначення пріоритету кожного клею по кожній характеристиці P_j і пріоритету показника P_j вводимо поняття потужності критерію L – го порядку

$P(L)$, що розраховують по рядках за даними формулами:

Для першої ітерації:

$$P_i(1) = \sum_{j=1}^n a_j; \quad (4.4)$$

$$P_i(1) = 1 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 = 3,00$$

$$P_i(1) = \sum_{j=1}^m a_j; \quad (4.5)$$

$$\sum P_i(1) = 3,00 + 5,00 + 6,50 + 4,00 + 6,50 = 25,00$$

$$P_{ij}(1) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}; \quad (4.6)$$

$$P_{ij}(1) = \frac{3,00}{25,00} = 0,12$$

$$\sum P_{ij}(1) = 0,12 + 0,20 + 0,26 + 0,16 + 0,26 = 1,00$$

Для другої ітерації:

$$P_2 = 1 * 3,00 + 0,5 * 5,00 + 0,5 * 6,50 + 0,5 * 4,00 + 0,5 * 6,50 = 14,00$$

$$P_i(2) = \sum_{j=1}^m a_j; \quad (4.7)$$

$$\sum P_i(2) = 14,00 + 22,00 + 31,00 + 17,50 + 31,00 = 115,50$$

$$P_{ij}(2) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}; \quad (4.8)$$

$$P_{ij}(2) = \frac{14,00}{115,50} = 0,12$$

$$\sum P_{ij}(2) = 0,12 + 0,19 + 0,27 + 0,15 + 0,27 = 1,00$$

Для третьої ітерації:

$$P3 = 1,00 * 14,00 + 0,5 * 22,00 + 0,5 * 31,00 + 0,5 * 17,50 + 0,5 * 31,00$$

$$P_i(3) = \sum_{j=1}^m a_{ij}; \quad (4,9)$$

$$\sum P_i(3) = 64,75 + 100,25 + 142,25 + 80,50 + 142,25 = 530,00$$

$$P_{ij}(3) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}; \quad (4.10)$$

$$P_{ij}(3) = \frac{64,75}{530,00} = 0,12$$

$$\sum P_{ij}(3) = 0,12 + 0,19 + 0,27 + 0,15 + 0,27 = 1,00$$

Дані розрахунки за формулами проводимо і для інших рядків для визначення пріоритетів та заносимо результати в табл. 4.12 – 4.16. Матрицю суміжності за в'язкістю зображено в табл. 4.12.

Таблиця 4.12

Матриця суміжності за в'язкістю

	A1	A2	A3	A4	A5	P1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
	6500	5000	4500	6000	4500						
A1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	3,00	0,12	14,00	0,12	64,75	0,12
A2	1,5	1	0,5	1,5	0,5	5,00	0,20	22,00	0,19	100,25	0,19
A3	1,5	1,5	1	1,5	1	6,50	0,26	31,00	0,27	142,25	0,27
A4	1,5	0,5	0,5	1	0,5	4,00	0,16	17,50	0,15	80,50	0,15
A5	1,5	1,5	1	1,5	1	6,50	0,26	31,00	0,27	142,25	0,27
						25,00	1,00	115,50	1,00	530,00	1,00

Матрицю суміжності за витратами зображено в табл. 4.13.

Таблиця 4.13

Матриця суміжності за витратами

	A1	A2	A3	A4	A5	P1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
	250	150	300	850	300						
A1	1	0,66	1,34	1,34	1,34	5,68	0,23	27,24	0,23	131,04	0,23
A2	1,34	1	1,34	1,34	1,34	6,36	0,25	31,34	0,26	150,96	0,26
A3	0,66	0,66	1	1,34	1	4,66	0,19	22,14	0,18	106,72	0,18
A4	0,66	0,66	0,66	1	0,66	3,64	0,15	17,74	0,15	85,63	0,15

A5	0,66	0,66	1	1,34	1	4,66	0,19	22,14	0,18	106,72	0,18
						25	1,00	120,61	1,00	581,07	1,00

Матрицю суміжності за терміном висихання зображено в табл. 4.14.

