

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ДЕРЕВООБРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ДИЗАЙНУ

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки
життєдіяльності

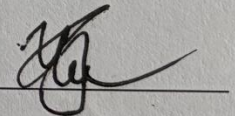
Пояснювальна записка

до диплому/роботи магістра

на тему: «Дослідження впливу вологості і температури
на пружно-деформаційні процеси полівінілацетатних
клеювих з'єднань деревини.»

Виконав: студент VI курсу, групи ДМТ- 62м
Спеціальності 187 «Деревообробні та меблеві
технології»

Чурко О. А.
(прізвище та ініціали)



Керівник

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

Рецензент

Гайдаєв

(прізвище та ініціали)

Львів 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут **деревообробних технологій і дизайну**
Кафедра **технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності**
Освітньо-кваліфікаційний рівень **магістр**
Спеціальність **187 «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

Чурко Олег Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження впливу вологості і температури на пружно-деформаційні процеси полівінілацетатних клейових з'єднань деревини.»

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. Вихідними даними для роботи є клейові з'єднання зразків деревини берези та термопластичні полівінілацетатні клеї.

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

1. Огляд літератури.

2. Методика досліджень.

3. Теоретичний розділ.

4. Експериментальний досліджень.

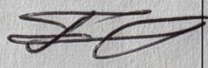
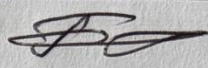
5. Розділ з безпеки праці.

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	Сомаг Г.В.		

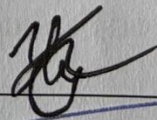
7. Дата видачі завдання 18 червня 2025 року

Керівник проекту  проф. Кшивецький Б.Я.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

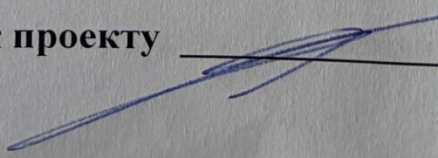
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний огляд	до 01.09.25	
2.	Методика досліджень	до 15.09.25	
3.	Теоретичний розділ.	до 01.10.25	
4.	Експериментальний досліджень.	до 20.09.25	
5.	Розділ з безпеки праці.	до 15.11.25	
	Висновки.	до 01.12.25	
	Оформлення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

Студент



Чурко О. А.

Керівник проекту

 проф. Кшивецький Б.Я.

РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота складається із: пояснювальної записки - 57 стор., 27 рисунки, 1 таблиць, 15 джерел.

Дана магістерська робота присвячена вивченню та дослідженню впливу вологи та температури на пружно-деформаційні процеси у термопластичних клейових з'єднань деревини берези склеєних полівінілацетатними клеями. Здійснено аналіз літературних джерел щодо впливу вологості та температури на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднань деревини на полівінілацетатній основі. Теоретично передбачено вплив вологи та температури на пружно-деформаційні процеси клейових з'єднань деревини під час їх експлуатації. Проведено експериментальні дослідження з вивчення впливу вологи та температури на пружно-деформаційні процеси клейових з'єднань листяних порід деревин. Здійснено аналіз результатів досліджень та зроблено висновки із даної роботи.

Ключові слова: клейові з'єднання, клеї, пружно-деформаційні процеси, деревина, склеювання.

ABSTRACT

Master's thesis: explanatory note: 57 pages, 21 figures, 1 table, 15 sources.

This master's thesis is devoted to the study and investigation of the influence of moisture and temperature on elastic-deformation processes in thermoplastic adhesive joints of birch wood glued with polyvinyl acetate adhesives. An analysis of literary sources on the influence of moisture and temperature on elastic-deformation processes of adhesive joints of wood on a polyvinyl acetate basis was carried out. The influence of moisture and temperature on elastic-deformation processes of adhesive joints of wood during their operation was theoretically predicted. Experimental studies were conducted to study the influence of moisture and temperature on elastic-deformation processes of adhesive joints of hardwoods. The results of the research were analyzed and conclusions were drawn from this work.

Keywords: Adhesive joints, adhesives, elastic-deformation processes, wood, gluing.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

У магістерській роботі досліджено вплив вологи та температури на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднань деревини, що склеєні термопластичними клеями. Для досліджень використовували деревину листяних порід березу, а для її склеювання термопластичні полівінілацетатні клеї.

Для виконання даної роботи необхідно виконати:

1. Огляд літературних джерел із даних досліджень.
2. Аналіз та вибір методики для проведення досліджень.
3. Теоретичне обґрунтування впливу вологи та температури на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднань деревини.
4. Експериментальні дослідження, їх аналіз.
5. Заходи з екологічної безпеки та безпеки праці.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	9
1.1 Деревина, її характеристика та властивості	9
1.2. Загальна характеристика клеї та їх властивості.....	13
1.3 Природні фактори та їх вплив на пружно-деформаційні процеси клеювих з'єднань деревини.....	17
1.4 Методики визначення впливу вологості та температури на пружно- деформаційні процеси клеювих з'єднань деревини.....	20
1.5 Висновки з розділу.....	23
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	24
2.1 Підготовка клею до склеювання.....	24
2.2 Підготовка деревини до склеювання	25
2.2 Підготовка до проведення досліджень.....	27
РОЗДІЛ 3. ТЕОРИТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	28
3.1 Закономірності впливу вологи на пружно-деформаційні процеси клеювих з'єднань деревини.....	28
3.2 Закономірності впливу температури на пружно-деформаційні процеси клеювих з'єднань деревини.....	34
3.3 Висновки з розділу.....	37
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	39
4.1 Результати досліджень впливу вологості та температури на пружно- деформаційні процеси клеювих з'єднання із класом довговічності D4....	39
4.2 Результати досліджень впливу вологості та температури пружно- деформаційні процеси клеювих з'єднання із класом довговічності D3....	44
4.3 Висновки з розділу.....	48
РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕКА ПРАЦІ.....	50
5.1 Заходи з безпеки праці	50
5.2 Заходи екологічної безпеки	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	56

ВСТУП

Актуальність теми. При виготовленні виробів із деревини широко використовують склеювання. Це дозволяє забезпечити з'єднанню деревини належну міцність та довговічність. Експлуатація клейових з'єднань деревини призводить до зміни їх міцності. Ця зміна буде відбуватися за дії вологи та температури під час експлуатації та буде визначатися пружно-деформаційними процесами у клейових з'єднаннях деревини.

Деревина, це основний конструкційного матеріалу, яку використовують для склеювання і відноситься до природніх екологічно чистих матеріалів. У зв'язку із інтенсивною вирубкою лісів, деревини стає все менше і менше, а затрати на технологічний процес склеювання зростають. Тому, склеєні елементи, які використовуються для виготовлення виробів, повинні бути довговічними, тобто не руйнуватися під час експлуатації на протязі тривалого часу. Для цього необхідні певні підходи, а саме використовувати сучасні клейові матеріали, технологічні процеси склеювання, технологічне обладнання, тощо. Важливе значення під час склеювання відіграють клеї, які повинні забезпечити клейовим з'єднанням деревини довговічність, екологічність та економічність.

Для склеювання деревини використовується великий асортимент клеїв від різних виробників та різних брендів. Основна частка цих клеїв імпортного виробництва. Назагал, всі клеї поділяються на природнього та синтетичного походження. Клеї природнього походження використовуються дуже мало. Для склеювання деревини, в основному, використовують клеї синтетичного походження. Дані клеї виготовлені із різних адгезійних матеріалів, формують певну структуру клейового шва, при склеюванні використовують відповідні режимні параметри склеювання. Сьогодні до клеїв для склеювання деревини ставляться особливі вимоги, серед яких їх екологічність. Тобто, клеї та з'єднання на їх повинні виділяти мінімальну кількість шкідливих викидів.

До екологічно чистих клеїв відносять клеї на термопластичні основі. Дані клеї є екологічно безпечними та формують еластичне клейове з'єднання

деревини, яке здатне релаксувати внутрішні напруженні під час експлуатації клейового з'єднання. Тобто, такі клеї є кращими для склеювання деревини, в порівнянні із термореактивними клеїв. Серед термопластичних клеїв найбільшого використання набули полівінілацетатні клеї.

Полівінілацетатні клеї, окрім переваг мають і ряд недоліки, які необхідно враховувати при виборі клейових матеріалів для склеювання, а саме клейове з'єднання має невисоку водостійкість та вологостійкість клейового шва. Окрім того дані клеї не витримують високих температур, оскільки основою клею є полівінілацетат, температура повзучості якого становить 60°C. Тому їх використовують для з'єднань, що експлуатуються в умовах де зміна вологості та температури є помірною. Окрім того, такі клейові з'єднання не призначені для фізичних навантажень під час експлуатації.

Тому дослідження пружно-деформаційних процесів у клейових з'єднань деревини склеєних термопластичними полівінілацетатними клеями за дії вологи та температури є актуальними на сьогоднішній день. Це не проста задача, яка вимагає великої кількості експериментальних та теоретичних досліджень. Також необхідно враховувати те, що склеюванню піддаються різні породи деревини, які характеризуються фізичним та механічними властивостями.

Тому, у своїй магістерській роботі я буду досліджувати вплив вологи та температури на пружно-деформаційні процеси у клейового з'єднання деревини, що склеєні термопластичними полівінілацетатними клеями. Виходячи із цього нам була поставлена мета та задачі дослідження.

Мета роботи: дослідити вплив вологи та температури на пружно-деформаційні процеси у термопластичних полівінілацетатних клейових з'єднань деревин, що дозволить встановити закономірності зміни міцності у таких клейових з'єднань деревини під час експлуатації.

Об'єкт дослідження: полівінілацетатні клейові з'єднання деревини.

Предмет дослідження: процес дослідження впливу вологи та температури на пружно-деформаційні процеси у полівінілацетатних клейових з'єднань деревини.

Задачі дослідження:

1. Здійснити аналіз літературних джерел щодо використання полівінілацетатних клеїв і з'єднань на їх основі, та вплив вологи та температури на пружно-деформаційні процеси клейових з'єднань під час експлуатації.
2. Проаналізувати існуючі методики, які використовуються для визначення пружно-деформаційних процесів у клейових з'єднань при впливі на них вологості та температури під час експлуатації. Вибрати методику для проведення досліджень.
3. Проаналізувати та описати теоретичні процеси які будуть проходити у клейових з'єднаннях деревини при впливі вологи та температури на пружно-деформаційні процеси під час експлуатації.
4. Провести експериментальні дослідження щодо впливу вологості та температури на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднань деревини, що склеєні термопластичними полівінілацетатним клейми
5. Запропонувати заходи з безпеки праці.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Деревина її характеристика та властивості

Деревина це конструкційний матеріал, який широко використовується для виготовленні різних видів виробів, починаючи від виробів із масивної деревини до виготовлення напівфабрикатів. Таке широке використання деревини обумовлене її властивостями, оскільки це природний матеріал, що має багато переваги у порівнянні із іншими матеріалами. Із колоди деревини можна отримати різні види пиломатеріалів.

На рис. 1.1. наведено основні матеріали, які можна отримати із колоди деревини.



Рис. 1.1. Матеріали із колоди деревина.

Як видно із рис. 1.1. із колоди деревини можна отримати матеріали у вигляді бруса, дошок, брусків, тощо. Всі ці матеріали утворюється після механічно обробки колоди деревини методом її розпилювання. Разом з тим, поверхня деревини після розпилювання та іншої механічної обробки має розрізані волокна, судини та клітини. Така структура деревини впливає на адгезійні міцність під час її склеювання, що буде визначатися пружно-деформаційні процеси під час експлуатації. Разом з тим, на міцність та пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднань

деревини, окрім макроструктури, також будуть впливати фізичні та механічні властивостей деревини, співвідношення ранньої та пізньої зони, хімічний склад деревини, вади деревини, тощо . [1]

На рис. 1.2. наведено властивості деревини.



Рис. 1.2 Властивості деревини.

Як видно із рис. 1.2. деревина володіє багатьма властивостями, які будуть мати вплив на пружно-деформаційні процеси та визначати адгезійну та когезійну міцність під час експлуатації. Звичайно врахувати всі ці властивості деревини під час технологічного процесу склеюванні дуже важко і практично неможливо. Тому, необхідно враховувати ті властивості деревин, які мають найбільший вплив на пружно-деформаційні процеси та адгезійну міцність у клейових з'єднань деревини. До таких властивостей можна віднести вологість, пористість, гігроскопічність, щільність тощо.

Окрім фізичних та механічних властивостей, на міцність клейового з'єднання деревини впливатимуть вади деревин, розрізи деревини, тощо. Вади у деревині будуть мати вплив на стійкість клейових з'єднань до дії вологісних та температурних навантажень. Для прикладу, до вад деревини відносять смоляні кишеньки, сучки, тріщини, червоточина тощо. [4]

На рис. 1.3 наведено тріщини та червоточина на поверхні деревини.



Рис. 1.3. Вади деревини

Важливе значення для адгезійної міцності та пружно-деформаційних процесів у клейових з'єднань деревини має кількість целюлози, яка є на поверхні деревини. Кількість целюлози на поверхні деревини буде залежати від розрізу деревини після механічної обробки. Необхідно зазначити, що під час механічної обробки, велика кількість деревини припадає на ранню зону, яка має здатність до набрякання. [1]

При склеюванні деревини важливе значення має вологість після сушіння деревини. За високої вологості деревини, ми не зможемо отримати якісне

клеюве з'єднання. Тому, перед склеювання деревини необхідно контролювати її вологість.

