

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

НУБІП України

УДК 694.1

ПОГОДЖЕНО ДИРЕКТОРОМ ІННІ
лісового і садово-паркового господарства

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
В.о. завідувача кафедри
технологій та дизайну виробів з
деревини

НУБІП України

Роман ВАСИЛИШИН (підпис) 2023 р.

Андрій СПРОЧКІН (підпис) 2023 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Обґрунтування можливості підвищення стійкості зовнішніх
дерев'яних конструкцій»

НУБІП України

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Освітня програма: Деревообробні та меблеві технології

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми
д.т.н., проф. Олена ПІНЧЕВСЬКА (підпис)

НУБІП України

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. Віталій РОМАНЮК (підпис)

Олександра ГОРБАЧОВА (підпис)

НУБІП України

Виконав

КИЇВ 2023

НУБІП України

РЕФЕРАТ

НУВБІП України

Пояснювальна записка МКР містить 77 сторінок, 41 рис., 16 табл., 59 джерел.

У першому розділі проаналізовано умови експлуатації деревини у зовнішніх конструкціях, особливості використання. Проаналізовано основні фактори, які впливають на деревину під час зовнішнього використання.

НУВБІП України

Проаналізовано основні захисні засоби для збереження деревини у зовнішніх конструкціях. Також було розібрано способи нанесення захисних композицій на деревину. Проаналізовано прогресивні методи захисту деревини, яка використовується у зовнішніх конструкціях.

НУВБІП України

У розділі 2 проаналізовано ринок антисептиків для захисту деревини в зовнішніх конструкціях та визначено пріоритетний серед запропонованих за методом розставлення пріоритетів.

НУВБІП України

Третій розділ включає в себе обґрунтування напрямку дослідження ацетилюваної деревини. Процедура ацетилювання є однією з найбільш вивчених та важливих методів хімічної модифікації матеріалів. Під час ацетилювання відбувається реакція оцтового ангідриду з полімерами деревини. Комплексні наукові дослідження показали, що ацетилювання деревини призводить до підвищення її стабільності за розмірами і підвищує її стійкість до біологічного розкладання.

НУВБІП України

Проведено експериментальне дослідження фізичних і механічних властивостей необробленої і ацетилюваної деревини. Досліджено вплив ацетилювання на щільність деревини. Встановлено, що щільність зразків після ацетилювання загалом зменшується. Зі збільшенням рівня ацетилювання точка насичення волокна знижується, як у хвойних, так і в листяних порід. Ацетилювання деревини сприяє зниженню сорбційних властивостей деревини.

НУВБІП України

Проаналізовано величину набрякання. Для необробленої деревини (осики та вільхи) показник об'ємного набрякання на рівні 7,5 %. Щодо набрякання деревини після ацетилювання для осики воно зменшилось в 4 рази і становить

1,76 %. Для вільхи – 2 рази та 4,24 відповідно. У всіх зразків спостерігається збільшення величини набрякання вздовж волокон.

Також проведено випробування для визначення межі міцності при стиску.

Що стосується характеру руйнування зразків, то осика (як необроблена так і ацетилювана) тільки зминається без видимих ознак руйнування. У деяких зразків

вільхи помітне часткове відшарування. Виявлено, що ацетилювання має неоднозначний вплив на механічні властивості деревини.

У розділі 4 представлено необхідне обладнання для проведення операції ацетилювання.

Деревина, захисні композиції, зовнішні дерев'яні конструкції, ацетилювання, набрякання, межа міцності при стиску

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ЗАХИСНЕ ОБРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ З ДЕРЕВИНИ.....	7
1.1. Умови експлуатації деревини у зовнішніх конструкціях.....	7
1.2. Захисні засоби для деревини.....	11
1.3. Способи нанесення захисних засобів.....	17
1.4. Прогресивні методи захисту деревини.....	24
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНОГО ЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ.....	28
2.1. Опис властивостей обраних матеріалів.....	28
2.2. Послідовність проведення розрахунків за методом розставляння пріоритетів.....	34
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИНИ.....	43
3.1. Обґрунтування напряму досліджень.....	43
3.2. Методика експериментальних досліджень.....	49
3.3. Аналіз результатів експериментальних досліджень.....	54
РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО АЦЕТИЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ.....	58
4.1. Необхідне обладнання для ацетилювання.....	58
4.2. Рекомендації щодо сфери використання ацетилюваної деревини.....	62
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Актуальність захисту деревини зумовлена бажанням зберегти її естетичний вигляд і структурну цілісність протягом тривалого періоду. Застосування захисних покриттів, фарб, просочувань або спеціальних обробок може значно продовжити термін служби деревини в експлуатації.

Технології ацетилювання, термомодифікацію підвищують стійкість деревини до атмосферних впливів. Ацетилювання може бути корисним для захисту деревини, яка використовується в зовнішніх конструкціях або для виробництва меблів, де важлива стійкість до атмосферних впливів.

Об'єкт дослідження – захисне оброблення конструкцій з деревини для зовнішнього використання.

Предмет дослідження – підвищення стійкості дерев'яних конструкцій, що експлуатуються ззовні.

Мета роботи – обґрунтування можливості підвищення стійкості деревини для зовнішніх конетрукцій.

Методи дослідження: метод експертних оцінок – для вибору пріоритетного антисептика; експериментальний – для визначення фізико-механічних властивостей деревини; статистичний – для опрацювання експериментальних даних.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- проаналізувати засоби захисту зовнішніх дерев'яних конструкцій та способи нанесення захисних композицій;

- вивчити альтернативні методи захисту деревини, що експлуатується просто неба;

- виконати наукові дослідження згідно тематики роботи;

- обґрунтувати рекомендації щодо сфери використання захищеної деревини.

Пояснювальна записка МКР містить 77 сторінок, 41 рис., 16 табл., 59 джерел

РОЗДІЛ 1

ЗАХИСНЕ ОБРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ З ДЕРЕВИНИ

1.1. Умови експлуатації деревини у зовнішніх конструкціях

Застосування деревини в зовнішніх конструкціях вимагає специфічних умов і обережності, оскільки деревина є природним матеріалом, який чутливий до впливу погоди і шкідливих факторів. Забезпечення ефективного захисту дерев'яних фасадів від пошкоджень вимагає глибокого розуміння різних аспектів [1].

Навколишнє середовище, в якому знаходиться деревина, сильно впливає на її експлуатаційні характеристики. Наприклад, вологість і вплив водяної пари можуть суттєво впливати на довговічність деревини. Біологічне руйнування деревини спричиняється дією біологічних організмів, таких як гриби, комахи та молоски. Основна причина гниття деревини – це активність грибів, які руйнують її кліткову структуру.

Для захисту деревини від гниття необхідно приділяти увагу структурним і фізичним заходам, спрямованим на усунення умов, що сприяють росту руйнівних грибів. Серед таких заходів важливе збереження сухості дерев'яних конструкцій і запобігання надмірному збільшенню вологості протягом експлуатації будівлі. Також важливо забезпечити відповідну вологість навколишнього середовища та забезпечити достатню циркуляцію повітря [1].

Крім біологічних чинників, деревина також вразлива до руйнування під впливом сонячного ультрафіолетового випромінювання та погодних умов. Тому необхідно враховувати ці аспекти при плануванні та експлуатації дерев'яних конструкцій [2].

Під час обробки дерев'яних фасадів, які вимагають надійного захисту, захисні матеріали повинні виконувати ряд важливих функцій. Серед них відводити дощову воду, захищати від негативного впливу мікроорганізмів, комах і ультрафіолетових променів, забезпечувати стійкість покриттів під різними погодними умовами, а також оберігати внутрішні та ґрунтові шари дерева від

температурних коливань, утворення роси та конденсату (рис. 1.1) [1].



Рис. 1.1. Конденсат на дерев'яній поверхні [1]

Важливо, щоб захисні матеріали були декоративними та мали оптимальні технологічні властивості для зручного нанесення.

З огляду на ці завдання, природні компоненти, такі як лляна олія, бджолиний віск, природні рослинні воски (віск карнауби, віск канделіли), тунгова олія та інші, проглядаються як відмінний вибір порівняно з синтетичними матеріалами з точки зору їх технічних і експлуатаційних характеристик [2, 3].

Захист внутрішніх шарів дерева від конденсату та надмірного накопичення води є суттєвою складовою деревообробки. Використання лляної олії є високоєфективним методом досягнення цієї мети:

Молекули лляної олії значно менше (приблизно в 30 разів) за молекули синтетичних смол і навіть у 10 разів менше за найдрібніші пори в дереві. Ця особливість дозволяє лляній олії глибоко проникати в структуру дерева, насичувати його внутрішні шари і проводити полімеризацію всередині. Після обробки олією, дерево залишається здатним до "дихання", не дивлячись на здобуті властивості відштовхування води. Це сприяє стійкості деревини до тріщин, пересушування та вицвітання [3, 4].

Лляна олія взаємодіє безпосередньо з структурою дерева, передаючи йому свої корисні властивості. У відміню від синтетичних фарб і їхніх компонентів, таких як алкідні і акрилатні смоли, які утворюють водонепроникну плівку на

поверхні, пліна олія сприяє вільній дифузії водяного пару. Це дозволяє молекулам води, розчиненим у повітрі, проникати через стіни від середини будівлі на зовнішню сторону. Таким чином, використання "дишаючих" покриттів для дерев'яних стін сприяє ефективному відведенню водяного пару зі стін будівлі та запобігає утворенню внутрішнього конденсату [5].

Деревина є гігроскопічним матеріалом через велику кількість гідроксильних груп, пов'язаних із полімерами клітинної стінки, і матеріал демонструє розмірні зміни зі зміною вмісту вологи і відносної вологості повітря.

Щоб мінімізувати вплив руху після монтажу, деревину для зовнішніх конструкцій зазвичай сушать до близько 15. Важливо правильно вибрати деревину. Породи деревини демонструють різні рухи, коли вміст вологи змінюється, і наявність реакційної деревини (деревина на стиснення або натяг) і молоді деревини, а також інші анатомічні фактори впливають на рухову поведінку [6].

Тип руху, що відбувається в облицюванні, залежить від орієнтації річних кілець, яка визначається схемою розпилування дошки (тобто через розпил або розпил на чверть), а також від відстані між кільцями. Вибираючи деревину для облицювання, слід намагатися забезпечити орієнтацію річних кілець якомога ближче до уздовжнього напрямку дошки, але через змінну природу матеріалу це не завжди можливо на практиці. Залежно від орієнтації кілець, дошка може деформуватися шляхом викривлення, скручування, викривлення (рис. 1.2) [7].

Набухання в поздовжньому напрямку деревини зазвичай незначне, і зміни розмірів відбуваються в основному поперек волокна, причому тангенціальний рух перевищує радіальний і установка облицювання повинна дозволяти цей рух. Вибір для мінімізації викривлень і дефектів неминуче призводить до вищих витрат, але це призводить до загальної нижчої вартості життєвого циклу, оскільки усуває (або зменшує) необхідність заміни деформованих панелей облицювання під час експлуатації, що може мати значні витрати [8].

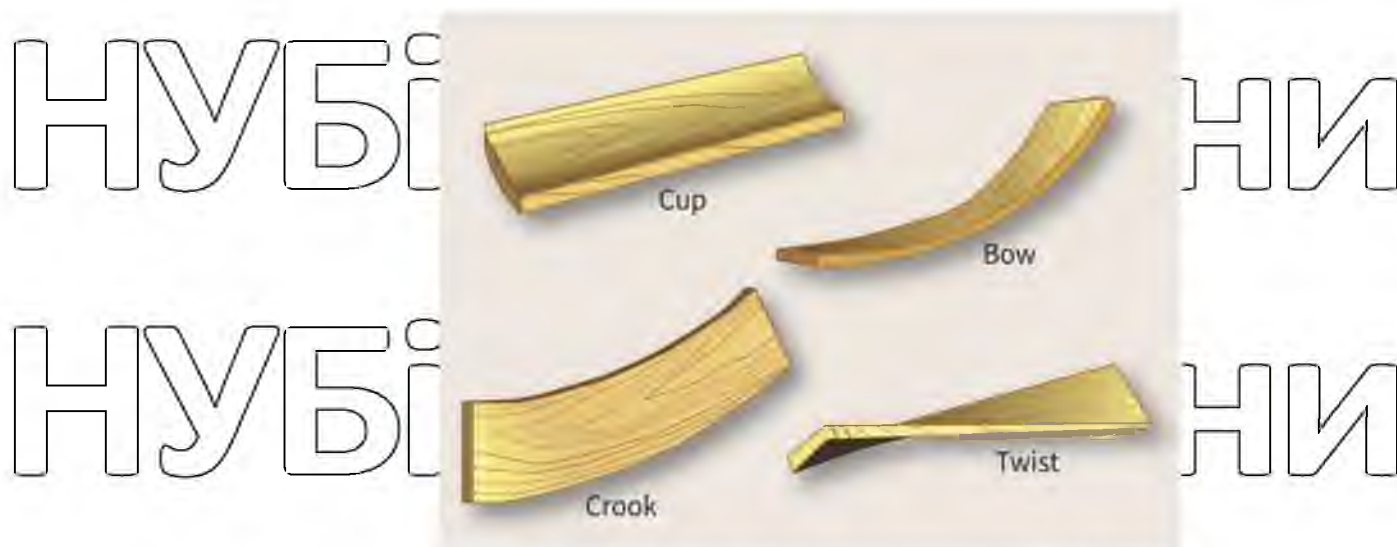


Рис. 1.2. Деформація дошки шляхом викривлення [8]

Пряме опромінення сонячним світлом не вкритої дерев'яної поверхні вчені визнають як найбільш небезпечним і руйнуючим впливом на деревину. До того ж вплив сонячної радіації через опромінення частинками ультра-фіолетового спектру (довжина хвилі менше 380 нм) не припиняється ні взимку, ні влітку. У незахищеному вигляді, під впливом УФ променів дерев'яні поверхні швидко втрачають зовнішній вигляд міцність і розшаровуються. Відбувається це через розпад органічного ланцюжка лігніну. Лігнін стає рихлим та м'яким, втрачає колір і твердість поступово перетворюючись на порошок, а целюлоза стає не еластичною й змінюючи хімічний склад розпадається на простіші елементи. Цей процес ми називаємо-вигоранням [8, 9].

Завдяки чудовим теплоізоляційним властивостям самого дерева, що відокремлює внутрішнє й зовнішнє середовище – боротьба з ультрафіолетом зосереджується тільки на захисті та консервації органічного зв'язку лігніну й целюлози напесненням покриття речовини, ферменти якої відбивають ультрафіолет та несприйнятливі до його впливу.

Оскільки процес вигорання (рис. 1.3) відбувається поступово то пошкоджений шар, спочатку, можна видалити механічно. Однак щоб дерево не розсохлося й лігнін не втратив міцності краще не затягувати з оновленням захисного покриття. Гарний відбиваючий ефект мають укривні фарбуючі засоби для захисту деревини, але не створюючи плівки [9].



Рис. 1.3. Вигорання фасаду від прямих сонячних променів [10]

На знімку добре помітно що ділянки під звисами покрівлі майже не постраждали від сонячного світла, в той час як південна частина фасаду сильно вигоріла.

1.2. Захнені засоби для деревини

У відсутності належного захисту, деревина стає беззахисною перед впливом сонця, дощу, шкідників, вологи та морозу, що негативно впливає на її зовнішній вигляд і стійкість. Особливо це актуально в кліматичних умовах зі значними коливаннями температур і вологості [11].

Захист деревини, зазвичай, включає в себе комплекс заходів, спрямованих на захист деревини та матеріалів на основі деревини від потенційних загроз руйнівним організмам. Ці організми включають в себе гриби, які руйнують деревину, комах морських шкідників, таких як морський черв'як, і мікроорганізми, які можуть спричинити знебарвлення, такі як синява та цвіль.

Гриби, які розкладають деревину, є найпоширенішими серед руйнівних організмів у Швеції. Під час будівництва з дерева конструкції та їхню збірку потрібно планувати таким чином, щоб запобігти гнильцю, наскільки це можливо.

Основна мета полягає в уникненні пасток для вологи, які можуть впливати на деревину протягом тривалого періоду. Важливо, щоб тимчасова вологість мала можливість швидко висихати, а рівень вологості повертався до норми без

затримок [11, 12].

Антисептики відіграють першорядну роль у захисті обробці дерев'яних поверхонь (рис. 1.5) наших виробів, брусів, конструкцій, колод і будівель. Вони надають деревині не лише стійкість, але й запобігають утворенню плісняви, синюватого нальоту, грибка та шашеля, які можуть шкодити та руйнувати структуру деревини [13].