Таблиця 4.14

Матриця суміжності за терміном висихання

	A1	A2	A3	A4	A5	P1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
	18	1	72	24	0,15						
A1	1	0,33	1,67	1,67	0,33	5,00	0,20	19,61	0,17	89,94	0,18
A2	1,67	1	1,67	1,67	0,33	6,34	0,25	31,24	0,27	124,02	0,25
A3	0,33	0,33	1	0,33	0,33	2,32	0,09	11,37	0,10	46,49	0,09
A4	0,33	0,33	1,67	1	0,33	3,66	0,15	16,93	0,14	65,45	0,13
A5	1,67	1,67	1,67	1,67	1	7,68	0,31	38,63	0,33	170,83	0,34
						25	1,00	117,79	1,00	496,73	1,00

Матрицю суміжності за термостійкістю зображено в табл. 4.15.

Таблиця 4.15

Матриця суміжності за термостійкістю

	A1	A2	A3	A4	A5	P1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
	120	100	60	80	1300						
A1	1	0,33	0,33	0,33	1,67	3,66	0,15	13,81	0,13	57,72	0,09
A2	1,67	1	0,33	0,33	1,67	5,00	0,20	19,61	0,18	157,85	0,22
A3	1,67	1,67	1	1,67	1,67	7,68	0,31	36,60	0,34	189,09	0,31
A4	1,67	1,67	0,33	1	1,67	6,34	0,25	27,21	0,25	170,13	0,27
A5	0,33	0,33	0,33	0,33	1	2,32	0,09	9,80	0,09	64,75	0,10
						25	1,00	107,04	1,00	619,53	1,00

Матрицю суміжності за ціною зображено в табл. 4.16.

Таблиця 4.16

Матриця суміжності за ціною

	A1	A2	A3	A4	A5	P1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
	350,58	190	111	47	36						
A1	1	0,57	0,57	0,57	0,57	3,28	0,13	15,66	0,13	73,77	0,13
A2	1,43	1	0,57	0,57	0,57	4,14	0,17	18,85	0,16	88,61	0,16
A3	1,43	1,43	1	0,57	0,57	5,00	0,20	22,78	0,19	106,51	0,19
A4	1,43	1,43	1,43	1	0,57	5,86	0,23	27,45	0,23	128,11	0,23
A5	1,43	1,43	1,43	1,43	1	6,72	0,27	32,86	0,28	154,04	0,28
						25	1,00	117,60	1,00	551,04	1,00

4.2. Метод експертних оцінок.

Метод експертних оцінок - це один з основних класів методів науково-технічного прогнозування, який ґрунтується на припущенні, що на основі думок експертів можна збудувати адекватну модель майбутнього розвитку об'єкта прогнозування. Для цього методу важливим є підготування анкети (листа-опитування) та вибір спеціалістів – експертів. Зазвичай приймають 5 – 7 експертів.

При розрахунках збільшення кількості експертів підвищує точність та достовірність результатів. Методика оброблення експертних оцінок включає наступні етапи:

1. Необхідно розрахувати середнє значення x_{ij} , середнє квадратичне відхилення S_{ij} по кожному ряду відповідей. Для прикладу проводимо розрахунок по в'язкості клеїв:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^m x_i}{m}, \quad (4.11)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{2+3+2+3+2+3+1}{7} = 2,29,$$

де x_i – оцінка конкретного експерта по конкретному питанню, m – кількість експертів.

Для знаходження S_{ij} потрібно визначити різницю між середнім значенням балу та конкретною оцінкою експерта:

$$x_{ij} - x_i = 2,29 - 2 = 0,29 \quad (4.12)$$

Даний розрахунок проводиться для кожної експертної оцінки.

Далі отримане значення підносимо до квадрату:

$$(x_{ij} - x_i)^2 = (0,29)^2 = 0,08 \quad (4.13)$$

Також такий розрахунок проводимо по кожній оцінці експерта.

Розрахунок середнього квадратичного відхилення проводимо за формулою:

$$S_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_i - \bar{x}_{ij})^2}{m-1}} \quad (4.14)$$

$$S_{ij} = \sqrt{\frac{0,08+0,51+0,08+0,51+0,08+0,51+1,65}{7-1}} = 0,29,$$

де x_{ij} – оцінка j -го експерта по i -му питанню; m – кількість експертів.