Щодо зміни пружно-деформаційних процеси та їх вплив на міцність клейових з'єднань деревини під час експлуатації, то значний вплив будуть мати умови експлуатації. А саме знакозмінні температуро-вологісні навантаження, які призводять до зміни пружно-деформаційного стану як деревини так і клею. Це відбувається завдяки здатності деревини сорбувати і поглинати вологу. Необхідно нагадати, що при сорбції вологи деревиною до 30%, вона буде змінювати свої лінійні розміри, що є дуже небезпечним явищем для клейових з'єднань деревини. [1]

При склеюванні вологість деревини повинна бути в межах 8...12%. Така вологість деревини під час склеювання буде визначатися режимними параметрами, оскільки за такої вологи деревини ми отримуємо найкращу міцність клейових з'єднань. Для прикладу, вологість деталей віконних, дверних виробів повинна знаходитися в межах $12 \pm 2\%$, віконних і дверних коробок в межах $18 \pm 2\%$, підлог $-15 \pm 2\%$. [4]

Важливе значення для виготовлення конструкцій із склеєної деревини має порода деревини. Для прикладу, для виготовлення клейових конструкцій, у вигляді вікон та дверей, як правило використовується деревина шпилькових порід, оскільки деревина листяних порід в 1,5 рази має більше геміцелюлози, що впливає на зміну вологи. Це буде впливати на зміну в надмолекулярній структурі компонентів деревини.

Тому, при склеюванні деревини важливе значення мають її властивості та клейові матеріали. Вибір клею, його властивості та характеристика будуть визначати якість клейового з'єднання деревини та характеризуватися пружно-деформаційними процесами.

1.2 . Загальна характеристика клеї та їх властивості

Клеї це матеріали, природнього або синтетичного походження, які використовують для склеювання деревини. На сьогодні клеї є незамінним матеріалом для з'єднання деревини. Асортимент клеїв є дуже широкий.

Згідно аналізу літературних джерел відомо, що клей це речовина або суміш речовини, які здатні формувати з'єднання між різними матеріалами завдяки їх здатності мати адгезійні властивості до певних видів матеріалів. Не виключенням є і деревина, яка має хорошу здатність взаємодіяти із компонентами клейових матеріалів і формувати міцні та довговічні клейові з'єднання деревини.

Якщо проаналізувати хронологію появи, розвитку та використання клеї, як матеріалів для з'єднання деревини, то можна побачити, що клеї появились досить давно. На початку це були матеріали природнього походження, що мали здатність прилипати до поверхні що склеювали, а після затвердівання формувати з'єднання відповідної міцності та якості.

Клеї природнього походження отримували різними способами. Вони виготовлялись як із рослин так і відходів тварин. Дані клеї мали свої специфічні властивості, які на даний час не задовольняють потреб при склеюванні деревини. Ці клейові матеріали відповідали екологічним вимогам, оскільки були природнього походження. Тобто, такі клеї забезпечують сучасні екологічні умови, але не забезпечують технологічних та експлуатаційних вимог сьогодення, щодо адгезійної та когезійної міцності клейових з'єднань деревини.

На рис. 1.4 наведено клеї природнього походження, які використовуються для склеювання деревини.



Рис. 1.4. Клеї природнього походження

Щодо синтетичних клеїв, то вони появились після того, як клеї природнього походження не стали задовольняти вимоги щодо клейових

з'єднань під час експлуатації. Це приблизно кінця XIX століття. А масове виробництво клеїв синтетичного походження почалось у шістдесятих роках дев'ятнадцятого століття. Серед перших клеїв синтетичного походження були фенол-формальдегідні, поліуретанові, поліефірні, полівінілацетатні, каучукові клеї, тощо. На сьогодні є широкий асортимент клеїв синтетичного походження, які можна класифікувати за певними ознаками.

Класифікація клеїв наведена на рис. 1.5.

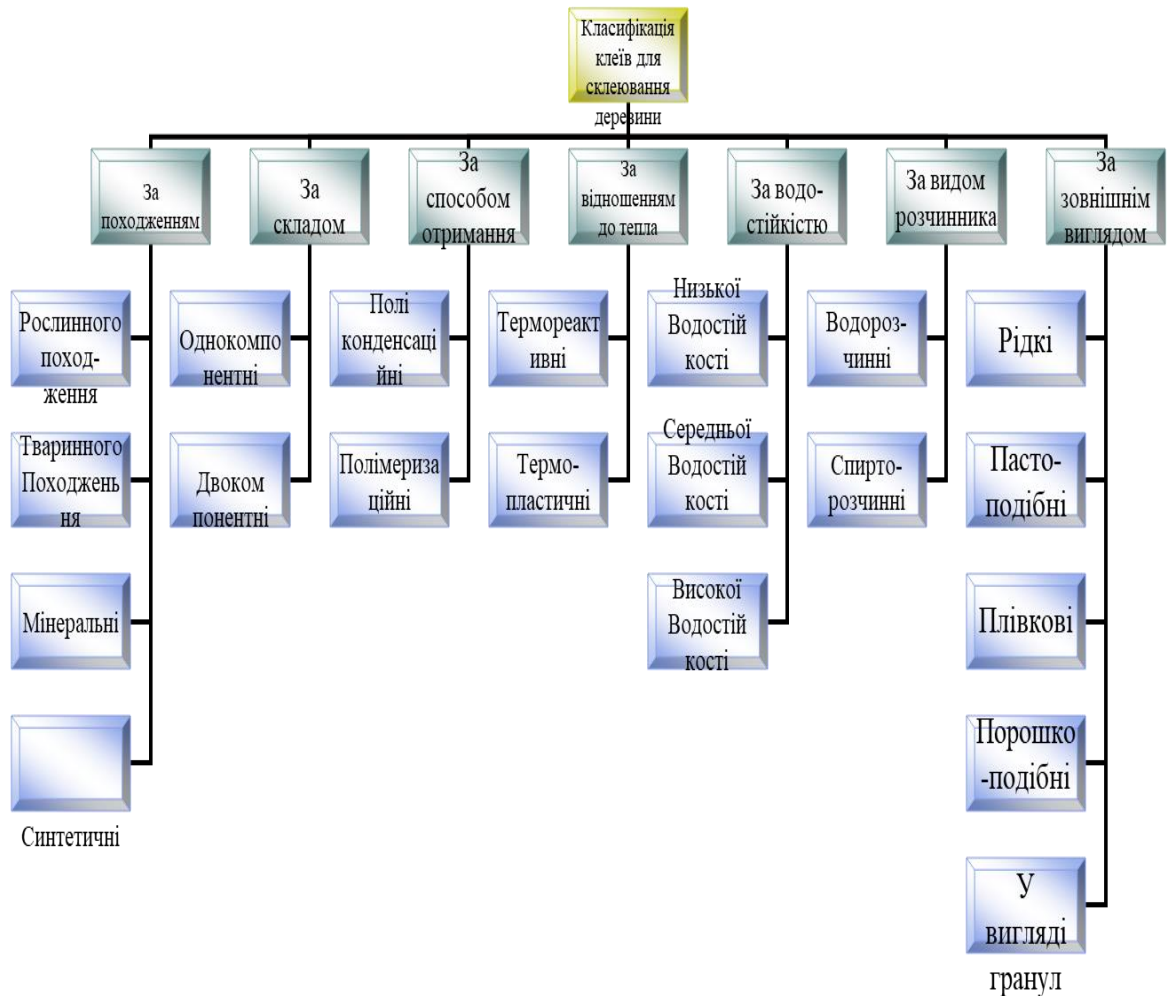


Рис. 1.5. Класифікація клеїв

Як видно із наведеної класифікації клеїв, на сьогодні клеї класифікують за широким спектром ознак, починаючи від походження клеї і закінчуючи їх виглядом. Найбільш зручним і простим способом класифікації клеїв є їх поділ за відношенням до температури, а саме на термореактивні і термопластичні. Термореактивні клеї, забезпечують клейовому з'єднанню належну водо-,

волого-, морозо- і теплостійкість. До недолік цих клеїв відносять токсичність і крихкість клейового з'єднання. Такі клеї широко використовуються для виготовлення деревинних конструкцій, які несуть фізичні навантаження та експлуатуються у агресивних середовищах.

Друга категорія синтетичних клеїв відноситься до термопластичних. Вони мають хорошу адгезію, формують еластичне клейове з'єднання, що позитивно впливає на пружно-деформаційні процеси, є екологічно безпечними. Разом з тим, дані клеї формують клейові з'єднання із низькою водостійкістю та теплостійкістю клейового з'єднання.

На рис. 1.6 наведено термопластичні клеї.



Рис. 1.6. Термопластичні клеї

Клеї на основі полівінілацетатної дисперсії є одними з найбільш поширених на сьогоднішній день, які використовуються для склеювання деревини та деревинних матеріалів. Вперше їх отримали у 1915р., але промислове використання у деревообробній промисловості розпочалось у 1944 р. у США [3,10].

Найбільшого поширення для склеювання деревини серед термопластичних клеїв набули полівінілацетатні клеї. Вони характеризуються високою адгезією до деревини, формують еластичний клейове з'єднання, тим самим зменшуючи внутрішніх напружень у клейовому шві. Окрім того, клейовий шов на основі полівінілацетатних клеїв є безколірним, а процес склеювання простий, склеєні елементи легко піддаються механічній обробці, клейові матеріали мають

високу життєздатність. За певних умов зберігання термін життєздатності необмежений.

До недоліками полівінілацетатних клеїв відносять невисоку їх теплостійкість, повзучість при нагріванні, невисоку водостійкість. Але ці недоліки на сьогоднішній день усуваються за допомогою модифікування. Це дозволяє надати полівінілацетатним клеям кращої вологостійкості та водостійкості клейовому з'єднанні.

1.3. Природні фактори та їх вплив на пружно-деформаційні процеси клеювих з'єднань деревини

Довговічність клеювих з'єднань деревини буде залежати від умов експлуатації. Як відомо клеюві з'єднання можуть експлуатуватися ззовні за дії різного роду природніх факторів, в середині приміщення за дії кімнатної температури та вологості. Вони можуть нести фізичні навантаження, або можуть їх не нести, тощо. Тобто умови експлуатації будуть різними. Ці умови необхідно враховувати при підборі клеювих матеріалів для склеювання, підготовки деревини до склеювання, виборі режимних параметрів склеювання, тощо.

Разом з тим, врахувати умови експлуатації та вплив багатьох факторів на пружно-деформаційні процеси та міцність клеювого з'єднання деревини під час експлуатації важко. Тому, необхідно приділити увагу найбільш вразливим факторам, які будуть впливати на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності клеювих з'єднань деревини під час експлуатації. Згідно зробленого мною аналізу літературних джерел щодо впливу факторів на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності клеювих з'єднань деревини можна сказати, то найсуттєвіший вплив на це у клеювих з'єднань деревини мають вологість та температура, за яких буде відбуватися експлуатація клеювих з'єднань. Тому, проаналізуємо вплив даних факторів на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності клеювих з'єднань деревини під час їх експлуатації.

Вплив вологи та температури під час експлуатації будуть на клейові з'єднання деревини буду проходити постійно, оскільки саме волога і температура це ці два фактори, які мають постійний контакт із склеєною деревиною, незважаючи на місце експлуатації клейових з'єднань деревини. Звичайно, інтенсивність впливу одного чи другого фактора може змінюватися. Це буде залежати від багатьох чинників, серед яких регіон експлуатації клейових з'єднань деревини, період експлуатації, місце експлуатації (зовнішнє середовище чи в середині приміщення) тощо. Тому і дослідження необхідно проводити з врахуванням цих чинників впливу на клейове з'єднання деревини.

Для більш чіткого розуміння впливу зовнішніх факторів на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності клейових з'єднань, необхідно відзначити, що при експлуатації клейових з'єднань деревини важливе значення має довготривала міцність, та її зміна. Тобто, довготривала міцність, це міцність, яка змінюється за дії різних факторів на протязі тривалого часу та буде визначатися пружно-деформаційними процесами під час експлуатації. За цей період у клейовому з'єднанні можуть проходити різні фізичні та хімічні зміни, які впливають на зміну пружно-деформаційних процесів та приводять до зменшення адгезійної і когезійної міцності клейових з'єднань деревини.

Залежно від структури клейових з'єднань деревини різні фактори та різні чинники будуть мати по іншому вплив на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднаннях деревини. На клейові з'єднання деревини, що склеєні термореактивними клеями, значний вплив матиме вологість, оскільки такі клейові з'єднання деревини, згідно даних літературних джерел, мають водопоглинання до 15%. А це негативно впливає на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднаннях деревини. [1,4]

Для термопластичних клейових з'єднань деревини більший вплив на пружно-деформаційні процеси, матиме температура, оскільки у даному виді клеїв за підвищених температур відбувається розм'якшення клейового шва, що призводить до термічної деструкції клейового з'єднання.