Рис. 1.5. Садові меблі покритті антисептиком [14]

Для досягнення певного кольору або для виділення окремих деталей у дизайні інтер'єру чи екстер'єру, ми можемо використовувати тонуючі забарвлювачі, які часто називають морилками. Важливо відзначити, що морилки не мають захисних властивостей і використовуються як проміжний етап перед нанесенням прозорих лаків або лазурей. Сьогодні морилки дуже рідко використовуються, оскільки більш популярним є додавання фарбувального пігменту безпосередньо до захисного засобу з використанням колірувальних систем. Наприклад, цей пігмент може бути доданий до антисептиків, лаків, або засобів для просочення деревини. Це дозволяє досягти бажаного кольору, враховуючи особливості конкретного захисного засобу від певного виробника [14].

Грунтуючі просочення для дерева застосовуються для забезпечення рівномірної фарбувальної поверхні. Деревина може нерівномірно вбирати рідину на різних ділянках, це може призвести до нерівномірного фарбування, де деякі

місця будуть мати більший контраст кольору, а інші – світлі плями. Грунтуючі просочення розв'язують цю проблему, роблячи вкриття рідини більш рівномірним та сиріючи однаковому розподілу фарби [13].

Фарби та криючі лазури часто використовуються для створення контрасту в дизайні екстер'єру та в інтер'єрі приміщень, а також для відновлення старих або зношених дерев'яних поверхонь. Укриття можуть бути застосовані для дерев'яних конструкцій, огорож, дверей та вікон в рухомими елементами. Важливо відзначити, що сучасні якісні фарби для дерева мають властивості паропроникності, що дозволяють регулювати рівень вологості в середині деревини [14].

Використання прозорих та фарбованих лаків для дерева найчастіше пов'язане з бажанням підкреслити і залишити видимою текстуру поверхні (рис. 1.6). Особливо популярними є яхтні лаки, які володіють заслуженою популярністю. Наприклад, поліуретановий яхтний лак має високий рівень еластичності та відмінний зовнішній вигляд. Він може використовуватися як внутрішньо, так і зовні, і володіє стійкістю до несприятливих погодних умов.



Рис. 1.6. Стіл покритий лаком, зберігає природню текстуру дерева [14]

Лаки для дерева знаходять широке застосування в обробці різних видів дерев'яних покриттів, таких як паркет, паркетна дошка, звичайна дошка, терасна дошка, а також в обробці дерев'яних дверей, вікон, меблів для саду і кімнати, дерев'яних сходів та інших виробів. Відповідно до конкретної галузі застосування, виробники продовжують розробку та вдосконалення якостей цих

лаків для найбільш відповідного використання [7, 16].

Тепер розглянемо чим обробляти дерево на вулиці, щоб захистити його від впливу сонячних променів. Застосування ультрафіолетового захисту для вуличних дерев'яних меблів має важливе значення для запобігання пошкодження сонцем. Якщо нічим не обробити дерев'яні споруди, які знаходяться просто неба, згодом вони починають чорніти і руйнуватися. Щоб запобігти такому результату, потрібно використовувати засоби захисту від УФ-променів. Вони містять спеціальні добавки та пігменти, що абсорбують згубне ультрафіолетове випромінювання. Оброблена поверхня в середньому прослужить 8-10 років.

Після закінчення цього терміну захисний засіб доведеться нанести повторно. Безбарвні покриття потрібно оновлювати децю частіше, ніж кольорові. Рекомендований інтервал між обробками – приблизно 2-3 роки [7].

Стійкі до ультрафіолетового випромінювання, ґрунтовки, тоновані масла зовнішнього застосування для обробки деревини з укрив ним барвником. Фарба і криюча блакить найбільш близькі до ідеалу. Обидва типи покриттів мають в складі стільки пігменту, що деревина під ними недоступна для сонячних променів. Цим пояснюється, чому дерев'яна обшивка регулярно повинна фарбуватись і будинок прослужить більше сотні років. Таку довговічність легко забезпечити в наші дні, адже сучасні акрилові латексні фарби залишаються досить еластичними і після висихання, розтягуючись і знову стискаючись при розбуханні і усушку деревини [9].

Однак не можна вважати фарби і криючі блакиті самими кращими покриттями для деревини, що експлуатується під відкритим небом. Навіть якщо ретельно пофарбувати кожну деталь до збірки, вода рано чи пізно знайде шлях до деревини і почне накопичуватися під плівкою покриття, викликаючи його здуття і відшарування (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Здуття і відшарування фарби [9]

Застосування масла для зовнішніх робіт є ефективним засобом захисту дерева від впливу ультрафіолетових променів та атмосферних чинників. Цей спосіб захисту дерева натуральними маслами має витoki у глибокій давнині. Масла ідеально підходять для різних порід деревини та забезпечують ефективний захист поверхні без утворення плівки.

У відміню від фарб та лаків, масло глибоко проникає в структуру дерева, залишаючи поверхню дихаючою. Воно не утворює плівку на поверхні дерева, тому не тріскається з часом і не втрачає свого зовнішнього привабливого вигляду.

Оновлення стін будинку, альтанки або тераси за допомогою масла є простим завданням, оскільки потрібно лише очистити поверхню від бруду і повторно нанести масло (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Лавочки оброблені маслом [9]

Масло допоможе надати дерев'яному будинку особливий вид. Така

поверхня приємна на дотик, шовковиста і виглядає природно. В даний час колірні гамма тонуючих масел, тобто надають дереву бажаний відтінок, різноманітна. Безбарвний, вишня, сосна, палісандр, білий, дуб, базальтовий, зелений – над вибором кольору доведеться гарненько подумати. Тому масло застосовують і для декорування дерев'яних поверхонь. Якщо в якості фінішного покриття використовується тонуюче масло, вимиватися воно буде набагато повільніше [11].

Захист дерева від ультрафіолетових променів тепер можливий завдяки спеціальним маслам, які ефективно захищають поверхню від сонячного впливу. Один з таких продуктів – захисне масло DECKEN UV Fasad Oil, доступний в асортименті продукції DECKEN для дерев'яних споруд. Це масло включає компоненти, що блокують ультрафіолетові промені, не допускаючи їм до вилливу на поверхню [9].

Це захисне покриття може використовуватися на різних вертикальних дерев'яних поверхнях, включаючи паркани, двері, вікна та садові меблі. Воно залишає пори деревини відкритими, дозволяючи їй "дихати", і одночасно надає водонепроникні та відштовхувальні властивості.

Лаки, що застосовуються як верхні покриття, виготовляються на основі смол, олій і розчинників. Вони доступні в різних варіантах обробки, від матового до високо глянцевого, і надають відмінний захист від УФ-променів, тепла, води та механічних пошкоджень.

Лаки на водній основі ідеально підходять для внутрішніх робіт, оскільки вони швидко висихають, мають довговічність і залишають поверхню прозорою. Також існують лаки на розчинниках, які містять смолу та легко наносяться, підрунюються та відновлюються в разі подряпин чи потертостей. Вони ідеально підходять для обробки зовнішніх дерев'яних конструкцій [15].

Гідрофобізатори для дерева – це прозорі просочення, які роблять деревину стійкою до вологи і масленодібних речовин, не змінюючи її зовнішнього вигляду. Вони підходять для використання на різних дерев'яних виробках, включаючи будівельні конструкції, сходи, входні групи, двері та вікна, альтанки, лавочки та

інше. Гідрофобізатори допомагають захистити деревину відвологи, запобігти появі висолів, попередити пошкодження від грибків і плісняви, а також збільшити термін служби дерев'яних виробів [17].

Для найкращого результату рекомендується уникати використання лаку на грубозернистій або м'якій деревині, такій як дуб або кедр.

1.3. Способи нанесення захисних засобів

Основними інструментами при ручному способі нанесення є пензлі різноманітного розміру і форми, виготовлені із різних матеріалів, валики різної конструкції, шпатель, тампони.

Спосіб нанесення щіткою (пензлем) полягає в зануренні її в матеріал, який потім зі щетинок пензля передається на поверхню виробу. В'язкість лакофарбових матеріалів при цьому повинна відповідати так званій малярній консистенції, тобто фарба повинна легко сходити з пензля при невеликому натисканні на фарбовану поверхню і допускати легке розтушування. Наносити фарбу необхідно кінцем пензля без сильних натисків широкими волосами, які потім розтушують у горизонтальному і вертикальному напрямках. Завдяки цьому досягають хорошого прилипання фарбувального шару до основи, що становить перевагу щіткового способу фарбування порівняно з іншими методами [14].

Спосіб фарбування пензлем (рис. 1.9) застосовують переважно при нанесенні лакофарбових матеріалів, що повільно висихають: олійних, алкідних, бітумних. Зазвичай його використовують при малій площі нанесення покриття. Це дуже старий спосіб, але він малопродуктивний – потрібно 4-6 хв для фарбування 1 м².

Цей метод фарбування в декілька разів продуктивніший від ручного і може застосовуватися як для олійних, так і для інших видів фарб і лаків зі значним вмістом летких активних розчинників.

Методом розпилення можна опоряджувати найрізноманітніші деталі, за винятком дуже дрібних.



Рис. 1.9. Нанесення лакофарбового матеріалу пензлем [14]

Якщо необхідно залишити не побарбованими окремі місця виробів або нанести якийсь рисунок іншим лакофарбовим матеріалом, то користуються спеціальними шаблонами, виконаними з тонкого картону, бляхи та інших матеріалів, або зажировують ділянки, що не підлягають фарбуванню [14].

Найкращого результату розпилення досягають при використанні камери, яка гарантує безпечні умови роботи, оскільки видаляє залишки лакофарбових матеріалів і розчинників. Камери бувають сухої і вологої фільтрації. В камері вологої фільтрації відпрацьоване повітря виводять у воду із домішками хімічних речовин. У результаті частинки лакофарбових матеріалів або підіймаються на поверхню, або опускаються на дно. Вибір хімічної речовини залежить від типу лаку і використовуваних матеріалів [13].

У камері сухої фільтрації відпрацьоване повітря проходить через сухий фільтр, який складається із тонких листів або одноразових фільтрів, зроблених, наприклад, із паперу або скловолокна і розташованих у вигляді лабіринту. Камери сухої фільтрації в основному використовують при дрібносерійному виробництві, однак останнім часом їх все більше застосовують на великих промислових підприємствах завдяки економічності у роботі.

Вальцювальна машина (рис. 1.10) представляє собою зручну та економічну альтернативу наливній машині для створення рівних поверхонь. Використання вальцювальної машини дозволяє швидко досягти бажаного результату. Однак

слід зауважити, що один ролик зазвичай може нанести лише близько 35–40 г/м² покриття, тому зазвичай потрібно використовувати подвійний ролик, щоб отримати витрати в межах 30–80 г/м² [9].



Рис. 1.10. Вальці для нанесення захисних засобів [13]

Вальцювальна машина наносить покриття вищої в'язкості порівняно з іншими методами, що призводить до утворення більшого сухого залишку і тоншої лакофарбової плівки.

Занурення – це простий і швидкий спосіб нанесення покриття, особливо ефективний для грунтування. Цей метод передбачає використання переважно однокомпонентних матеріалів, які зараз часто є водорозчинними. Також можна використовувати двокомпонентні кислотозатверджувальні покриття за умови, що використовується спеціальний каталізатор для занурення.

Принцип занурення полягає у змочуванні поверхні виробу рідиною і встановленні адгезійного контакту між ними. Також відбувається адсорбційна взаємодія рідкого матеріалу з твердою поверхнею виробу.

Існують два види занурення – простий і складний. При простому зануренні на першій стадії виріб занурюється в рідкий матеріал, а на другій стадії витягується з нього. У складному методі після занурення і витягання виробу з рідкого матеріалу, його ще піддають впливу пари розчинника (третя стадія процесу) [3].

Тривалість процесу занурення залежить від властивостей матеріалу (молекулярна маса, в'язкість, густина) та поверхні виробу. Вона може варіюватися від декількох секунд до декількох хвилин. Занурення має перевагу у

простоті обладнання та високій продуктивності і широко використовується в промисловості для грунтування дрібних і середніх виробів, а також для обробки вікон і дверей, які можна занурювати в спеціальні ванни частинами або в зібраному стані [3].

Пневматичне розпилення (рис. 1.11) фарби – найпоширеніший метод нанесення фарби, який використовується в більшості випадків. Понад 70% лакофарбових матеріалів наносять пневматичним (повітряним) розпиленням при температурі 15-20 °С та відносній вологості повітря 65-70% (основний метод), а також при нагріванні до 55-80 °С. Під час пневматичного розпилення аерозоль утворюється за допомогою роздрібнення матеріалу струменем стисненого повітря. Під час цього роздрібнення утворюється рухома маса полідисперсних крапель, яка утворює аерозольний струмінь, так званий факел. Краплі переміщуються та змішуються при русі цього струменя до виробу, що забезпечує рівномірний розподіл матеріалу по перерізу аерозольного струменя. Після нанесення аерозоль, рухаючись в напрямку повітряного струменя, збирається на поверхні виробу, формуючи покриття.



Рис. 1.11. Пневматичне розпилення лаку [3]

Проте, метод має свої недоліки, такі як утворення туману з лакофарбового матеріалу, значні витрати матеріалу під час розпилення та велика втрата розчинників. Для покращення якості повітря під час нанесення матеріалу також необхідно використовувати вентиляційні установки та газобезпечні камери [3, 14].

Щоб запобігти розтіканню при пневматичному розпиленні, температуру лакофарбових матеріалів стрімко знижують при виході з сопла та відповідно підвищують їх в'язкість. Також, для зниження в'язкості без додаткового використання розчинників, лакофарбовий матеріал або виріб нагрівають.

Пневматичне розпилення з підігріванням лакофарбового матеріалу дозволяє розпилювати матеріал із підвищеною в'язкістю без застосування розчинників для розведення фарб. Під час нагрівання відбувається зменшення поверхневого натягу і в'язкості лакофарбового матеріалу. Часто для певних лакофарбових матеріалів рекомендується підтримувати оптимальний показник вихідної в'язкості. Зниження в'язкості в значній мірі залежить від плівкоутворювального компонента лакофарбової системи [3, 17].

Метод пневматичного розпилення з підігріванням лакофарбового матеріалу має свої переваги, такі як покращення якості покриття, зменшення витрат матеріалу, зменшення кількості нанесених шарів та використання менше розчинників.

Метод безповітряного розпилення лакофарбового матеріалу використовує високий гідравлічний тиск, створений насосом в розпилювальному пристрої, для примусового витіснення матеріалу через сопло. Потенціальна енергія лакофарбового матеріалу при виході в атмосферу перетворюється на кінетичну, і матеріал направляється до виробу. Цей метод дозволяє значно зменшити втрати матеріалу на утворення туману.

Безповітряне розпилення має численні переваги, такі як висока продуктивність, здатність використовувати матеріали з високою в'язкістю та менші витрати лакофарбового матеріалу. Однак воно не є ідеальним методом, і має деякі недоліки. Наприклад, воно не надається для фарбування виробів складної конфігурації, може призводити до утворення патьок, і під час використання цього методу складно змінити форму лакувального факела в пістолеті для розпилення, оскільки потрібно вибирати відповідне сопло та регулювати тиск, щоб точно налаштувати процес [11, 17].

Електростатичне фарбування, яке є одним із методів нанесення

лакофарбових покриттів, передбачає створення сильного електростатичного поля, яке сприяє розсіюванню фарби та спрямовує електрично заряджені частинки фарби на заземлений об'єкт. Електростатичне поле створюється високою напругою (30-160 кВ) з допомогою генератора. Електростатичне фарбування металевих елементів має давню історію, але в області фарбування деревини це відносно новий метод і через специфічні умови, яким повинен відповідати фарбований об'єкт, менш поширений [18].

Ці специфічні умови полягають у тому, що фарбований предмет, наприклад, каркас стільця, повинен мати достатню електропровідність, щоб проводити до землі електростатичні заряди, які переносяться на опоряджувачу поверхню разом із лакофарбовим матеріалом. Дерев'яна поверхня з вологістю менше 12 % втрачає здатність відводити заряд нанесених частинок фарби. У зв'язку з тим, що деревина в меблевих виробках повинна мати низьку вологість, для використання електростатичного розпилення необхідні додаткові пристрої та процедури, такі як екрани, що вловлюють заряди або насичення деревини електропровідними речовинами. Все це збільшує витрати на фарбування, а іноді навіть робить його неможливим. Лакофарбовий матеріал також повинен відповідати спеціальним вимогам щодо питомого опору, діелектричної проникності, поверхневого натягу, в'язкості та температури спалаху. Однак, незважаючи на ці умови, виробники меблів та інших дерев'яних виробів не випускають із уваги цей метод через його незаперечні переваги в порівнянні з традиційними способами фарбування. Принцип дії електростатичного фарбування показано на рис. 1.12 [17, 19].