Порівнюючи середні квадратичні відхилення відповідей по кожному показнику, встановлюємо, в якому із них більше розсіювання відповідей експертів навколо середнього значення. Так визначається стійкість результатів середнього значення оцінки експертів. При меншому середньому квадратичному відхиленні є більш узгодженою оцінка експертів, відповідно, більшим буде

коефіцієнт узгодження експертів по кожному ряду відповідей K_{Eij} .

Далі знаходимо за формулою коефіцієнту варіації, V_{ij} , для порівняння стійкості оцінок різних питань, який характеризує відносне розсіяння результату:

$$V_{ij} = \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \times 100\% \quad (4.15)$$

$$V_{ij} = \frac{0,29}{2,29} \times 100\% = 0,13$$

Коефіцієнт варіації буде меншим, при більшому загальному коефіцієнту погодження експертів K_E , відповідно, більш узгодженими є думки експертів.

Визначаємо коефіцієнт погодження експертів на прикладі в'язкості:

$$K_{Eij} = 1 - \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \quad (4.16)$$

$$K_{Eij} = 1 - 0,12 = 0,88,$$

Так само розраховуємо коефіцієнт погодження експертів для інших характеристик.

2. Потім визначаємо загальний коефіцієнт погодження експертів:

$$K_E = \frac{\sum_{i=1}^n K_{Eij}}{\sum_{i=1}^n m_{ij}} \quad (4.17)$$

$$K_E = (0,88 + 0,96 + 0,57 + 0,60 + 0,70) / 7 = 0,53,$$

де n – кількість питань в анкеті; m_{ij} – кількість оцінок по i -ому питанню в кожному з вирівняних рядів.

Із формули видно, що даний коефіцієнт відповідає вимогам $0,5 \leq K_E \leq 1$, тому думка експертів вважається погодженою.

В табл. 4.17 наведено розрахунки щодо результатів експертної оцінки пріоритетних показників для інших характеристик клеїв.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 4.17

Результат експертної оцінки пріоритетних показників

К-ть експертів	В'язкість			Витрати, г/м ²			Термін висихання, год.			Термостійкість °С			Ціна, грн/кг		
	X_i	$X_c - X_i$	$(X_c - X_i)^2$	X_i	$X_c - X_i$	$(X_c - X_i)^2$	X_i	$X_c - X_i$	$(X_c - X_i)^2$	X_i	$X_c - X_i$	$(X_c - X_i)^2$	X_i	$X_c - X_i$	$(X_c - X_i)^2$
1	2	-0,29	0,08	2	-0,14	0,02	5	-2,14	4,59	3	0,00	0,00	5	-2,00	4,00
2	3	-0,71	0,51	1	0,86	0,73	1	1,86	3,45	2	1,00	1,00	3	0,00	0,00
3	2	0,29	0,08	2	-0,14	0,02	5	-2,14	4,59	5	-2,00	4,00	5	-2,00	4,00
4	3	-0,71	0,51	2	-0,14	0,02	2	0,86	0,73	1	2,00	4,00	3	0,00	0,00
5	2	0,29	0,08	2	-0,14	0,02	2	0,86	0,73	5	-2,00	4,00	5	-2,00	4,00
6	3	-0,71	0,51	2	-0,14	0,02	3	-0,14	0,02	3	0,00	0,00	3	0,00	0,00
7	1	1,29	1,65	2	-0,14	0,02	2	0,86	0,73	2	1,00	1,00	2	1,00	1,00
Середнє значення балу		2,29			1,86			2,86			3,00			3,71	
Середнє квадратичне відхилення		0,29			0,07			1,24			1,17			1,08	
Коеф. Варіації/100 %		0,125			0,04			0,43			0,4			0,3	
Кексп.1			0,875		Кексп. 2	0,96		Кексп. 3	0,57		Кексп. 4	0,6		Кексп. 5	0,7
Кексп								0,53							

Оскільки середній коефіцієнт погодження експертів відповідає вимогам, то маємо можливість побудувати матрицю бінарних відношень вагомості показників (табл. 4.18.).