На рис. 1.7 наведено фактори, які впливають на клейові з'єднання деревини.

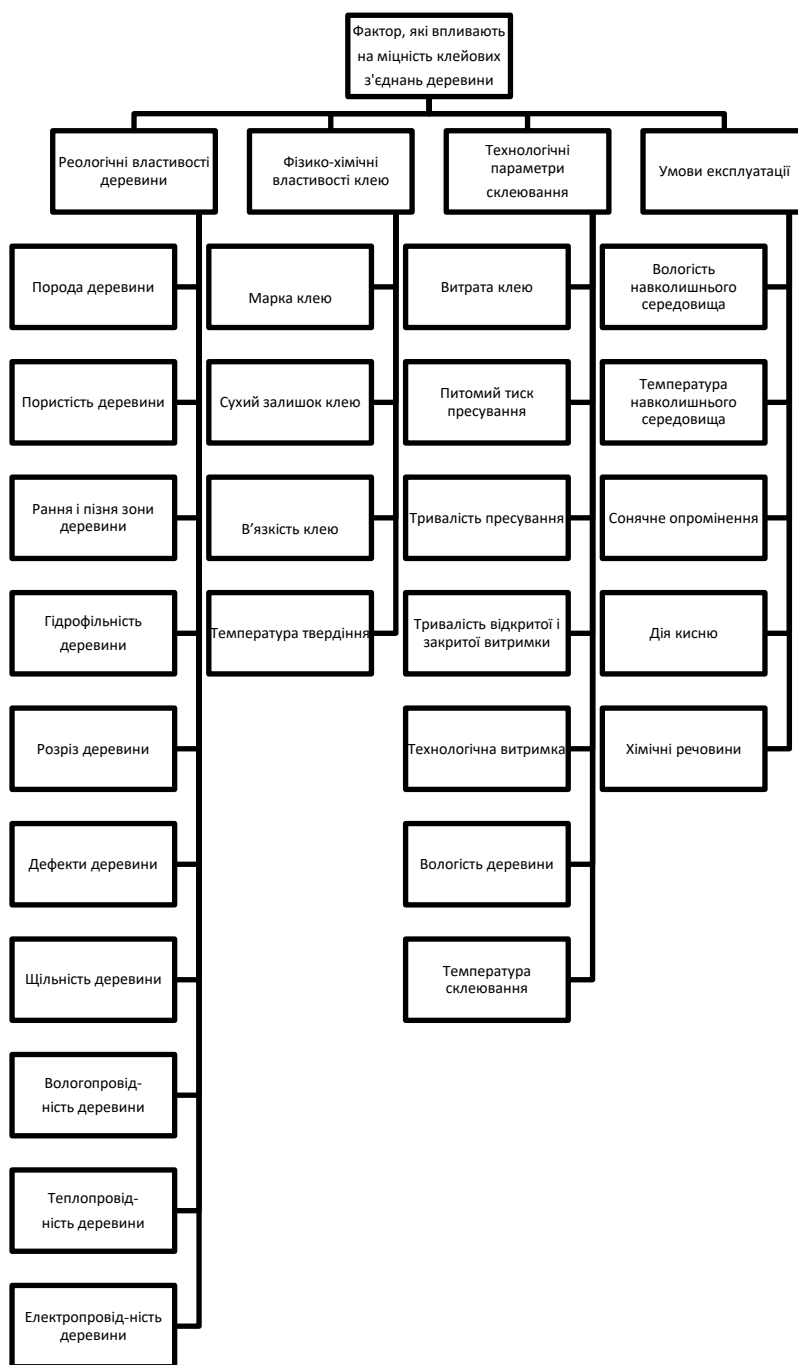


Рис 1.7 Фактори, які впливають на міцність клейових з'єднань деревини

Полівінілацетатні клеї та з'єднання на їх основі не відзначаються стійкістю до дії вологи та температури. Але сучасні полівінілацетатні клеї виготовляються двокомпонентними, які здатні забезпечити клейовим з'єднання із деревини належну вологостійкість та водостійкість.

При дослідженнях водостійкості та вологостійкості клейових з'єднань деревини фактори впливу на пружно-деформаційні процеси необхідно якомога ближче наблизити до природніх умов експлуатації. Тобто, врахувати всі фактори впливу на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднань деревини є складною задачею, для вирішення якої необхідно залучити багато інших чинників. Тому, для дослідження впливу вологи та температури на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднань деревини, що призводить до зміни міцності, необхідно обирати відповідну методику, або поєднання одночасно декількох методик з визначення впливу вологи та температури на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності у клейових з'єднань деревини.

Разом з тим, підібрати методику для визначення впливу вологості та температури на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності клейових з'єднань деревини, яка б достовірно могла описати ці процеси, практично неможливо. Тому, необхідно розглянути та підбирати із існуючих методик, яка б найбільш достовірно може описати вплив вологості та температури на пружно-деформаційні процеси та зміну міцність клейових з'єднань деревини.

1.4. Методики визначення впливу вологості та температури на пружно-деформаційні процеси клейових з'єднань деревини

Методики щодо визначення впливу вологості та температури на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності у клейових з'єднань деревини немає. Тому необхідно скористатися методиками впливу вологи та температури на міцність клейових з'єднань деревини, оскільки пружно-деформаційні процеси будуть визначати міцність. Таких методик є декілька. Всі вони поділяються на дві групи, а саме методику дослідження зміни міцності використовуючи для цього природні методи дослідження. Або методику дослідження пружно-деформаційних процесів клейових з'єднань деревини за допомогою пришвидшених експериментальних досліджень.

При тривалих експериментальних дослідженнях для визначення впливу вологості та температури необхідно враховують їх добову, тижневу, місячну та

сезону. Серед тих факторів найбільший вплив на клейові з'єднання деревини, має добова температура та вологі. Це пояснюється тим, що швидкі зміни вологості та температури, приводять до швидкої зміни пружно-деформаційних процесів, тим самим збільшується тривалість релаксаційних процесів. А це у свою чергу приводить до швидкого руйнування клейового з'єднання деревини.

Одночасна дія вологості та температури призводить до зміна властивостей клейових з'єднань деревини та веде до негативних процесів у клейовому з'єднанні, оскільки відбувається зміна пружно-деформаційних процесів, тим самим відбувається послаблення когезійної міцності деревини та адгезійної і когезійної міцності клею, втрати адгезії, зміни деформаційних та релаксаційних процесів, тощо. Врахувати ці всі процеси у клейовому з'єднанні деревини практично одночасно надзвичайно важко а в деяких випадках і неможливо. Тому у більшості випадків зміну пружно-деформаційних процесів у клейових з'єднань деревини вивчають і досліджують за впливом вологості та температури.

Для дослідження пружно-деформаційних процесів у клейових з'єднань деревини природнім методом, необхідно затратити багато часу, оскільки вплив вологості та температури на клейові з'єднання, це тривалий процес. І щоб дослідити їх вплив і отримати достовірні дані можна затратити і декілька років. Тому, такі дослідження зміни пружно-деформаційних процесів та їх вплив на міцності клейових з'єднань деревини від дії вологи та температури у природніх умовах використовуються не дуже часто.

Для того, щоб визначити вплив вологості та температури на зміну пружно-деформаційні процеси та міцності клейових з'єднань деревини використовують пришвидшений метод дослідження даних процесів. Даний метод заснований на більш агресивній дії вологи та температури, з метою пришвидшити даний процес.

Даний метод дослідження включає декілька методик з визначення зміни пружно-деформаційних процесів та міцності клейових з'єднань деревини, починаючи від вимочування зразків у воді кімнатної температури до кип'ятіння

зразків та протязі тривалого часу. Такі жорсткі умови досліджень вимагають ретельного аналізу результатів дослідження, а для їх опису використовувати математичні розрахунки або імітаційні моделі. При проведенні багатфакторного експерименту можливе використання математичного або імітаційного моделювання.

Для прикладу нижче наведено одну із методик вивчення зміни пружно-деформаційні процеси та міцності у клейових з'єднань деревини, залежно від дії вологи та температури за пришвидшеною методикою. Дана методика включає двадцять циклів випробувань клейових з'єднань у лабораторних умовах. Кожний цикл випробувань включає наступні випробування:

- 20 год вимочувати у воді;
- 6 год заморожувати за температури -20°C ;
- 16 год кондиціонування за температури $+18-20^{\circ}\text{C}$;
- 6-годинна витримка за температури $+60^{\circ}\text{C}$.

Ця методика найбільш тривала у часі для проведення пришвидшених експериментальних досліджень зміни міцності клейових з'єднань деревини. Нові методик, які регламентовані європейськими стандартами значно спрощують процес експериментальних досліджень, але разом з тим, роблять дослідження більш жорсткішими, Це дозволяє забезпечити оптимальний час на проведення досліджень та отримати достовірні результати для подальших розрахунків та вивчення зміни міцності.

Можна навести приклади і інших методик дослідження пружно-деформаційних процесів у клейових з'єднань деревини за дії температури та вологості. Кожна методика відповідає певній меті, яка поставлена при дослідженнях. Разом з тим, кожна методика забезпечується відповідними стандартами, які описують послідовність та режимні параметри проведення лабораторних досліджень пружно-деформаційні процесів від дії вологи та температури.

1.5. Висновки з розділу

1. Здійснено аналіз літератури. Проаналізовано клеї які використовуються для склеювання деревини. Встановлено, що найбільш перспективним клеєм для склеювання деревини є полівінілацетатні клеї. Також здійснено аналіз фізичних та механічних властивостей деревини та їх вплив на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності у клейових з'єднань деревини.

2. Проаналізовано фактори, які впливають на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності у клейових з'єднань деревини під час експлуатації. Розглянуто методики впливу пружно-деформаційних процесів на зміну міцності клейових з'єднань деревини від дії вологи та температури навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Підготовка клею до склеювання

Методика досліджень щодо визначення впливу вологості та температури на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності клейових з'єднань деревини включала три етапи підготовки, а саме: підготовку клею, підготовку деревини і склеювання та проведення експериментальних досліджень. На першому етапі необхідно здійснити підготовку клею до склеювання.

Процес підготовки клею до склеювання складається також із відповідних кроків підготовки. Для склеювання використовували однокомпонентний і двокомпонентний полівінілацетатні клеї. Вони відносяться до клеїв із підвищеною вологостійкістю клейового з'єднання. Це клей відомої німецької фірми Йоват. Марка двокомпонентного клею Jowacoll 102.20 із затверджувачем 195.30.

На рис. 2.1 наведено клей йоват



Рис. 2.1. Клей йоват

Клей реалізується у пластмасовій тарі. Розфасовки клею бувають різні, десять кілограм, двадцять кілограм або великими партіями розфасовкою 1000 кг. Затверджувач реалізується окремо. Співвідношення клею до затверджувача становить на сто масових частин клею п'ять відсотка затверджувача.

Тому, перед склеюванням, необхідно здійснити підготовку клею до склеювання. Процес підготовки однокомпонентного клею включає його розмішування для отримання однакової концентрації. А у двокомпонентний

клей після зважували додавали затверджувач відповідної кількості. Для зважування використовували аналітичну вагу, яку наведено на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Аналітична вага для зважування.

Аналогічно проводили зважування і затверджувача. Після цього до клею додавали затверджувач і здійснювали ретельне перемішування з метою отримати клей однакової концентрації та в'язкості.

Клей на зразки деревини наносили за допомогою пензля. Але перед нанесенням визначали в'язкість клею. В'язкість визначали за допомогою лабораторного віскозиметра, який наведено на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Вискозиметр V3 246

Якщо в'язкість клею не відповідала нормі, то в клей додавали розчинник та доводили клей до необхідної в'язкості.

Готовий клей зважували для кожної партії заготовок і наносили на поверхню деревини. Нанесення було однобічним. Витрату клею контролювали метод зважування з використанням ваги, яка наведена на рис. 2.2.

2.2 Підготовка деревини до склеювання

Наступним етапом є підготовка деревини до склеювання. Для досліджень використовували деревину листяних порід, а саме березу, яка відноситься до м'яколистяних порід деревини. Заготовки отримували із дошок деревини берези. Перед механічною обробкою, заготовки у вигляді дошок відповідної довжини, піддавали сушінню. Вологість деревини для її склеювання повинна бути $8\pm 2\%$. Вологість деревини контролювали перед склеюванням. Контроль вологості деревини здійснювали за допомогою портативного вологоміра. Якщо вологість деревини відповідала нормам, то за допомогою технологічного обладнання здійснювали підготовку зразків відповідних розмірів та форми.