Двокомпонентне розпилення широко використовується для швидко висихаючих двокомпонентних покриттів. Вибір цього методу має декілька переваг, таких як завжди точне співвідношення компонентів, стабільна якість змішування, здатність наносити матеріал без використання розчинників, закритість системи, зменшення втрат лакофарбового матеріалу, можливість змінювати колір без значних трудовитрат, і скорочення часу на очищення обладнання [17].

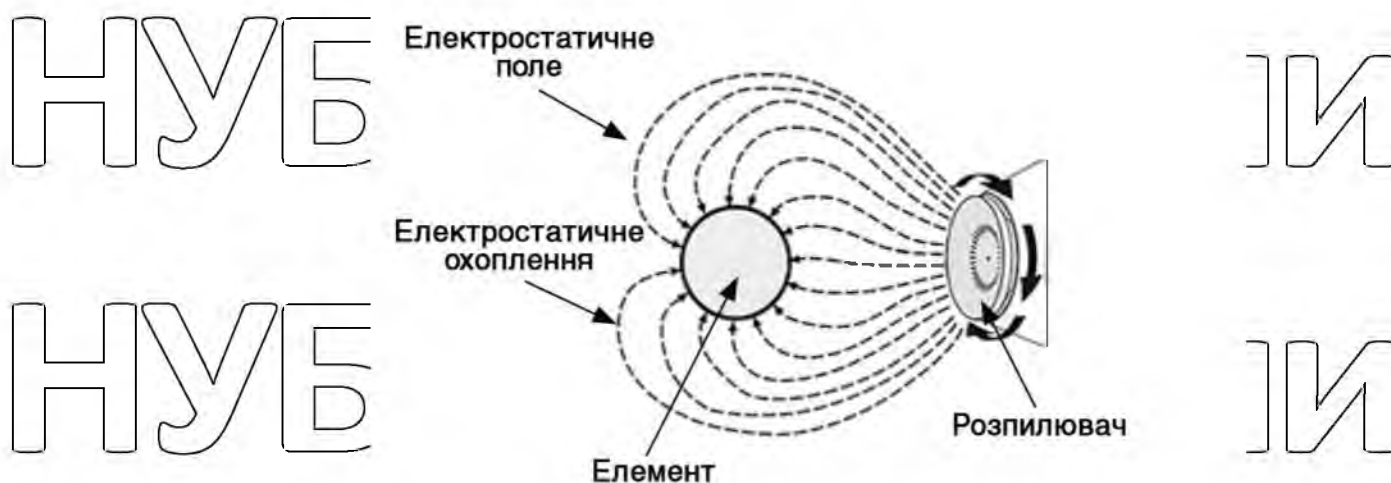


Рис. 1.12. Принцип дії електростатичного розпилювача [17]

Автоматичне розпилення має сенс, коли є необхідність опрацювати багато (схожих) об'єктів. Вибір методу розпилення залежить від форми та матеріалу об'єкта, а також виду використовуваного матеріалу. Однак, найважливішою вимогою до автоматичного обладнання є надійність його роботи.

В автоматичного розпилення є численні переваги, такі як висока продуктивність, стабільність якості, зменшення витрат робочої сили, економічність процесу лакування та покращення умов праці [21, 22].

При комбінованому розпиленні успішно використовують переваги як напілення з високим тиском, так і традиційного розпилення. Цей метод характеризується співвідношенням тиску насоса 1:1,5 (порівняно з 1:30 при розпиленні з високим тиском) та робочим тиском в діапазоні від 100 до 140 барів.

Роботизоване розпилення може бути вигідним в умовах обмежених ресурсів та при необхідності досягнення високої якості покриття.

Вакуумна машина призначена для використання з водорозчинними і УФ-тверднучими покриттями, але не підходить для органічних матеріалів через їх швидке випаровування. Вакуумна машина ідеально підходить для покриття таких об'єктів, як молдинги, рами та панелі, оскільки створює рівномірний туман лакофарбового матеріалу, який осідає на поверхні об'єкта. Один з переваг цього методу – покриття всіх ділянок поверхні об'єкта зі всіх боків [22].

Нанесення покриттів в барабані часто використовується для облицювання

невеликих предметів, де об'єкт поміщається в обертовий барабан, а потім заливається або розпилює.

1.4. Прогресивні методи захисту деревини

У захисті деревини в основному існує два методи збереження деревини: консервація деревини (хімічний захист) і модифікація деревини (модифікуючий захист). У той час як хімічний захист здійснюється за допомогою консервантів, модифікація здійснюється шляхом активації хімічних компонентів, присутніх у клітинних, за допомогою високих температур [19].

Для обробки зовнішніх конструкцій, стовпів, дерев'яних мостів і залізничних шпал широко застосовувалися важкі органічні консерванти деревини (на основі нафти), такі як креозот [23].

Креозот – загальний термін, що позначає креозот кам'яновугільної смоли, кам'яновугільну смолу та кам'яновугільний пек. Креозот наноситься на залізничні шпали, стовпи інженерних комунікацій, опори та дерев'яні мости для забезпечення захисту від біодеградації. Основними хімічними речовинами в складі креозоту є поліциклічні ароматичні вуглеводні і феноли. Креозот є важливим консервантом, який продовжує термін служби промислових виробів з деревини. Що стосується досліджень, було досліджено та впроваджено численні методи переробки обробленої деревини та рекультиваци забруднених територій. Проблеми з цими методами пов'язані з витратами та часом [22].

Пентахлорфенол (PCP або просто пента) – це поліхлорований фенол, який широко використовується як консервант для деревини, переважно в промислових цілях, таких як гідроопори, поперечні опори та залізничні шпали. Пента змішується з нафтовою олією, як правило, дизелем або подібними масляними фракціями, і просочується під тиском у вироби з деревини [24].

Хімічні речовини на водній основі з'явилися на ринку в 1950-х роках і стали популярними завдяки своїм економічним перевагам, високій безпеці та здатності забезпечувати чистий стан обробленої деревини. Для консервації деревини використовуються хімічні реагенти, які містять воду. Ця обробка дозволяє не

лише зберегти деревину, але й надає можливість подальшого фарбування, а також розширює спектр її застосувань, включаючи будівництво опор, виробництво житлових матеріалів та захист дерев'яних композитів [22].

На сучасному ринку стає все важливіше використання екологічно чистих консервантів для деревини, оскільки попит на такі продукти зростає серед екологічних організацій, споживачів та урядових органів. Ці екологічно чисті консерванти можуть бути природного походження і включати рослинні екстракти, ефірні олії, віск, смоли, дубильні речовини з кори, екстрактивні речовини серцевини, хітозан та інші компоненти. Рослини виробляють антимікробні сполуки, які можуть бути ароматичними або неароматичними речовинами [21].

У останні роки зростає тиск на навколишнє середовище, що призвело до значних змін у галузі захисту деревини. Сучасні технології, які базуються на термічній або хімічній модифікації, спричинили заборону використання біоцидів. Модифікація деревини стала новим підходом до збереження та покращення властивостей деревного матеріалу шляхом використання хімічних, механічних, фізичних та біологічних методів. Модифікація використовується для підвищення властивостей дерев'яних матеріалів, таких як стійкість до вологості, розмір, твердість, стійкість до біологічного руйнування (грибків, термітів, морських бурильників) та стійкість до ультрафіолетового випромінювання.

Сьогодні модифікація деревини широко використовується для покращення фізичних, механічних і естетичних властивостей дерев'яних матеріалів, шпону та деревних частинок, які використовуються у виробництві дерев'яних композитів. Важливо відзначити, що матеріали, які виникають під час утилізації деревини, не становлять загрози для навколишнього середовища, як це може бути в разі немодифікованої деревини [25].

Хімічна модифікація деревини почала розвиватися у середині 20-го століття. Остаточне призначення цієї модифікації визначається виходячи з основної мети. Наприклад, модифікація твердої деревини спрямована на поліпшення стійкості розмірів, механічних характеристик та стійкості до

біодеградації. У випадку розділеної деревини, модифікація спрямована на покращення поведінки частинок або волокон для їх використання у різних застосуваннях, таких як виробництво композитів, паперу та нових матеріалів [22, 26].

Існують дві основні категорії хімічної модифікації деревини: активна та пасивна. Активна модифікація включає в себе хімічні зміни полімерів клітинної стінки, в той час як пасивна модифікація відбувається, коли хімічні речовини проникають у клітинну стінку і утворюють матеріал, який залишається внутрішньою частиною клітини, не змінюючи хімічний склад деревини.

Науково доведено, що термічна модифікація сприяє поліпшенню стійкості розмірів і тривалості служби деревини. Ця технологія має широке комерційне застосування. Термомодифікована суха деревина використовується для формування перерізних зв'язків, особливо в мережі лігніну. Контроль вологості в клітинній стінці є важливим аспектом управління термічною модифікацією, що може призвести до покращення корисних властивостей з мінімальними негативними наслідками, такими як крихкість та руйнування [27, 28].

Механічна модифікація – це стиснення або ущільнення деревини, при якому деревина деформується під механічним тиском з метою збільшення її щільності. Незважаючи на те, що стиснута деревина демонструє чудові міцнісні властивості, деревина повернеться до своїх початкових розмірів, якщо її піддати впливу вологих умов або замочити у воді. Таким чином, поєднання термічної та механічної модифікації одночасно покращило механічні та фізичні властивості деревини, а також біостійкість деревини. Термогідромеханічний процес є одним із процесів виробництва плит на основі деревини та ефективним способом покращення природних властивостей і виробництва стабільних матеріалів [22, 29].

Умови експлуатації деревини в зовнішніх конструкціях грають важливу роль у забезпеченні тривалості та надійності будівельних об'єктів. Деревина є відмінним будівельним матеріалом, але вимагає особливої уваги та заходів для збереження якості. Для забезпечення довговічності дерев'яних конструкцій у

ззовнішніх умовах важливо враховувати фактори, такі як захист від вологи, шкідників, природнього впливу, вибір сортаменту та виду деревини, а також регулярний технічний огляд та обслуговування. Правильний догляд і

обслуговування деревини дозволить забезпечити її стійкість до впливу навколишнього середовища і подовжити термін служби конструкцій, зберігаючи їхню естетичну привабливість [30]. Для збереження деревини в зовнішніх

конструкціях і захисту її від шкідливого впливу навколишнього середовища рекомендується використовувати захисні речовини. Один із найпоширеніших

методів це обробка деревини антисептиками та протифунгіцидними засобами. Ці

захисні речовини допомагають запобігти розпаду деревини, гниттю, та атакам шкідливих мікроорганізмів. Використання фарб, лаків або олій також може захистити деревину від ультрафіолетового випромінювання та інших негативних

впливів, зберігаючи її колір та структуру. Важливо регулярно оновлювати ці

захисні покриття для підтримання ефективного захисту та довговічності дерев'яних конструкцій.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНОГО ЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ

2.1. Опис властивостей обраних матеріалів

Одним з найпопулярніших будівельних матеріалів природного походження є деревина. Незважаючи на екологічність, практичність і привабливий зовнішній вигляд, деревина ще й досить вразлива до вологи, плісняви, комах, ультрафіолетових променів та вогню.

Дерев'яні споруди, а саме огорожі, альтанки, меблі, стіни реально захистити від несприятливих факторів. Захист дерев'яних конструкцій збільшує їх термін служби. Головне, вчасно використовувати захисні засоби для деревини.

Деревина має помірну гігроскопічність. Тому навіть добре висушені дерев'яні дошки з часом починають вбирати вологу, гнити і поступово псуватися.

Фахівці рекомендують використовувати гідрофобізатори – спеціальні засоби для захисту від вологи. Їх зручно розділити на дві групи:

- Плівкоутворюючі речовини, які створюють плівку, яка створює захисний бар'єр на поверхні. Але вони мають обмежений термін дії.

- Проникні речовини, які проникають у пори та підвищують властивості деревини. Ці речовини ефективно використовувати на вуличних меблях, або в приміщеннях з високою вологістю.

Найпершою базовою обробкою зовнішніх конструкцій є обробка антисептиками. Вони наносяться для надання конструкціям стійкості від різних подразників, зупиняють утворення плісняви, синяви, грибків, які уражують і руйнують структуру деревної волокнини.

Вибрані антисептики мають свої як переваги так і недоліки. Деякі властивості обраних антисептиків наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Опис властивостей обраних матеріалів

№	Марка антисептика	Мінімальні вигради, кг/м ²	Рекомендована кількість шарів	Час висихання, год	Міжшарове нанесення, год	Ціна, грн/л
1	Антисептик для дерев'яних поверхонь LOTUS	0,13-0,2	3-4	2	4	112
2	Антисептик для дерева Element Pro Woodstain	0,12	2	12	10	297
3	Антисептик для дерев'яних поверхонь Neomid 430 Eco	0,15	1-2	16	12	560
4	Антисептик для дерев'яних поверхонь Drewno chroniące impregnat extra	0,1	3	4	10	206
5	Антисептик для дерев'яних поверхонь Lignofix-P	0,06	2-3	4	5	204

Водорозчинний антисептик LOTUS (рис. 2.1) для захисту деревини. Оброблена деревина не змінює структуру навіть якщо постійно знаходиться під впливом атмосферних спадів або в тривалому контакті з ґрунтом. Застосовується для поверхневого просочення нової деревини, використаної в інтер'єрах і екстер'єрах, з метою профілактичного захисту деревини від дереворуйнівних комах, дереворуйнівних і деревозабарвлюючих грибків і цвіль [31].



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд антисептика Lotus [31]

Володіє високою стійкістю до вимивання дощовою водою, що робить його ідеальним для обробки деревини в екстер'єрах.

Сфери застосування:

- Парканні та дорожні стовпи
- Деревина всередині і зовні приміщень
 - Дерев'яні елементи балконів, дахів, альтанок, лавок, парканів і т. п.
 - Дерев'яні елементи котеджів, зрубів, будівель всередині і зовні приміщень
- Дерев'яні вироби, що спираються на ґрунт
 - Відкриті настили і мости.

Інструкція по застосуванню

- Підготовка поверхонь
- Перед нанесенням поверхню необхідно очистити від пилу, бруду, жирових плям і ін.

- Препарат готовий до застосування.
 - При тривалому зберіганні можливе утворення осаду.
 - Перед застосуванням збовтати.
- Антисептик Lotus нанести на деревину будь-яким способом, що забезпечує якісне просочення поверхні деревини.

Аква-антисептик для деревини для внутрішніх і зовнішніх робіт (рис. 2.2).

Декоративне деревозахистний засіб. Підкреслює природну текстуру деревини, утворює прозоре захисне покриття довговічне. Має атмосферостійке та брудовідштовхуючі властивості. Світлостійкість, при нанесенні не утворює крапель і патьоків. Захищає від цвілі, грибків і моху [32].

Основні показники:

- Захищає від плісняви, грибків та моху
- Водорозчинний
 - Має атмосферостійкі та грязевідштовхувальні властивості
 - Створює довговічне захисне покриття
 - Зберігає декоративні властивості понад 5 років



Рис. 2.2. Зовнішній вигляд антисептика WOODSTAIN [32]

Противігрибковий антисептик для дерева проникає глибоко у поверхню, утворює довговічне прозоре покриття, яке не витірює, відштовхує бруд і вологу. Матеріал зберігає свої властивості більше 5 років, збільшує термін служби оброблених конструкцій. Крім захисної, просочення для дерева додатково виконує декоративну функцію: підкреслює унікальність і красу дерев'яної поверхні, зберігає натуральний колір кожної з порід. У варіанті безколіорового просочення антисептик для дерева WOODSTAIN слугує підготовчим ґрунтувальним шаром для нанесення подальших декоративних матеріалів [32].

Антисептик Neomid 430 Еко (рис. 2.3) призначений для посиленого захисту деревини, яка знаходиться в умовах високої вологості і частих перепадів температур. Використовується для фундаментів, альканок, терас, каркасів стін, балок, причалів та інших подібних конструкцій [33].



Рис. 2.3. Зовнішній вигляд антисептика NEOMID 430 ECO [33]

Надійно захищає поверхню від цвілевих грибів, мохів, водоростей і комах.

Антисептик Neomid підходить для зовнішніх і внутрішніх робіт, надає деревині зеленуватий колір, який в майбутньому може змінитись на бурий або сірий.

