

Пояснювальна записка

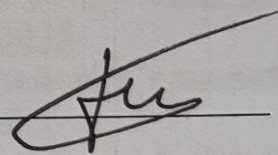
до диплому/роботи магістра

на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ У ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ КЛЕЙОВИХ
З'ЄДНАННЯХ ДЕРЕВИНИ СОСНИ.»

Виконав: студент VI курсу, групи ДМТ- 62м

Спеціальності «Деревообробні та
меблеві технології»

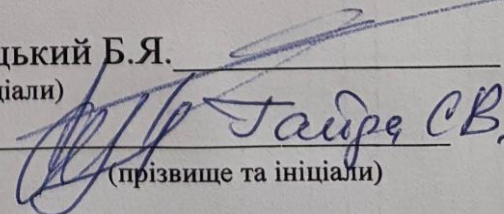
Гаврилук Д. В.
прізвище та ініціали



Керівник

проф. Кшивецький Б.Я.
(прізвище та ініціали)

Рецензент



Гайда С.В.
(прізвище та ініціали)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут деревообробних технологій і дизайну
Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність «Деревообробні та меблеві технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЗНСДБЖД

проф. Кшивецький Б. Я.

“ 10 ” 06 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гаврилюк Дмитро Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження реологічних властивостей у термопластичних клейових з'єднаннях деревини сосни.»

керівник роботи Кшивецький Богдан Ярославович, доктор техн. наук, професор,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ 10 ” 06 2025 року № С-344.

2. Строк подання студентом роботи до 15 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Вихідними даними для роботи є клейові з'єднання зразків деревини сосни та термопластичні полівінілацетатні клеї.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Огляд літературний джерел.

2. Методика досліджень.

3. Теоретичний розділ.

4. Результати досліджень.

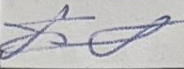
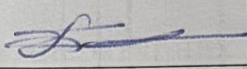
5. Розділ з охорони праці.

Висновки.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сомар Г.В.		

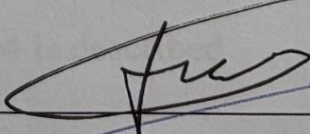
7. Дата видачі завдання 18 червня 2025 року

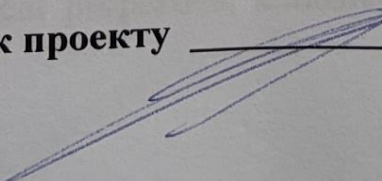
Керівник проекту  проф. Кшивецький Б.Я.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний огляд	до 01.09.25	
2.	Методика досліджень	до 15.09.25	
3.	Теоретичний розділ.	до 01.10.25	
4.	Результати досліджень.	до 20.09.25	
5.	Розділ з охорони праці.	до 15.11.25	
	Висновки.	до 01.12.25	
	Оформлення роботи	до 15.12.25	

Студент

 Гаврилюк Д.В.

Керівник проекту  проф. Кшивецький Б.Я.

РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота складається із: пояснювальної записки - 60 стор., 33 рисунки, 11 таблиць, 23 джерел.

Робота присвячена дослідженню реологічних властивостей термопластичних клейових з'єднань деревини сосни за дії температурних та вологісних навантажень. Підібрано методик, здійснено теоретичні та експериментальні дослідження щодо впливу температурних і вологісних навантажень на реологічні властивості полівінілацетатних клейових з'єднань деревини сосни. Описано зміну міцності клейової полівінілацетатної плівки та клейового з'єднання, на її основі, залежності від дії температурних та вологісних навантажень, на реологічні властивості клейового з'єднання деревини сосни склеєного термопластичним полівінілацетатним клеєм із класом довговічності D4.

Ключові слова: реологічні властивості, клеї, деревина, міцність, клейові з'єднання, склеювання.

ABSTRACT

Master's thesis: explanatory note: 60 pages, 33 figures, 11 tables, 23 sources.

The work is devoted to the study of the rheological properties of thermoplastic adhesives for connecting pine wood under the influence of temperature and humidity loads. The methodology was selected and theoretical and experimental studies were carried out on the influence of temperature and humidity loads on the rheological properties of polyvinyl acetate adhesives for connecting pine wood. The change in the strength of the adhesive polyvinyl acetate film and the adhesive compound based on it, regardless of the effect of temperature and humidity loads, on the rheological properties of the adhesive compound of pine wood glued with thermoplastic polyvinyl acetate adhesive with durability class D4 is described.

Keywords: rheological properties, adhesives, wood, strength, adhesive joints, bonding

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Під час написання магістерської роботи було вивчено та досліджено міцність полівінілацетатної клейової плівки та з'єднань на їх основі на реологічні властивості клейового з'єднання деревини породи сосни. А саме:

1. Здійснено аналіз літературні джерела щодо стану питання.
2. Підбрано методику експериментальних досліджень щодо визначення міцності полівінілацетатної клейової плівки та з'єднань на її основі.
3. Описано теоретичні передбачення щодо впливу температурних і вологісних навантажень на реологічних властивостей клейового з'єднання деревини сосни склеєної полівінілацетатним клеєм.
4. Проведено експериментальні дослідження та здійснено їх аналіз.
5. Запропоновані заходи з безпеки праці та екологічної безпеки.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ	10
1.1 Аналіз клейових з'єднань на основі деревини.....	10
1.2. Клейові матеріали та їх реологічні властивості.....	13
1.3 Деревина та її реологічні властивості.....	18
1.4 Аналіз пружних і деформаційних процесів у клейових з'єднань деревини	20
1.5 Висновки з розділу.....	22
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	24
2.1 Підготовка матеріалів та проведення експериментальних досліджень.....	24
2.2 Обробка та аналіз результатів досліджень.....	25
РОЗДІЛ 3. ТЕОРИТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	27
3.1 Теоретичні основи реологічних властивостей полівінілацетатної клейової плівки.....	27
3.2 Теоретичні основи реологічних характеристик клейових з'єднань деревини.....	33
3.3 Висновки з розділу.....	35
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	36
4.1 Результати досліджень клейової плівки.....	36
4.2 Результати досліджень клейових з'єднань деревини.....	44
4.3 Висновки з розділу.....	50
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	52
5.1 Заходи екологічної безпеки при роботі із полівінілацетатними клеми.....	52
5.2 Заходи безпеки праці.....	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	58

ВСТУП

Актуальність теми. Клейові з'єднання широко використовуються при виготовленні виробів із деревини. Вони є незамінними при з'єднанні деревини, оскільки відповідають сучасним технологічним, економічним та експлуатаційним нормам та вимогам. Сьогодні склеювання деревини та деревинних матеріалів широко використовують для виготовленні плитних матеріалів, композиційних матеріалів, меблевих виробів, столярно-будівельних виробів, дерев'яних будинків, тощо. Тому, дослідження клейових з'єднань із деревини має важливе значення і є актуальним, оскільки від них буде залежати надійність виробів.

Основними вимогами для клейових з'єднань деревини є забезпечення належної міцності та довговічності. Дані показники будуть визначатися реологічними властивостями клейової плівки та деревини, як під час формування виробів, так і їх експлуатації. Реологічні властивості клейових з'єднань деревини будуть залежати від характеристик клейових матеріалів та деревини, яку піддають склеюванню. Важливим при вивченні реологічних властивостей клейових з'єднань деревини має механізм формування клейових з'єднань та умови експлуатації виробів.

Важливу роль при склеюванні деревини матимуть клейові матеріали, які використовуються для склеювання деревини та їх характеристики. Як відомо, для склеювання деревини, використовують клейові матеріали на термопластичній та терморективній основі. Міцність клейового з'єднання деревини буде залежати від основи клейових матеріалів та визначатися реологічними властивостями клейової плівки та деревини. Терморективні клейові з'єднання з деревини формують клейовий шов твердий та крихкий, а термопластичні - еластичний. Від того, чи клейовий шов буде крихким чи еластичним будуть залежати пружно-деформаційні та реологічні процеси у клейових з'єднаннях із деревини.

У клейовому з'єднанні із еластичним клейовим швом релаксаційні процеси будуть проходити краще ніж у крихких .

Важливе значення для клейових з'єднань відіграватиме порода деревини, її характеристика та властивості. Породи деревини та її властивостей будуть визначати релаксаційні процеси у клейових з'єднаннях.

Тому, дана магістерська робота присвячена вивченню та дослідженню реологічних властивостей клейових з'єднань із деревини, склеєних термопластичним полівінілацетатними клеями за циклічної дії вологості та температури, оскільки це є складною і багатогранною задачею, яку необхідно вирішувати для покращення експлуатаційні характеристики виробів із склеєної деревини.

Під час написання магістерської роботи мета та задачі дослідження були наступними.

Мета роботи: дослідити реологічні властивості термопластичних полівінілацетатних клейових з'єднань деревини породи сосна під час дії на них циклічних температурних та вологісних навантажень, що дасть змогу оцінити зміну міцності під час експлуатації виробу.

Об'єкт дослідження: клейові з'єднання із деревини породи сосна.

Предмет дослідження: технологічний процес склеювання деревини полівінілацетатними клеями.

Задачі дослідження:

1. Проаналізувати сучасні тенденції щодо використання клейових матеріалів для склеювання деревини та їх вплив на реологічні властивості та експлуатаційні характеристики клейових з'єднань деревини.
2. Вибрати методику для проведення експериментальних досліджень.
3. Описати реологічні властивості термопластичних клейових з'єднань деревини за дії температурних та вологісних навантажень та їх вплив на зміну міцності.

4. Провести експериментальні дослідження з визначення міцності термопластичної полівінілацетатної клейової плівки та клейових з'єднань деревини сосни та її основи.
5. Розробити заходи з охорони здоров'я працівників під час роботи із термопластичними полівінілацетатними клеями.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1 Аналіз клейових з'єднань на основі деревини

Клейові з'єднання із деревини це є найбільш поширеним типом з'єднань, які використовуються у сучасному виробничому та технологічному процесах при виготовленні виробів із деревини. За допомогою клеїв можна склеювати між собою заготовки різних габаритних розмірів, різної складності, формувати нестандартні заготовки та деталі, тощо. Тобто, це найбільш універсальний вид з'єднань деревини, який можна широко використовувати. Технологічний процес склеювання може здійснювати як у виробничих, та і невиробничих умовах, використовуючи при цьому різне технологічне устаткування. Разом з тим, технологічний процес склеювання деревини вимагає забезпечення відповідних режимних параметрів склеювання, які, в свою чергу, будуть залежати від клейових матеріалів, їх характеристик та умов експлуатації виробів.

Для склеювання можуть використовуватись різні породи деревини, кожна з яких характеризується своїми фізичними та механічними властивостями. Хвойні породи деревини окрім целюлози, геміцелюлози та лігніту, як складових компонентів, мають вміст смоли і смоляні кишеньки. Це дозволяє забезпечити даній породі деревини стійкість до атмосферних умов, але разом з тим, це має негативний вплив на адгезійні властивості клейових матеріалів. Листяні породи деревини не мають у своєму складі смоли, але мають різного роду дубильні речовини, які також можуть негативно впливати на адгезійні властивості клейових з'єднань. Окрім того, деревини має вади, у вигляді сучків, заболоні та інших пошкоджень. Це не дозволяє отримати якісне та надійне клейове з'єднання, та створює перешкоди при склеюванні деревини. Тому, перед склеюванням деревини всі ці аспекти необхідно врахувати, та можливості їх виправити. [2,3]

Деревіну склеюють вздовж волокон, по пласті та по крайці. Разом з тим, деревина, що склеюється може мати радіальний, тангентальний,

напіврадіальний, напівтангентальний розрізи. Вони також впливатимуть на міцність з'єднань. Тому, навіть при склеюванні однієї породи деревини, якість і міцність клейового з'єднання може відрізнятись. Найважче деревина піддається склеюванню вздовж волокон, оскільки такий спосіб склеювання не дозволяє отримати міцне та довговічне клейове з'єднання. Тому, з'єднання з деревини в торець, вимагає додаткових заходів, щоб отримати належну міцність. Найкращі показники міцності клейових з'єднань деревини можна отримати коли склеювання відбувається по пласті або крайці. Завдяки такому виду склеюванню, отримують надійні та довговічні вироби із деревини. [6]

Для склеювання деревини використовують клейові матеріали на термореактивній та термопластичній основі, які здатні забезпечити відповідну адгезійну та когезійну міцність, враховуючи умови експлуатації клейових з'єднань. Термореактивні клеї здатні забезпечити клейовим з'єднанням із деревини високу водостійкість та вологостійкість, як під час склеювання так і експлуатації. Термопластичні клейові матеріали забезпечують клейовим з'єднанням високу адгезійну міцність та еластичність клейовому шву. [1,5]

У клейових з'єднаннях деревини клейовий шар повинен забезпечити відповідну адгезійну та когезійну міцність. Клейовий шов може мати різну товщину та властивості. Він може бути як прозорий, так і не прозорим. В залежності від механізму формування клейового матеріалу, він може бути крихким або еластичним. Окрім того клейовий шов може бути гідрофільним або гідрофобним, тобто він може сорбувати воду із навколишнього середовища, або її відштовхувати. Всі ці характеристики клейового шва впливатимуть на реологічні властивості клейового з'єднання під час експлуатації. [1,5,7]

Тепер щодо використання клейових з'єднань із деревини при виготовленні різного роду виробів. Клейові з'єднання із деревини використовуються при виготовленні виробів у дев'яносто п'яти відсотках. Цей відсоток вказує на важливість такого типу з'єднання деревини. Тип з'єднання деревини буде впливати на витрату клейових матеріалів. Найбільша витрата клейових матеріалів відбувається при виготовленні композиційних та плитних матеріалів.