Спочатку формували зразки відповідних розмірів, що відповідали стандарту ДСТУ EN 205:2014. Відповідно до даного стандарту на рисунку 2.4. наведено схематичне зображення зразків для досліджень. [7,8]

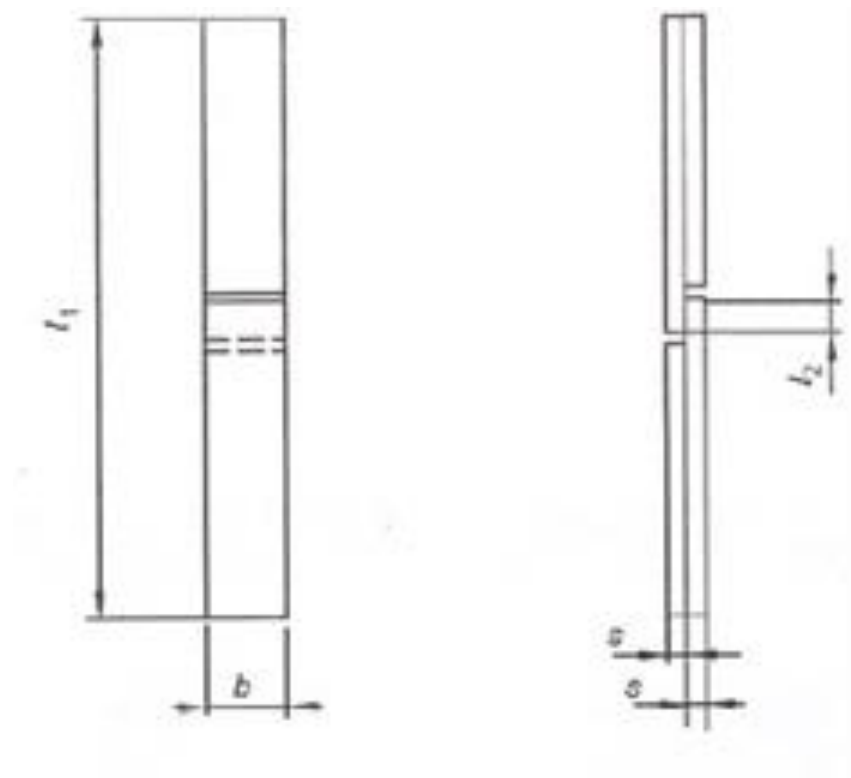


Рис. 2.4. Схеми зразків для досліджень

Після формування зразків наносили клей на поверхню деревини, у відповідності до роз. 2.1. та здійснювали технологічний процес склеювання. Склеювання зразків проводили у лабораторному гідравлічному пресі, який наведено на рис. 2.5.



Рис. 2.5. Прес

Після склеювання зразки піддавали технологічній витримці та здійснювали формування зразків відповідної форми.

Після цього зразки піддавали дії вологи та температури згідно стандарту ДСТУ EN 205:2014. Для визначення впливу вологи та температури на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності клейових з'єднань деревини

використовували лабораторне устаткування, таке як посуд для вимочування зразків та посуд для кип'ятіння. Всі роботи проводили у лабораторії де є витяжна шафа.

2.3 Підготовка до проведення досліджень

Дослідження впливу вологи та температури на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності клейових з'єднань деревини проводили відповідно до стандарту ДСТУ EN 205:2014. Порядок проведення досліджень наведено у табл. 2.1. [7]

Таблиця 2.1

Дослідження впливу вологи та температури на міцність клейових з'єднань деревини

Етапи випробувань		Міцність з'єднання в Н/мм ² ,			
№	Тривалість витримки	D1	D2	D3	D4
1	7 діб при стандартних атмосферних умовах	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10
2	7 діб при стандартних атмосферних умовах 3 години в воді при температурі (20±5) °C 7 діб при стандартних атмосферних умовах	-	≥ 8	-	-
3	7 діб при стандартних атмосферних умовах 4 доби в воді при температурі (20±5) °C	-	-	≥ 2	≥ 4
4	7 діб при стандартних атмосферних умовах 4 доби в воді при температурі (20±5) 7 діб при стандартних атмосферних умовах	-	-	≥ 6	-
5	7 діб при стандартних атмосферних умовах 6 годин в кип'ячій воді 2 години в воді при температурі (20±5) °C	-	-	-	≥ 4

Для досліджень впливу вологи на міцність клейового з'єднання деревини, зразки піддавали вимочуванню у воді кімнатної температури відповідно до пункту 3 табл. 2.1. Після цього зразки піддавали дії підвищеної температури згідно пункту 4 табл. 1.

Результати досліджень впливу вологи та температури обробляли, будували графічні залежності та піддавали аналізу.

РОЗДІЛ 3

ТЕОРИТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Закономірності впливу вологи на пружно-деформаційні процеси клеювих з'єднань деревини

Як зазначалося в огляді літературних джерел, на пружно-деформаційні процеси у клеювих з'єднань деревини, суттєвий вплив має вологість і температура під час експлуатації. Вологість і температура під час експлуатації впливають як на деревину так і клеювий шар. У даному розділі розглянемо вплив вологи на пружно-деформаційні процеси, що призводить до зміни міцності клеювих з'єднань деревини.

Дія вологи на клеюве з'єднання деревини призводить до її сорбційної здатності як деревиною, так і клеювим шаром. Тобто, деревина і клеювий шар це сорбенти, які поглинають вологу із навколишнього середовища. Ступінь поглинання вологи буде різною для деревини та клеювого шару. Все буде залежати від багатьох чинників. Для прикладу сорбційна здатність деревини буде залежати від її породи, структури, будови. Сорбційна здатність клеювого шару буде залежати від марки клею, сорбційної здатності, структури клеювого шва, тощо. Тому всі ці фактори будуть впливати на пружно-деформаційні процеси та змінювати міцність клеювих з'єднань деревини під час експлуатації. [4]

Разом з тим, атмосферна дія вологи на клеюве з'єднання є циклічною. Тобто на протязі доби атмосферна вологість може змінювати залежно від пори року та регіону. Така дія вологи має більш негативний вплив на клеюве з'єднання деревини ніж вона була б постійною. Це можна пояснити пружно-деформаційними процесами під час циклічної дії вологи. Різкі перепад вологи під час експлуатації призводять до того, що клеюве з'єднання сорбує вологу із навколишнього середовища періодично і в різній кількості. Вода проникає в пори та судини, в основному, через торці деревини. Для цього щоб змінився відсоток вологості, деревина повинна насититись вологою. Це вимагає деякий

тривалий період час. Після насичення деревини вологою відбувається зміна її геометричних розмірів, тобто деревина набухає. Це небезпечне явище для клейових з'єднань деревини, які формують кристалічну (сітчасту) структуру клейового шва, оскільки геометричні розміри деревини змінюються, а клейового шару ні. Таке явище призводить до зміни пружно-деформаційних процесів та утворення значних внутрішніх напружень у клейовому шві. Напруження будуть зростати із збільшенням геометричних розмірів деревини. Насичення деревини до певної межі вологістю може призвести до того, що пружно-деформаційні процеси будуть такими великими, що клейове з'єднання зруйнується миттєво. Тому, сорбційна волога у клейових з'єднань деревини з сітчастою структурою клейового шва є небажаною. [1]

Щодо клейових з'єднань деревини, які формують рідкосітчасту структуру клейового шва, до яких відносять і полівінілацетатні клейові з'єднання деревини, то механізми їх руйнування буде дещо іншим. Оскільки еластичний клейовий шов за рахунок пружно-деформаційних процесів під час розбухання деревини має властивість змінювати лінійні розміри разом із деревиною, яка набухає під час сорбування вологи із атмосферного повітря. Це дозволяє зменшити навантаження на клейове з'єднання деревини. Але разом з тим, тривала дія вологи на таке клейове з'єднання деревини також може призвести до різкої зміни пружно-деформаційних процесів у клейовому з'єднанні, що може призвести і до зруйнується клейового з'єднання.

На рис. 3.1 наведено можливі варіанти руйнування клейового з'єднання деревини під час змін пружно-деформаційних процесів у клейовому з'єднанні.

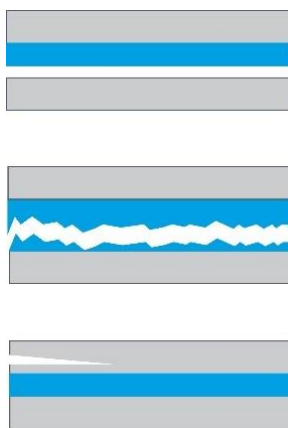


Рис. 3.1. Руйнування клейового з'єднання.

Як видно із рис. 3.1 характер руйнування клейового з'єднання деревини при дії вологи може бути різним. Він нагадує руйнування клейового з'єднання при механічному руйнуванні. Але назагал вологісні напруження, які виникають у клейовому з'єднанні призводять до зміни пружно-деформаційного стану та руйнування.

Щодо проникнення вологи у клейове з'єднання, то це добре видно із рис. 3.2.

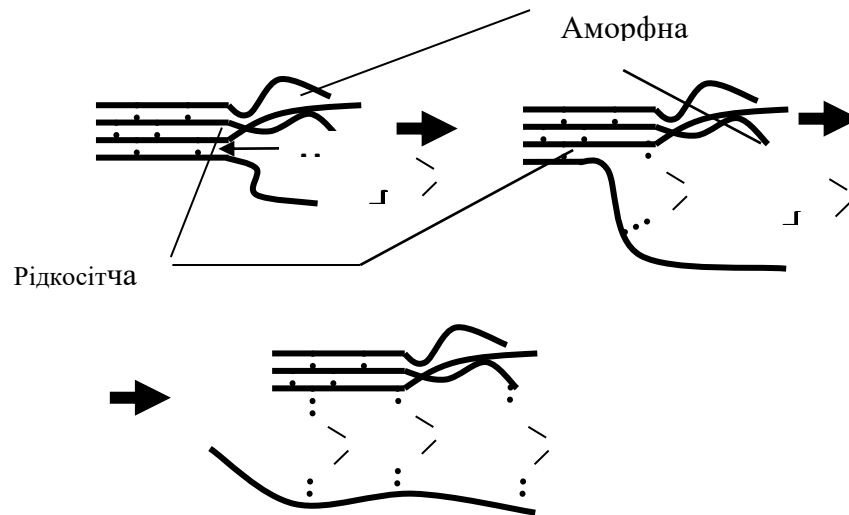


Рис. 3.2. Схематичне зображення проникнення молекул води у клейове з'єднання деревини.

Як видно із рис. 3.2. молекули води проникають у клейове з'єднання і призводять до того, що воно починає набухати, тобто збільшувати відстані між молекулами складових компонентів як деревини та і клею, що призводить до зміни пружно-деформаційних процесів. Така зміни пружно-деформаційних процесів приводить до того, що міжмолекулярні сили, які є між компонентами клею та деревини настільки віддаляються одна від одної, що відбувається руйнування міжмолекулярних зв'язків між матеріалами що склеюються.

При попаданні молекул води у клейовий шов відбувається процес розриву міжмолекулярних зв'язків. Тобто, це процес сольватації, який призводить до утворенням водневих зв'язків між водою та гідрофільними групами макромолекул деревини. У свою чергу, збільшення віддалі між макромолекул, яке відбувається у даному процесі, призводить до зменшення когезійної

міцності. Зменшення міцності клейового шва відбувається, за рахунок зменшення міцності полімерного матеріалу.

У клейових з'єднаннях деревини, що сформовані термопластичними полівінілацетатними клеями процес руйнування клейового з'єднання буде більш тривалішим за клейові з'єднання деревини що формуються термореактивними формальдегідними клеями, оскільки пружно-деформаційні процесів будуть проходити по іншому. Це є перевагою полівінілацетатних клеїв в порівнянні із термореактивними клеями.

Необхідно відзначити, що волога для термопластичних полівінілацетатних клейових з'єднань деревини може відігравати, на певному періоді сорбування клейовим з'єднанням, позитивний ефект. А саме незначне поглинання вологи клейовим з'єднанням деревини призводить до формування водневих зв'язків між групами ОН деревини та клейової композиції.

На рис. 3.3. наведено хімічні формули можливих варіантів формування водневих зв'язків.

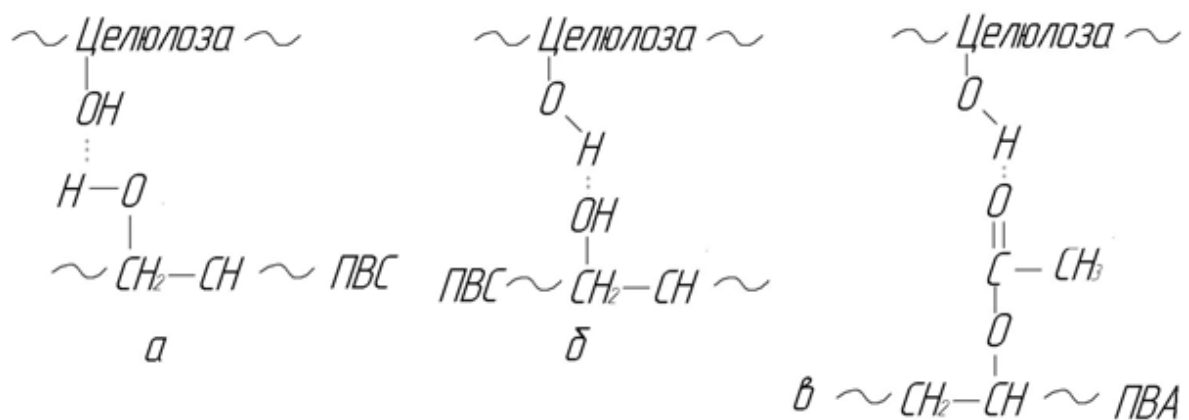


Рис. 3.3. Можливі варіанти формування водневих зв'язків між компонентами клейових матеріалів та деревини.