Підготовка поверхні:

- Поверхню необхідно очистити від пилу, бруду, смоли, старої фарби тощо.

- За наявності на дерев'яній поверхні грибкових уражень рекомендується початкова обробка відбілювачем «NEOMID 500», що дезінфікує та повертає деревині природний колір.

- Захистити поверхні, що не потребують обробки, від попадання засобу.

Просочення Drewno chron impregnat extra (рис. 2.4) призначене для захисного та декоративного фарбування дерев'яних предметів експлуатованих на повітрі. Захищає дерево від впливу атмосферних факторів і оберігає від: сині, будинкових і цвільових грибків і комах – технічних шкідників деревини [34].



Рис. 2.4. Зовнішній вигляд антисептика Drewno chron impregnat extra [34]

Підготовка поверхні:

Поверхні, призначені під фарбування потрібно прошліфувати і знепилити.

Призначена під фарбування поверхня повинна бути чистою, сухою і знежиреною.

Поверхні, раніше просочені просоченням: очистити, прошліфувати і знепилити.

Перед застосуванням і під час фарбування просочення ретельно розмішати.

Однорідний колір виходить після перемішування продукту. Просочення для дерева нанести за допомогою пензля, тампона або шляхом занурення дерева.

Після нанесення кольорової просочення розтерти сухим пензлем або тампоном, у напрямку, відповідному текстурі дерева.

Для захисту дахової і конструкційної деревини від комах-шкідників,

грибків, цвіль використовується антисептик Lignofix P (рис. 2.4) – концентрований засіб, призначений для поверхневої профілактичної обробки нового неушкодженого дерева (в першу чергу покрівлі, дерев'яна дерев'яник будівельних елементів і дерев'яна дерев'яних конструкцій), в інтер'єрі та екстер'єрі з метою їх захисту від дереворуйнівних комах (наприклад, жуків точильників, вусачів, шашеля), дереворуйнівних грибків (наприклад, будинкового грибка) і цвіль на весь термін експлуатації будівлі [35].



Рис. 2.4. Зовнішній вигляд антисептика Lignofix [35]

Концентрат розбавити водою, як зазначено на упаковці. Поверхню деревини, що обробляється, ретельно очистити від кори, лика, пилу і бруду. Розчин наносити методом розпилення, фарбування або занурення. Під час монтажу пиломатеріалів не забудьте додатково обробити поверхні зрізів! Уражену дереворуйнівними грибами частину деревини видалити, включаючи не менше 0,5 м здорової деревини від краю помітного ураження та замінити її на нову. У разі ураження кладки, видалити штукатурку, ретельно очистити від спор, обшпатувати кладку пальником і для профілактики обробити засобом [35].

2.2. Послідовність проведення розрахунків за методом розставляння пріоритетів

Суть методу розставляння пріоритетів полягає в попарному якісному порівнянні конкуруючих об'єктів (один кращий за іншого, або гірший, або рівноцінний за якоюсь властивістю іншому) з подальшим переходом на кількісні оцінки з використанням конкретних значень показників властивостей конкурентів, а за їх відсутності – експертних оцінок. Порівняння проводять в матричній формі (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). Використовуємо для порівняння матеріалів табл. 2.1 [23].

Кількість показників для оцінки об'єктів, тобто 4 показуватиме кількість матриць. За кожним показником наводимо відповідну матрицю (табл. 2.2 – 2.7). Показники матриць порівняння матеріалів за шільністю зазначені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Матриця порівняння матеріалів за мінімальними витратами на один шар

	A1	A2	A3	A4	A5	K	W
	0,2	0,12	0,15	0,1	0,06		
A1	0,2	=	>	>	>		
A2	0,12	<	=	<	>	3,33	0,64
A3	0,15	<	>	=	>		
A4	0,1	<	<	<	=		
A5	0,06	<	<	<	=		

По відповідному критерію визначаємо знаки порівняння у відношенні з кількісних показників. Ті ж самі дії проводимо з іншими матрицями порівняння за показниками. Щоб перейти до кількісних оцінок на основі відомої інформації або за допомогою експертної оцінки по кожному показнику визначають на який порядок найкращий об'єкт відрізняється від найгіршого:

НУБІП УКРАЇНИ

$$K_j = \frac{0,125}{0,07} = 1,79$$

За найденим коефіцієнтом K_j розраховуємо коефіцієнт ω_j :

$$\omega_j = \frac{1,79-1}{1,79+1} \sqrt{\frac{0,05}{5}} = 0,38$$

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 2.3

Матриця порівняння матеріалів за рекомендованою кількістю нанесення шарів

		A1	A2	A3	A4	A5	K	W
		4	2	2	2	3		
A1	4	=	>	>	>	>		
A2	2	<	=	=	=	=	2	0,43
A3	2	<	=	=	=	=		
A4	2	<	=	=	=	=		
A5	3	<	>	>	>	=		

НУБІП УКРАЇНИ

За аналогією знаходимо у скільки разів найкращий об'єкт відрізняється від найгіршого.

$$K_j = \frac{3}{2} = 1,5$$

За найденим коефіцієнтом K_j розраховуємо коефіцієнт ω_j :

НУБІП УКРАЇНИ

$$\omega_j = \frac{1,5-1}{1,5+1} \sqrt{\frac{0,05}{5}} = 0,3$$

Таблиця 2.4

Матриця порівняння матеріалів за часом повного висихання

		A1	A2	A3	A4	A5	K	W
		2	12	16	4	4		
A1	2	=	=	<	<	<		
A2	12	>	=	<	>	>	8	0,88
A3	16	>	>	=	>	>		
A4	4	>	<	<	=	=		
A5	4	>	<	<	=	=		

НУБІП УКРАЇНИ

$$K_j = \frac{24}{6} = 4$$

За аналогією знаходимо у скільки разів найкращий об'єкт відрізняється

від найгіршого:

$$\omega_j = \frac{4-1}{4+1} \sqrt{\frac{0,05}{5}} = 0,7$$

Таблиця 2.5

Матриця порівняння матеріалів за міжшаровим нанесенням

	A1	A2	A3	A4	A5	K	W
A1	4	10	12	10	5	3	0,6
A2	4	=	<	<	>		
A3	10	>	=	>	>		
A4	12	>	>	=	>		
A5	10	>	=	<	=		

За аналогією знаходимо у скільки разів найкращий об'єкт відрізняється від найгіршого:

$$K_j = \frac{24}{6} = 4$$

За знайденим коефіцієнтом K_j розраховуємо коефіцієнт ω_j :

$$\omega_j = \frac{4-1}{4+1} \sqrt{\frac{0,05}{5}} = 0,7$$

Таблиця 2.6

Матриця порівняння матеріалів за ціною

	A1	A2	A3	A4	A5	K	W
	112	297	560	206	204	0,20	-0,57
A1	112	=	<	<	<		
A2	297	>	=	<	>		
A3	560	>	>	=	>		
A4	206	>	<	=	>		

За аналогією знаходимо у скільки разів найкращий об'єкт відрізняється від найгіршого:

$$K_j = \frac{830}{363} = 2,29$$

За знайденим коефіцієнтом K_j розраховуємо коефіцієнт ω_j :

НУБІП України

$$\omega_j = \frac{2,29 - 1}{2,29 + 1} \sqrt{\frac{0,05}{5}} = 0,49$$

Для переходу до кількісних значень та члени a_{ij} матриць суміжності $A_j = \|a_{ij}\|$ визначають наступним чином:

НУБІП України

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

НУБІП України

Далі наводимо матриці переходу до кількісних значень по кожному з показників.

Таблиця 2.7

Матриця суміжності для порівняння олій за мінімальними витратами на один шар

	A1	A2	A3	A4	A5	P1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
	0,2	0,12	0,15	0,1	0,06						
A1	0,2	1	1,64	1,64	1,64	7,55	0,30	36,14	0,33	155,02	0,34
A2	0,12	0,36	1	1,64	0,36	5,00	0,20	20,11	0,18	84,24	0,18
A3	0,15	0,36	0,36	1	0,36	3,72	0,15	14,54	0,13	62,12	0,13
A4	0,1	0,36	1,64	1,64	1	6,28	0,25	27,31	0,25	114,51	0,25
A5	0,06	0,36	0,36	0,36	0,36	1	2,45	10,60	0,10	46,07	0,10
Σ						25,00	1	108,69	1	461,95	1

НУБІП України

Для підвищення точності розрахунків після першого розрахунку пріоритету – P1* проводять дві ітерації – визначають P2* і P3* , що дає можливість поступово наблизитися до правильного результату.

НУБІП України

Розрахунок пріоритету P1* проводять таким чином, спочатку сумуємо значення кожного рядку:

$$A1 + A2 + A3 + A4 + A5 = 1,64 + 1,64 + 1,64 + 1,64 = 7,55$$

Наступним етапом сумуємо значення сум всіх рядків.

$$P1A1 + P1A2 + P1A3 + P1A4 + P1A5$$

$$57,55 + 5 + 3,72 + 6,28 + 2,45 = 25,0$$

НУБІП України

Потім визначаємо пріоритет по кожному рядку шляхом ділення значення суми кожного рядка на суму значень стовпця P1:

$$\frac{\sum A1:A5}{\sum P1A1:P1A5}$$

$$7,55/25=0,3$$

Аналогічні обрахунки проводять для визначення пріоритетів по кожному рядку. Сума значень стовпця P1* повинна дорівнювати 1.

Розрахунок пріоритету P2 проводять таким чином, перемножуємо рядок на стовпчик та сумуємо:

$$P2=(A1:A1*P1A1)+(A2:A1*P1A2)+(A3:A1*P1A3)+(A4:A1*P1A4)P$$

$$2=(1*7,55)+(1,64*5)+(1,64*3,72)+(1,64*6,28)+(1,64*2,45)=36,14$$

Далі аналогічно з розрахунком P1 сумують значення по кожному рядку, потім визначають пріоритет по кожному рядку шляхом ділення значення суми кожного рядка на суму значень стовпця P2, сума значень стовпця P2* також повинна дорівнювати 1.

Такий же аналогічний розрахунок визначенням P3 та P3* (табл. 2.8 – 2.12).

Принцип розрахунку однаковий і для інших матриць суміжності, там просто розглядаються інші значення показників

Таблиця 2.8

Матриця суміжності для порівняння обладнання за рекомендованою

кількістю нанесення шарів

	A1	A2	A3	A4	A5	P1	P1*	P2	P2*	P3	P3*	
	4	2	2	2	3							
A1	4	1	0,57	0,57	1	0,57	3,7	0,15	17,37	0,15	82,70	0,15
A2	2	1,43	1	1	1,43	1	5,866667	0,23	28,21	0,24	134,42	0,24
A3	2	1,43	1	1	1,43	1	5,866667	0,23	28,21	0,24	134,42	0,24
A4	2	1	0,57	0,566667	1	0,57	3,7	0,15	17,37	0,15	82,70	0,15
A5	3	1,43	1	1	1,43	1	5,866667	0,23	28,21	0,24	134,42	0,24
						Σ	25	1	119,37	1	568,67	1

НУБІП України

Таблиця 2.9
Матриця суміжності для порівняння обладнання за часом повного висихання

		A1	A2	A3	A4	A5	P 1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
		2	12	16	4	4						
A1	2	1	0,12	1	0,12	3,24	0,13	11,60	0,12	42,81	0,11	
A2	12	1	1	0,12	1	0,122	3,24	11,60	0,12	42,81	0,11	
A3	16	1,878	1,878	1	1,878	1,878	8,514	39,47	0,39	153,78	0,41	
A4	4	1	1	0,12	1	0,12	3,24	11,60	0,12	42,81	0,11	
A5	4	1,878	1,878	0,12	1	1	6,756	26,07	0,26	96,24	0,25	
	Σ						25	100,344		378,4		

Таблиця 2.10

Матриця суміжності для порівняння обладнання за міжшаровим нанесенням

		A1	A2	A3	A4	A5	P 1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
		4	10	12	10	5						
A1	4	1	1,6	1	1,6	1,6	6,8	0,27	31,84	0,28	144,51	0,28
A2	10	0,4	1	0,4	1	1	3,8	0,15	16,84	0,15	75,99	0,15
A3	12	1	1,6	1	1,6	1,6	6,8	0,27	31,84	0,28	144,51	0,28
A4	10	0,4	1	0,4	1	1	3,8	0,15	16,84	0,15	75,99	0,15
A5	5	0,4	1	0,4	1	1	3,8	0,15	16,84	0,15	75,99	0,15
	Σ						25	1	14,20		517,00	1,00

Таблиця 2.11

Матриця суміжності для порівняння обладнання за ціною

		A1	A2	A3	A4	A5	P 1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
		112	297	560	206	204						
A1	112	1,00	1,57	1,57	0,43	0,43	5	0,20	21,15	0,19	92,89	0,19
A2	297	0,43	1,00	1,57	0,43	0,43	3,866667	0,15	16,12	0,14	71,77	0,14
A3	560	0,43	0,43	1,00	0,43	0,43	2,733333	0,11	12,38	0,11	55,62	0,11
A4	206	1,57	1,57	1,57	1,00	0,43	6,133333	0,25	27,46	0,24	120,43	0,24
A5	204	1,57	1,57	1,57	1,57	1,00	7,266667	0,29	35,05	0,31	153,85	0,31
	Σ						25	1	112,16	1	496,56	1

Таблиця 2.12

Результат експертної оцінки пріоритетних показників

К-ть експертів	Мінімальні витрати на один шар л/м ²			Рекомендована кількість нанесення шарів			Час повного висихання, год			Міжшарове нанесення, год			Ціна грн/л		
	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	1	2,14	4,59	2	1,43	2,04	5	-1,14	1,31	1	1,14	1,31	2	0,43	0,18
2	1	2,14	4,59	4	-0,57	0,33	3	0,86	0,73	1	1,14	1,31	2	0,43	0,18
3	4	-0,86	0,73	5	-1,57	2,47	3	0,86	0,73	3	-0,86	0,73	3	-0,57	0,33
4	4	-0,86	0,73	5	-1,57	2,47	3	0,86	0,73	3	-0,86	0,73	3	-0,57	0,33
5	4	-0,86	0,73	2	1,43	2,04	3	0,86	0,73	3	-0,86	0,73	3	-0,57	0,33
6	4	-0,86	0,73	3	0,43	0,18	5	-1,14	1,31	3	-0,86	0,73	2	0,43	0,18
7	4	-0,86	0,73	3	0,43	0,18	5	-1,14	1,31	1	1,14	1,31	2	0,43	0,18
Середнє значення балу	3,14			3,43			3,86			2,14			2,43		
Σ/6			2,14			1,62			1,14			1,14			0,29
Середнє квадратичне відхилення			1,46			1,27			1,07			1,07			0,53
Коеф. варіації/100%			0,47			0,37			0,28			0,5			0,2
Кексп. 1			0,53		Кексп. 2	0,63		Кексп. 3	0,72		Кексп. 4	0,50		Кексп. 5	0,78
Кексп								0,63							

Наступним етапом будемо матрицю бінарних відношень, використовуючи середні значення балу з табл. 2.13.

Таблиця 2.13

Матриця порівняння за середніми значеннями

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	w
	3,13	3,43	3,86	2,14	2,43		
3,13	=	<	>	>	>		
3,43	>	=	<	<	<	1,80	0,39
3,86	>	>	=	>	>		
2,14	<	<	<	=	<		
2,43	<	<	<	>	=		

Далі переходимо до кількісних значень, та визначаємо показники P1, P1*, P2, P2*, аналогічно попередній методиці (табл. 2.14, 2.15).