А саме деревиностружкових плит, фанери, тощо. Найменша витрата клею, при приклеюванні декоративних елементів у меблевих виробках. У клейових з'єднаннях при виготовленні столярно-будівельних виробів, покриття на підлогу, будинкобудуванні, тощо витрата клейових матеріалів буде залежати від виду та типу з'єднання. Все це вказує на специфіку та важливість клейових з'єднань при виготовленні виробі із деревини. [1,4,7]

Необхідно відзначити, що використання клейових матеріалів дозволяє забезпечити виробам належну екологічність, оскільки до клейових матеріалів, на сьогодні, ставляться певні вимоги щодо класу токсичності.

На рис. 1.1. та рис. 1.2. наведено деякі типи клейових з'єднань, які використовуються при склеюванні деревини.

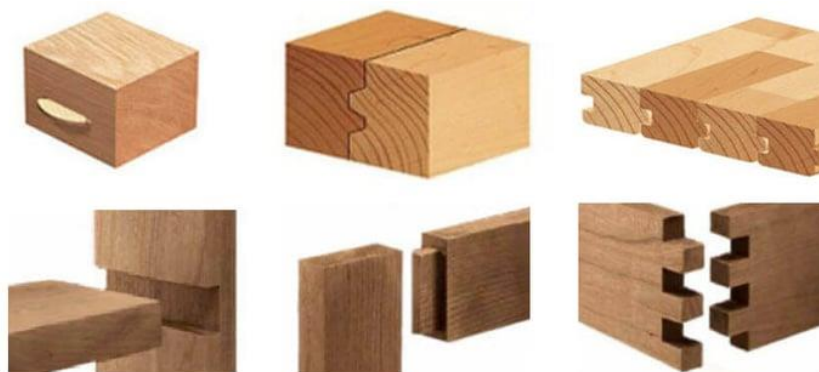


Рис. 1.1 Типи столярних клейових з'єднань деревини.

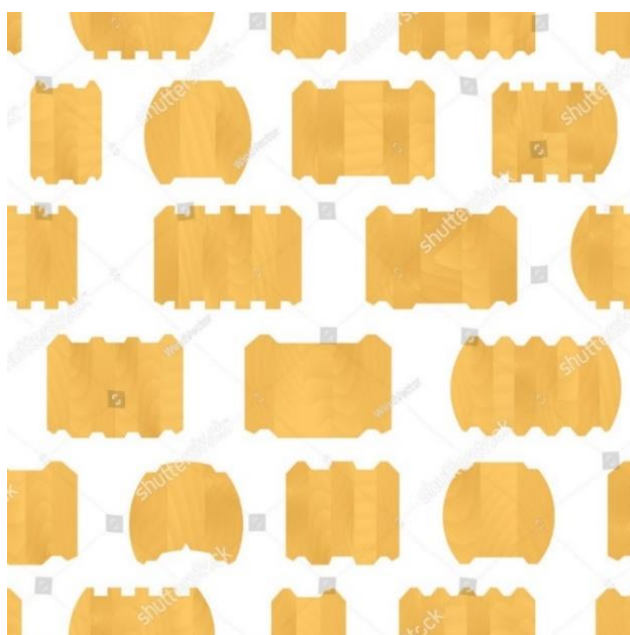


Рис. 1.2. Клейові з'єднання деревини при виготовленні клеєного бруса

Як видно із аналізу клейових з'єднань деревини, для склеювання деревини використовують великий різновид з'єднань з клейових матеріалів, тири з'єднань, породи деревини тощо. Все це вимагає детального аналізу, вивчення та дослідження. Для склеювання деревини, в основному, використовують термореактивні та термопластичні клейові матеріали.

1.2 Клейові матеріали та їх реологічні властивості

Клейові матеріали, які використовуються для склеювання деревини різняться своїми властивостями та характеристиками. Це буде визначати якість клейового з'єднання. Назагал, для склеювання деревини, використовують клейових матеріалів різного походження та складу. [1,7]

На рис. 1.3. наведено класифікацію клейових матеріалів, що використовуються для склеювання деревини.



Рис. 1.3. Класифікація клейових матеріалів для склеювання деревини

Як видно із схеми, клейові матеріали можуть мати різну основу, зовнішній вигляд, стан, по різному можуть відноситись до температури. Але, всі вони мають одне призначення, забезпечити якісне та довговічна клейове з'єднання деревини під час експлуатації. Це досягається за рахунок хімічного складу клейових матеріалів, способу формування клейового з'єднання, їх гідрофобності та гідрофільності, тощо.

Класифікація клейових матеріалів вказує на великий їх асортимент. За походженням клейові матеріали для склеювання деревини бувають природнього та синтетичного походження. Звичайно у сучасних умовах виробництва майже сто відсотково використовують клейові матеріали синтетичного походження. Дані клейові матеріали здатні забезпечити з'єднанням деревини такі експлуатаційні характеристики, які відповідають сучасним тенденціям та умовам виготовлення продукції. Основними вимогами щодо клейових матеріалів та клейових з'єднань на їх основі є забезпечення належної міцності, довговічності та екологічності клейового шва. [1,5]

Використання виду клейового матеріалу буде залежати від вимог, які ставлять до клейового з'єднання, а саме умови експлуатації, функціональне призначення, тощо. Для прикладу, при склеюванні листів лущеного шпону при виготовленні фанери, використовують клейові матеріали на формальдегідній основі, які здатні забезпечити клейовим з'єднанням відповідну міцність та довговічність при дії агресивних факторів під час експлуатації. Разом з тим, такі клейові матеріали та з'єднання на їх основі мають велику кількість недоліків. А саме, високе вологопоглинання, крихке клейове з'єднання, виділяють шкідливі речовини на протязі тривалого часу експлуатації, тощо. Тобто, дані клейові матеріали та з'єднання на їх основі призначенні для експлуатації у природньому середовищі у зовнішніх умовах, там де не має постійного контакту людини із такими клейовими з'єднаннями. [5, 11]

Окрім того, клейові матеріали на основі формальдегіду, характеризуються відповідними реологічними властивостями, оскільки відносяться до клейових з'єднань, що мають кристалічну будову клейового шва. Така структура

клеєвого шва має негативний вплив на реологічні властивості клеєвого з'єднання, оскільки не дозволяє пружно-деформаційним процесам швидко релаксуватися у клеєвому з'єднанні деревини під час експлуатації. Від часу релаксації буде залежати швидкість руйнування клеєвого з'єднання під час дії на нього температурних та вологісних навантажень. Така поведінка клеєвих з'єднань деревини на формальдегідній основі може призводити до швидкого його руйнування, а виділення шкідливих речовин - до негативного впливу на довкілля. [1,5]

Клеї на основі полівінілацетату мають іншу характеристику клеєвого з'єднання, оскільки вони відносяться до термопластичних та формують еластичний клеєвий шов. Це дозволяє покращити реологічні властивості клеєвого з'єднання. Тобто на відмінну від формальдегідних клеєвих з'єднань, дане з'єднання деревини під час зміни пружно-деформаційного стану клеєвого з'єднання не призводить до миттєвого його руйнування. Запобігання швидкому руйнуванню, забезпечується здатністю клеєвих з'єднань деревини компенсувати напруження. [1,5]

Щодо складу клеєвих матеріалів, то він включає основу, розчинник, активатор, затверджувач, каталізатор, прискорювач, інгібітор, наповнювач, пластифікатор, стабілізатор тощо. Основною речовиною у клеєвих матеріалах є адгезив, тобто ця речовина, яка має хорошу липкість до деревини чи деревинних матеріалів. Для прикладу, у полівінілацетатних клеєвих матеріалах такою речовиною є полівінілацетат, який складає майже дев'яносто відсотків складу клеєвих матеріалів. Всі інші складові це є речовини, які необхідні для надання клеєвим матеріалам відповідних властивостей, таких як життєздатність, коагуляція, тощо. [19,20]

Тобто, у термопластичних клеєвих матеріалів основою є термопласти. Це полімери, які при підвищених температурах м'якнуть, а при понижених знову твердіють. Вони мають велику молекулярну масу, яка складає 10000 і більше а.о.м. Клеєві матеріали на основі термопластів формують лінійну або рідкосітчасту структуру клеєвого шва. Окрім того, вони як правило, не

виділяють шкідливих речовин, як під час склеювання, так і експлуатації клейового з'єднання. До недоліків клейових з'єднань деревини на основі термопластів відносять їх низьку водо- і теплостійкість. [20,21]

Реологічні властивості будуть визначатися релаксаційними процеси у клейових з'єднань деревини та матимуть вплив на швидкість їх руйнування. Під релаксацією розуміємо зміну стану системи з часом. У нашому випадку це зміна пружно-деформаційних процесів у клейовому з'єднанні при тривалій дії різних факторів впливу. Швидкість релаксації визначається часом, на протязі якого система здатна повернутися у рівноважний стан. Основним релаксуючим і компенсуючим фактором у клейових з'єднаннях деревини є клейовий шар.

Зміна властивостей клейового шару при дії зовнішніх факторів буде залежати від природи полімеру, температури, вологості, швидкості їх зміни та повторюваності, тощо. Дія таких зовнішніх факторів, як температури, кисню, сонячного світла, призводить до зміни структури клейового шару та збільшення часу релаксації. [18,11]

Процес руйнування полімерів, в залежності від їх структури буде відбуватися по різному. Для прикладу, у полімерів, які мають розгалужену будову, при дії зовнішніх зусиль, може відбуватися зміна форми макромолекул. Це призводить до швидкого розвитку деформації. Ці деформації є зворотними для еластичних клейових з'єднань деревини. Але з тривалістю час у еластичних полімерах, на відміну від крихких, також буде відбуватися деструкція, яка призводить до руйнування. Реологічні процеси у термопластичних і термореактивних клейових матеріалах будуть розвиватися по різному.

Назагал, деформаційні та релаксаційні процеси у клейових з'єднаннях деревини під час навантажень могуті відбуватися по різному. Це доказано багатьма науковцями, які займалися дослідженням клейових з'єднань деревини та їх пружно-деформаційними та релаксаційними процесами під час дії різного роду навантажень. [1,2, 6, 5 20]

На рис. 1.4. наведено клейове з'єднання деревини сформоване фенол-формальдегідними клеями.

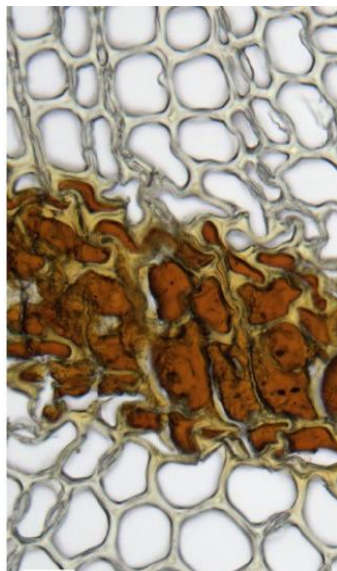


Рис. 1.4. Клейове з'єднання деревини сосни сформоване фенол-формальдегідними клейовими матеріалами.

Клейові з'єднання деревини сформовані термореактивними клеями формують сітчасту структуру клейового шва, яка характеризується високою здатністю відштовхувати воду. Разом з тим, такі клейові з'єднання мають властивість швидкого руйнування (миттєвого) за дії певних навантажень.

На рис. 1.5 наведено формування клейового з'єднання деревини пластичними полімерами та можливість проникнення клейових матеріалів у глибину деревини.

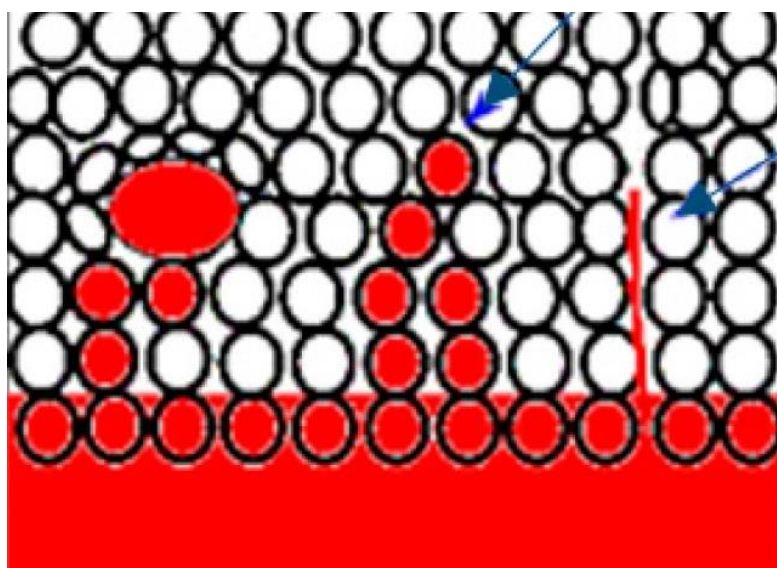


Рис. 1.5. Схематичне зображення клейового з'єднання пластичними полімерами та проникнення клейових матеріалів у деревину.