Таблица 4.18

Матриця бінарних відношень вагомості показників

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	w
	2,29	1,86	2,86	3,00	3,71		
2,29	=	>	<	<	<	2,00	0,34
1,86	<	=	<	<	<		
2,86	>	>	=	<	<		
3,00	>	>	>	=	<		
3,71	>	>	>	>	=		

Співвідношення значень виражаємо математичними символами «>», «=», «<». Визначаємо у скільки разів найвищий показник перевершує найнижчий за формулою:

$$K_j = \frac{3,71}{1,86} = 2,00 \tag{4.17}$$

Потім знаходимо коефіцієнт ω , за формулою:

$$\omega = \left(\frac{2,00-1}{2,00+1} + \sqrt{\frac{0,05}{7}} \right) \times 1 = 0,34 \tag{4.17}$$

Далі переходимо до складання матриці суміжності для порівняння показників, що характеризують клеї (табл. 4.19.).

Таблица 4.19

Матриця суміжності для порівняння показників, що характеризують клеї

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	w	P1	P1*	P2	P2*
	2,29	1,86	2,86	3,00	3,71						
2,29	1	0,66	1,34	1,34	1,34	2,00	0,34	5,67	0,227	27,24	0,226
1,86	1,34	1	1,34	1,34	1,34			6,35	0,254	31,31	0,260
2,86	0,66	0,66	1	1,34	1,34			5,00	0,200	23,66	0,196
3,00	0,66	0,66	0,66	1	1,34			4,33	0,173	20,51	0,170
3,71	0,66	0,66	0,66	0,66	1			3,65	0,146	17,81	0,148
								25,01	1,00	120,54	1,00

Коли відомі пріоритети клеїв по одиничних показниках і пріоритети показників, будемо підсумкову матрицю для розрахунку комплексного

пріоритету (табл. 4.20.), яких аналогічно розраховується для всіх клеїв таким чином:

$$P_2 = 0,12 * 0,23 + 0,23 * 0,26 + 0,18 * 0,20 + 0,09 * 0,17 + 0,13 * 0,15 = 0,16$$

Таблиця 4.20

Підсумкова матриця

Назва клею	Пріоритет клеїв по підсумкових показниках					Пріоритет показника по матриці бінарних відношень		Комплексний пріоритет клеїв
	1	2	3	4	5	Номер	Значення	
ПВА «Люкс» D4	0,12	0,23	0,18	0,09	0,13	1,00	0,23	0,16
Поліуретановий клей Soudal 66A D4	0,19	0,26	0,25	0,22	0,16	2,00	0,26	0,22
Каучуковий Клей Tutan Classic FIX	0,27	0,18	0,09	0,31	0,19	3,00	0,20	0,21
Клей будівельний «БУСТИЛАТ – Д»	0,15	0,15	0,13	0,27	0,23	4,00	0,17	0,18
Рідке скло	0,27	0,18	0,34	0,10	0,28	5,00	0,15	0,23

Виходячи з розрахунків, бачимо, що найвищий комплексний пріоритет має рідке скло, тому саме його буде найдоцільніше використовувати.

Таким чином, найбільш прийнятним клеєним засобом при виготовленні вікна може бути застосування відповідних речовин [49-52].

4.3. Висновки до розділу 4.

Встановлено, що найбільш доцільним засобом для склеювання деревини є рідке скло за рахунок низької вартості, а також поліуретановий клей, визначений методом експертних оцінок.

ВИСНОВКИ

Проведено аналітичний огляд щодо виготовлення та експлуатації

дерев'яних вікон, виявлено, що основним чинником довговічності вікна є застосування ефективних клеєних речовин.

Проведено підбір найпоширеніших клеєвувих засобів, визначено їх характеристики та умови використання.

Проведено експериментальні дослідження доцільності застосування наведених засобів для склеювання деревини.

Визначені методи досліджень зміни температурно-вологісних полів на клеєний шар деревини. Для дослідження взаємодії та взаємовпливу складових на клеєний шар та їх зв'язок з деревиною, визначення опору руйнування використовували спеціальні методи досліджень.