Таблиця 2.14

Матриця бінарних відношень

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	P1	P1*	P2	P2*	
	3,13	3,43	3,86	2,14	2,43					
Y1	3,13	1	0,61	0,61	1,39	1,39	5,00	0,20	23,21	0,19
Y2	3,43	1,39	1	1	1,39	1,39	6,16	0,25	29,90	0,25
Y3	3,86	1,39	1	1	1,39	1,39	6,16	0,25	29,90	0,25
Y4	2,14	0,61	0,61	0,61	1	0,61	3,45	0,14	16,67	0,14
Y5	2,43	0,61	0,61	0,61	1,39	1	4,23	0,17	19,64	0,16
	Σ						23	1	119,32	1

Таблиця 2.15

Підсумкова матриця

Марка антисептика	Пріоритет олії по одиничних показниках					Пріоритет показника		Комплексний пріоритет
	1	2	3	4	5	номер значення		
Lotus	0,11	0,28	0,19	0,15	0,34		0,19	0,214
Element Pro Woodstain	0,11	0,15	0,14	0,24	0,18	2	0,25	0,158
Neomid Eco	0,41	0,28	0,11	0,24	0,13	3	0,25	0,232
Drewno chron extra	0,11	0,15	0,24	0,15	0,25	4	0,14	0,181
Lignofix-P	0,25	0,15	0,31	0,24	0,10	5	0,16	0,214

Для Lotus: $(0,11*0,19)+(0,28*0,25)+(0,19*0,25)+(0,15*0,14)+(0,34*0,16)=0,214$

Для Element Pro Woodstain:

$(0,11*0,28)+(0,15*0,25)+(0,14*0,25)+(0,24*0,14)+(0,18*0,16)=0,158$

Для Neomid Eco:

$(0,41*0,19)+(0,28*0,25)+(0,11*0,25)+(0,24*0,14)+(0,13*0,16)=0,232$

Для Drevne-chron extra:

$(0,11*0,19)+(0,15*0,25)+(0,24*0,25)+(0,15*0,14)+(0,25*0,16)=0,181$

Для Lignofix-P:

$(0,25*0,19)+(0,15*0,25)+(0,31*0,25)+(0,24*0,14)+(0,10*0,16)=0,214$

Отже, підсумовуючи розрахунки та аналіз результатів дослідження, можна дійти до такого висновку, що за методом розставлення пріоритетів серед захисних речовин для деревини в зовнішніх конструкціях, антисептик Neomid виявився найбільш оптимальним та ефективним варіантом. Він забезпечує надійний захист від розпаду, гниття та атак мікроорганізмів, сприяючи тривалому життєвому циклу дерев'яних конструкцій. Вибір Neomid може бути обґрунтованим науковими розрахунками та ефективністю застосування цього антисептику у захисті зовнішніх деревних конструкцій.

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИНИ

НУБІП України

3.1. Обґрунтування напрямку досліджень

Процедура ацетилювання є однією з найбільш вивчених та важливих методів хімічної модифікації матеріалів. Під час ацетилювання відбувається реакція оцтового ангідриду з полімерами деревини. Ця реакція веде до естерифікації гідроксильних груп, які містяться в клітинній стінці матеріалу, та утворення додаткової оцтової кислоти. Ацетилювання – це процес, який включає одноразове приєднання ацетилюваної групи до гідроксильної групи, без подальшої полімеризації. Як результат, кількість вільних гідроксильних груп, які зазвичай зв'язують вологу, значно зменшується, і вони заміщуються гідрофобними ацетильними групами (рис. 3.1). Це знижує здатність матеріалу зберігати вологу, впливаючи на гігроскопічні властивості та точку насичення матеріалу [19, 37].



Рис. 3.1. Ефективність панелей з ацетилюваним покриттям після 13 років впливу [19]

Позитивним аспектом ацетилювання є той факт, що цей процес перетворює вільні гідроксильні групи в стабільні ацетильні групи в матеріалі. Це досягається шляхом взаємодії деревини з оцтовим ангідридом, який походить від оцтової кислоти в розбавленій формі. Після того, як гідроксильна група перетворюється на

ацетилену, матеріал втрачає здатність поглинати вологу (рис. 3.2), що робить його стабільним за розмірами та надзвичайно довговічним.

Ацетиленні групи, що складаються лише з атомів кисню, водню та вуглецю, вже існують природно в деревині, а також в організмах людей та інших ссавців. Це означає, що процес ацетилювання не вводить в матеріал нічого, що не є природним складовим матеріалу. Тому кінцевий продукт ацетилювання не забруднює навколишнє середовище токсинами. Єдині побічні продукти виробництва віткового ангідриду – це незначна кількість добрив та сліди оцтової кислоти, які легко розкладаються [19, 38].



Рис. 3.2. Деталь дверця на башці та рейках, що демонструє здуття на контролі (ліворуч) і відсутність здуття на ацетилюваних дверцятках (праворуч) [19]

Оскільки в ацетилюваній деревині вміст води в клітинній стінці значно зменшується, а деревина стабілізується до зміни вмісту води, ацетилювана деревина дуже мало розширюється та стискається під час циклу вивітрювання. Це означає, що в більшості випадків деревина рухатиметься менше, ніж покриття. Приклад різниці в набуханні деревини контрольної та ацетилюваної деревини можна побачити на рисунку [19, 39].

Комплексні наукові дослідження показали, що ацетилювання деревини призводить до підвищення її стабільності за розмірами і підвищує її стійкість до біологічного розкладання. Зміни у хімічному складі полімерів клітинної стінки

також можуть вплинути на механічні характеристики. Незважаючи на те, що вплив ацетилювання на стабільність розмірів, довговічність і основні механічні властивості був широко досліджений протягом останніх десятиліть, менше уваги було приділено властивостям руйнування. З'явлення сучків, отворів, виїмок, градієнтів вологи тощо може створити значні напруження при розтягуванні, перпендикулярно зерну в структурних елементах, що може призвести до виникнення та розповсюдження тріщин. Тому важливо враховувати властивості руйнування при використанні деревини для конструкційних цілей [41].

Зміни в хімічній структурі деревини, на відміну від простої модифікації її хімічного складу, фактично створюють новий матеріал. У порівнянні з іншими методами обробки, які вводять хімічні речовини (такі як масла, аміак або сполуки металів) у клітинні стінки деревини, процес ацетилювання модифікує деревину аж до її серцевини, досягаючи високої ступені стійкості по всьому поперечному перерізу матеріалу (рис. 3.3). Цей процес є незворотнім і не має ризику вимивання при подальшій обробці.



Рис. 3.3. Фасад з ацетилюваної деревини [19]

Існує багато застосувань ацетилюваної деревини, починаючи від облицювання і закінчуючи дорожніми мостами для інтенсивного руху.

Покриття – ацетилювана деревина може бути вироблена у формі широких дощок без деформацій або щілин і в широкому діапазоні розмірів без втрати стабільності. Випробування зовнішнього впливу, проведені TRADA на панелях

облицювання без покриття шириною 195 мм і товщиною 15 мм протягом двох років, показали, що не було виявлено жодних викривлень і дошки залишаються без помітних деформацій протягом 50 років експлуатації.

Ацетильована деревина приймає світлі плями без затемнення основної структури деревини, а також темні плями та фарбу. Її легка вага спрощує монтаж та економить час. Крім того, вона має гнучкість для використання в більш інноваційних формах [19].

На рис. 3.4 показано кутове з'єднання в ацетильованому вікні. Зміна кольору у верхній горизонтальній частині з'єднання пов'язана з рідкою водою. Оскільки просвіти деревини все ще відкриті після ацетильовання, вода може проникати і потрапляє в кінцеве зерно шляхом капілярної дії. Хоча вода потрапила в кінцеве зерно, набухання не відбувається, тому будь-яке пошкодження покриття буде спричинене водою, а не диференціальним набуханням [19, 43].



Рис. 3.4. Кутове віконне з'єднання в ацетильованому вікні [19]

Ацетильована деревина забезпечує тривалість зовнішніх вікон та дверей. Її можна виготовляти як частини задовго до зборки, а високі стандарти виробництва сприяють енергоефективності та зменшенню забруднення. Solid Assoya має добру теплопровідність з середнім значенням лямбда 0,12 Вт/мК згідно з методом випробування BS EN 12667, що запобігає конденсації та не зв'язується з вологістю.

На рис. 3.5, А показано гниття в кутку неацетильованого вікна, а на маціонку В – ацетильоване вікно, покрите тією ж фарбою. З вікном з ацетильованим

покриттям не спостерігалось здуття, усадки, розпаду чи облуповування.

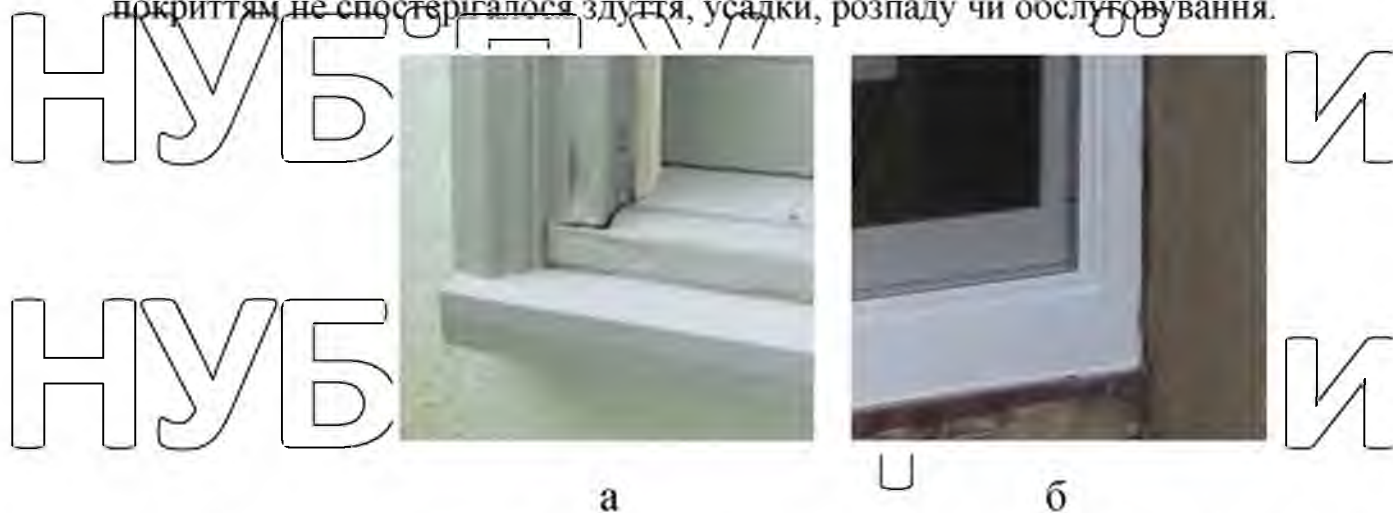


Рис. 3.5. Розпад у кутку контрольного вікна через три роки (а); відсутність набряку або розпаду в ацетилованому вікні через п'ять років [19]

Дуже чутливі та видимі застосування, такі як жалюзи, віконниці та вікна, отримують переваги від мінімізації викривлення та подовженого терміну служби покриття ацетилованої деревини. Є доступний широкий спектр кольорів та можливість великих проміжків між кріпленнями [19, 44].

При будівництві настилів, причалів для яхт, понтонів та інших застосувань (рис. 3.6), де деревина часто волога та знаходиться близько до землі або контактує з нею, міцність та стійкість до будь-яких погодних умов є важливими. Бажано, щоб матеріал був стабільним за розмірами, залишався рівним і мав мінімальну кількість вигинів, чашок, деформацій та розколів і не був вразливим до грибків, гнилі або комах.

Дослідження щодо зміни кольору та деградації дерев'яних поверхонь під впливом видимого та ультрафіолетового світла мають значний обсяг досліджень .

Загально визнано, що УФ- та видиме світло до 500 нм мають великий вплив на процес деградації. Однією з основних реакцій деструкції є фотохімічна деградація лігніну, що призводить до деметилювання та формування хінонів, які викликають затемнення деревини. У випадку твердих порід деревини, особливо тих, що містять поліфенольні екстрактивні сполуки, зміна кольору стає більш складною через фотохімічні зміни в цих поліфенольних структурах. Продукти розпаду лігніну в решті-решт вимиваються, що призводить до відбілювання поверхні [44, 45].



Рис. 3.6. Причал з ацетильованої деревини [44]

Декілька досліджень показують, що фотохімічна деградація відрізняється від немодифікованої деревини, але не зупиняється. У ретельному аналізі ацетильованого шпсну без природного вивітрювання, виявили, що деполімеризація целюлози та ерозія середньої пластинки все ще відбуваються після ацетильовання, але втрата маси зменшується, і клітини пізньої деревини зберігають свою структуру [44, 47].

Ацетильована деревина має традиційний та природний вигляд (рис. 3.7), з легкістю доглядається, зберігає свою природну міцність і, завдяки процесу ацетильовання, менш чутлива до поверхневого нагріву, ніж тропічна деревина або пластик. Ацетильована деревина також має краще зчеплення, ніж багато інших матеріалів, що важливо для підлогових покриттів, які можуть бути вологими або замерзлими [48].



Рис. 3.7 Ацетильована деревина зі збереженням текстури дерева [48]

Ацетильована деревина може бути використана в будівельних проектах,

оскільки вона має високе співвідношення міцності до ваги, а монтаж досить простий і швидкий, а також не потребує технічного обслуговування. Стабільність розмірів означає, що відхилення в розмірах незначні і передбачувані.

Було показано, що ацетилювання деревини значно знижує вміст вологи в клітинних стінках, значно підвищує стабільність розмірів і зменшує вплив грибків.

Ця стійка дерев'яна поверхня зменшує розбухання, яке зазвичай виникає під час намокання деревини, і тим самим стабілізує межу між деревиною та покриттям. Вода все ще може проникати в просвіти деревини, але це призводить до незначного набухання. Підвищення стійкості до грибків зменшує інвазію грибків, коли покриття вийшло з ладу.

3.2. Методика експериментальних досліджень

Для дослідження фізичних і механічних властивостей необробленої і ацетилюваної деревини використано стандартні методики, а саме EN 13183-1:2002 [50] – для визначення вологопоглинання; EN 408:2010 [51] – для визначення межі міцності при стисненні впоперек волокон. Експериментальні дослідження проводили з використанням такого обладнання: ексікатор, ваги AXIS 500, розривної машини РМ-5. З деревини осики і вільхи виготовлено по 15 зразків розміром 20×20×10 мм для визначення вологопоглинання та набрякання (рис. 3.8).



а

б

Рис. 3.8. Дослідні зразки: а – осика; б – вільха.

Таку ж кількість зразків направлено на проведення операції ацетилювання, щоб встановити її вплив на покращення деяких властивостей деревини. Ацетилювання (рис. 3.9) проводили в ємності з оцтовою кислотою. Зразки попередньо нагріли до температури 80 °С та розмістили в речовину. Просочування відбувалось за рахунок дії капілярних сил, що виникають в деревині під час зміни температури.



Рис. 3.9. Операція ацетилювання: а – вплив оцтової кислоти; б – зразки після ацетилювання.

Процес вологопоглинання складається з сорбції пари води основними органічними речовинами клітинної стінки і переміщення утвореної зв'язаної води в середину деревини. Сорбція в свою чергу включає явища адсорбції та мікрокапілярної конденсації. Для визначення вологопоглинання зразки необробленої та ацетилюваної деревини осики та вільхи витримували в ексикаторі з насиченим розчином соди (рис. 3.10).

Проведення дослідів. Зразки висушують в бюксах до абсолютно сухого стану й зважують з похибкою не більше 0,001 г. На дно ексикатора наливають насичений розчин соди. Зразки закладають бічною поверхнею на вставку ексикатора так, щоб вони не дотикались один до одного й стінок ексикатора, закривають кришкою й витримують при температурі $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ (рис. 3.10) [51].

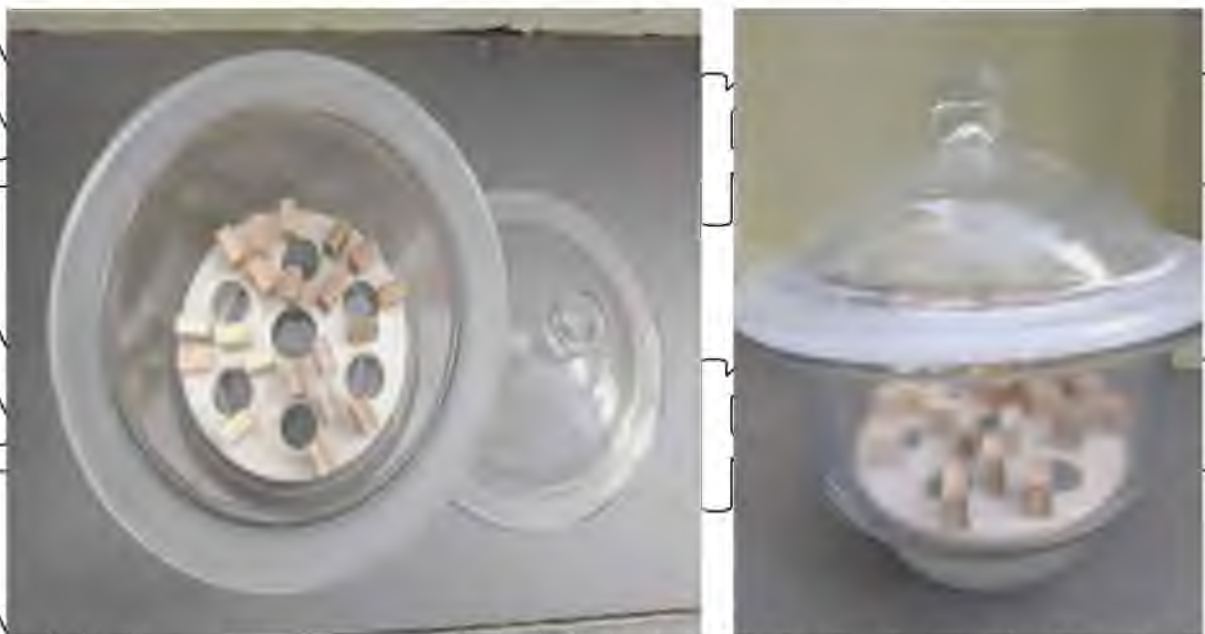


Рис. 3.10. Витримування зразків ацетицьованої і несобробленої деревини у вологому середовищі

Зразки періодично зважують з похибкою не більше 0,001 г., перше важення проводять через добу з моменту закладання зразків в ексикатор, наступні через 6, 10 та 20 днів – рис. 3.11.