Порівнюючи структуру формування клейових з'єднань деревини фенол-формальдегідними клеями та клеями на еластичній основі можна сказати, що кращу проникність клею у деревину відбувається у клейових з'єднаннях на основі еластичних полімерів.

1.3. Деревина та її реологічні властивості

Деревина це конструкційний природний матеріал, який використовується для склеювання при виготовленні виробів. Деревина має фізичні, механічні, реологічні та хімічні властивості. Ці властивості будуть впливати на реологічні процеси у клейових з'єднаннях під час експлуатації. На рисунку 1.6 наведено властивості, які має деревина. [21]

Дані властивості деревини будуть мати вплив на реологічні та пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднань. Із фізичних властивостей найбільший вплив на пружно-деформаційні та реологічні процеси матиме пористість, щільність та вологість деревини. Вологість деревини під час її склеювання буде найбільше впливати на міцність, формостійкість деформаційні та реологічні процеси у клейових з'єднань деревини під час експлуатації.

Реологічні властивості деревини можна описати реологічними моделями. Вони будуть залежати від статичних, динамічних, атмосферних та інших навантажень. Дані навантаження будуть супроводжуватися деформаційно-релаксаційними процесами. Деформації процеси поділяються на пружні, в'язкі і пластичні.

Для опису реологічних процесів використовують закон Гука; Ньютонівську рідину, модель тіла Максвелла, модель Кельвіна (Фогта), модель тіла Бюргера, рівняння А. Martenssona, S. Svenssona, S. Panga, модель Ю.Н. Работновим [1].

У полімерах, що мають неперервний час релаксації, для постійної деформації використовують рівняння:

$$\sigma = \varepsilon \int_0^{\infty} E(\tau) e^{-t/\tau} d\tau, \quad (1.1)$$

де $E(\tau)$ – функція розподілу загального модуля пружності E залежно від величини часу релаксації.



Рис. 1.6 Властивості деревини.

Для неперервного розподілу часу релаксації, деформацію визначають за такою моделлю [.....]:

$$\sigma = \sigma \int_0^{\infty} J(\tau)(1-e^{-t/\tau})d\tau , \quad (1.2)$$

де $J(\tau)$ – функція обернена $E(\tau)$.

Як показав аналіз літературних джерел для визначення реологічних властивості деревини, як основного конструкційного матеріалу, використовують математичні рівняння та моделі, що дозволяють визначити пружно-деформаційні характеристики деревини. Разом з тим, описати напружено-деформаційний стан деревини дуже складно, оскільки деревина має різну будову, щільність, хімічний склад, тощо.

1.4. Аналіз пружно-деформаційних процесів у клейових з'єднань деревини

Реологічні властивості клейових з'єднань деревини визначаються пружно-деформаційними процесами. Як зазначалося вище, реологічні процеси по різному будуть проходити у клейовому шві та деревині. Щодо клейового шва, то вони будуть визнаватися пружними деформаціями у клейовій плівці після її формування, або під час дії навантажень. Тобто ці процеси, у клейовій плівці, будуть визначатися властивостями клейових матеріалів та механізмом формування клейового шва. Реологічні властивості у клейовому матеріалі описано у розділі 1.2.

Реологічні процеси у деревині описано у розділі 1.3. Дані процеси у деревині будуть відрізнятися від реологічних властивостей клейового матеріалу. Для опису реологічних властивостей у деревині використовують різні моделі. Вони здатні математично описати зміну пружно-деформаційного стану деревини під час експлуатації за дії різного роду факторів.

Реологічні процеси у клейовому з'єднанні будуть визначатися реологічними процесами клейового шва та деревини. Оскільки, для склеювання використовують різні породи деревини та клейові матеріали, які володіють фізичними, механічними та хімічними властивостями, то описати реологічні властивості у клейових з'єднаннях деревини є складною задачею. Окрім того, реологічні процеси по різному проходять у клейовому з'єднанні деревини, яка склеєна клеями на термореактивній або термопластичній основі. Це один із основних факторів, який визначатиме реологічні властивості з'єднання. [1, 20,21]

Також на пружно-деформаційні процеси впливатиме вид конструкції. Якщо конструкція виготовлена із однорідного матеріалу, для прикладу клеєний брус, який виготовлений із деревини породи сосна, то пружно-деформаційні процеси будуть проходити за одною залежністю. Якщо із різних порід деревини, наприклад тришарова паркетна дошка, яка виготовлена із твердолистяних і хвойних порід деревини та фанери, то пружно-деформаційні процеси будуть мати інші залежності. Тобто, ці залежності можна описати існуючими на сьогодні моделями пружно-деформаційних процесів.

На рис. 1.7. наведено можливі варіанти деформування у клейовому з'єднанні деревини, які виникають піз час пружних та деформаційних процесів при температурному та вологісному навантаженні системи.

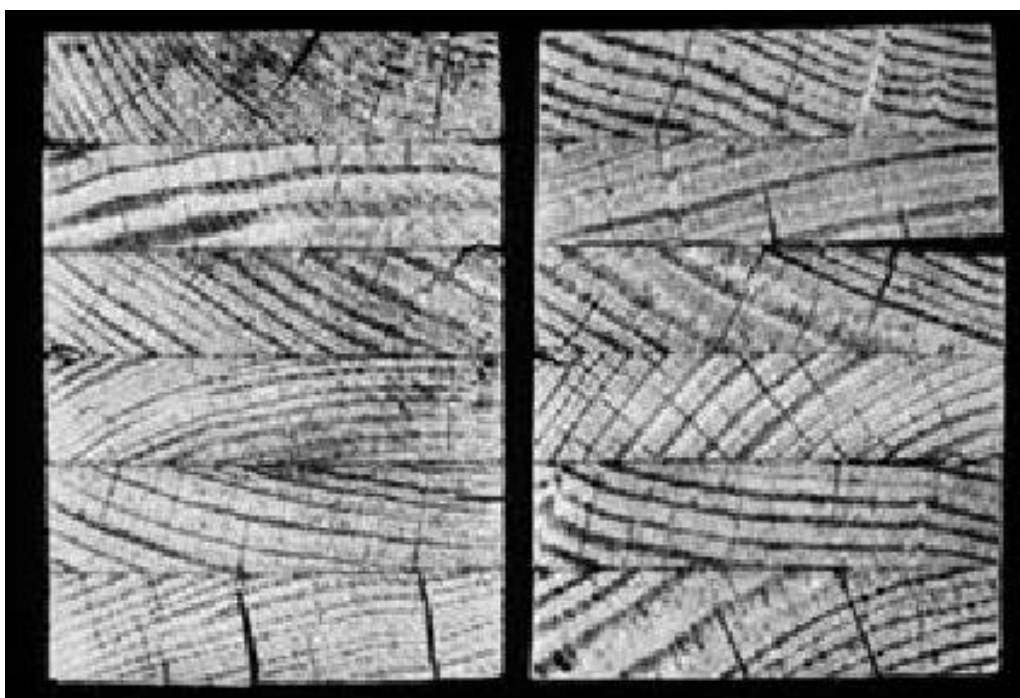


Рис. 1.7 Деформування у клейових з'єднаннях деревини за дії температурних та вологісних навантажень.

Щодо міцності клейових з'єднань деревини при його руйнуванні, то вона може визначатися методом розтягу клейового з'єднання деревини та методом зсуву. На розтяг міцність є найменшою, а при руйнуванні на зсув - найбільшою і це все буде залежати від сил, які будуть виникати у клейовому з'єднанні деревини при пружно-деформаційних процесах. [1, 14, 20,21]

На рис. 1.8. наведено сили, які можуть виникати у клейових з'єднаннях деревини при пружно-деформаційних процесах.

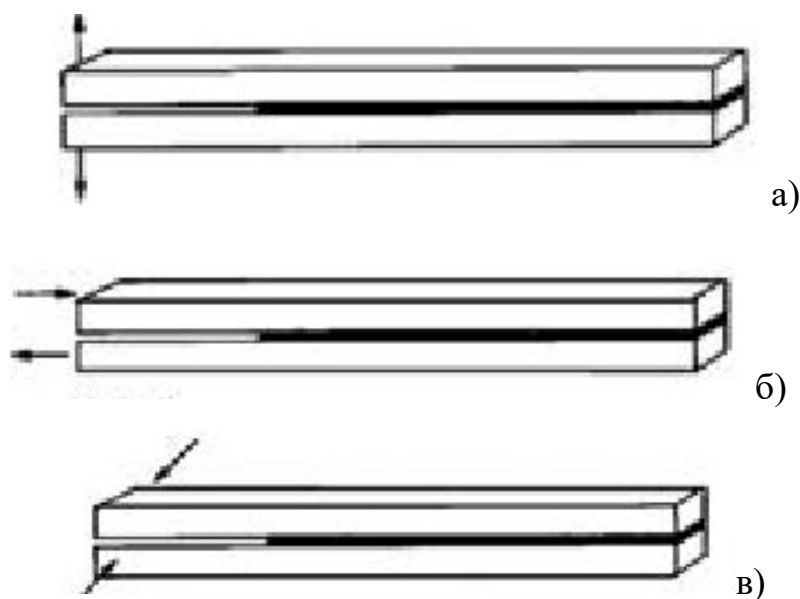


Рис. 1.8 Деформаційні процеси у клейових з'єднаннях деревини..

а – сила розтягу; б – сила зсуву; в – сила крутіння

1.5. Висновки з розділу

1. Проведено аналіз літератури щодо склеєної деревини та реологічних властивостей клейових з'єднань. Встановлено, що для склеювання деревини використовують клейові матеріали на основі формальдегіду та полівінілацетату. Клейові матеріали на основі формальдегіду відрізняються від клейових матеріалів на полівінілацетатній основі пружно-деформаційними та реологічними властивостями. Це матиме вплив на міцність клейових з'єднань деревини під час експлуатації.

2. Проаналізовано та вивчено властивості клейових матеріалів та з'єднань на їх основі. Описано реологічні властивості клейових матеріалів на основі формальдегідних та полівінілацетатних клеїв. Полівінілацетатні клейові матеріали формують клейові з'єднання деревини із більш еластичним клейовим швом, тим самим забезпечуючи їм кращі експлуатаційні характеристики.

3. Деревина у вологому та сухому стані володіє різними реологічними властивостями. Дані властивості будуть відігравати важливу роль під час склеювання та експлуатації клейових з'єднань деревини.

4. Здійснено аналіз пружно деформаційних процесів у клейових з'єднаннях деревини склеєних формальдегідними та полівінілацетатними клеями.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Підготовка матеріалів до експериментальних досліджень

Дослідження реологічних властивостей клейових з'єднань деревини включає декілька етапів, а саме підготовку деревини, клейових матеріалів та технологічний процес склеювання. Всі ці етапи є важливими для підготовки експериментальних досліджень.

Підготовку деревини, для проведення експериментальних досліджень, здійснювали за стандартною методикою, яка включає послідовність певних етапів технологічних операцій, починаючи від сушіння заготовок до механічної обробки та склеювання. Деревину, яку склеювали піддавали механічній обробці з використанням технологічного з метою виготовлення зразків необхідних розмірів, шорсткості та вологості. Для склеювання використовували деревину породи сосна. Перед механічною обробкою деревину піддавали сушінню, а перед склеюванням кондиціонуванню для того, щоб забезпечити вологість зразкам $8\pm 2\%$. Для вимірювання та контролю вологості використовували вологомір марки МТ-10. [14]



Рис. 2.1 Вологомір марки МТ-10

Шорсткість поверхні зразків, перед склеюванням, визначають за допомогою еталонів. Шорсткість деревини сосни перед склеюванням повинна бути 63 мкм.

Для дослідження реологічних властивостей клейових з'єднань деревини використовували клей із класом довговічності D4, який є двокомпонентний і складається із основи та затверджувача. Підготовка клею здійснювалася за стандартною методикою, яку використовують для полівінілацетатних клейових матеріалів. Перед склеюванням основу клей необхідно добре розмішати і додати до нього затверджувач у кількості п'ять відсотків. Після цього здійснити ще раз інтенсивне перемішування клею разом із затверджувачем, для того, щоб отримати однорідну масу. [15,16]

Перед нанесенням, контролювали витрату клею та його в'язкість. В'язкість контролювали за допомогою лабораторно вискометра, який наведено на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Вискозиметр ВЗ 246

Витрату клею контролювали за допомогою ваги з точністю зважування до сотих. Вагу, яку використовували для зважування наведено на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Вага для зважування.

Для заміру товщини соснових дерев'яних заготовок використовували прибор ИЗА-2, з оптичним методом та із точністю замірювання $\pm 0,05$ мм, який наведено на рис. 2.4.



Рис. 2.4. Електронний мікрометр

Для кондиціонування та висушування зразків клейової плівки та клейового з'єднання, використовували лабораторну сушильну шафу, яку наведено на рис. 2.5.



Рис. 2.5. Лабораторна сушильна шафа

При дослідженні реологічних властивостей зразків використовували різного роду посуд. А саме, для вимочування ємність з водою. Для висушування лабораторну сушильну шафу, яку наведено на рис. 2.5. Для заморожування холодильну камеру.