а - ОН клеєм, б – ОН клеєм, в – ОН клеєм і деревиною.

Процес сорбування вологи та набухання у клейових з'єднаннях деревини буде відбуватися за допомогою функціональних групи -ОН, -NH, -C=O. Ці групи має деревина, а саме целюлоза та геміцелюлоза, та клей, а саме полівінілацетат та полівініловий спирт.

Молекули води знижують поверхневу енергію макромолекул полімерів аморфної фази за рахунок процесу сольватації. Підчас проходження зниження поверхневої енергії макромолекул, об'єм полімеру зростає незначно. Міцність полімеру також не змінюється, або змінюється, також, незначно.

На рис. 3.4. наведено зміну міцності клейового з'єднання за дії вологи.



Рис. 3.4. Міцність клейового з'єднання деревини да дії вологи.

Як видно із наведеної графічної залежності, міцність клейового з'єднання деревини за підвищеної дії вологості зменшується і досягає практичного нульового значення коли вологість деревини є вищою за 40%.

Підсумовуючи хотів би відзначити, що сорбована волога під час експлуатації клейових з'єднань деревини має як негативний та і позитивний вплив на зміни пружно-деформаційних процесів та зміну міцності клейових з'єднань деревини, що склеєні полівінілацетатними клеями. Позитив у тому, що за рахунок груп ОН відбувається утворення водневих зв'язків між компонентами клейової композиції та деревини. Негатив, що тривала дія вологи приводить до зміни пружно-деформаційних процесів у клейовому з'єднанні та його набуханні, що в кінцевому результаті може призвести до руйнування клейового з'єднання.

3.2. Закономірності впливу температури на пружно-деформаційні процеси клейових з'єднань деревини

Температура це другий важливий чинник, який впливає на зміни пружно-деформаційних процесів та міцність клейових з'єднань деревини під час експлуатації. Якщо волога приводить до набухання деревини та клейового шва, то температура приводить до всихання деревини та повзучості клейового шва на термопластичній основі.

На клейове з'єднання деревини може діяти як підвищена температура так і понижена, в залежності від того, в яку пору року клейове з'єднання буде експлуатуватися. За підвищеної температури у клейових з'єднаннях деревини деструкційні процеси проходить більш інтенсивніші, що призводить для зміни пружно-деформаційних процесів та структурування клейової плівки. Для клейових з'єднань деревини, що склеєні полівінілацетатними клеями більш небезпечною є термічна деструкція. Тобто деструкція, яка веде до розриву ланцюгів макромолекул. У природніх умовах термічна деструкція може проходити лише за дії кисню. Але доступ кисню до клейового з'єднання деревини можна забезпечити тільки через пори та клітини деревини. Тому, потрапити кисню у клейові з'єднання деревини, особливо великих розмірів дуже складно. Разом з тим, кисень може попадати у клейове з'єднання, в основному, в момент приготування клею та підчас склеювання, а також за рахунок того, що деревина є пористим матеріалом. Тому, насичення повітрям клейового шва на певному етапі експлуатації буде. Нехтувати впливом кисню на клейове з'єднання деревини також не можна.

Другим важливим чинником впливу температури є циклічні температурні навантаження на клейове з'єднання деревини. При зміні температури буде змінюватися вологість склеєних матеріалів, тобто деревини та клею. Тому, у даному випадку на температурні пружно-деформаційні процеси будуть накладатися і вологісні, які описані у розділі 3.1.

Щодо полівінілацетатних клеїв, то їх стійкість визначається стійкістю ефірних зв'язків до теплового старіння. Ці зв'язки є одні із основних, які

формуються полівінілацетатним полімером. Тому деструкція полівінілацетатних клеїв починається за температури, яка є нижчою за термодеструкцію деревини.

Температура по різному буде впливати на деревину та клейовий шар. Оскільки за підвищених температур міцність деревини знижується лінійно, а швидкість її зниження буде залежати від породи деревини. Необхідно нагадати, що деструкція деревини відбувається за температури 200°C і призводить до термічного розкладу.

На рис. 3.5. наведено міцність клейової плівки залежно від циклічної дії температури та пружно-деформаційних процесів під час дії температури.

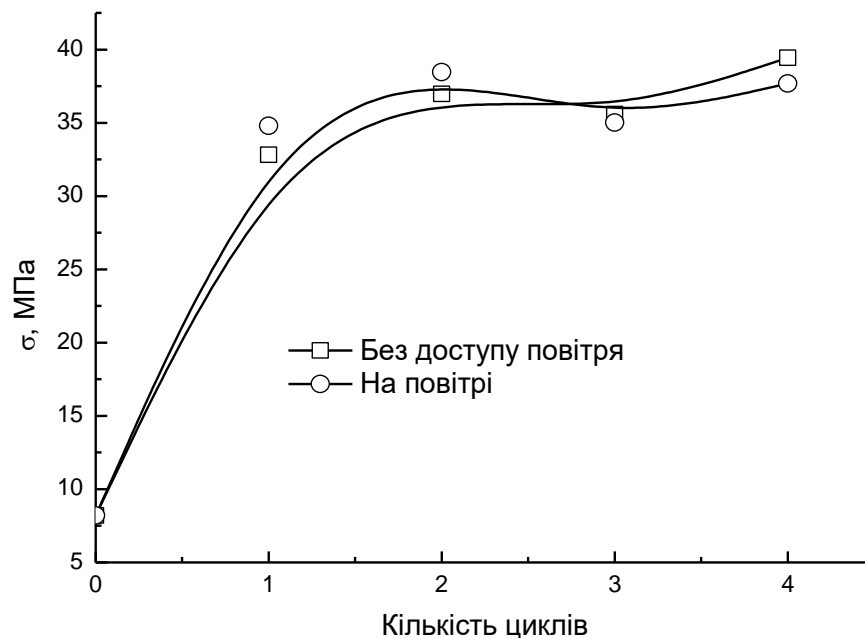


Рис. 3.5. Залежність міцності полівінілацетатної клейової плівки від кількості циклів

Як видно із рис. 3.5. від збільшення циклів температуро-вологісних навантажень міцність клейової полівінілацетатної плівки зростає на перших етапах навантажень. Звичайно, що із збільшенням навантажень характер зміни пружно-деформаційних процесів, які будуть визначати міцність клейової полівінілацетатної плівки - зміниться.

Для полівінілацетатних клеїв та з'єднань на їх основі, підвищення температури призводить до того, що клейові з'єднання починають м'якнутися, і будуть характеризуватися повзучістю. Тому полівінілацетатні клеї відносять до клеїв з низькою теплостійкістю та високою термостійкістю.

За підвищених температур до 60...70°C, у полівінілацетатних клеях відбуваються термічні зміни, які супроводжуються пружно-деформаційними процесами. Це пояснюється тим, що у полівінілацетаті, який є основним компонентом полівінілацетатних клеїв, за температури 60...70°C відбуваються структурні зміни, які призводять до його пом'якшення, що в кінцевому результаті можуть привести до руйнування клейового з'єднання.

Щодо адгезійної і когезійної міцності, то в полівінілацетатному клейову з'єднанні деревини, вона буде знаходитись в межах температури склування полівінілацетату. Нагадаємо, що температура склування полівінілацетату знаходиться в межах від 28 до 32°C. Це вказує на те, що за такої температури клейове з'єднання буде мати найкращу міцність, а пружно-деформаційні процеси будуть відсутні, тобто вони будуть у рівноважному стані, які практично зникають. Така поведінка полівінілацетатних клейових з'єднань деревини вказує на те, що дані з'єднання за відсутньої дії зовнішніх сил, можуть зберігати міцність стабільною на невизначений термін..

Щодо дії понижених температурних режимів, то тут все буде відбуватися дещо по іншому, оскільки стійкість полівінілацетату до понижених температур дещо інша в порівнянні з підвищеними температурами. А саме, полівінілацетат стійкий до температури в діапазоні до – 40°C. Разом з тим, у клейовому з'єднанні на основі полівінілацетату, також будуть відбуватися пружно-деформаційні процеси, які можуть приводити до зменшення еластичності та міцності, незважаючи на те, що полівінілацетат є більш стійким до понижених температур. За дії понижених температур, міцність клейових з'єднань деревини на основі полівінілацетатних клеїв на початкових етапах випробувань, практично не знижується, а у зволоженому стані, навпаки зростає.

Щодо деревини, то відповідно до досліджень Кюблера температура замерзання води в деревині знаходиться в межах від -20°C до -25°C . Але вода не замерзає в стінках клітин. Необхідно відзначити, що деревина за вологості до 12% не замерзає за температури -60°C . За більш низчих температур води в клітинних стінках кристалізуються за вологості 20 %. Вода у деревині, яка насичена вологою, починає замерзати у великих макро капілярах, оскільки там є найбільше кристаликів льоду.

Тому, додаткова волога, яка є у клейовому з'єднанні деревини при понижених температурах, повинна, також приводити до утворення додаткових міжмолекулярних водневих зв'язків, за аналогією як це відбувається за дії на клейове з'єднання підвищених температур. Це вказує на те, що знакозміні навантаження, а саме заморожування і відтаювання на перших циклах випробувань, не призводить до зміни пружно-деформаційних процесів, тим самим на змінює міцності клейових з'єднань.

Підсумовуючи дані результати теоретичних досліджень, можна сказати наступне, що температура так само як і вологість має суттєвий вплив на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднаннях деревини склеєних полівінілацетатними клеями, що може приводити до зміни міцності таких клейових з'єднань деревини. Підвищені температури для полівінілацетатних клеїв на початкових етапах випробувань є більш небезпечною ніж пониженні, оскільки, основним компонентом полівінілацетатних клеїв є полівінілацетат, температура текучості якого становить $+60^{\circ}\text{C}$, а температура замерзання -40°C . Тому полівінілацетатні клейові з'єднання деревини краще будуть експлуатуються за понижених температур ніж за підвищених.

3.4 Висновки з розділу

1. Сорбована волога під час експлуатації клейових з'єднань деревини має як негативний та і позитивний вплив на зміни пружно-деформаційних процесів та зміну міцності клейових з'єднань деревини, що склеєні полівінілацетатними клеями. Позитив у тому, що за рахунок груп ОН відбувається утворення

водневих зв'язків між компонентами клейової композиції та деревини. Негатив, що тривала дія вологи приводить до зміни пружно-деформаційних процесів у клейовому з'єднанні та його набуханні, що в кінцевому результаті може призвести до руйнування клейового з'єднання.

2. Температура так само як і вологість має суттєвий вплив на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднаннях деревини склеєних полівінілацетатними клеями, що може приводити до зміни міцності таких клейових з'єднань деревини. Підвищені температури для полівінілацетатних клеїв на початкових етапах випробувань є більш небезпечною ніж пониженні, оскільки, основним компонентом полівінілацетатних клеїв є полівінілацетат, температура текучості якого становить $+60^{\circ}\text{C}$, а температура замерзання -40°C . Тому полівінілацетатні клейові з'єднання деревини краще будуть експлуатуються за понижених температур ніж за підвищених.

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Результати досліджень впливу вологості та температури на пружно-деформаційні процеси клейових з'єднання із класом довговічності D4

Результати впливу вологості та температури на пружно-деформаційні процеси для клейових з'єднань деревини берези із класом довговічності D4 кількісно будуть визначатися зміною міцності. Відповідно до методик експериментальних досліджень, дослідження міцності клейових з'єднань деревини буде здійснювали поетапно, згідно стандарту. Першим етапом було визначення міцності клейових з'єднань деревин берези із класом довговічності D4 шляхом витримування зразків на протязі семи днів за кімнатної температури та вологості. Для порівняльного аналізу результатів досліджень, на початковому етапі необхідно мати результати міцності контрольних зразків. Міцність контрольних зразків за результатами досліджень наведено на рис. 4.1.

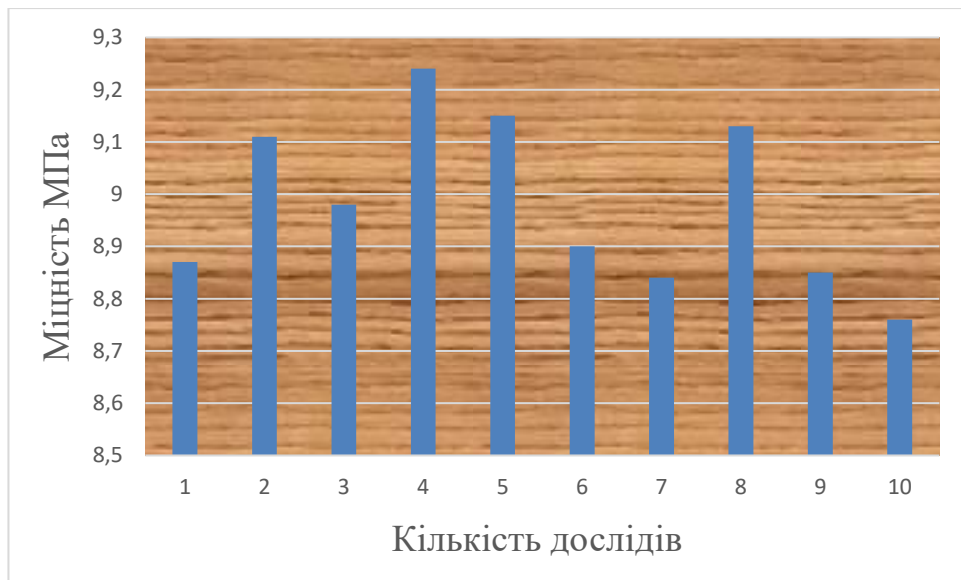


Рис. 4.1 Результати міцності контрольних зразків клейових з'єднань деревини берези і класом довговічності D4.