Рис. 3.11. Дослід вологопоглинання: а – контроль зміни маси зразків; б – зміни розмірів.

Кількість поглиненої води (W) в відсотках розраховують з точністю до 0,1 % по формулі [51]:

$$W = \frac{m_1 - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100 \quad (3.1)$$

де m_i – маса в даний момент, г.;

$m_{\text{сух}}$ – маса в абсолютно сухому стані, г.

Як показник вологопоглинання приймають максимальну вологість деревини, витриманої до закінчення вологопоглинання.

Для визначення величини набрякання застосовували мікрометр МК з похибкою виміру розмірів не більше 0,01 мм.

Проведення досліду. Зміни розмірів зразків перевіряють повторними замірами в відповідних напрямках. Посередині радіальної й тангенціальної поверхонь заміряють розміри поперечного зрізу кожного зразка в радіальному й тангенціальному напрямках, а також в напрямленні вздовж волокон з похибкою не більше 0,01 мм.

Максимальне всихання ($B_{V_{\text{max}}}$) в відсотках знаходять за формулою:

$$B_{V_{\text{max}}} = \frac{L_{r_{\text{max}}} \cdot L_{t_{\text{max}}} \cdot L_{a_{\text{max}}} - L_{r_{\text{min}}} \cdot L_{t_{\text{min}}} \cdot L_{a_{\text{min}}}}{L_{r_{\text{max}}} \cdot L_{t_{\text{max}}} \cdot L_{a_{\text{max}}}} \cdot 100, \quad (3.2)$$

де $L_{r_{\text{max}}}$, $L_{t_{\text{max}}}$, $L_{a_{\text{max}}}$ – розміри при вологості, яка дорівнює або більша межі насиченості клітинних стінок в напрямленнях відповідно радіальному, тангенціальному й вздовж волокон, мм;

$L_{r_{\text{min}}}$, $L_{t_{\text{min}}}$, $L_{a_{\text{min}}}$ – розміри зразка в абсолютно сухому стані в напрямленнях відповідно радіальному, тангенціальному й вздовж волокон, мм.

Результати округляємо до першого десятинного знаку.

Методика досліджень на стиск поперек волокон. Суть методів полягає у визначенні руйнуючого навантаження при випробовуванні зразків та розрахунку межі міцності при цьому навантаженні (рис. 3.12). Зразки виготовляли у формі прямокутної призми основою 20x20 мм та довжиною вздовж волокон 10 мм. Якщо річні шари мають ширину понад 4 мм, розміри поперечного перерізу повинні бути збільшені так, щоб зразок включав не менше ніж 5 шарів. Ширину в тангентальному напрямку при радіальному стисканні або в радіальному напрямку при тангентальному стисканні та довжину вимірюють з похибкою не більше 0,1 мм відповідно на середині довжини та ширини зразка.

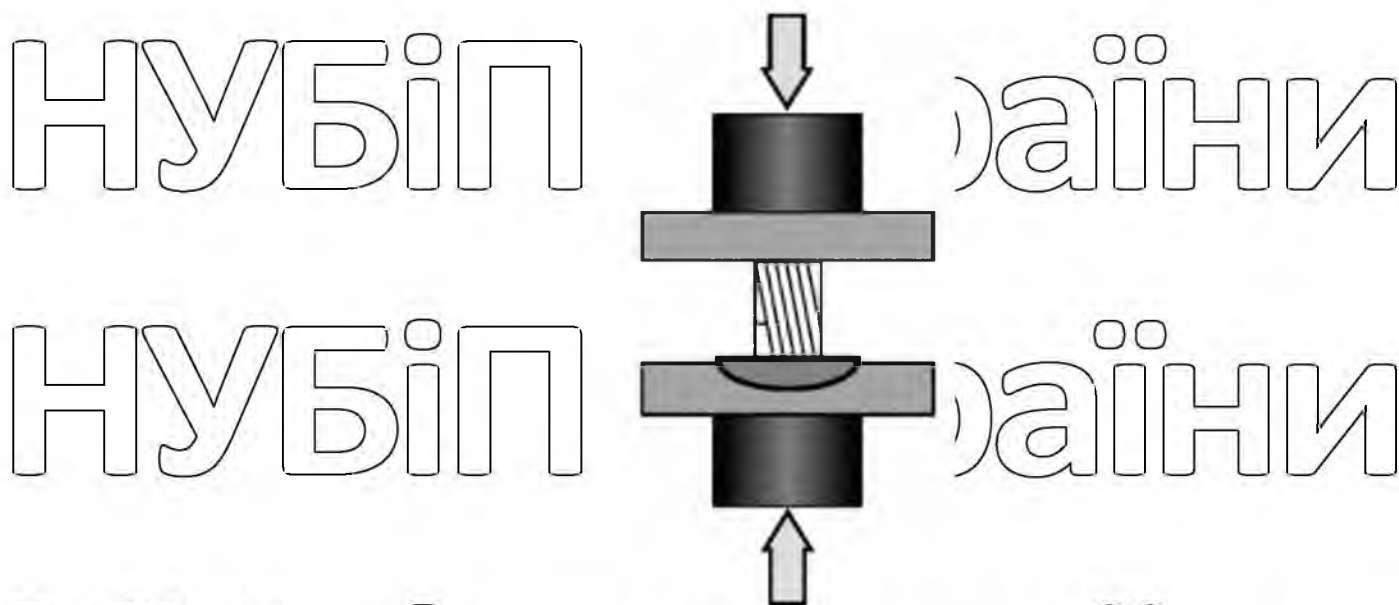


Рис. 3.12. Пристосування для випробування на стиск поперек волокон

Зразок поміщають в машину тангентальною або радіальною поверхнею догори і навантажують через пуансон. Постійна швидкість навантаження або постійна швидкість переміщення навантажувальної головки машини повинна бути такою, щоб умовна межа міцності була досягнута через $(1,5 \pm 0,5)$ хв після початку навантаження.

Навантаження, що відповідає умовній межі міцності, визначають за діаграмою стиснення поперек волокон як ординату точки, в якій відступ від лінійної залежності між навантаженням і деформацією досягає такої величини, що тангенс кута, утвореного віссю навантажень і дотичної до графіка на 50 % свого значення, що відповідає прямолінійній ділянці графіка.

3.3. Аналіз результатів експериментальних досліджень

Вплив ацетилювання на щільність деревини

Встановлено, що щільність зразків після ацетилювання загалом зменшується (рис. 3.13).

Встановлено, що щільність осики зменшилась незначно. Можливо недостатня кількість дослідних зразків. Щільність деревини вільхи зменшилась на 4 %.

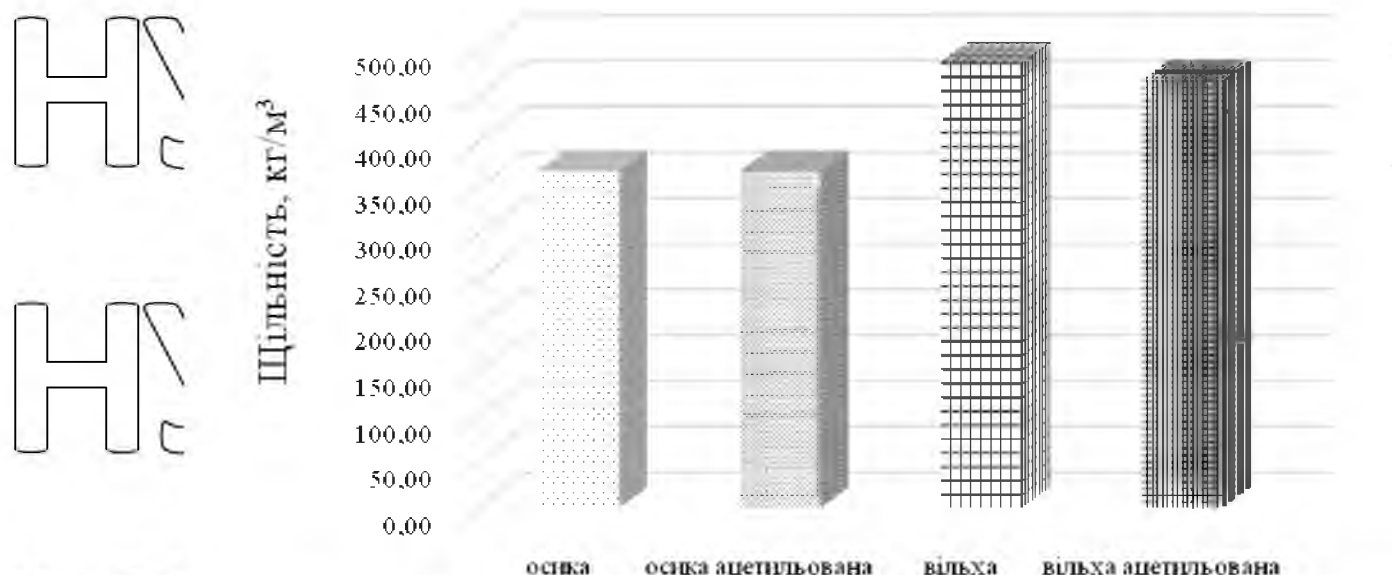
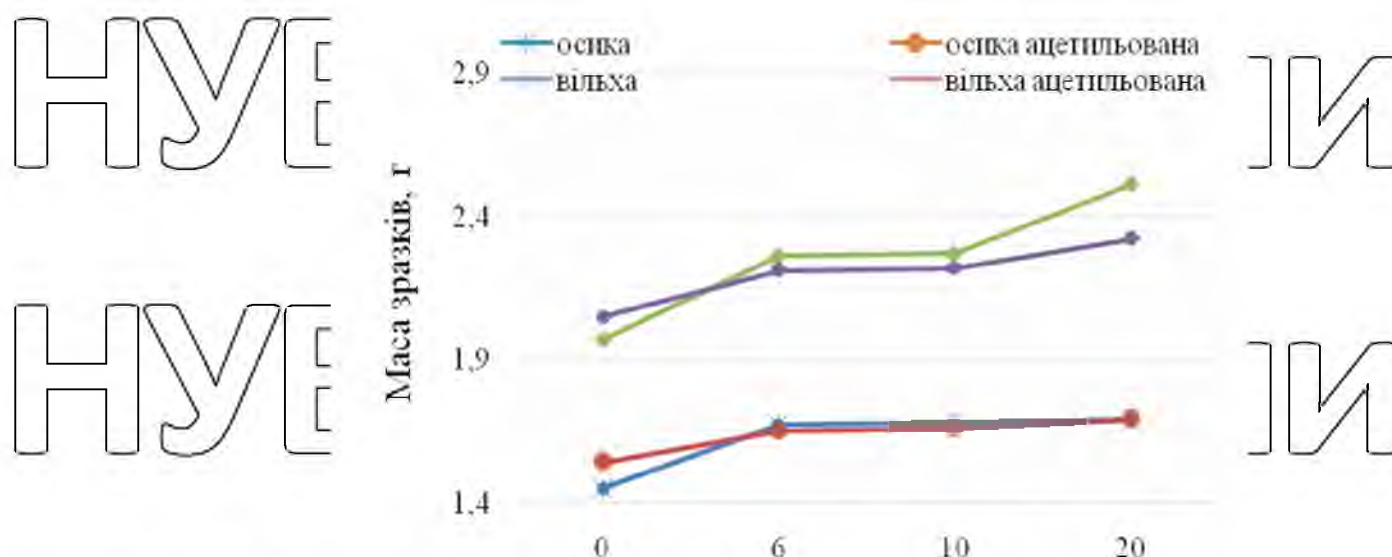


Рис. 3.13. Зменшення щільності деревини після ацетилювання

Заміна деяких гідроксильних груп на полімерах клітинної стінки зв'язаними ацетильними групами знижує гігроскопічність деревини. Зі збільшенням рівня ацетилювання точка насичення волокна знижується як у хвойних, так і в листяних порід [52].

Ацетилювання деревини сприяє зниженню сорбційних властивостей деревини (рис. 3.13). Це зменшення можна пояснити за рахунок зміни хімічної структури деревини.



Витримка в ексікаторі, діб

Рис. 3.13. Динаміка збільшення маси дослідних зразків деревини при витримці у вологому середовищі

Вважається, що волога сорбується як первинна або вторинна вода. Первинна вода – це вода, сорбована на первинних ділянках з високою енергією зв'язку, таких як гідроксильні групи. Вторинна вода – це вода, сорбована на ділянках з меншою енергією зв'язку; молекули води сорбуються наверх первинного шару. Оскільки деякі гідроксильні центри етерифіковані ацетильними групами, існує менше первинних центрів, на які сорбується вода. А оскільки волокно більш гідрофобне в результаті ацетилювання, може також бути менше вторинних сайтів зв'язування.

Зразки звичайної необробленої осики за 20 днів набрали 0,24 г вологи із повітря, що збільшило вміст вологи зразка на 16,55 %, а у зразків ацетильованих – на 9,74 %.

У вільхи схожий результат – для необробленої вологопоглинаючої становить 27,41 % та 13,17% для ацетильованої. Причому за перше днів осика набрала найбільшу кількість вологи, а вільха – за другу половину експерименту продовжувала набирати.

Проаналізовано величину набрякання. Для необробленої деревини (осики та вільхи) показник об'ємного набрякання на рівні 7,5 %. Щодо набрякання деревини після ацетилювання для осики воно зменшилось в 4 рази і становить 1,76 %. Для вільхи – 2 рази та 4,24 відповідно. У всіх зразків спостерігається збільшення величини набрякання вздовж волокон.

Також проведено випробування для визначення межі міцності при стиску (рис. 3.14, табл. 3.1).



Рис. 3.14. Проведення випробування

Статистичне опрацювання результатів дослідження на стиск

Показники	Дерева			
	Осіка	Осіка ацетильована	Вільха	Вільха ацетильована
$\sigma_{сер}$, МПа	12,7	12,3	18,9	20,4
Дисперсія вибірки	1,47	1,49	3,70	4,43
Коефіцієнт варіації, %	9,59	9,90	10,15	10,34
Середня похибка значень	0,543	0,546	0,86	0,941
Показник точності, %	4,29	4,43	4,54	4,62

Як бачимо з табл. 3.1 вплив ацетилювання на межу міцності при стиску неоднозначний. Так, для осики показник міцності знизився на 3,2 % порівняно із необробленою – 12,7 МПа. Що ж стосується вільхи – тут спостерігається покращення показника. Якщо для зразків необробленої деревини міцність на стиск становила 18,9 МПа, то після ацетилювання значення показника зросло на 8 % і становить 20,4 МПа. Що стосується характеру руйнування зразків, то осика (як необроблена так і ацетильована) тільки зминається без видимих ознак руйнування. У деяких зразків вільхи помітне часткове відшарування – рис. 3.15.



Рис. 3.15. Зразки деревини після випробування на стиск

Механізм розмірної стабільності, що виникає в результаті ацетилювання, є результатом збільшення об'єму пов'язаних ацетильних груп у гідроксильних групах

полімеру клітинної стінки. Оскільки об'єм клітинної стінки розбухає майже до початкового об'єму, коли вода потрапляє в деревину, можливе незначне набухання. Ацетилювана деревина може сорбувати воду через капілярну дію і, певною мірою, в клітинній стінці. Оскільки молекула води менша за ацетильну групу, у «повністю ацетилюваній деревині» може відбуватися деяке набухання, але набухання не перевищує межі пружності клітинної стінки [53].