Для руйнування зразків використовували розривну машину марки 2166 P-5 та відповідне лабораторне приспособлення для руйнування зразків клейової плівки та клейового з'єднання. Результати руйнування фіксували та записували

у таблицю для результатів досліджень. Всі результати досліджень піддавали математичні та статистичні обробці та аналізували.

2.2. Обробка та аналіз результатів досліджень

Отримані результати експериментальних досліджень піддавали математичній та статистичній обробці. Математично здійснювали обробку цифрових даних та їх перевід до стандартних одиниць вимірювання, які в подальшому використовували для розрахунків міцності. Результати отриманої міцності після руйнування переводили у МПа. [16]

Після математичної обробки здійснювали статистичну обробку. За отриманими основними показниками статистичної обробки здійснювали побудову графічних залежностей та їх аналізу.

Методика статистичної обробки включає визначення основних показників, за якими будуть будуватися графічні залежності міцності.

Для цього визначали максимальне і мінімальне (y_{\max} і y_{\min}) значення із отриманої вибірки експериментальних даних.

Наступним кроком було визначення величини інтервалу за формулою

$$\Delta y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{k} ; \quad (2.1)$$

де визначали як: $k = 3.32 \lg N + 1$

Середнє значення в інтервалі визначали за формулою 2.2.

$$y_i = \frac{y_{in} + y_{ie}}{2} ; \quad (2.2)$$

Середнє значення вибірки за формулою 2.3.

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^k y_i \cdot m_i ; \text{МПа} ; \quad (2.3)$$

Дисперсія

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^k m_i (y_i - \bar{y})^2 ; \quad (2.4)$$

Середньоквадратичне відхилення

$$S = \sqrt{S^2_{mm}}; \quad (2.5)$$

Коефіцієнт варіації

$$V = \frac{S}{y} \cdot 100\%; \quad (2.6)$$

Середньоквадратична похибка

$$S_y = \frac{S}{\sqrt{N}} \text{ мм}; \quad (2.7)$$

Показник точності дослідження:

$$P = \frac{S_y}{y} \cdot 100\% = \frac{V}{\sqrt{N}}; \quad (2.8)$$

РОЗДІЛ 3

ТЕОРИТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Теоретичні основи реологічних властивостей полівінілацетатної клейової плівки.

Реологічні властивості клейових з'єднань із деревини значною мірою будуть залежати від реологічних властивостей клейової плівки, та реологічних властивостей деревини (див. розд 1). Щодо терміну реології як науки, то вона вивчає закономірності зміні деформаційних процесів, а у нашому випадку це клейове з'єднання деревини, під дією зовнішніх факторів. Зміна деформаційних та релаксаційних процесів буде характеризуватися реологічними властивостями та визначатися міцністю клейових з'єднань деревини. Тому, вивчення та дослідженні теоретичних передбачень, щодо міцності полівінілацетатної клейової плівки та клейового з'єднання на її основі, є важливою та необхідною складовою магістерської роботи.

Як зазначалося у розд. 1, для склеювання деревини, у клейових з'єднаннях, використовують клейові матеріали, що формують склоподібний клейовий шар та клейові матеріали, що формують еластичний клейовий шов. Термореактивні клейові матеріали формують склоподібний і крихкий клейовий шов, а термопластичні – еластичний та екологічно безпечний. Реологічний процес у даних клейових матеріалах, в залежності від їх структури, будуть проходити по різному. Вони будуть визначатися пружно-деформаційними властивостями полімеру, із якого виготовлена клейова композиція. Крихкі клейові з'єднання із деревини, які формують сітчасту структуру клейового шва, при дії зовнішніх факторів, не будуть змінювати свої геометричні розміри. Це може призводити до швидкого руйнування клейового з'єднання деревини. До клейових матеріалів, які формують сітчасту структуру клейового шва, відносять фенол-формальдегідні, карбамідо-формальдегідні клеї, резорцино-формальдегідні та інші. При виготовленні виробів із деревини необхідно враховувати особливості формування таких клейових з'єднань, та відповідно до того і умови експлуатаційні.

Термопластичні клейові з'єднання деревини формують еластичний клейовий шов, тобто рідкоітчаста структура, яка дозволяє змінювати свої геометричні розміри клейового шва разом із деревиною при дії зовнішніх факторів, таких як температурні та вологісні навантаження. Пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднаннях деревини, в основному, будуть визначатися релаксаційними властивостями клейової плівки. Полівінілацетатна клейова плівка сформована клейовими матеріалами, на основі полівінілацетату та полівінілового спирту. Ці два матеріали відносяться до полімерів лінійної будови, які формують лінійну або рідкоітчасту структуру клейового шва, яка характеризується еластичністю та здатністю до швидкої релаксації, за певних умов експлуатації та навантажень. Такі клейові плівки забезпечують клейовому з'єднанню здатність, на напрутязі певного часу, релаксуватися під час циклічної дії температурних та вологісних навантажень. [1, 8, 9]

На рисунку 3.1. наведено діаграму пружно-деформаційних процесів у клейових з'єднаннях деревини склеєною клеями на основі полівінілацетату. [1]

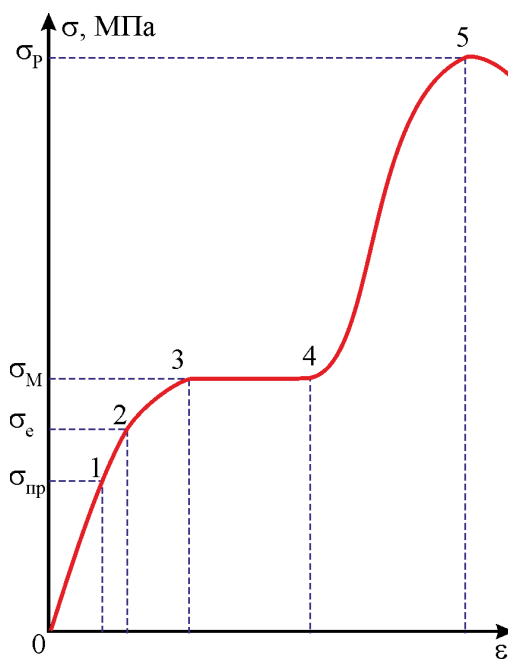


Рисунок 3.1. Діаграма пружно-деформаційних процесів у клейових з'єднаннях деревини склеєних клеями на основі полівінілацетату.

Діаграма пружно-деформаційних процесів є типовою для еластичних клейових матеріалів із відповідними зонами. У клейових з'єднаннях соснової

деревини спостерігаються різного роду деформації, а саме еластична, пружна та залишкова. Дані деформаційні процеси, під час циклічних температурних та вологісних навантажень на клейові з'єднання, будуть залежати від реологічних характеристик клейової плівки і деревини та визначатися адгезійною та когезійною міцністю клейової плівки. Деформаційні процеси у полівінілацетатному клейовому з'єднанні деревини сосни можна описати за стандартною формулою Гука, яку використовують для опису деформаційних процесів різного роду систем. [1, 9]

Разом з тим необхідно зазначити, що деформаційні процеси у термопластичних полівінілацетатних клейових з'єднаннях деревини будуть відрізнятися від деформаційних процесів у термореактивних клейових з'єднань деревини. Завдяки лінійної або розгалуженої будови клейового шва та адгезійної та когезійної міцності полівінілацетатної клейової композиції, реологічні процеси будуть проходити краще, ніж у клейових з'єднаннях, які формують кристалічну решітку у клейовому шві. Це відбувається завдяки полівінілацетату та полівінілового спирту, які є складовими компонентами клейових матеріалів, що покращує деформаційні та релаксаційні процеси у клейовому з'єднанні деревини сосни під час дії циклічних температурних та вологісних навантажень.

На рисунку 3.2 наведено когезійну міцність у еластичному клейовому шві під час його розтягу.



Рисунок 3.2. Когезійна міцність у еластичному клейовому шві під час його розтягу.

Загальна поведінка релаксаційних процесів у полівінілацетатних клейових з'єднань деревини будуть визначатися залежностями, які можна графічно описати за допомогою кривих від циклічних температурних та вологісних навантажень.

На рисунку 3.3. наведено релаксаційні криві для полівінілацетатної клейової плівки в залежності від циклів температурних та вологісних навантажень. [1]

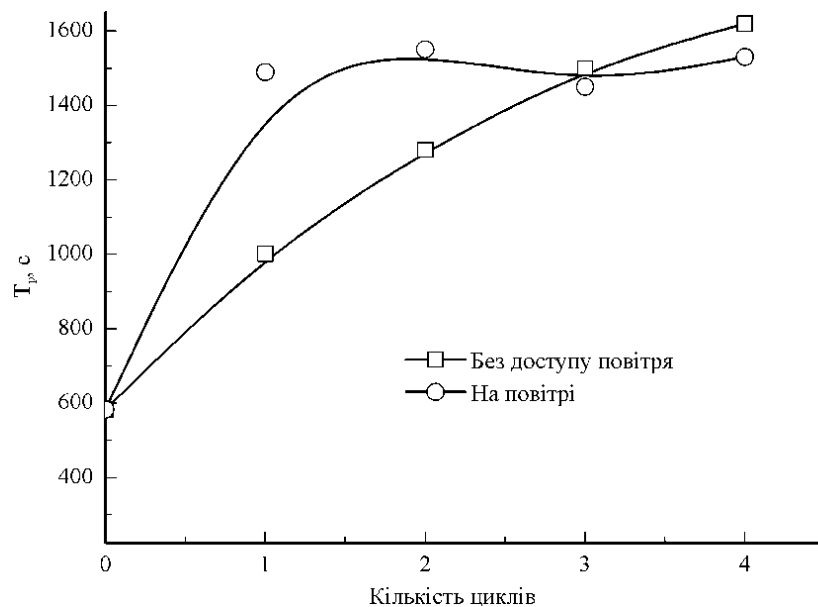


Рисунок 3.3. Релаксаційні криві для полівінілацетатної клейової плівки в залежності від циклів температурних та вологісних навантажень.

Підсумовуючи даний підрозділ можна сказати, що реологічні властивості у клейових з'єднаннях деревини будуть відбуватися по різному, в залежності від структури клейового шва та основи полімеру, з якого виготовлено клейові матеріали. Полівінілацетатної клейової плівки сприяють кращим деформаційним процесам у клейових з'єднаннях деревини сосни під час дії температурних та вологісних навантажень. Це пояснюється структурою формування клейового шва. Полівінілацетатними клеї формують лінійну або рідкоітчасту структуру клейового шва. За рахунок такої структури покращуються реологічні процеси у клейових з'єднаннях полівінілацетатних

клеєвих з'єднаннях деревини сосни під час дії температурних та вологісних навантажень, тим самим підвищується їх довговічність.

3.2 Теоретичні основи реологічних характеристик клеєвих з'єднань деревини

При склеюванні деревини сосни полівінілацетатним клеєм із класом довговічності D4 реологічні властивості клеєвого з'єднання будуть визначати реологічні властивості полівінілацетатної клеєвої плівки та реологічні властивості деревини сосни при дії циклічних температурних та вологісних навантажень.. Як зазначалося у розділі 3.1. полівінілацетатна клеєва плівка при склеюванні формує рідкоітчасту структуру шва, що надає клеєвому з'єднанню еластичність. Це дозволяє надати клеєвому з'єднанню підвищені пружні властивості, тим самим покращити міцність клеєвих з'єднань деревини сосни, під час дії циклічних температурних та вологісних навантажень, оскільки релаксаційні процеси такою плівкою будуть кращими.

Окрім того, полівінілацетатні клеєві матеріали, за рахунок того, що розчинником у них є вода, мають кращу проникність у пори та судини деревини. Формування клеєвого з'єднання відбувається за кімнатної температури. Тому, тривалість формування адгезійної і когезійної міцності в часі збільшується. Це дозволяє покращити механічне зчеплення між деревиною та клеєвим матеріалом та збільшити проникність клеєвого матеріалу у деревину.

Полівінілацетатні клеєві матеріали формують лінійну та рідкоітчасту структуру клеєвого шва. Це дозволяє забезпечити клеєвому з'єднанню кращі реологічні властивості, оскільки релаксаційні процеси, в порівнянні із формальдегідними клеями, будуть проходити краще. [1, 19, 21]

Щодо розуміння терміну релаксації, то це зміна стану системи з часом, яка пов'язана із встановленням в ній статистичної рівноваги. Мірою швидкості релаксації є час релаксації. Тобто це певний проміжок часу, на протязі якого

відбувається повернення системи у рівноважний стан. Основним релаксуючим і компенсуючим шаром у з'єднанні деревини є клей.

Механізм формування клейового з'єднання полівінілацетатними клейовими матеріалами буде формуватися за рахунок механічного зчеплення між деревиною та клейовим матеріалом, хімічними та дифузійними процесами.

На рисунку 3.4. наведено клейове з'єднання деревини, що сформоване полівінілацетатною клейовою полівкою.

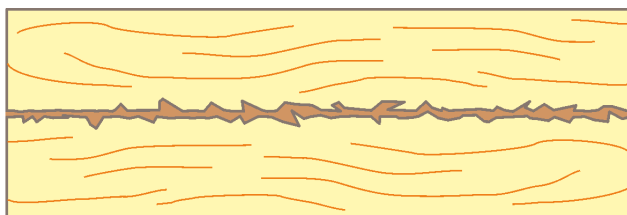


Рисунок 3.4. Клейове з'єднання деревини на основі полівінілацетатних клеїв.