Проведені експериментальні дослідження по визначенню максимального зусилля на руйнування клеєного шару кута вікна, показали що застосування клеєного засобу на основі бустилату та рідкого скла показали одні з найнижчих результатів, оскільки, дані клеї не витримують температурно вологісних коливань у широких межах.

Зниження адгезійної здатності для бустилату пов'язано з тим що він водно-дисперсійний клей є неморозостійким та при низькому рівні температури вона втрачає свої властивості. А клей на основі рідкого скла має лужне середовище (рН більше за 10), а деревина вміщує окремі компоненти смоляних кислот, які взаємодіють з клеєним шаром, знижуючи адгезію.

Застосування каучукового клею та ПВА досить добре забезпечує адгезію завдяки своїм властивостям, оскільки клейовий склад повинен володіти достатньою еластичністю, щоб дозволити деревині розширюватися і всихати під впливом температури. Ще кращий результат отримано для поліуретанового

клею, який показав найбільшу межу міцності, що і дозволяє стверджувати про відповідність виявленого механізму формування властивостей клеєного шару і практичну привабливість пропонованих технологічних рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Все про вікна: конструкції і матеріали: веб-сайт. URL:

<https://bankchart.com.ua/money/comfort/statti/vse-pro-vikna-konstruktsiyi-i-materiali>

2. Ференц О.Б. Технологія столярних виробів. Навчальний посібник / Ференц О.Б., Максимів В.М. – Львів: НЛТУ України, 2011 – 400 с.

3. Дерев'яні вікна – великі види і як відкривати. Різновиди дерев'яних вікон:

: веб-сайт. URL: <https://instrumentvistre.ru/uk/derevyannye-okna-bolshie-vidy-i-kak-otkryvat-raznovidnosti-derevyannyh-okon.html>

4. Чому квартирки для провітрювання кімнат поміщають у верхній частині вікна? веб-сайт. URL: <https://rivnel.tv/news/89918-chomu-kvatirki-dlya-provitryuvannya-kimnat-pomishchayut-u-verkhniy-chastini-vikna>

5. Вікна у приватний будинок/на дачу: веб-сайт. URL: <https://viknafabrika.lviv.ua/metaloplastikove-vikna/vikna-u-privatnyi-budynok-dachu/>

6. Дерев'яні вікна: види конструкцій і характеристики. Конструкція дерев'яних вікон. Дерев'яні вікна великі види і як відкривати: веб-сайт. URL: <https://mrcnaves.ru/uk/poleznye-sovety/derevyannye-okna-vidy-konstrukcii-i-harakteristiki/>

7. Різновиди балконів і їх скління: веб-сайт. URL: <https://okna-wdt.com.ua/goodtoknow/riznovydy-balkoniv-i-yih-sklinnya>

8. Які бувають види склопакетів: веб-сайт. URL: <https://stimex.ua/uk/yaki-buvayut-vidi-sklopakativ/>

9. Види склопакетів : веб-сайт. URL: <https://okna360.com.ua/ua/blog/20-vidi-sklopakativ.html>

10. Вікна з дерева. Технологія виготовлення: веб-сайт. URL: <https://viknalviv.top/vikna-z-dereva-tehnologija-vigotovlennja/>

11. Види дерев'яних вікон: веб-сайт. URL: <https://viknalviv.top/vidi-derevjanih-vikon/>

12. Фінські дерев'яні вікна, фінські дворамні вікна, історичні дерев'яні вікна. веб-сайт. URL: <http://www.panorama-bud.com.ua/vikna-stobud.php?id=9&lang=1>

13. Фінські дерев'яні вікна зі склопакетами: веб-сайт. URL: <http://mip-stroy.com.ua/finski-derevyani-vikna-zi-sklopaketami/>

14. Дерев'яні фінські вікна: особливості, переваги, монтаж: веб-сайт. URL: <http://poradum.com/remont/derevyani-finski-vikna-osoblivosti-perhevagi-montazh.html>

15. Шведські дерев'яні вікна – які вони? веб-сайт. URL: <https://oknamagoda.com/okna/derevo/shvedskie-derevyannye-okna.html>