Ацетилювання є ефективним методом зміни взаємодії деревина-вода. Реакція деревини з оцтовим ангідридом призводить до заміщення гідрофільних гідроксильних груп менш гідрофільними ацетильними. Крім того, ацетилювання також об'єднує клітинні стінки деревини. Деревина після ацетилювання демонструє нижчу змочуваність, рівноважний вміст вологи і волопоглинання. Також має неоднозначний вплив на механічні властивості деревини.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО
АЦЕТИЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ**4.1. Необхідне обладнання для ацетилювання**

Ацетилювання деревини – це процес хімічної модифікації деревини, за допомогою якого вона стає більш стійкою до вологи, гниття і біологічного розкладу. Цей процес використовує ацетиловий ангідрид, який проникає в структуру деревини, заміщаючи природні гідроксильні групи ацетильними групами. Це підвищує вологостійкість та довговічність деревини. Автоклавне ацетилювання є ефективним методом для поліпшення властивостей деревини, зокрема для застосувань в будівництві, меблевому виробництві та інших галузях, де необхідна стійкість до вологи та гниття. Для більш докладної інформації та наукових досліджень щодо автоклавного ацетилювання деревини рекомендується переглянути відповідні наукові публікації та книги з хімічної модифікації деревини.

Існує кілька різних методів ацетилювання деревини, і кожен з них вимагає спеціалізованого обладнання.

Автоклавне ацетилювання (рис. 4.1) включає в себе розміщення деревини у спеціальних автоклавах, де вона обробляється ацетиловим ангідридом при підвищеному тиску і температурі. Цей процес вимагає автоклавів, які здатні створити необхідні умови для реакції [30].

Сам техпроцес модифікування деревини полягає в просочуванні вихідної деревини (тому краще застосовувати сиру, свіжозрубану) розчином модифікатора, сушінні просоченої деревини. Всі ці процеси можна поєднати в одному автоклаві типу АВТРМ (такі раніше на заводах із виробництва силкатної цегли використовувалися) або в спеціально замовленому (краще торгової марки «Scholz», Німеччина) [30].



Рис. 4.1. Автоклавне ацетилювання [30]

Обладнання для оброблення деревини стійке проти корозії. У місцях, найбільш вразливих для вологи, встановлені деталі з нержавіючої сталі. Камера працює довго й безвідмовно.

Обладнання можна встановлювати на вулиці. Термоізоляція дає змогу йому працювати за температур доквілля до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для захисту завантажувального майданчика та передньої частини камери від дощу та снігу необхідний навіс. Крім електричної мережі, жодні інші комунікації не потрібні [22].

Після встановлення камери на горизонтальну поверхню та під'єднання електрики до щитка вона готова до роботи. Жодних налаштувань і пусконаладжувальних робіт, додаткового обладнання, інструменту або пристосувань не потрібно. Все, що потрібно для роботи, є в комплекті камери. З витратних матеріалів необхідно лише раз на пів року міняти ущільнювальну прокладку завантажувального люка [22].

Обладнання для оброблення дерева розраховане на багаторічну безперебійну роботу.

Імпрегування деревини в ацетилюваному розчині – це один з методів хімічної модифікації деревини, який використовується для поліпшення її властивостей, зокрема стійкості до вологи, гниття та змін розмірів при зміні вологості. Цей метод може бути використаний для обробки великих обсягів деревини та вимагає спеціальних обладнання, таких як баки для імпрегнації та системи подачі розчину. Імпрегування в ацетилюваному розчині дозволяє досягти

поліпшення стійкості деревини до вологи та інших факторів довкілля, що робить її придатною для застосувань в будівництві, меблевому виробництві та інших галузях, де необхідна довговічність та стійкість матеріалу [30].

Спеціальні роликові конвеєри (рис. 4.2) – це обладнання, яке використовується для рівномірного нанесення ацетилового ангідриду або розчину на поверхню деревини під час її перевезення через конвеєр. Цей метод дозволяє забезпечити однорідне покриття деревини реагентом і забезпечити ефективну обробку великих обсягів матеріалу.



Рис. 4.2. Конвеєр для транспортування і покриття ацетиловим ангідридом [54]

Основні характеристики та принцип роботи спеціальних роликових конвеєрів включають наступне:

- Роликові смуги: Конвеєр складається з роликових смуг, на яких розміщується деревина. Ці смуги можуть бути виготовлені з різних матеріалів, які стійкі до впливу ацетилового ангідриду [54].
- Система подачі реагенту: Конвеєр обладнаний системою подачі ацетилового ангідриду або розчину. Цей реагент наноситься на поверхню деревини під час її переміщення через конвеєр [54].
- Рівномірне покриття: Ролики на конвеєрі розташовані так, щоб забезпечити рівномірне і однорідне покриття деревини реагентом. Це допомагає

уникнути нерівномірного або недостатнього покриття.

- **Контроль швидкості та тиску:** Конвеєр може мати системи контролю швидкості та тиску, що дозволяють регулювати процес нанесення реагенту відповідно до потреб і властивостей деревини.

- **Сушіння та обробка:** Після нанесення реагенту деревину можуть піддати процесам сушіння та обробки, які допомагають закріпити хімічні зміни в матеріалі.

Спеціальні роликкові конвеєри є ефективними засобами для обробки деревини великими обсягами, зокрема для ацетилювання, і дозволяють забезпечити якісне та однорідне покриття матеріалу реагентом. Цей метод може бути використаний у виробництві, де необхідна велика продуктивність та точність обробки [54].

Ацетилювання в реакторах (рис. 4.3) з вакуумом – це один з методів хімічної модифікації деревини, який використовується для підвищення стійкості деревини до вологи, гниття та інших негативних факторів довкілля. Основна особливість цього методу полягає в використанні вакууму для зменшення тиску в реакторі, що дозволяє здійснювати обробку при низьких температурах і знижувати ризик руйнування деревини під впливом високих температур [55].



Рис. 4.3. Реактор для ацетилювання в вакуумі [55]

Основні кроки ацетилювання в реакторах з вакуумом включають наступне:

- **Підготовка деревини:** Сировинну деревину підготовлюють, включаючи її очищення від кори та різання на відповідні розміри.

- Поміщення в реактор з вакуумом: Підготовлену деревину поміщають в реактор, який здатний створити вакуум. Реактори зазвичай виготовлені з матеріалів, щостійкі до хімічних реакцій.

- Створення вакууму: Вакуум створюють для зниження тиску у реакторі.

Це дозволяє зменшити температуру, при якій відбувається процес ацетилювання.

- Додавання ацетилюваного ангідриду: До реактора додають ацетилюваний ангідрид оцтової кислоти або інші ацетилювальні реагенти. Реакція відбувається при зниженому тиску та низьких температурах.

- Реакція ацетилювання: під впливом ацетилюваного ангідриду гідроксильні групи в деревині замінюються ацетильними групами, що покращує її властивості.

- Контроль процесу: Процес контролюється з точністю до тиску, температури та часу реакції для досягнення оптимальних результатів.

- Відновлення тиску та видалення залишків реагенту: Після завершення реакції відновлюють тиск у реакторі та видаляють залишки ангідриду та інших продуктів реакції [55].

Ацетилювання в реакторах з вакуумом дозволяє покращити стійкість деревини до вологи і інших факторів, при цьому знижуючи вплив високих температур на матеріал.

4.2. Рекомендації щодо сфери використання ацетильованої деревини

Деревину різних порід (найчастіше хвойних – сосна, ялина, ялиця) сушать спеціальним хімічним складом (найчастіше це висококонцентрований оцтовий склад), завдяки чому порода втрачає зайву вологу без деформації волокон.

Такий спосіб модифікації деревини дозволяє придбати їй поліпшені експлуатаційні якості. Ацетильована деревина не боїться сильних перепадів температури, не деформується і не тріскається, їй не страшні гризуни та інші шкідники, не схильна до гниття, грибка, нвілі тощо [56].

А головна перевага полягає в тому, що цей матеріал не вбирає воду. Саме тому така терасна дошка ідеально підходить для застосування на об'єктах із підвищеною

вологістю, вологістю, відсутністю достатньої кількості сонячного світла для просихання дошки. Ацетильоване дерево дозволяється укласти на сирій ґрунт або навіть на об'єкті, де дошка постійно знаходиться під водою, а це означає, що такий матеріал може витримати все і навіть більше.

Ацетильовану дошку (рис. 4.4) дозволяється використовувати як на приватних, так і комерційних об'єктах будь-якого типу призначення. Даний матеріал здатний витримувати будь-які навантаження, але при цьому не втрачається зовнішній вигляд дошки та тривалість терміну служби.



Рис. 4.4. Тераса з ацетильованої деревини [56]

Ацетильована деревина хоч і модифікована на молекулярному рівні, все одно залишається деревиною. Тому, цей матеріал потрібно систематично покривати мастилами, щоб надати терасі красивого зовнішнього вигляду, а також продовжити термін служби.

Використання ацетильованої деревини в мостобудівництві може бути обґрунтованим з кількох причин, а саме стійкість до розкладу. Ацетильована деревина має підвищену стійкість до розкладу, що робить її більш відповідною для зовнішніх конструкцій, які піддаються агресивним атмосферним умовам [56].

Стійкість до вологості, заміщення гідроксильних груп в ацетильованій деревині зменшує її здатність поглиблювати вологу, що робить цей матеріал менш агресивним

до прогнозованих змін у розмірах та вазі. Прикладом успішної хімічної модифікації і використання такої модифікованої деревини можна назвати дорожній міст в місті Снеку (рис. 4.5), Нідерланди, побудований з ацетицьованої масивної деревини сосни [57].



Рис. 4.5. Міст в місті Снеку, Нідерланди, побудований з ацетицьованої масивної деревини сосни [57]

Ацетицьовання деревини впливає і на механічні властивості. В окремих випадках ацетицьована деревина може поліпшити механічну міцність разом з натуральною деревиною, що може бути числом аспектів для конструкції, що вимагають великої міцності [56].

Облицьовання з ацетицьованої деревини (рис. 4.6) є перспективним рішенням у будівельній індустрії. Вона виробляється у вигляді широких дощок без деформацій і щілин, а також у різних розмірах, забезпечуючи стабільність конструкції.

Результати випробувань, проведених TRADA на панелях облицьовання, свідчать про відсутність викривлень протягом дворічного періоду і гарантують, що дошки залишатимуться без помітних спотворень протягом 50 років експлуатації [58].



Рис. 4.6. Келоуна Марина на озері Оканеган в Канаді [58]

Своєрідні властивості ацетицьованої деревини роблять її ідеальною для облицьовання. Матеріал сприймає світлі та темні плями без затемнення основної структури, дозволяючи зберігати естетичний вигляд. Легкість та мала вага сприяють швидкому монтажу, економлячи час. Гнучкість матеріалу також відкриває можливості для творчого використання його в інноваційних формах [58].

Ацетицьована деревина виявляється відмінним вибором для виготовлення довговічних вікон (рис. 4.7) та дверей. Матеріал може бути виготовлений у вигляді частин задовго до збирання, і строгі стандарти заводського виробництва сприяють підвищенню енергоефективності та контролю над забрудненням.



Рис. 4.7. Вікна з ацетицьованої деревини [58]

Застосування, такі як затінення, жалюзі та віконниці, отримують вагомі переваги завдяки використанню ацетицьованої деревини. Матеріал мінімізує

викривлення та має подовжений термін служби покриття. Широкий спектр кольорів доступний для вибору, і можливість великих проміжків між кріпленнями робить його вельми гнучким для використання в різних дизайнерських рішеннях [58].

При використанні деревини для настилів (рис. 4.8), причалів для яхт, понтонів та інших застосувань, де матеріал піддається вологості та контактує з ґрунтом, ключовими факторами є міцність та стійкість до зовнішніх умов. Важливо, щоб матеріал залишався стійким за розмірами, уникав вигинів, чашок, деформацій та розколів, та мав високу стійкість до грибків, гнилі та комах [58].



Рис. 4.8. Палуба з обробленої деревини [58]

Ацетильована деревина, завдяки своєму процесу виготовлення, відповідає цим вимогам. Вона має природний зовнішній вигляд та легко доглядається. Матеріал зберігає свою природну міцність і, завдяки ацетильованню, стає менш чутливим до поверхневого тепла порівняно з тропічною деревиною або пластиком. Ацетильована деревина також володіє кращим зчепленням, що важливо для поверхонь, які можуть бути вологими чи піддаються замерз [58].

При використанні для облицювання сайдингу та фасадів (рис. 4.9) ацетильована деревина потребує менше догляду та покриття через тривалий термін служби та довговічність. Якщо потрібна природна краса справжньої деревини, ацетильована деревина є найкращим вибором. Такі фактори, як стабільність, довговічність і ефективність покриття, є важливими при проектуванні віконниць, жалюзі та сонцезахисту, особливо коли ваша мета — досягти високої естетики. Крім того, плоский вигляд, якого більшість людей намагається досягти за допомогою

дерев'яних планок у віконницях, буде добре триматися, враховуючи, що ацетильована деревина не деформується, не викривляється чи розколюється за найгірших погодних умов [59].



Рис. 4.9. Фасад з ацетильованої деревини [59]

Ацетильована деревина дорожча, ніж більшість деревини або модифікованої деревини, але дешевша, ніж тропічна листяна деревина, така як іпе та червоне дерево. Частково це пояснюється його довговічністю та довговічністю. Вартість додавання покриттів нижча, а покриття зберігаються довше в порівнянні з більшістю іншої деревини. Ці архітектурні освітлювальні стовпи (рис. 4.10) виготовлені з конічної, круглої, твердої ацетильованої деревини та мають конструкцію з класного бруса та заокруглену пресовану алюмінієву основу. Ці стовпи розташовані біля ресторану Hillstone у Білтморі, штат Аризона, і були встановлені в грудні 2010 року.

Понад шість років потому вони все ще виглядають такими ж новими, як і коли їх вперше встановили [56].



Рис. 4.10. Стовпи з ацетильованої деревини [56]

Зростаючий потенціал ацетильованої деревини як стійкого, структурно надійного будівельного матеріалу може стати більш очевидним, оскільки деревина стає все більш прийнятною альтернативою сталі та бетону для високих будівель. У міру того як тривають пошуки шляхів будівництва більш екологічних і енергоефективних будівель, архітектори та будівельники розсувають традиційні межі будівництва з деревини. Ацетильовання може економічно обґрунтуватися через підвищення тривалості служби деревини, зменшення необхідності в регулярному обслуговуванні та заміні конструкцій.

Також, цей процес може зменшити витрати на захист від шкідливих зовнішніх впливів, що діють на деревні матеріали. Використовуючи більш дорожчу ацетильовану деревину в зовнішніх конструкціях, на перспективу в майбутньому ми заощаджуємо ресурси на догляд за нею і час, який використовуємо.

На початку це може здатися відносно дорогим, але завдяки численним перевагам ви можете заощадити гроші в довгостроковій перспективі. Вартість його оздоблення також нижча, ніж у більшості інших видів деревини, а покриття, як доведено, служить довше.

Початкова ціна може здатися страшною, але ви можете знайти полегшення, подивившись на ширшу картину. Оскільки він потребує менше технічного обслуговування та догляду, ви побачите, що вам не доведеться витрачати гроші на ремонт і підправку під час використання.

ВИСНОВКИ

На основі аналізу літературних джерел умов експлуатації деревини у зовнішніх конструкціях встановлено негативний вплив різних факторів середовища на поверхню виробу та його довговічність. Досліджено вплив вологи, ультрафіолетових променів та біологічних чинників. Проаналізовано різні захисні засоби для деревини, наведено їх переваги та недоліки під час експлуатації.

У останні роки зростає тиск на навколишнє середовище, що призвело до значних змін у галузі захисту деревини. Сучасні технології, які базуються на термічній або хімічній модифікації, спричинили заборону використання біоцидів.

Модифікація деревини стала новим підходом до збереження та покращення властивостей деревного матеріалу шляхом використання хімічних, механічних, фізичних та біологічних методів.

На основі методу розставляння пріоритетів визначено оптимальний вибір захисної композиції. Встановлено, що серед захисних речовин для деревини в зовнішніх конструкціях, антисептик Neomid Eco виявився найбільш оптимальним та ефективним варіантом – його комплексний пріоритет становить 0,232. Він забезпечує надійний захист від розпаду, гниття та атак мікроорганізмів, сприяючи тривалому життєвому циклу дерев'яних конструкцій. Вибір Neomid може бути обґрунтованим науковими розрахунками та ефективністю застосування цього антисептику у захисті зовнішніх деревних конструкцій. Найнижчим в рейтингу виявився Element Pro Woodstain – 0,158.