З рисунка видно, про значну проникність клейового матеріалу у пори та судини деревини. Відомо, що полівінілацетатні клейові матеріали можуть проникати у деревину на відстань до одного міліметра.

На деструкцію полівінілацетатних клейових з'єднань деревини значний вплив матиме підвищена температура, оскільки основа клею полівінілацетат, який не є стійким до підвищених температур під час експлуатації. Також на клейове з'єднання матиме вплив і вода та волога навколишнього середовища. Деструктивні процеси у таких клейових з'єднання будуть відбуватися за рахунок циклічної дії температури та вологості. Деструкція клейового шва буде відбуватися за рахунок розриву ланцюга макромолекул.

Деструктивні процеси у полівінілацетатному клейовому шві наведено на рис. 3.5.

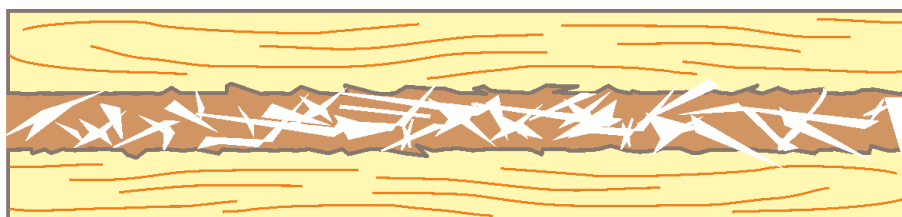


Рисунок 3.5. Деструктивні процеси у полівінілацетатному клейовому шві.

Деструкційні процеси у полівінілацетатних клейових з'єднаннях деревини відрізняються від деструкційних процесів у клейових з'єднаннях що формують кристалічну решітку клейового шва. Вони є більш тривалими у часі та не мають властивості миттєвого руйнування як це відбувається у структурованих полімерах. Тому, реологічні процеси у клейових з'єднаннях деревини що склеєні полівінілацетатними клеями визначатимуть міцність клейового з'єднання.

3.4 Висновки з розділу

1. Для полівінілацетатних клейових з'єднань деревини важливе значення мають реологічні властивості клейової плівки. Клейове з'єднання на основі полівінілацетатної клейової плівки формують лінійну або рідкосітчасту структуру клейового шва. За рахунок такої структури покращуються реологічні процеси у клейових з'єднаннях під час дії температурних та вологісних навантажень, тим самим підвищується їх довговічність.

2. Релаксаційні процеси у полівінілацетатних клейових з'єднаннях деревини впливають на їх міцність клейових з'єднань деревини.

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. Результати досліджень клейової плівки

Міцність клейових з'єднань деревини у значній мірі буде визначатися реологічними властивостями клейової плівки. Для підтвердження цього, було проведено дослідження зміни міцності для термопластичної полівінілацетатної клейової плівки із класом довговічності D4.

Реологічні властивості клейової плівки, визначали за зміною її міцності після циклічних температурних та вологісних навантажень шляхом її руйнування за допомогою розривної машини, згідно методики експериментальних досліджень, яку наведено у розділі 3.

Як відомо із методики проведення досліджень, є чотири варіанти зразків клейової плівки, які піддавались випробуванню. А саме: контрольні зразки, які не піддавались дії температурно-вологісним навантаженням та зразки після трьох циклів випробувань, які піддавались температурним і вологісним навантаженням. Кожний цикл випробувань включав вимочування, заморожування, відтаювання та дію підвищених температур.

Зміна реологічних властивостей клейової плівки найбільше буде залежати від дії вологи та температури. Підготовку клейової плівки до випробувань здійснювали згідно методики експериментальних досліджень. Розміри зразків плівки для дослідження були такі: 50x10x1 мм.

Всі зразки полівінілацетатної клейової плівки піддавали руйнуванню за допомогою лабораторної розривної машини марки 2166 P-5. Фіксація зразків при руйнуванні становила 0,01 с.

У таблиці 4.1.наведено результати дослідження міцності клейової плівки до циклічної дії температурних та вологісних навантажень (контрольні зразки).

Графічна інтерпретація результати дослідження міцності клейової полівінілацетатної плівки, яку не піддавали температурним і вологісним навантаженням наведено на рис. 4.1.

Міцність полівінілацетатної клейової плівки до дії циклічних температурних та вологісних навантажень

Таблиця 4.1.

Номер зразка	Розміри, мм			Міцність, σ , МПа.
	Д	Ш	Т	
1	50	10	1	8,27
2	50	10	1	8,21
3	50	10	1	8,18
4	50	10	1	8,24
5	50	10	1	8,15
6	50	10	1	8,20
7	50	10	1	8,30
8	50	10	1	8,23
9	50	10	1	8,25
10	50	10	1	8,26

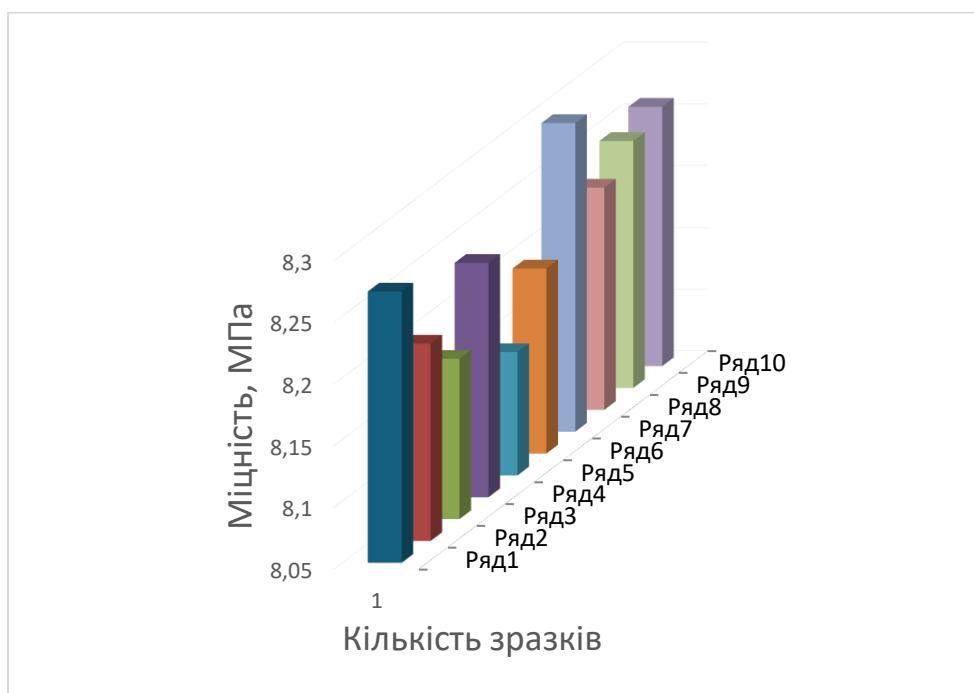


Рис. 4.1 Графічна інтерпретація результатів досліджень клейової плівки без дії циклічних температурних та вологісних навантажень.

Як видно із таблиці 4.1 та рисунку 4.1 міцність клейової плівки до дії температурних та вологісних навантажень знаходиться в межах 8,23 МПа. Тобто, міцність клейової плівки контрольних зразків відповідає міцності клейового з'єднання деревини сосни, яка може знаходитися від 7,5 до 8,5 МПа склеєної даними клеями. Руйнування клейової плівки здійснювали шляхом її розтягом.

Результати міцності полівінілацетатної клейової плівки із класом довговічності D4 після першого циклу випробувань (вимочування у воді кімнатної температури, заморожування, висушування та витримки за підвищених температур) згідно методики експериментальних досліджень, (див. розд. 3). наведено у таблиці 4.2.

Міцність клейової плівки після першого циклу випробувань

Таблиця 4.2.

Номер зразка	Розміри, мм			Міцність, σ , МПа.
	Д	Ш	Т	
1	50	10	1	32,20
2	50	10	1	32,59
3	50	10	1	32,10
4	50	10	1	32,24
5	50	10	1	32,35
6	50	10	1	32,20
7	50	10	1	32,31
8	50	10	1	32,43
9	50	10	1	32,25
10	50	10	1	32,45

Графічна інтерпретація результатів досліджень міцності полівінілацетатної клейової після першого циклу випробувань у вигляді гістограми наведено на рис. 4.2.

Результати досліджень показали, що дія температури та вологи на зразки полівінілацетатної клейової плівки, після першого циклу випробувань, приводить до збільшення її міцності, а саме від 8,23 МПа до 31,32 МПа. Це

майже у три рази перевищує міцність клейової плівки, яку не піддавали температурним та вологісним навантаженням. Тобто нетривалі циклічні температурні та вологісні навантаження позитивно впливає на міцність клейових з'єднань. Це пояснюється хорошими реологічними властивостями клейової плівки, яка має рідкосітчасту структуру клейового шва.

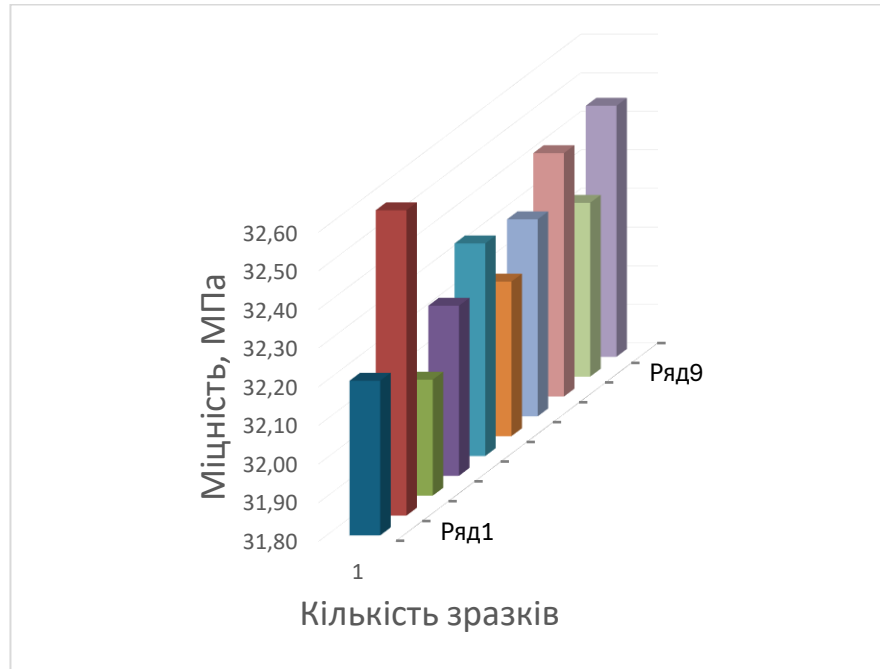


Рис. 4.2 Графічна інтерпретація результатів досліджень клейової плівки після першого циклу випробувань.

Наступним етапом досліджень було піддавання зразків полівінілацетатної клейової полівінілацетатної плівки після другому циклу навантаження, який є аналогічним до першого щодо циклічної дії вологи та температури. Результати дослідження наведено у табл. 4.3 та рис. 4.3.

Після другого циклу випробувань відповідно до результатів дослідження міцність клейової плівки також продовжує зростати. А саме вона збільшилась і становить 36,85 МПа. А це на 12,3% більше від міцності клейової плівки після першого циклу випробувань. Тобто, повторне навантаження циклічною дією вологи та температури також мають позитивний вплив на міцність клейової полівінілацетатної клейової плівки. Це підтверджено нашими теоретичними дослідженнями, що полівінілацетатна клейова плівка має хороші реологічні та релаксаційні властивості. Необхідно нагадати, що полівінілацетат, який

служить основою клейової плівки витримує понижені температури до -40°C , при цьому не змінюючи своєї структури

Міцність клейової плівки після другого циклу випробувань

Таблиця 4.3.

Номер зразка	Розміри, мм			Міцність, σ , МПа.
	Д	Ш	Т	
1	50	10	1	36,62
2	50	10	1	36,97
3	50	10	1	36,78
4	50	10	1	36,89
5	50	10	1	36,90
6	50	10	1	36,79
7	50	10	1	36,78
8	50	10	1	36,7
9	50	10	1	36,88
10	50	10	1	36,91

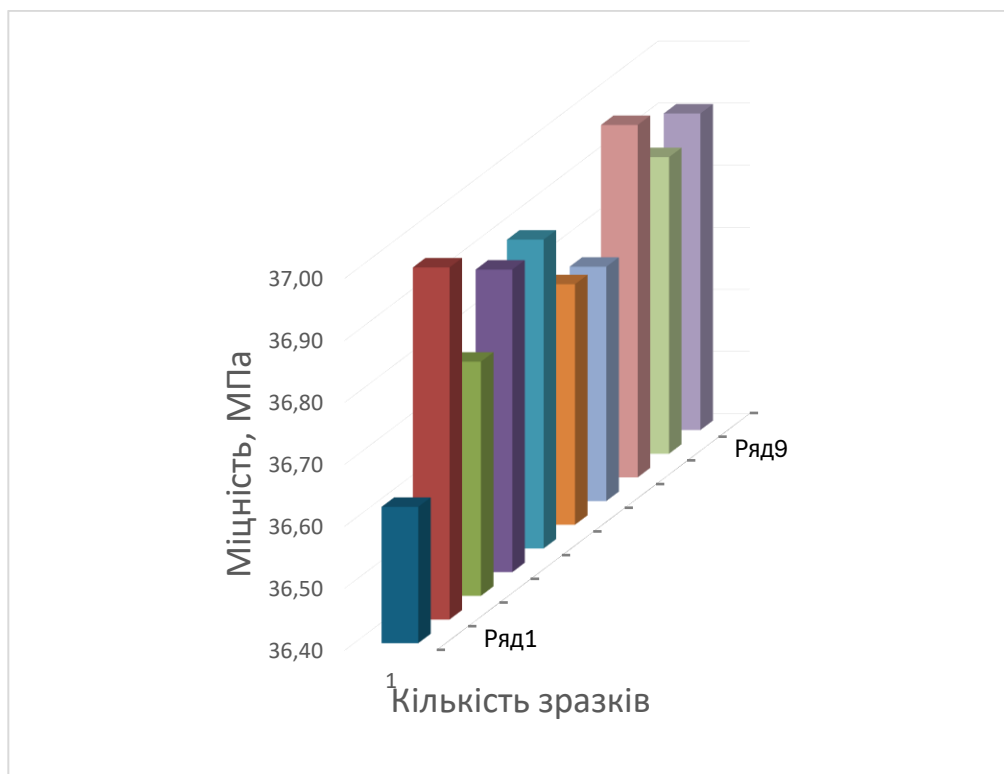


Рис. 4.3 Графічна інтерпретація результатів досліджень клейової плівки після другого циклу випробувань.