16. Шведські дерев'яні вікна: веб-сайт. URL: <https://kronaokna.ru/blog/shvedskie-derevyannye-okna/>

17. Дерев'яні вікна в європейському вигляді: веб-сайт. URL: <https://wood.ua/uk/blog/post/derev-yani-vikna-v-yevropejskomu-viglyadi-.html>

18. Трьохшаровий віконний брус: веб-сайт. URL: <https://www.carpatia.com.ua/2012/01/14/trohsharovyi-vikonnyi-brus/>

19. Види деревини: веб-сайт. URL: <https://www.okna-modern.com.ua/ua/vidyi-drevesinyi.html>

20. Брус для дерев'яних вікон: веб-сайт. URL: <https://oknaeuro.kiev.ua/ukr/brusdlyaokna>

21. Виготовлення дерев'яних вікон – основні моменти: веб-сайт. URL: <http://montagnik.com/dovidnuk-montagnik/4580-vygotovlenna-derevanyx-vikon.html>

22. Зрошування деревини по довжині: веб-сайт. URL: <http://best-wood.com.ua/statya/25-sraschiyanie.html>

23. КУТОВІ З'ЄДНАННЯ: веб-сайт. URL: <https://jak.koshachek.com/articles/kutovi-z-ednannya.html>

24. Рамкові кутові з'єднання: веб-сайт. URL: <https://msd.com.ua/konstruyuvannya-mebliv/ramkovi-kutovi-z-yednannya/>

25. З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ: веб-сайт. URL: https://stud.com.ua/158003/tehnika/zyednannya_detaley

26. З'єднання столярних елементів і вузлів: веб-сайт. URL:

<https://jak.bono.odessa.ua/articles/z-ednannja-stoljarnih-elementiv-i-vuzliv.php>

27. Види клеїв: веб-сайт. URL: <https://termolan.com.ua/article/vidi-kleju/>

28. Вибір клею — класифікація та види: веб-сайт. URL:

<https://uprom.info/news/vybir-kleju-klasyfikacziya-ta-vydy/>

29. Який клей для деревини краще: веб-сайт. URL:

<https://estradе.com.ua/yakuj-klej-dlya-dereviny-krasche/>

30. Кращі столярні клеї, ТОП-10 рейтингу клеїв для дерева 2020: веб-сайт.

URL: <https://ogorod.biz.ua/krashhi-stoljarni-klei-top-10-rejtingu-kleiv-dlja/>

31. Види столярного клею і особливості його використання: веб-сайт.

URL: <https://beauti-home.com/40552-types-of-wood-glue-and-features-of-its-use>

32. ПОЛІУРЕТАНОВИЙ КЛЕЙ ДЛЯ ДЕРЕВА TEKNO DENIZ TUTKALI:

веб-сайт. URL:

[HTTPS://SANPOL.UA/UA/CATALOGUE/GIDROIZOLYATSIYA/GERMETIKI-I-KLEYI/POLIURETANOVYU-KLEY-DLYA-DEREVA-TEKNO-DENIZ-TUTKALI/](https://sanpol.ua/ua/catalogue/gidroizolyatsiya/germetiki-i-kleyi/poliuretANOVyy-kley-dlya-dereva-tekno-deniz-tutkali/)

33. Для чого використовують рідке скло: веб-сайт. URL:

<https://megabud.com.ua/articles/stroitelnye-materialy/primenenie-zhydkogo-stekla/>

34. НАВІЩО ПОТРІБНО РІДКЕ СКЛО? СЕКРЕТИ ВИКОРИСТАННЯ:

веб-сайт. URL: <https://ukrsil.com/navishcho-potribno-ridke-sklo-sekrety-vykorystannya/>

35. Рідке скло – застосування в різних галузях інструкції: веб-сайт. URL:

<https://remontu.com.ua/ridke-sklo-zastosuvannya-v-riznix-galuzyah-instrukciya-video>

36. Рідке скло для дерева: обробка деревини і основи виробництва: веб-

сайт. URL: <http://poradum.com/remont/ridke-sklo-dlya-dereva-obrobka-derevini-i-osnovi-virobництва.html>

37. Види клею. Яким клеєм приклеїти що: веб-сайт. URL:

<https://gradusok.com.ua/ua/a237830-vidy-kleya-kakim.html>

38. Клей для дерева: який вибрати? веб-сайт. URL:

<http://atmwood.com.ua/2014/11/18/klej-dlya-dereva-kakoj-vybrat/>

39. Клей бустилат: основні властивості та варіанти використання: веб-сайт.