Під час проведення експериментальних досліджень встановлено вплив операції ацетилювання на зміну властивостей деревини. Так, щільність осики зменшилась незначно. Можливо недостатня кількість дослідних зразків. Щільність деревини вільхи зменшилася на 4 %. Вміст вологи зразків звичайної необробленої осики за 20 діб збільшився на 16,55 %, а у зразків ацетильованих – на 9,74 %. У вільхи схожий результат – для необробленої величина вологопоглинання становить 27,41 % та 13,17 % для ацетильованої.

Щодо показника набрякання деревини, то після ацетилювання він зменшився в 4 рази і становить 1,76 % для осики. Для вільхи – 2 рази та 4,24 відповідно.

Показник міцності ацетицьованої осики знизився на 3,2 % порівняно із необробленою – 12,7 МПа. У зразків необробленої деревини вільхи міцність на стиск становила 18,9 МПа, після ацетицьовання – зросла на 8 % і становить 20,4 МПа.

Зростаючий потенціал ацетицьованої деревини як стійкого, структурно надійного будівельного матеріалу може стати більш очевидним, оскільки деревина стає все більш прийнятною альтернативою сталі та бетону для високих будівель. У міру того як тривають пошуки шляхів будівництва більш екологічних і енергоефективних будівель, архітектори та будівельники розсувають традиційні межі будівництва з деревини. Доцільність ацетицьовання можна економічно обґрунтувати збільшенням тривалості служби деревини, зменшенням необхідності частоти регулярних обслуговуючих заходів. Також, цей процес може зменшити витрати на захист від шкідливих зовнішніх впливів, що діють на деревні матеріали.

Використовуючи більш дорощу ацетицьовану деревину в зовнішніх конструкціях, на перспективу в майбутньому ми заощаджуємо ресурси на догляд за нею і час, який використовуємо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hill C., Kymäläinen M., Rautkari L. Review of the use of solid wood as an external cladding material in the built environment. *Journal of Materials Science*. 2022. Vol. 57, 9031–9076. (дата звернення 10.12.2022).

2. Переваги деревини, як будівельного матеріалу. *Wood.ua*: веб-сайт. URL: <https://wood.ua/uk/blog/post/perevagi-derevini-yak-budivelnogo-materialu-.html>. (дата звернення 12.12.2022).

3. Методи нанесення лакофарбових матеріалів. *Деревинник*: веб-сайт. URL: <https://derevynnyk.com/metody-nanesennya-lakofarbovyh-materialiv/>. (дата звернення 10.03.2023).

4. Масивна деревина – інструмент у боротьбі зі зміною клімату. *Домініант*: веб-сайт. URL: <https://dominant-wood.com.ua/uk/blog/statti/masivna-derevina-instrument-u-borotbi-zi-zminoyu-klimatu>. (дата звернення 10.03.2023).

5. Arminger B., Jaxel J., Bacher M., Gindl-Altmutter W., Hansmann C. On the drying behavior of natural oils used for solid wood finishing. *Progress in Organic Coatings*. 2020. Vol. 148, article number 105831. 9p. doi: 10.1016/j.porgcoat.2020.105831. (дата звернення 5.03.2023).

6. Рекомендації з правильного захисту фасадів. *Edelweiss*: веб-сайт. URL: <http://ecoedelweiss.com.ua/rekomendatsyi-z-zahistu/>. (дата звернення 7.03.2023).

7. Як захистити деревину від несприятливих факторів. *Епіцентр*: веб-сайт. URL: <https://epicentrk.ua/ua/articles/kak-zashchitit-drevesinu-ot-neblagopriyatnykh-faktorov.html>. (дата звернення 7.07.2023).

8. Як захистити дерев'яні меблі від сонячних променів. *Eat Sleep Live*: веб-сайт. URL: <https://www.eatsleplive.co.uk/blogs/features/how-to-protect-your-wooden-furniture-from-sun-damage>. (дата звернення 12.09.2023).

9. Wang Q. Research on the Problems and Countermeasures of China's Wooden Furniture Product Exports. *Frontiers in Business, Economics and Management*. 2023. Vol. 7, No. 3. 8p. doi: 10.54097/fbem.v7i3.5339. (дата звернення 29.10.2023).

10. Khademibami L., Bobadilha G. S. Protection Research in Academia: A Review. *Frontiers in Forests and Global Change*. 2022. Vol. 5. doi: 10.3389/ffgc.2022.793177.

(дата звернення 29.02.2023).

11. Гідрофобізатори для дерева. *Пример* веб-сайт. URL: <https://primer.com.ua/gidrofobizator-dlya-dereva>. (дата звернення 21.12.2022).

12. Kuzina E. A., Emelyanenko K. A., Demantovskii A. G., Boinovich L. B. Preparation of Stable Superhydrophobic Coatings on a Paint Surface with the Use of Laser Treatment Followed by Hydrophobizer Deposition. *Colloid Journal* 2022. Vol. 84(4). 445–455. doi: 10.1134/S1061933X22040093. (дата звернення 7.06.2023).

13. Introduction to acetylated wood. *Building Design*. веб-сайт. URL: <https://www.bdonline.co.uk/cpd/cpd-18-2016-introduction-to-acetylated-wood/5087733.article>. (дата звернення 15.05.2023).

14. Методи нанесення лакофарбових матеріалів. *Пром*. веб-сайт. URL: <https://grosz.com.ua/ua/a293047-metody-naneseniya-lakokrasochnyh.html>. (дата звернення 15.05.2023).

15. Mihăilă A., Danu M., Ibănescu C., Anghel I., Șofran I. -E., Balanescu L. V., Tudorachi N., Lisa G. Thermal characterization and rheological behavior of some varnishes and paints used for wood protection. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2022. Vol. 19, 6299–6314. doi: 10.1007/s13762-021-03579-6. (дата звернення 15.10.2023).

16. Лакофарбові матеріали. *TEA i BEM*. веб-сайт. URL: <https://tea-i-vem.webnode.com.ua/news/lakofarbni-materiali/>. (дата звернення 15.10.2023).

17. Електростатичне фарбування деревини. *Фарбування професійне*. веб-сайт. URL: <https://www.coatings.net.ua/artykuly/elektrostatichne-farbuвання-derevini-na-virobniectvi-karkasnih-mebliiv,1388>. (дата звернення 15.11.2022).

18. Forsman K., Serrano E., Danielsson H, Engqvist J. Fracture characteristics of acetylated young Scots pine. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2020. Vol. 78, 693–703. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00107-020-01548-3>. (дата звернення 3.11.2022).

19. Rowell R, Bongers F. Coating Acetylated Wood. *Coatings*. 2015. Vol. 5(4). 792–801. doi: 10.3390/coatings5040792. (дата звернення 3.11.2022).

20. Hasburgh L.E., Zelinka S.L. Flammability and Acetic Acid Emissions from Acetylated Wood under Well-Ventilated Burning Conditions. *Forests*. 2023. Vol. 14(6):1186. doi: 10.3390/f14061186. (дата звернення 5.11.2022).

21. Rowell R.M. Acetylation of Wood. *JOURNEY FROM ANALYTICAL TECHNIQUE TO COMMERCIAL REALITY*. 2006. 9 p. URL: <https://www.accoya.com/app/uploads/2020/04/Wood-Acetylation-Roger-Rowell.pdf>. (дата звернення 5.10.2023).

22. Спосіб модифікації деревини. *Деревинник*: веб-сайт. URL: <https://derevynnyk.com/shhe-odyn-sposib-modyfikacziyi-derevyny/>. (дата звернення 20.01.2023).

23. Soares L. C. da R., Paupitz Mendes G., Aranha R., Oller do Nascimento C. A. Study of creosote transport properties in sandy and clays oils. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2023. Vol. 195(8):967. doi: 10.1007/s10661-023-11578-y. (дата звернення 20.10.2023).

24. Bayramoglu G., Arica Y. Biodegradation Studies of Phenol, Diclofenac, and Pentachlorophenol in a Packed Bed Reactor Loaded with Immobilized White Rot Fungus *Lentinussajorcaju* Biomass. *Water Air and Soil Pollution*. 2023. Vol. 234(10). doi: 10.1007/s11270-023-06634-9. (дата звернення 20.10.2023).

25. Rózańska A., Sokółek A., Barski A. Influence of Traditional Wood Surface Modification Methods on Changes in Aesthetic and Resistance Properties. *Annals of WULS Forestry and Wood Technology*. 2021. Vol. 113. 74–88. doi: 10.5604/01.3001.0015.2336. (дата звернення 14.06.2023).

26. Čabalová L., Vybohová E., Igaz R., Papadopoulos A. Effect of Oxidizing Thermal Modification on the Chemical Properties and Thermal Conductivity of Norway spruce (*Picea abies* L.) Wood. *Wood Material Science and Engineering*. 2022. Vol. 17(5). 366–375. doi: 10.1080/17480272.2021.2014566. (дата звернення 15.06.2023).

27. Mendis M. S., Ishani P. A. U., Halwatura R. U. Impacts of chemical modification of wood on water absorption: a review. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*. 2020. Vol. 20(6). doi: 10.1007/s13196-023-00309-y. (дата звернення 15.06.2023).

28. Tsapko Y., Bondarenko O., Horbachova O., Mazurchuk S., Buyskikh N. Research activation energy in thermal modification of wood. *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 280, article number 07009. doi: 10.1051/e3sconf/202128007009. (дата звернення 17.06.2023).

29. Giridhar B. N., Pandey K. K. Wood Modification for Wood Protection. *Science of Wood Degradation and its Protection*. 2022. 647–663. doi: 10.1007/978-981-16-8797-6_19. (дата звернення 17.09.2023).

30. Автоклави для модифікації деревини. *Prom*: веб-сайт. URL: <https://prom.ua/ua/p881422058-oborudovanie-dlya-termoobrabotki.html>. (дата звернення 17.09.2022).

31. Зовнішній вигляд антисептика Lotus. *Prom*: веб-сайт. URL: <https://skyfarb.com/product/antiseptik-dlya-zashchity-drevesiny-lotus>. (дата звернення 17.09.2022).

32. Зовнішній вигляд антисептика Element Pro Woodstain. *Prom*: веб-сайт. URL: <https://oxidom.com.ua/otdelochnye-materialy/drevesina/antiseptiki-dlya-vnutrennih-rabot/element-pro-woodstain-akva-antiseptik-dlya-drevisiny/>. (дата звернення 17.09.2022).

33. Зовнішній вигляд антисептика Neomid Eco. *Prom*: веб-сайт. URL: <https://neomid-ukraine.com>. (дата звернення 27.09.2022).

34. Зовнішній вигляд антисептика Drewno chron extra. *Prom*: веб-сайт. URL: <https://oxidom.com/otdelochnye-materialy/impregnat-extra-pow-okotw-rszy-impregnat-ekstra-propitka-propitka-dlya-dereva>. (дата звернення 17.09.2022).

35. Зовнішній вигляд антисептика Lignofix-P. *Prom*: веб-сайт. URL: <https://epicentrk.ua/ua/shop/dekorativnye-i-zashchitnye-sredstva-dlya-drevesiny/fs/brend-lignofix>. (дата звернення 17.09.2022).

36. Пінчевська О.О., Головач В.М. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту Інноваційні технології оброблення деревини. Київ: НУБіП України. 2021. 64 с.

37. Obataya E. Reversible volumetric changes of acetylated wood with after-treatments. *Wood Science and Technology*. 2005. Vol. 39(6). 472–483. doi: 10.1007/s00226-005-0017-x. (дата звернення 10.09.2023).

38. Hasburgh L., Zelinka S. L. Flammability and Acetic Acid Emissions from Acetylated Wood under Well-Ventilated Burning Conditions. *Forests*. 2023. Vol. 14(6):1186. doi: 10.3390/f14061186. (дата звернення 10.09.2023).

39. Adebayo F. G., Ogunsanwo O. Y., Adegoke O. A., Lucian L. Strength Properties, Thermal Stability, and Microstructure of Acetylated Obeche (*Triplochiton Scleroxylon* K. Schum) Wood. *Research Square*. 2022. Vol. 28. doi: 10.21203/rs.3.rs-2096109/v1. (дата звернення 12.09.2023).

40. Azeih Y., Abubakar F., Musah M., Muhammad A. Spectroscopic Characterization of Acetylated Wood Flakes and Its High-Density Polyethylene Blends. *Frontiers of Physics in China*. 2022. Vol. 8(1). 109–120. URL: https://www.researchgate.net/publication/360529153_Spectroscopic_Characterization_of_Acetylated_Wood_Flakes_and_Its_High-Density_Polyethylene_Blends. (дата звернення 12.09.2023).

41. Bauflour A. M. Y., Stangerlin D. M., Gouveia F. N., Melo R. R. Resistance of acetylated Jacar and acoapaia wood to termites and decaying fungi attack. *Acta Amazonica*. 2022. Vol. 52(3). 264–269. doi: 10.1590/1809-4392202200830 (дата звернення 12.04.2023).

42. Miyoshi Y., Sakae A., Atamura N., Furuta Y. Temperature dependences of the dynamic viscoelastic properties of wood and acetylated wood swollen by water or organic liquids. *Journal of Wood Science*. 2018. Vol. 64(2). doi: 10.1007/s10086-017-1688-2. (дата звернення 12.04.2023).

43. Olaniran S. O., Cabane E., Kerplinger T., Rüggeberg M. Mechanical behaviour of acetylated rubber wood subjected to artificial weathering. *Holzforschung*. 2019. Vol. 73(11). doi: 10.1515/hf-2018-0274. (дата звернення 15.07.2023).

44. Bongers F., Uphill S. Performance of acetylated wood in aquatic applications. *International Wood Products Journal*. 2019. Vol. 10(4). 1–7. doi: 10.1080/20426445.2019.1621041. (дата звернення 7.07.2023).

45. Evans J., Stephen W., Titchmarsh A. A Wood of Our Own. *Oxford University Press*. 1995. 176 p. URL: <https://www.amazon.com/Wood-Our-Own-Julian-Evans/dp/0198549512>. (дата звернення 7.07.2023).

46. Laine K., Segerholm K., Wälinder M. P., Lankveld C. Surface densification of acetylated wood. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2016. Vol. 74(6). doi: 10.1007/s00107-016-1077-3. (дата звернення 7.07.2023).

47. Slabohm M., Mai C., Militz H. Bonding Acetylated Veneer for Engineered Wood Products – A Review. *Materials*. 2022. Vol. 15(10). doi: 10.3390/ma15103665. (дата звернення 20.07.2023).

48. Yang T., Thybring E. E., Fredriksson M., Garbrecht Thygesen L. Effects of Changes in Biopolymer Composition on Moisture in Acetylated Wood. *Forests*. 2020. Vol. 11(7):719. doi: 10.3390/f11070719. (дата звернення 20.08.2023).

50. BS EN 13183-1:2002 Moisture content of a piece of sawn timber – Part 1: Determination by oven dry method.

51. CEN - EN 408 Timber structures – Structural timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties.

52. Murr A. Water vapour sorption and moisture transport in and across fibre direction of wood. *Cellulose*. 2022. Vol. 29, 4135–4152. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10570-022-04520-x>. (дата звернення 20.07.2023).

53. Simonson R., R.M. Rowell. A new process for the continuous acetylation of wood fiber. In: *Proc. 5th Pacific Rim Bio-Based Composite Symp.* P.D. Evans, ed. Canberra, Australia, 2000. pp. 190–196.

54. Все про роликові транспортери. *Konsort*: веб-сайт. URL: <https://konsort.com.ua/vse-pro-rolgangy-rolykovi-transportery/> (дата звернення 10.08.2023).

55. Консервація лісоматеріалів. *Disted*: веб-сайт. URL: <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/9022/> (дата звернення 25.09.2023).

56. Using acetylated wood for structural applications. *Construction*: веб-сайт. URL: <https://www.constructioncanada.net/using-acetylated-wood-for-structural-applications/>.

(дата звернення 23.10.2023).

57. Новини технологій обробки деревини. *Dominant*: веб-сайт. URL: <https://dominant-wood.com.ua/uk/blog/news/novini-tehnologiy-obrobki-derevini>. (дата звернення 23.10.2023).

58. CPD 18 2016: Introduction to acetylated wood. *Building*: веб-сайт. URL:

<https://www.building.co.uk/cpd/cpd-18-2016-introduction-to-acetylated-wood/5084468.article>. (дата звернення 23.10.2023).

59. The benefits of acetylated wood. *Structura*: веб-сайт. URL:

<https://structura.com/doccenter/9e5e09ad01cd43e4a7fd51ff61226b58>. (дата звернення 23.10.2023).

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України