Наступним експериментом є дослідження зразків полівініацетатної клейової плівки третьому циклу випробувань. Результати дослідження наведено у табл. 4.4. та рис. 4.4.

Міцність клейової плівки після третього циклу випробувань

Таблиця 4.4.

Порядковий номер зразка	Розміри, мм			Міцність, σ , МПа.
	Д	Ш	Т	
1	50	10	1	35,32
2	50	10	1	35,17
3	50	10	1	35,28
4	50	10	1	35,19
5	50	10	1	35,70
6	50	10	1	35,79
7	50	10	1	35,28
8	50	10	1	35,47
9	50	10	1	35,68
10	50	10	1	35,11

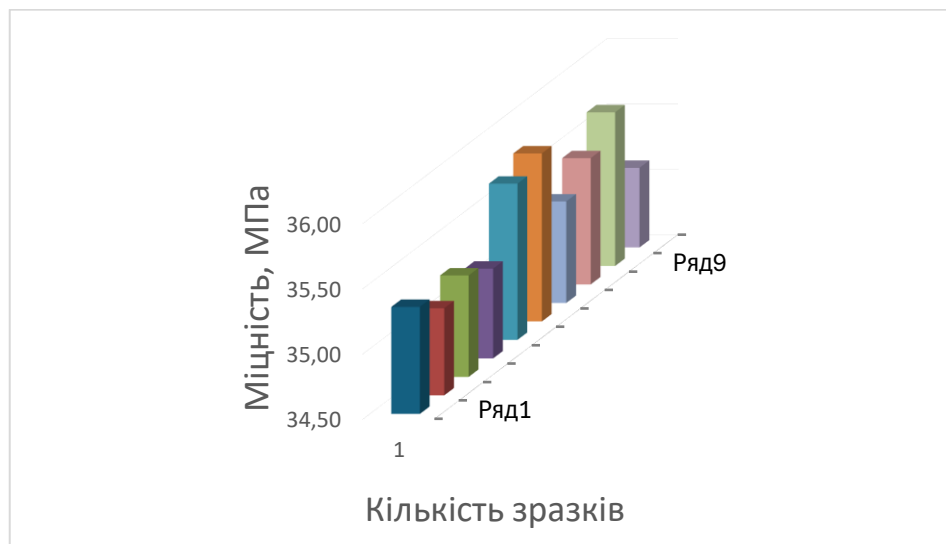


Рис. 4.4 Графічна інтерпретація результатів досліджень клейової плівки після третього циклу випробувань.

Результати дослідження вказують на те, що подальша циклічна дія на полівініацетатну клейову плівку за дії вологи та температури, призводить до

невеликого зниження міцності клейової плівки, а саме із 36,85 МПа до 35,39 МПа. Тобто міцність зменшується на 4%. Таке зменшення міцності вказує на початок деформаційних процесів, які проходять у клейовій полівінілацетатній клейовій плівці після температурних та вологісних навантажень і не повертаються у своє попереднє становище. Тобто після циклічного (стресового) навантаження релаксаційні процеси проходять не до кінця, і появляється залишкова деформація.

Завершальним етапом дослідження властивостей полівінілацетатної клейової є четвертий цикл температурних та вологісних навантажень. Результати дослідження наведено у табл. 4.5. та рис. 4.5.

Міцність клейової плівки після четвертого циклу навантажень

Таблиця 4.5.

Порядковий номер зразка	Розміри, мм			Міцність, σ , МПа.
	Д	Ш	Т	
1	50	10	1	39,12
2	50	10	1	39,34
3	50	10	1	39,54
4	50	10	1	39,51
5	50	10	1	39,23
6	50	10	1	39,41
7	50	10	1	39,29
8	50	10	1	39,40
9	50	10	1	39,33
10	50	10	1	39,21

Згідно із результатами досліджень міцність полівінілацетатної клейової плівки після четвертого циклу навантажень збільшилась із 35,39 МПа до 39,34 МПа. Тобто на 10 %. Це вказує на те, що збільшення циклів температурних та вологісних навантажень на полівінілацетатну клейову плівку приводить до зростання її міцності. Тобто, релаксаційні процеси на протязі даного часу експериментальних досліджень, у термопластичній клейовій плівці проходять

добре. Циклічні навантаження встигають релаксуватися, через що відбувається незначне зростання міцності.

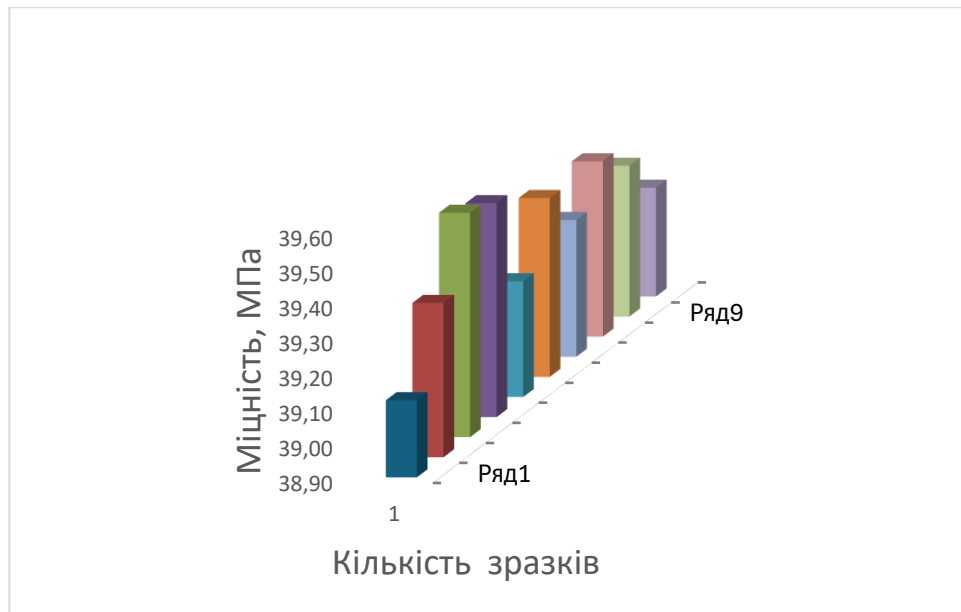


Рис. 4.5 Графічна інтерпретація результатів досліджень клейової плівки після четвертого циклу навантажень.

Загальна картина зміни міцності термопластичної полівінілацетатної клейової плівки після чотирьох циклів температурних та вологісних навантажень наведено на рис. 4.6.

На рисунку 4.6 наведено графік зміни міцності полівінілацетатної клейової плівки для запланованих циклів температурних та вологісних випробувань.

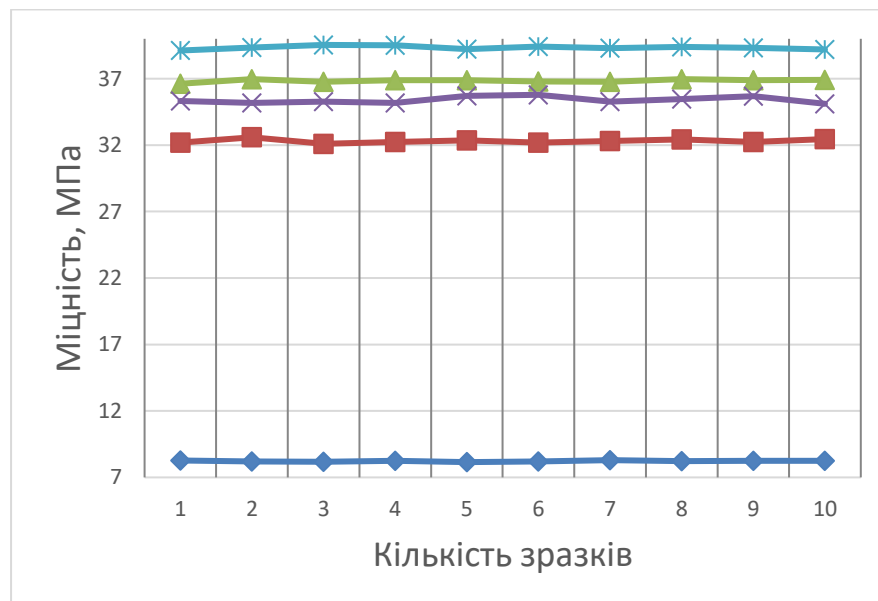


Рис. 4.6. Результати досліджень міцності клейової плівки після запланованих циклів температурних та вологісних навантажень.

Підсумовуючи дані результати експериментальних досліджень, можна зробити висновок, що міцність термопластичної полівінілацетатної клейової плівки змінюється в залежності від кількості циклів випробувань та дії температури та вологості. А саме після чотирьох циклів випробувань когезійна міцність зростає від 8,23 МПа до 35 МПа. Така поведінка термопластичної полівінілацетатної клейової плівки вказує на хороші реологічні процеси, які в ній відбуваються за дії вологісних та температурних навантажень.

4.2. Результати досліджень клейових з'єднань деревини.

Реологічні властивості клейової плівки будуть впливати на клейові з'єднань деревини сосни. Для доказу того, були проведені експериментальні дослідження визначення зміни міцності термопластичних полівінілацетатних клейових з'єднань деревини сосна за циклічної дії вологості та температури. А саме зразки також піддавали чотирьом циклам навантаження, які включали вимочуванню у воді, заморожування, відтаювання та витримки за температури 60°C. Результати досліджень міцності до дії вологісних та температурних навантажень наведено у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6.

Міцність клейових з'єднань деревини сосни

Номер зразка	Розміри, мм		Міцність, σ , МПа.
	Д	Ш	
1	30	20	7,95
2	30	20	7,39
3	30	20	8,15
4	30	20	7,75
5	30	20	7,82
6	30	20	8,19
7	30	20	8,09
8	30	20	7,90
9	30	20	7,13
10	30	20	7,29

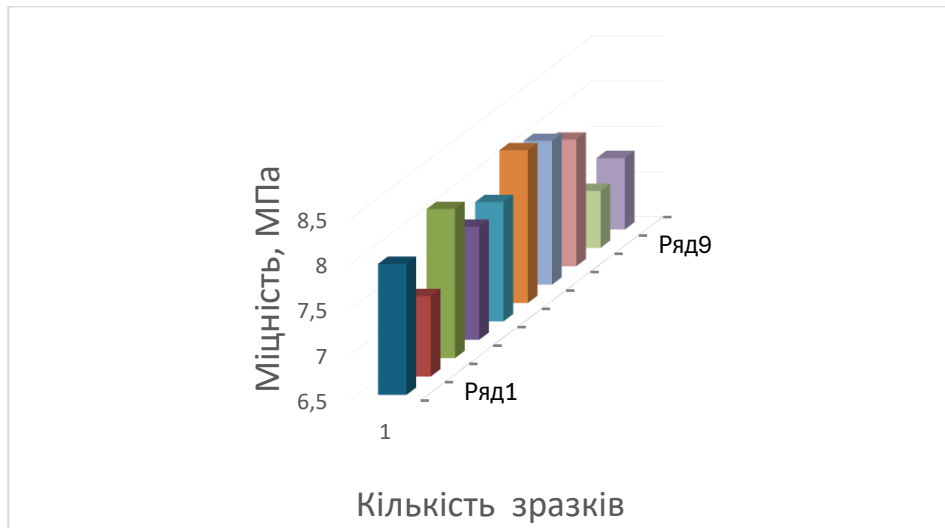


Рис. 4.7. Результати досліджень міцності клейового з'єднання деревини контрольних зразків.

Результати дослідження показали, що міцність контрольних зразків клейового з'єднання деревини сосни після склеювання становить 7,76 МПа.

В таблиці 4.7 наведено результати зміни міцності клейового з'єднання деревини сосни склеєної полівінілацетатним клеєм із класом довговічності D4 після першого циклу випробувань.

Таблиця 4.7.