URL: <http://kleiexpert/klej-bustilat>

40. Клей для дерева д4 (D4): веб-сайт. URL: [https://lux-](https://lux-x.com.ua/novosti/vodostijki-klej-pva-dlya-skleyuvannya-derevini-klasu-d4/)

[x.com.ua/novosti/vodostijki-klej-pva-dlya-skleyuvannya-derevini-klasu-d4/](https://lux-x.com.ua/novosti/vodostijki-klej-pva-dlya-skleyuvannya-derevini-klasu-d4/)

41. Клей для дерева поліуретановий вологостійкий 0.75кг, жовтий, 66А d4,

Soudal [000030000066007500] Соудал: веб-сайт. URL: [https://elnik.shop/ua/kley-](https://elnik.shop/ua/kley-dlya-dereva-66a-poliuretanovyy-d4-0.75-kilogram/)

[dlya-dereva-66a-poliuretanovyy-d4-0.75-kilogram/](https://elnik.shop/ua/kley-dlya-dereva-66a-poliuretanovyy-d4-0.75-kilogram/)

42. Клей монтажний Classic Fix: веб-сайт. URL:

<https://tytan.com.ua/produkt/montazhni-klej/kley-montazhny-classic-fix/>

43. Клей будівельний «Бустилат - Д»: веб-сайт. URL:

<https://divotsvit.com.ua/shop/product/klei-stroitelnyi-bustilat-d>

44. Клей будівельний «БУСТИЛАТ - Д» 1,2 кг: веб-сайт. URL:

<https://prom.ua/ua/p39520485-klej-stroitelnyi-bustilat.html>

45. Клей Рідке скло FLORA Colour 2,5 кг: веб-сайт. URL:

<https://okoloremonta.ua/ua/kley-zhidkoe-steklo-dnepr-kontakt-25-kg/>

46. Соснова деревина: характеристики, використання та породи деревини:

веб-сайт. URL: <https://www.renovablesyverdes.com/uk/madera-de-pino/>

47. Особливості та переваги сосни як будівельного матеріалу: веб-сайт.

URL: [https://derevodim.com.ua/construction/articles/osoblyvosti-ta-perevahy-sosny-](https://derevodim.com.ua/construction/articles/osoblyvosti-ta-perevahy-sosny-yak-budi)

[yak-budi](https://derevodim.com.ua/construction/articles/osoblyvosti-ta-perevahy-sosny-yak-budi)

48. Як вибрати фрезерний верстат по дереву: веб-сайт. URL:

<https://www.vdr.com.ua/uk/articles/kak-vybrat-frezernyi-standok-po-derevu.html>

49. І. П. Войтович «Основи технології виробів з деревини». Львів. НЛТУ

України, 2004. – 224с.

50. Марченко М.В. Мазурчук С.М. Технологія столярних виробів

Методичні вказівки до вивчення курсу з дисципліни «Технологія столярних виробів для студентів ОС «Бакалавр» очної та заочної форми навчання напряму

підготовки 6.0501801 «Деревооброблювальні технології» - К.: НУБіП України, 2015 – 99 с.

НУБіП України

51. Конфігурація і дизайн пластикових вікон: веб-сайт. URL: <https://okna-wdt.com.ua/goodtoknow/konfiguraciya-i-dyzayn-plastykovyh-vikon>

52. Пінчевська О.О. Головач В.М. Навчальне видання Методичні вказівки до виконання курсового проєкту ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБЛЕННЯ ДЕРЕВИНИ для студентів ННІ ЛіСПП зі спеціальності 187 – деревообробні та меблеві технології - К.: НУБіП України, 2021 – 64 с.

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України