Як видно із результатів дослідження, міцність клейових з'єднань деревини береза склеєної полівінілацетатним клеєм із класом довговічності D4

знаходиться в інтервалі від 8,76 до 9,24 МПа. Тобто адгезійна міцність клейового з'єднання відповідає когезійній міцності деревини берези, яка становить 9,2 МПа, згідно довідкової літератури. Це хороший показник міцності, що підтверджує наші теоретичні припущення, що за стабільних умов пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднаннях деревини відсутні.

Результати експериментальних досліджень проаналізуємо поетапно, спочатку вплив вологості а потім температури на зміну міцності полівінілацетатних клейових з'єднань деревини берези.

На рис. 4.2 наведено результати зміни міцності після семи добової витримки полівінілацетатних клейових з'єднань деревини береза за кімнатної температури та вологості.

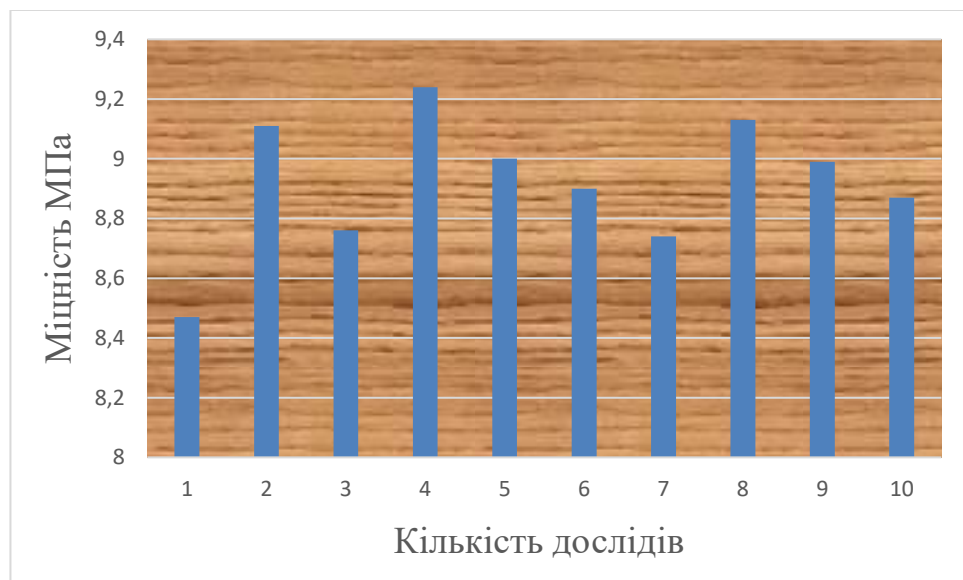


Рис. 4.2. Результати міцності зразків клейових з'єднань деревини берези із класом довговічності D4 після витримки за кімнатних умов.

Результати досліджень показали, що після семи денного витримання зразків, за умов кімнатної температури, міцність клейового з'єднання деревини берези склеєної полівінілацетатним клеєм із ступенем довговічності D4 практично не змінюється і була в діапазоні від 8,47 до 9,44 МПа. Тобто, експлуатація таких клейових з'єднань за кімнатних умов, а саме температури $+20\pm 2^{\circ}\text{C}$ та відносної вологості повітря $65\pm 5\%$ не позначились на зміні пружно-деформаційних процесів клейових з'єднань. Тому можна вважати, що за

кімнатних умов експлуатації, у клейових з'єднаннях деревини берези, що склеєні полівінілацетатними клеями із класом довговічності D4, пружно-деформаційні процеси практично залишаються не змінними. Це вказує на те, що дані клейові з'єднання відповідають вимогам, які ставляться до таких з'єднань під час їх експлуатації, тобто підтверджується їх вологостійкість.

Наступним етапом, згідно вимог стандарту, є чотирьох годинне вимочування у воді кімнатної температури. Результати досліджень міцності клейових з'єднань деревини берези склеєної полівінілацетатним клеєм із класом довговічності D4 наведено на рис. 4.3.

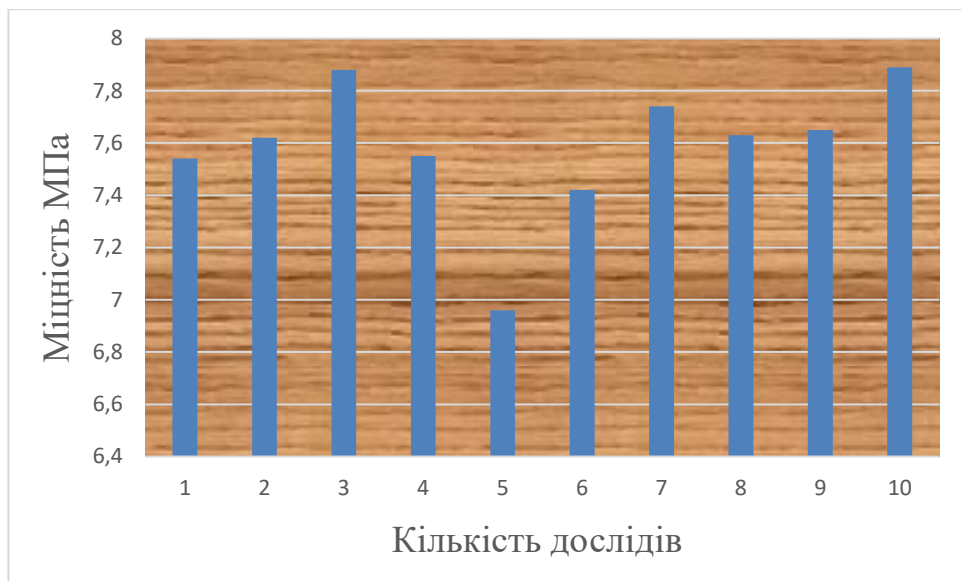


Рис. 4.3 Результати міцності зразків клейових з'єднань деревини берези із класом довговічності D4 після чотирьох годинного вимочування.

Як показали результати дослідження, вода має дещо негативний вплив під час вимочування зразків деревини берези, оскільки відбулась незначна зміна міцності. А саме міцність клейового з'єднання знаходилась в діапазоні від 6,96 до 7,89 МПа. Тобто міцність в середньому зменшилась на 15,5 %. Таке падіння міцності вказує на те, що деревина берези відноситься до листяних порід, яка має виражену структуру із великою кількістю судин та пор. За рахунок цього збільшується сорбційна здатність деревини. Тобто, деревина поглинає воду через судини та пори, які знаходяться на поверхні деревини. На нашу думку, основна сорбційна здатність деревини водою відбуватиметься через торці

деревини, оскільки вони були незахищені. Однак, клейова композиція має підвищену вологостійкість клейового з'єднання, тому зменшення міцності на 15,5 % швидше за все відбувається через сорбування води як деревиною, так і клейовим шаром. Ми побачили, що за різницею міцності, що при дії води на клейові з'єднання деревини відбувається зміна пружно-деформаційних процесів. Ці зміни призводять до незворотних змін у клейовому з'єднанні деревини, із утворенням незворотних пружних деформацій, які призводять до зменшення міцності на 15,5 %.

Наступний етап дослідження зміни міцності було шестигодинне кип'ятіння зразків у воді. Результати дослідження наведено на рис. 4.4.

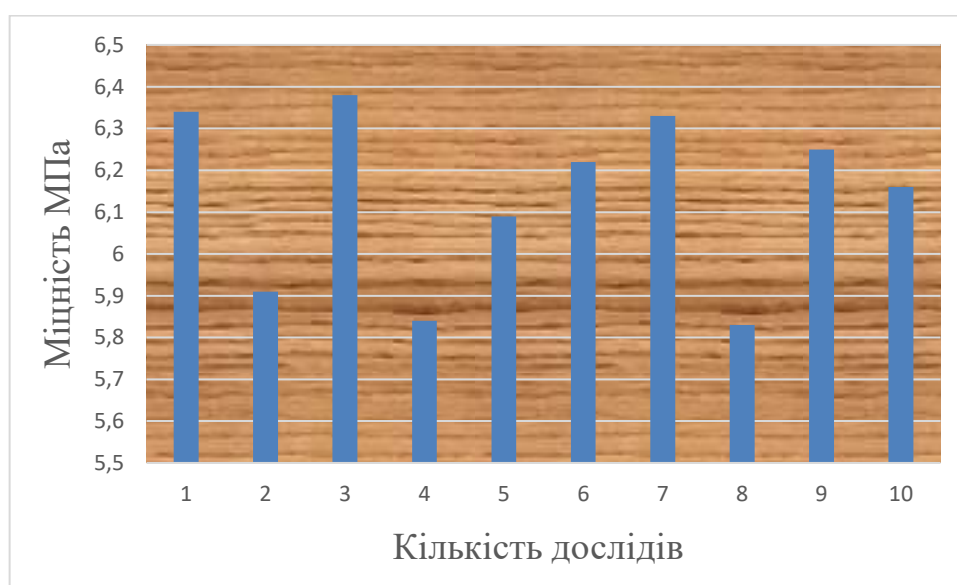


Рис. 4.4 Результати міцності зразків клейових з'єднань деревини берези і класом довговічності D4 після шестигодинного кип'ятіння.

Результати досліджень міцності клейових з'єднань деревини берези склеєної полівінілацетатним клеєм із класом довговічності D4 показали, що підвищена температура та вода мають більш суттєвіший вплив на клейове з'єднання в порівнянні із водою кімнатної температури. А саме, після дії на клейове з'єднання деревини води за температури від дев'яносто до ста градусів, діапазон зміни міцності складає від 5,83 МПа до 6,14 МПа. У відсотковому співвідношенні це становить 31,7%. Тобто міцність після кип'ятіння зменшилась практично в два рази в порівнянні із міцністю після вимочування. Таке

зменшення міцності викликано підвищеною температурою. Як було зазначено у нашому теоретичному розділі, полівінілацетат є основою клейової композиції, у якого після $+60^{\circ}\text{C}$ відбувається текучість полімеру. Це впливає на клейове з'єднання, у якому проявляються пружно-деформаційні процеси та виникають пружні та залишкові деформації, що і приводить до різкого зменшення міцності клейового з'єднання деревини. Окрім того, у деревини породи берези за високих температур, відбуваються процеси які пов'язані із збільшення її еластичності. Все це приводить до різкого падіння міцності після кип'ятіння клейового з'єднання деревини берези.

Завершальним етапом дослідження впливу вологості та температури на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднань деревини берези склеєної полівінілацетатним клеєм із класом довговічності D4 є кондиціонування зразків протягом двох годин за кімнатної температури. Результати дослідження наведено на рис.4.5.

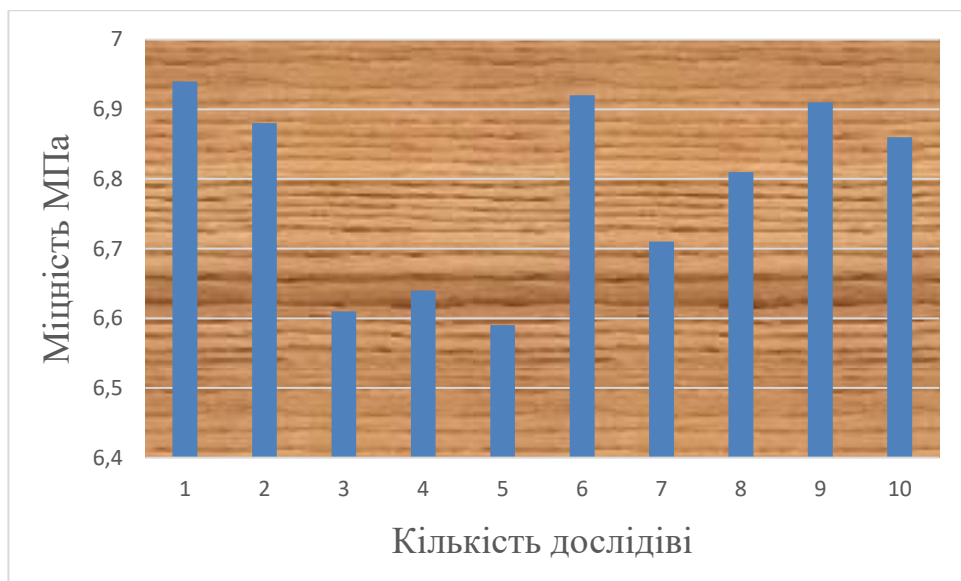


Рис. 4.5 Результати зміни міцності клейових з'єднань деревини берези із класом довговічності D4 після двох годинного кондиціонування.