Міцність клейових з'єднань деревини сосни після першого циклу.

Номер зразка	Розміри, мм		Міцність, σ , МПа.
	Д	Ш	
1	30	20	7,95
2	30	20	8,14
3	30	20	8,32
4	30	20	7,95
5	30	20	7,57
6	30	20	7,99
7	30	20	8,91
8	30	20	7,91
9	30	20	8,25
10	30	20	7,92

На рисунку 4.8 наведено графічне зображення зміни міцності клейового з'єднання деревини сосни склеєної полівінілацетатним клеєм після першого циклу випробувань.

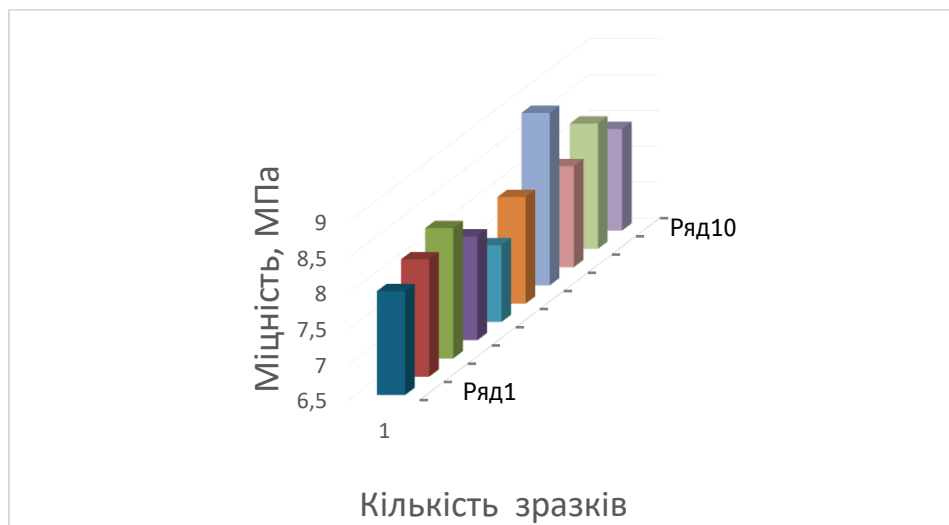


Рис. 4.8. Результати досліджень міцності клейового з'єднання деревини сосни після першого циклу випробувань.

Результати досліджень міцності клейового з'єднання деревини сосни склеєної полівінілацетатним клеєм показали, що після першого циклу температурних та вологісних випробувань міцність збільшується із 7,76 МПа до 8,09 МПа. У відсотковому співвідношенні це становить 4,1 %. Тобто, міцність клейового з'єднання деревини сосни збільшується після першого циклу випробувань, так само як у клейовій плівці, але з невеликими кількісними показниками. Такі процес у клейовому з'єднанні деревини можуть відбуваються через сорбцію деревини сосни. Окрім того, як зазначалося вище клейова плівка на полівінілацетатній основі володіє хорошими пружно деформаційними та релаксаційними процесами. Такі процеси добре проходять на початкових етапах циклічних температурних та вологісних навантажень, оскільки полівінілацетатні клеї за незначної дії вологи утворюють водневі зв'язки, які можуть призводити до збільшення міжмолекулярних зв'язків та підвищення міцності клейового з'єднання. Разом з тим, як показали результати міцності полівінілацетатної клейової плівки, хороші релаксаційні процеси та додаткові водневі зв'язки призводять до збільшення когезійної міцності в

декілька разів в порівнянні із клейовою плівкою, яка не піддавалась циклічним температурним та вологісним навантаженням.

У таблиці 4.8 наведено результати дослідження міцності клейового з'єднання деревини сосни після другого циклу навантаження

Таблиця 4.8.

Міцність клейових з'єднань деревини сосни після другого циклу

Номер зразка	Розміри, мм		Міцність, σ , МПа.
	Д	Ш	
1	30	20	8,75
2	30	20	8,15
3	30	20	8,05
4	30	20	8,62
5	30	20	8,39
6	30	20	8,44
7	30	20	8,38
8	30	20	8,73
9	30	20	8,01
10	30	20	8,88

На рисунку 4.9. наведено графічне зображення результатів дослідження міцності клейового з'єднання після другого циклу випробувань.

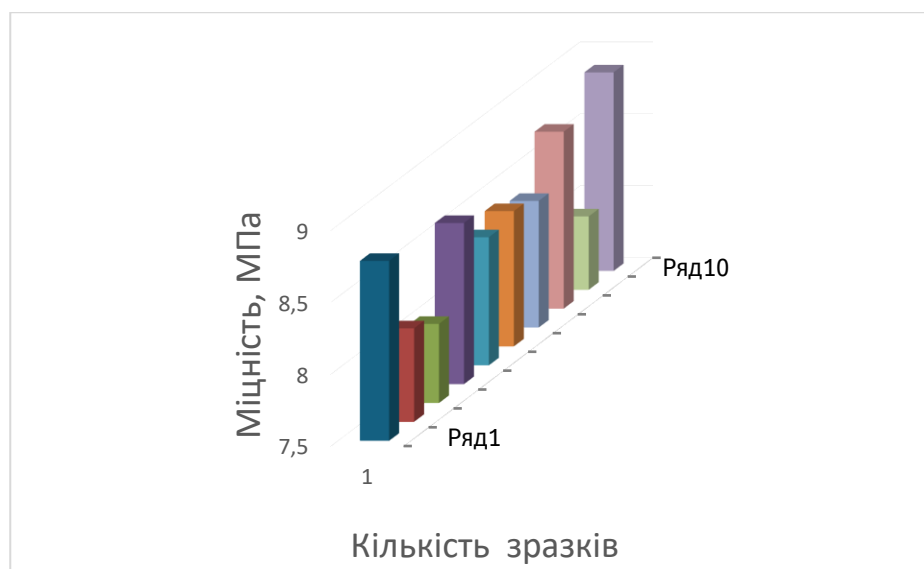


Рис. 4.9. Результати досліджень міцності клейового з'єднання деревини сосни після другого циклу випробувань.

Після другого циклу випробувань міцність клейового з'єднання деревини сосни також дещо збільшилась із 8.09 МПа до 8,44 МПа. У відсотковому співвідношенні міцність збільшується на 4,1 %. У порівнянні із контрольними зразками після другого вона зросла на 9,1%. Це також можна пояснюється властивостями полівінілацетату, який здатний релаксуватися під час нетривалої дії циклічних температурних та вологісних навантажень.

У таблиці 4.9. результати міцності клейових з'єднань деревини сосни поівінілацетатними клеями після третього циклу навантажень.

Таблиця 4.9.

Міцність клейових з'єднань деревини сосни після третього циклу.

Номер зразка	Розміри, мм		Міцність, σ , МПа.
	Д	Ш	
1	30	20	8,67
2	30	20	8,38
3	30	20	8,59
4	30	20	8,95
5	30	20	8,39
6	30	20	8,07
7	30	20	8,09
8	30	20	8,78
9	30	20	8,22
10	30	20	8,06

На рисунку 4.10 наведено графічне зображення міцності після третього циклу

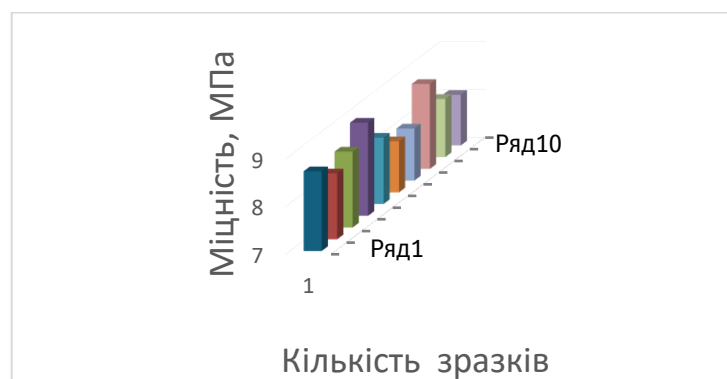


Рис. 4.10. Результати досліджень міцності клейового з'єднання деревини сосни після третього циклу.

За отриманими результатами видно, що після третього циклу випробувань, міцність клейових з'єднань деревини сосни полівінілацетатними клеями зменшується із 8,44 МПа до 8,42 МПа. У відсотковому співвідношенні це становить 0,3%. Таке незначне зменшення міцності вказує на хороші релаксаційні процеси після третього циклу випробувань.

У таблиці 4.10 наведено результати міцності клейових з'єднань деревини сосни склепної полівінілацетатним клеєм після четвертого циклу випробувань.

Таблиця 4.10.

Міцність клейових з'єднань деревини сосни після четвертого циклу

Номер зразка	Розміри, мм		Міцність, σ , МПа.
	Д	Ш	
1	30	20	8,29
2	30	20	8,09
3	30	20	8,56
4	30	20	8,17
5	30	20	8,58
6	30	20	8,49
7	30	20	8,82
8	30	20	8,28
9	30	20	8,49
10	30	20	8,42

На рисунку 4.11 наведено графічне зображення міцності після четвертого циклу випробувань.

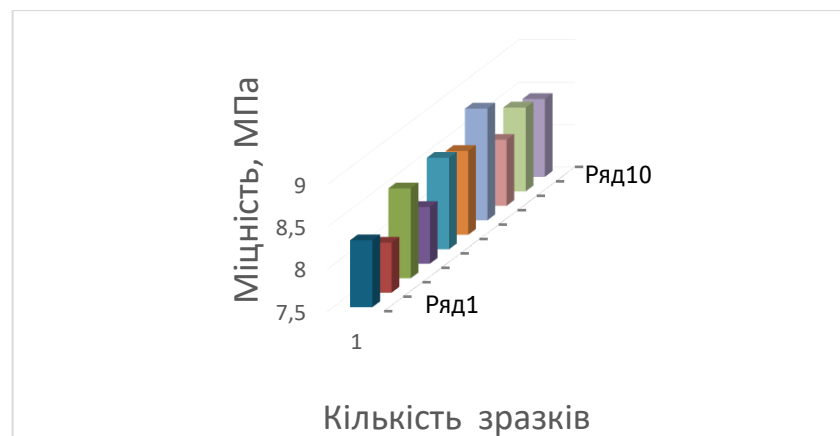


Рисунок 4.11 Графічне зображення міцності після четвертого циклу випробувань.

Після четвертого циклу випробувань міцність полівінілацетатного клейового з'єднання деревини сосни залишається практично незмінним, а саме 8,19 МПа в порівнянні із 8,42 МПа.

На рисунку 4.12. наведено загальну картину зміни міцності клейових з'єднань деревини сосни склеєної полівінілацетатними клеями залежно від кількості циклів температурних та вологісних навантажень.

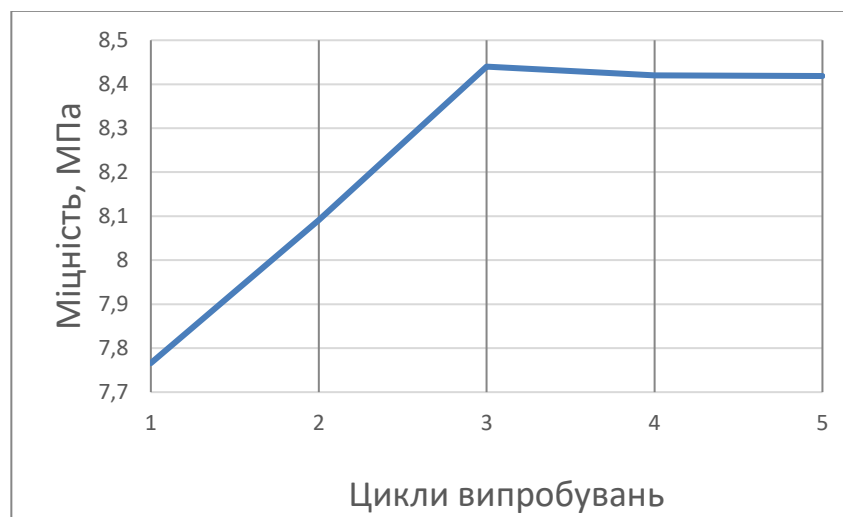


Рисунок 4.12 Графічне зображення зміни міцності залежно від кількості циклів температурних та вологісних навантажень. 1 – контрольні зразки; 2 – перший цикл; 3 – другий цикл; 4 – третій цикл; 5 – четвертий цикл.

4.3. Висновки з розділу

За результатами експериментальних досліджень реологічних властивостей клейових з'єднань деревини сосни термопластичними полівінілацетатними клеями із класом довговічності D4 робимо наступні висновки:

1. Реологічні властивості клейових з'єднань деревини сосни склеєної полівінілацетатними клеями із класом довговічності D4 будуть визначатися реологічними властивостями полівінілацетатної клейової плівки і деревини та впливатимуть на міцність клейових з'єднань деревини.

2. Міцність полівінілацетатної клейової плівки змінюється залежно від циклічної дії температурних та вологісних навантажень. А саме: міцність контрольних зразків становить 8,23 МПа; після першого циклу температурних

та вологісних навантажень 32,32 МПа.; після другого циклу - 36,84 МПа; після третього циклу – 35,39 МПа; після четвертого– 39,21 МПа.

3. Міцність полівінілацетатного клейового з'єднання деревини сосни із класом довговічності D4 складає 7,76 МПа. Дія циклічних температурних і вологісних навантажень призводить до її зміни, а саме після першого циклу випробувань становить 8,09 МПа.; після другого циклу - 8,44 МПа; після третього циклу – 8,42 МПа; після четвертого – 8,19 МПа..

4. Здійснено аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Заходи екологічної безпеки при роботі із полівінілацетатними клеями

Заходи щодо екологічної безпеки при роботі із термопластичними полівінілацетатними клеями є загальними, які використовуються при роботі з клеями, які відносяться до екологічно чистих. Оскільки полівінілацетатні клеї до дев'яносто відсотків складається з полівінілацетату, який є нетоксичним полімером. Окрім того, для як розчинник, використовується вода. Хімічна формула полівінілацетату $[-\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{O}\text{C}\text{O}\text{C}\text{H}_3)]_n$. Окрім полівінілацетату використовується полівініловий спирт. Це полімер який відноситься до біорозкладних, який може розкластися на вуглекислий газ та воду. Хімічна формула полівінілового спирту $(\text{C}(\text{O})\text{C}\text{H}_2-\text{O}\text{H})$. Тобто основні складові компоненти відповідають екологічним нормам.

Щодо інших складових компонентів полівінілацетатних клейових матеріалів, то вони є більш токсичними. основну небезпек даних клеїв складає затверджувач. Хімічний склад затверджувача, який використовується для полівінілацетатних клеїв складається із кремній органічних речовин. Дані речовини також відносяться то безпечних сполук. Але їх велика кількість може мати негативний вплив на людський організм. У полівінілацетатній клейових матеріалах вони складають від одного до трьох відсотків. Тобто така невелика кількість не є шкідливою для навколишнього середовища та людського організму. Тобто складові компоненти полівінілацетатної клейової композиції в цілому не несуть небезпеки для навколишнього середовища. Найбільша концентрація випарі від полівінілацетатної клейової композиції є в приміщенні де відбувається технологічний процес склеювання.

Випари, які утворюються під час технологічного процесу склеювання, мають дещо специфічний запах, який нагадує випари оцтової кислоти. Такі випари можуть забруднювати атмосферне повітря в приміщенні де відбувається технологічний процес склеювання. Окрім того, після промивки технологічного

обладнання утворюється значна кількість стічних вод, які необхідно очистити від надлишків від полівінілацетатних клеїв.

Очистка стічних вод від використання полівінілацетатних клейових матеріалів проходить у декілька етапів. На першому етапі відбувається механічна очистка стічних вод, куди входить відстоювання та фільтрація. Наступним етапом є фізико-хімічна обробка стічних вод, куди входять коагуляція та процеси, що пов'язані з ними. Завершальною стадією очистки стічних вод є процес дезінфекції. Після цього стічні води можна спускати у загальні водойми, або використовуватися для технічних цілей, в тому числі для повторного використання у технологічному процесі склеювання.

Щодо тари у якій зберігаються клейові матеріали, то вона як правило виготовлена із поліпропілену. Використана тара проходить промивку та відправляється постачальнику клейових матеріалів.

Щодо роботи із полівінілацетатними клеям під час технологічного процесу склеювання, то небезпеки як такої немає. Концентрація випарів під час склеювання є невисокою, оскільки в основному випаровується вода, яка служить як розчинник у клейових матеріалах. Може виділятися запах вінілацетату та оцтової кислоти, які є складовими компонентами клею. Тому, при роботі із поівінілацетатними клеями у цеху де відбувається процес склеювання повинна бути вентиляція, яка здатна забезпечити приміщення свіжим повітрям. Кількість свіжого повітря розраховується в залежності від кількості випарів, які утворюються у технологічному процесі склеювання. Вентиляція повинна бути загальна для всього приміщення де відбувається процес склеювання. Щодо очистки повітря, яке видаляється із цеху, то встановлювати додаткове устаткування не має потреби. Для зменшення викидів у повітря можна встановити рукавні фільтри, які здатні вловлювати дрібні дисперсні частинки і тим самим зменшити концентрацію запаху оцтової кислоти, щоб не розносилась потоками повітря у локальну зону навколишнього середовища. Але такі установки повинні бути на підприємствах, які використовують велику кількість клейових матеріалів, тобто підприємства, що

мають масові або серійні виробництва з виготовлення клейової продукції із деревини.

5.2. Заходи з безпеки праці

Безпека праці на будь-якому підприємстві має важливе значення. Не виключенням є і виробництва які не використовують шкідливих матеріалів та нескладного технологічного процесу з виготовлення виробів. Технологічний процес склеювання цільної деревини полівінілацетатними клеями відноситься до технологічного процесу склеювання, який не вимагає складного технологічного обладнання, а матеріали для склеювання є екологічно безпечними. Разом з тим, безпека праці повинна бути забезпечена, що запобігти травматизму, оберегти відкритті ділянки тіла людини від пошкодження, різних алергічних захворювань, тощо. Тому на таких типах виробництва необхідно передбачити заходи, щодо запобіганню таких небезпечних явищ. Для цього необхідно забезпечити працівників, які працюють безпосередньо із полівінілацетатними клеями необхідних засобів захисту, в основному для рук та обличчя. Ці заходи безпеки необхідні для профілактичних цілей. Для захисту відкритих ділянок тіла працівників необхідно забезпечити їх рукавицями та окулярами.

На рис. 5.1. наведено засоби захисту рук та обличчя людини, а це прогумовані рукавиці та окуляри.



Рис 5.1. Засоби індивідуального захисту рук та очей працівника.

Для промивання устаткування яким наносять полівінілацетатні клейові матеріали необхідно забезпечити працівника гумовими рукавицями та гумовим

взуттям та при необхідності прогумований одяг. Оскільки при промиванні клей у вигляді водяної дисперсії може попадати на відкритті частини тіла людини.

На рис. 5.2. наведено саме засоби безпеки людини для такого типу робіт з полівінілацетатними клеями.



Рис. 5.2. Засоби захисту тіла людини.

Щодо інших заходів безпеки при роботі із полівінілацетатними клеями, то вони не передбаченні. Окремі випадки, щодо індивідуального захисту людини можуть окремо бути передбачені виходячи із конкретної ситуації, або технологічного процесу склеювання деревини полівінілацетатними клеями. але необхідно відзначити, що всі працівники, які працюють у технологічному процесі де використовується склеювання повинні пройти медичний огляд, з метою дозволу працювати у таких виробничих процесах. Окрім того, кожний працівник повинен проходити інструктаж з техніки безпеки на кожному робочу місці.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Підсумовуючи магістерську роботу, її теоретичні та практичні експериментальні дослідження із визначення реологічних властивостей термопластичних полівінілацетатних клейових з'єднань деревини сосни можна зробити такі висновки:

1. Проведено аналіз літератури щодо склеєної деревини та реологічних властивостей клейових з'єднань. Встановлено, що для склеювання деревини використовують клейові матеріали на основі формальдегіду та полівінілацетату. Проаналізовано реологічні властивості клейових матеріалів на основі формальдегідних полівінілацетатних клеїв та деревину, яка у вологому та сухому стані володіє різними реологічними властивостями. Здійснено аналіз пружно деформаційних процесів у клейових з'єднаннях деревини склеєних формальдегідними та полівінілацетатними клеями.

2. Проаналізовано та підібрано методика для визначення реологічних властивостей термопластичних полівінілацетатних клейових з'єднань деревини.

3. Теоретично встановлено, що для полівінілацетатних клейових з'єднань деревини важливе значення мають реологічні властивості клейової плівки. Клейове з'єднання на основі полівінілацетатної клейової плівки формують лінійну або рідкосітчасту структуру клейового шва. За рахунок такої структури покращуються реологічні процеси у клейових з'єднаннях під час дії температурних та вологісних навантажень, тим самим підвищується їх довговічність.

4. Реологічні властивості клейових з'єднань деревини сосни склеєної полівінілацетатними клеями із класом довговічності D4 будуть визначатися реологічними властивостями полівінілацетатної клейової плівки і деревини та впливатимуть на міцність клейових з'єднань деревини.

5. Міцність полівінілацетатної клейової плівки змінюється залежно від циклічної дії температурних та вологісних навантажень. А саме: міцність контрольних зразків становить 8,23 МПа; після першого циклу температурних

та вологісних навантажень 32,32 МПа.; після другого циклу - 36,84 МПа; після третього циклу – 35,39 МПа; після четвертого– 39,21 МПа.

6. Міцність полівінілацетатного клейового з'єднання деревини сосни із класом довговічності D4 складає 7,76 МПа. Дія циклічних температурних і вологісних навантажень призводить до її зміни, а саме після першого циклу випробувань становить 8,09 МПа.; після другого циклу - 8,44 МПа; після третього циклу – 8,42 МПа; після четвертого – 8,19 МПа..

7. Здійснено аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кшивецький Б.Я. Міцність та довговічність термопластичних клейових з'єднань деревини: монографія. /Б.Я. Кшивецький, І.Й. Тивунька. – Львів: ТзОВ Галицька видавнича спілка,, 2018. – 188 с. [122] іл. [19] табл. – Бібліограф. с. 209 (268 назв) – ISBN 978-617-7363-76-6.
2. Вінтонів І.С., Сопушинський І. М., Тайшінгер А. Деревинознавство: навч. посіб:2-е вид., доповн. Львів: Апріорі. 2007. 321 с.
3. Вінтонів Іван Степанович Деревинознавство: навч. посіб. /І. С. Вінтонів [та ін.]; Український держ. лісотехнічний ун-т, Українська академія дизайну. — Л. : РВВ УкрДЛТУ, 2005 . — 256 с.: рис. — Бібліогр.: с. 237–241.
4. Войтович І.Г. Основи технології виробів з деревини: підручник. Львів: ТзОВ «Країна ангелят», 2010. 305 с
5. Михайловська Г.Є., Панов В.В. Клеї та склеювання деревини: Навчальний посібник. – Львів: Афіша, 2002. – 179 с.
6. Войтович І.Г. Основи технології виробів з деревини: підручник. Львів: ТзОВ «Країна ангелят», 2010. 305 с
7. Кшивецький Б.Я., Гупало О.П. Проблеми використання клейових з'єднань на основі термопластичних клеїв // Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2001, вип. 11.2. – С. 23-24.
8. Гупало О. П., Тушницький О. П. Хімія деревини. Підручник. – 2-ге вид., випр. і доп. – К.: Знання, 2008. – 276 с
9. Гупало О.П. Високомолекулярні сполуки / О.П. Гупало, Н.М. Ватаманюк. – К. : Вид- во НМК ВО. – 1993. – 243 с.
10. Nishiyama, Yoshiharu; Langan, Paul; Chanzy, Henri (2002). Crystal Structure and Hydrogen-Bonding System in Cellulose I β from Synchrotron X-ray and Neutron Fiber Diffraction. *J. Am. Chem. Soc* 124 (31). с. 9074–82.
11. Кшивецький Б.Я. Механізм формування термопластичних клейових з'єднань деревини // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2012, вип. 22.12 – С. 117-122.

12. Гупало Олег Петрович Хімія деревини: підручник / О. П. Гупало, О. П. Тушницький ; Національний лісотехнічний ун-т України. — 2-ге вид., виправ. і доп. — К. : Знання, 2008. — 276 с. — Бібліогр.: с. 274–276 .
13. Дячун З. Й. Конструювання меблів: корпусні вироби / Зіновій Йософатович Дячун. – К. : Києво-Могилянська академія, 2007. – 387 с.
14. ДСТУ 4922:2008 Лісоматеріали та пилопродукція. Методи визначення вологості.
15. ДСТУ ISO 2431:2015. Фарби та лаки. Визначення часу витікання з використанням лійок (ISO 2431:2011, IDT).
16. ДСТУ EN 205:2014 Клеї несиллові для деревини. Метод визначання міцності з'єднання внапусток під час поздовжнього розтягування на зсув (EN 205:2003, IDT).
17. ДСТУ EN 204:2014 Клеї термопластичні несиллові для деревини. Класифікація (EN 204:2001, IDT) О.С. Малахова , Р.В. Линець Експериментальне дослідження міцності кутових з'єднань у корпусних меблях / Національний університет біоресурсів і природокористування України / Линець Р.В. - УДК 684.41.
18. Кійко О.А. Статистичні методи підвищення якості продукції деревооброблення. – Львів: електрон. навч. пос. – 228 с.
19. Кшивецький Б.Я., Гупало О.П. Проблеми використання клейових з'єднань на основі термопластичних клеїв. Науковий вісник УкрДЛТУ. – 2001. – Вип. 11.2.- С. 23-26.
20. М'якуш Б.М. Формування міцності та формостійкості паркетної дошки, склеєної термопластичними клеями : дис...канд. тех. наук : 05.23.06 / Національний лісотехнічний університет України. Львів, 2021. – 164 с.
21. Тлумачний словник з деревооброблення / уклад.: Б. Прокопович, І. Войтович, С. Гайда, Б. Кшивецький. – Львів.: Ромус-Поліграф, 2002. – 280 с.
22. Kshyvetskyu V.Y, Datskiv H.M. Strength of adhesive joints of thermally modified ash wood glued with polyvinyl acetate - based adhesives. Drewno. Prace

naukowe. Doniesienia. Komunikaty. 2023, 66 (211): 5-8.

<https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.XXX.XX>