Як показали результати досліджень міцності клейового з'єднання деревини берези, склеєної полівінілацетатним клеєм із класом довговічності D4 після двогодинного кондиціонування за кімнатної температури знаходилась в межах від 6,59 до 6,94 МПа. Як бачимо кондиціонування на протязі двох годин дещо

підвищує міцність клейового з'єднання деревини в порівнянні із міцністю після кип'ятіння, а саме на 7,26%. Тобто, можна стверджувати, що під час кондиціонування у клейовому з'єднанні деревини відбувається, хоч незначна, але відбувається релаксація пружно-деформаційних процесів, що призводить до підвищення міцності клейового з'єднання деревини. Це відбувається за рахунок того, що полівінілацетатний клей формує еластичне клейове з'єднання деревини, яке здатне під час зміни пружно-деформаційних процесів релаксувати, тобто повертатися у своє звичне положення, тим самим підвищувати міцність клейового з'єднання деревини. Це позитивний момент у даному клейовому з'єднанні деревини.

Підсумовуючи результати наших досліджень у даному розділі можна зробити висновок, що у полівінілацетатних клейових з'єднаннях деревини із класом довговічності D4 вплив води та температури призводить до зміни пружно-деформаційних змінюють у клейових з'єднаннях деревини, що підтверджено зниженням міцність. А саме за дії вологи міцність клейового з'єднання зменшується на 15,53%. Після кип'ятіння міцність зменшується на 31,7%. Разом з ти, після кондиціонування клейових з'єднань міцність навпаки збільшується в порівнянні із міцністю після кип'ятіння на 7,26 %. Така поведінка клейового з'єднання обумовлена тим, полівінілацетатні клейові з'єднання деревини класом довговічності D4 після зміни пружно-деформаційних процесів відбувається незначна їх релаксація.

4.2. Результати досліджень впливу вологості та температури пружно-деформаційні процеси клейових з'єднання із класом довговічності D3

Аналогічні результати досліджень пружно-деформаційних процесів були проведені для полівінілацетатних клейових з'єднань деревини класом довговічності D3 відповідно до методики експериментальних досліджень. Першими наведено результати досліджень пружно-деформаційних процесів у клейових з'єднань деревини для контрольних зразків, тобто зразків, які не

піддавали вологісним та температурним випробуванням. Ці результати дослідження наведено на рис.4.6.

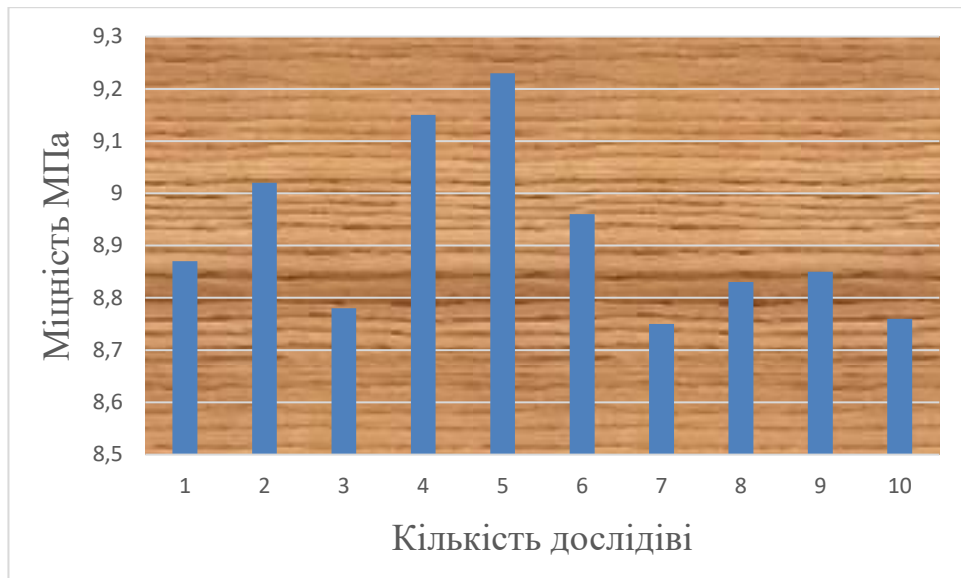


Рис. 4.6 Результати міцності зразків клейових з'єднань деревини берези із класом довговічності D3 для контрольних зразків.

Як видно із отриманих результатів дослідження, міцність контрольних зразків деревини берези склеєної полівінілацетатним клеєм із класом довговічності D3 становлять 8,92 МПа, що в принципі відповідає міцності клейовим з'єднанням деревини берези склеєної полівінілацетатним клеєм із класом довговічності D4, який становив 8,98 МПа. Тобто це в принципі ідентичні результати, що вказує на хороші адгезійні властивості полівінілацетатних клеїв до деревини берези у яких не відбуваються пружно-деформаційні процеси.

Щодо зміни пружно-деформаційних процесів у клейових з'єднань деревини берези склеєної полівінілацетатним клеєм із класом довговічності D3 після семи діб витримування у стандартних кімнатних умовах, то вони наведена на рис.4.7.

Як видно із отриманих результатів дослідження, міцність клейових з'єднань деревини берези і класом довговічності D3 після семи діб витримування у стандартних кімнатних умовах дещо зменшується більше, в порівнянні із аналогічними з'єднаннями класом довговічності D4, а саме до 8,43%, тобто на 5,47%. Таке зменшення міцності, для даних клейових з'єднань

деревини можна пояснити класом довговічності даних клейових з'єднань деревини. Тобто, дане клейове з'єднання формує менш сітчасту структуру клейового шва в порівнянні із клейовими з'єднаннями класу довговічності D4. Тому, при дії вологи та температури у стандартних умовах, відбуваються незначні зміни пружно-деформаційних процесів, що впливає на міцність клейових з'єднань.

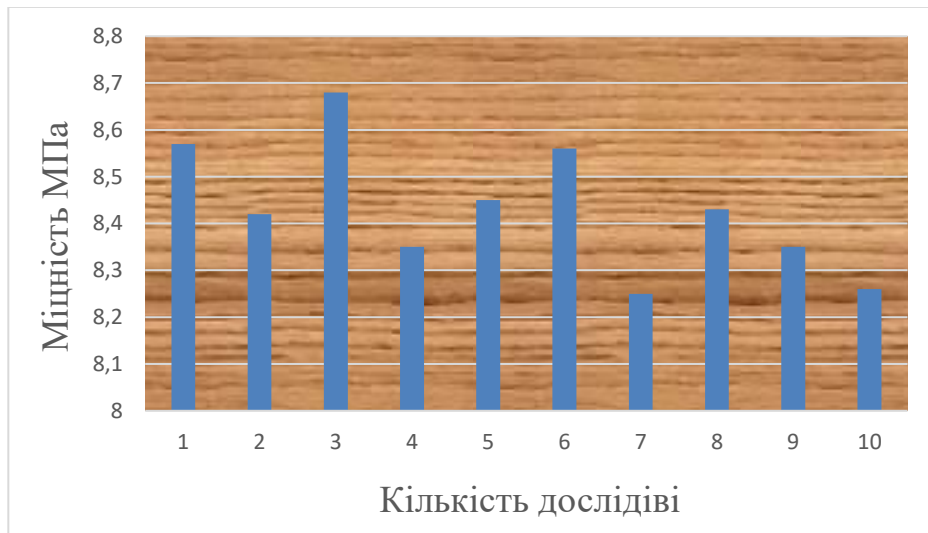


Рис. 4.7. Результати міцності зразків клейових з'єднань деревини берези із класом довговічності D3 після семи діб витримання у стандартних кімнатних умовах.

Наступним етапом було дослідження міцності клейових з'єднань деревини берези склеєної полівінілацетатним клеєм із класом довговічності D3 після чотири години вимочування у воді кімнатної температури. Дані дослідження наведено на рис. 4.8.

Як показали результати досліджень міцність клейових полівінілацетатних з'єднань деревини берези і класом довговічності D3 після чотири годин вимочування у воді кімнатної температури становить від 5,01 до 6,01 МПа. Тобто, міцність зменшилась на 40,07% від контрольних зразків. Таке зменшення міцності вказує на те, що дані клейові з'єднання деревини мають менший клас довговічності і тим самим не забезпечується достатньо високу міцність після вимочування у воді кімнатної температури. Тобто, такі клейові з'єднання, здатні в більшій кількості сорбувати воду під час вимочування і тим самим впливати на пружно-деформаційні процеси. Це відбувається як з

дервиною порода берези, так і з клейовим швом. У розд. 3.1 на рис. 3.3. наведено теоретичні передбачення, щодо сорбційної здатності клейового з'єднання деревини поглинати воду, і тим самим змінювати пружно-деформаційні процеси.

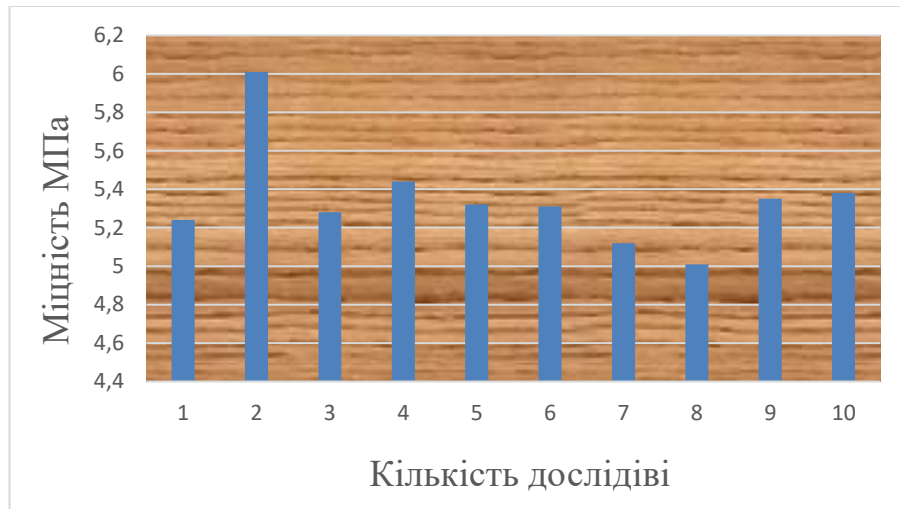


Рис. 4.8. Результати міцності зразків клейових з'єднань деревини берези із класом довговічності D3 після чотири години вимочування у воді кімнатної температури.

Наступним етапом було кондиціонування на протязі семи днів у стандартних умовах. Слід нагадати, що полівінілацетатні клеї із класом довговічності D3 не піддаються кип'ятінню відповідно до стандарту.

Тому на рис. 4.9. наведено міцність полівінілацетатних клейових з'єднань деревини береза із класом довговічності D3 після семи добового кондиціонування.

Як видно із отриманих результатів, міцність полівінілацетатного клейового з'єднання деревини берези і класом довговічності D3 після семи добового кондиціонування становить 5,01 до 6,04 МПа. В порівнянні із міцністю після вимочування, вона практично залишилась незмінною. Це вказує на те, що у даних клейових з'єднання після дії вологи відбуваються пружно-деформаційні процеси, із утворенням незначної залишкової деформації, яка не піддається релаксації після її зняття та витримки за кімнатних умов. Тим і відрізняються дані полівінілацетатні клейові з'єднання деревини берези класом довговічності D3 від класу довговічності D4. Тобто дані клейові з'єднання

мають меншу водостійкість в порівнянні із клейовими з'єднаннями вищого класу довговічності. Це необхідно враховувати при склеюванні деревини під час їх експлуатації.

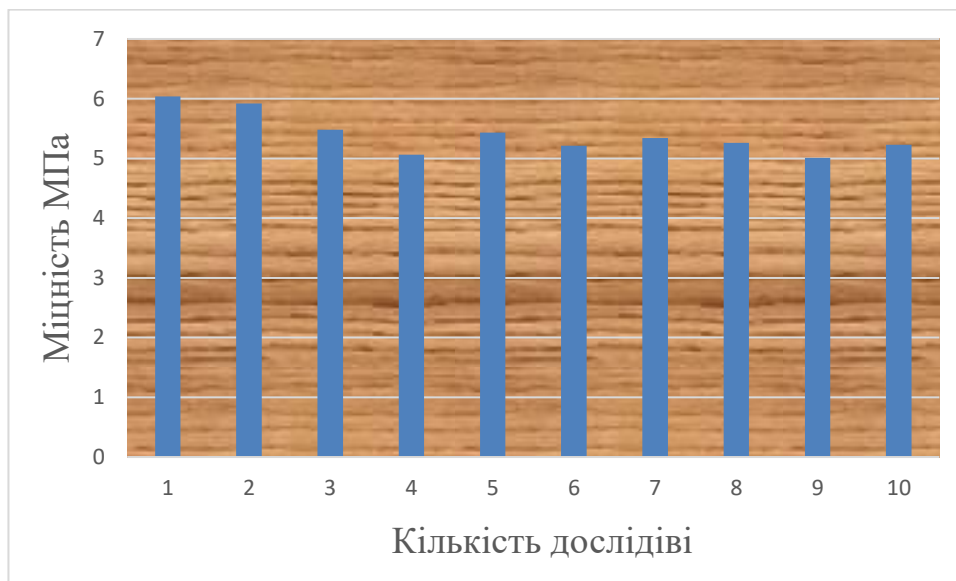


Рис. 4.9. Результати міцності зразків клейових з'єднань деревини берези і класом довговічності D3 після семи добового кондиціонування.

Підсумовуючи дані результати досліджень даного розділу, можна зробити висновок, що полівінілацетатні клейові з'єднання деревини берези із класом довговічності D3 після склеювання мають адгезійну міцність на рівні 8,92 МПа. Після семи добового витримання у стандартних кімнатних умовах міцність зменшується на 5,47% і становить 8,43 МПа. Після вимочування у воді кімнатної температури міцність до 5,35 МПа, тобто на 40,07%. У таких клейових з'єднаннях деревини пружно-деформаційні процеси відбуваються швидше в порівнянні із клейовими з'єднаннями із класом довговічності D4. Подальше кондиціонування зразків за кімнатних умов призводить до збільшення міцності на 0,6%.

4.3. Висновки з розділу

Виходячи із результатів експериментальних досліджень впливу вологи та температури на зміну пружно-деформаційних процесів у полівінілацетатних клейових з'єднань деревини, зроблено наступні висновки:

1. У полівінілацетатні клейові з'єднання деревини із класом довговічності D4 вплив води та температури призводить до зміни пружно-деформаційних змінюють у клейових з'єднаннях деревини, що підтверджено зниженням міцність. А саме за дії вологи міцність клейового з'єднання зменшується на 15,53%. Після кип'ятіння міцність зменшується на 31,7%. Разом з ти, після кондиціонування клейових з'єднань міцність навпаки збільшується в порівнянні із міцністю після кип'ятіння на 7,26 %. Така поведінка клейового з'єднання обумовлена тим, полівінілацетатні клейові з'єднання деревини класом довговічності D4 після зміни пружно-деформаційних процесів відбувається незначна їх релаксація.

2. Полівінілацетатні клейові з'єднання деревини берези із класом довговічності D3 після склеювання мають адгезійну міцність на рівні 8,92 МПа. Після семи добового витримування у стандартних кімнатних умовах міцність зменшується на 5,47% і становить 8,43 МПа. Після вимочування у воді кімнатної температури міцність до 5,35 МПа, тобто на 40,07%. У таких клейових з'єднаннях деревини пружно-деформаційні процеси відбуваються швидше в порівнянні із клейовими з'єднаннями із класом довговічності D4. Подальше кондиціонування зразків за кімнатних умов призводить до збільшення міцності на 0,6%.

РОЗДІЛ 5 БЕЗПЕКА ПРАЦІ

5.1. Заходи з безпеки праці

Безпека праці важлива при роботі як з клеями, так і технологічним процесом склеювання. При роботі із клеями необхідно, щоб всі працівники пройшли інструктаж з техніки безпеки. Інструктаж проводиться з метою надати інформацію працівнику про небезпек, яку можуть нести дані клеї під час їх приготування до технологічного процесу склеювання, а також під час технологічного процесу склеювання та промивання технологічного обладнання після склеювання. Окрім того, проводиться інструктаж з безпеки праці на робочому місці, з метою інформування працівників про робоче місце де вони будуть працювати, та з яким хімічними речовинами будуть контактувати. Тому, працівники повинні мати певні знання з безпеки праці при роботі із клеями, у нашому випадку із полівінілацетатними клеями із класом довговічності D3 і D4.

На підприємстві повинна бути сформована комісія з безпеки праці, яка перевірятиме заходи з безпеки праці, які діють на підприємстві, якщо це серійне або масове виробництво де працюють відповідні структури. Якщо це індивідуальне виробництво, то за безпекою праці повинен слідкувати спеціально підготовлена для цього особа, яка пройшла курси з безпеки праці та отримала відповідний документ на придатність здійснювати такий контроль, або людина яка має освіту у тому напрямку.

Щодо роботи із полівінілацетатними клеями, то вони відносяться до клейових матеріалів, які у своєму складі не мають шкідливих речовин, тому і викиди під час роботи із ними не будуть шкідливими. Але разом з тим, ці клейові матеріали можуть мати алергічну дію на людину, органи дихання, шкіру або інші частини тіла. Тому, працівники повинні знати всі необхідні наслідки, які вони можуть завдавати людині. Цю інформацію необхідно донести до працівників, які будуть із цими клеями працювати. У нашому випадку найбільшу небезпек може нести затверджувач, який використовується

у двокомпонентних клеях із класом довговічності D4. Він може бути небезпечним як під час приготування клею в більшій мірі, або, в меншій мірі, під час нанесення.

Для забезпечення безпечних умов праці, на підприємствах де відбувається приготування клею та технологічний процес його нанесення або склеювання, повинен бути забезпечений належний притік повітря та відповідний повітрообмін. Контроль, за чистотою повітря, повинен відслідковуватися і дотримувати на протязі всього часу роботи із клеями. Концентрація шкідливих викидів не повинна перевищувати гранично допустимі норми, які є для кожного типу клейових матеріалів. Контроль за концентрацією шкідливих викидів повинна здійснювати уповноважена для цього особа на підприємстві.

Окрім того, для запобігання попадання клейових матеріалів на частині тіла людини, працівники, які працюють в цеху де проходить технологічний процес склеювання повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту частин тіла людини, включаючи і органи дихання. До таких засобів відносять маски, респіратори, а також засоби захисту очей, рук тощо.

На рисунку 5.1. наведено основні засоби захисту при роботі із полівінілацетатними клеями.



Рис. 5.1. Основні засоби захисту при роботі із полівінілацетатними клеями

Такі засоби захисту необхідні для того, щоб затверджувач або клей не попадав на частини тіла людини. У випадку попадання клею на шкіру необхідно промити дане місце під протічною водою за допомогою миючих засобів.

Наступним важливим кроком є дотримання особистої гігієни при роботі із полівінілацетатними клеями. А саме їжу приймати у відповідно відведеному для цього місці. Слідкувати за чистотою рук, тощо.

Щодо клеїв, то вони повинні зберігатися у відповідно відведеному для цього місці у відповідній тарі, яка щільно закривається.

Щодо пожежної безпеки, то дані клеї пожежної безпеки не становлять. Особливу небезпеку для полівінілацетатних клеїв може нести затверджувач, оскільки він відноситься до пожежо небезпечних матеріалів. Тому це необхідно врахувати при їх зберіганні.

5.2. Заходи екологічної безпеки

Щодо екологічної безпеки для навколишнього середовища то полівінілацетатні клеї серйозної небезпеки не несуть, на відмінну від формальдегідних чи інших видів клейових матеріалів. Тому, заходи щодо захисту навколишнього середовища буду загальними як для технологічного процесу із виготовлення виробів із деревини.

Викиди під час роботи із полівінілацетатними клеями, відповідно до загального класифікатора шкідливих викидів, відносять до першої групи шкідливих викидів, яка регламентує їх викиди в межах менше 0,01 т/добу. Тому, очищення атмосферного повітря відповідно до першої групи викидів буде відноситись до загальної системи очищення забрудненого повітря, яка використовується на деревообробних підприємствах. А це відбувається за допомогою загальної система очищення повітря із використанням циклонів, які працюють в цехах із загальною системою повітрообміну. Тобто, забруднене повітря від технологічного процесу склеювання попадає в загальну систему повітря обміну і виводиться за територію цеху у спеціально відведені для цього

місце, де відбувається загальний процес очищення забрудненого повітря від шкідливих після механічної обробки.

Така поведінка із викидами від технологічного процесу склеювання полівінілацетатними клеями пояснюється відсутністю токсичних викидів під час приготування та склеювання.

Підсумовуючи можна відзначити, що полівінілацетатні клеї є екологічно безпечними у порівнянні з іншими клейовими матеріалами, що використовуються для склеюванні деревини.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі із дослідження впливу вологи та температури на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднань деревини берези склеєної термопластичними полівінілацетатними клеями із класом довічності D3 і D4 можна зробити наступні висновки:

1. Здійснено аналіз літератури. Проаналізовано клеї які використовуються для склеювання деревини. Встановлено, що найбільш перспективним клеєм для склеювання деревини є полівінілацетатні клеї. Також здійснено аналіз фізичних та механічних властивостей деревини та їх вплив на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності у клейових з'єднань деревини.

2. Проаналізовано фактори, які впливають на пружно-деформаційні процеси та зміну міцності у клейових з'єднань деревини під час експлуатації. Розглянуто методики впливу пружно-деформаційних процесів на зміну міцності клейових з'єднань деревини від дії вологи та температури навколишнього середовища.

3. Наведено методику проведення експериментальних досліджень із впливу вологості та температури на зміну міцності полівінілацетатних клейових з'єднань із класом довговічності D4 і D4.

4. Сорбована волога під час експлуатації клейових з'єднань деревини має як негативний та і позитивний вплив на зміни пружно-деформаційних процесів та зміну міцності клейових з'єднань деревини, що склеєні полівінілацетатними клеями. Позитив у тому, що за рахунок груп ОН відбувається утворення водневих зв'язків між компонентами клейової композиції та деревини. Негатив, що тривала дія вологи приводить до зміни пружно-деформаційних процесів у клейовому з'єднанні та його набуханні, що в кінцевому результаті може призвести до руйнування клейового з'єднання.

5. Температура так само як і вологість має суттєвий вплив на пружно-деформаційні процеси у клейових з'єднаннях деревини склеєних полівінілацетатними клеями, що може приводити до зміни міцності таких клейових з'єднань деревини. Підвищені температури для полівінілацетатних

клеїв на початкових етапах випробувань є більш небезпечною ніж пониженні, оскільки, основним компонентом полівінілацетатних клеїв є полівінілацетат, температура текучості якого становить $+60^{\circ}\text{C}$, а температура замерзання -40°C . Тому полівінілацетатні клейові з'єднання деревини краще будуть експлуатуються за понижених температур ніж за підвищених.

6. У полівінілацетатні клейові з'єднання деревини із класом довговічності D4 вплив води та температури призводить до зміни пружно-деформаційних змінюють у клейових з'єднаннях деревини, що підтверджено зниженням міцність. А саме за дії вологи міцність клейового з'єднання зменшується на 15,53%. Після кип'ятіння міцність зменшується на 31,7%. Разом з ти, після кондиціонування клейових з'єднань міцність навпаки збільшується в порівнянні із міцністю після кип'ятіння на 7,26 %. Така поведінка клейового з'єднання обумовлена тим, полівінілацетатні клейові з'єднання деревини класом довговічності D4 після зміни пружно-деформаційних процесів відбувається незначна їх релаксація.

7. Полівінілацетатні клейові з'єднання деревини берези із класом довговічності D3 після склеювання мають адгезійну міцність на рівні 8,92 МПа. Після семи добового витримування у стандартних кімнатних умовах міцність зменшується на 5,47% і становить 8,43 МПа. Після вимочування у воді кімнатної температури міцність до 5,35 МПа, тобто на 40,07%. У таких клейових з'єднаннях деревини пружно-деформаційні процеси відбуваються швидше в порівнянні із клейовими з'єднаннями із класом довговічності D4. Подальше кондиціонування зразків за кімнатних умов призводить до збільшення міцності на 0,6%

8. Наведено основні засоби безпеки праці та безпеки навколишнього середовища при роботі із полівінілацетатними клеями.

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. Войтович І.Г. Основи технології виробів з деревини: підручник. Львів: ТзОВ «Країна ангелів», 2010. 305 с
3. Бехта П.А., Кусняк І.І. Властивості фанери з використанням як клею термопластичної плівки. Наукові праці Лісівничої академії наук України. Львів, 2019. Вип. 19. С. 209–222. DOI: <https://doi.org/10.15421/411943>.
4. Вінтонів І.С., Сопушинський І. М., Тайшінгер А. Деревинознавство: навч. посіб:2-е вид., доповн. Львів: Априорі. 2007. 321 с.
5. 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.
6. ДСТУ EN 205:2014 Клеї несиллові для деревини. Метод визначання міцності з'єднання внапусток під час поздовжнього розтягування на зсув (EN 205:2003, IDT).
7. ДСТУ EN 204:2014 Клеї термопластичні несиллові для деревини. Класифікація (EN 204:2001, IDT).
8. ДСТУ EN 336:2003 Пиломатеріали конструкційні із хвойних порід та тополі. Розміри. Допустимі відхилення (EN 336:1995, IDT).
9. Гупало О.П. Високомолекулярні сполуки / О.П. Гупало, Н.М. Ватаманюк. – К. : Вид-во НМК ВО. – 1993. – 243 с.
10. 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.

11. 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 .

12. ДСТУ EN 205:2014 Клеї несиллові для деревини. Метод визначання міцності з'єднання внапусток під час поздовжнього розтягування на зсув (EN 205:2003, IDT).

13. Кійко О.А. Статистичні методи підвищення якості продукції деревооброблення. – Львів: електрон. навч. пос. – 228 с.

14. Кшивецький Б.Я. Дослідження міцності та довговічності з'єднань шпилькових порід деревини залежно від вологості. Науковий вісник НЛТУ України. – 2006. – Вип. 16.5. – С. 126-130.

15. 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.