

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

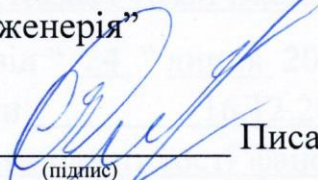
Інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра технологій деревинних композиційних матеріалів,
целюлози та паперу

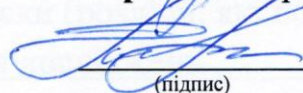
УДК 674.093.26

Пояснювальна записка
до дипломної роботи магістра на тему:
**Дослідження властивостей фанери з
модифікатором клею ТМ «Аквакол ТРС»**

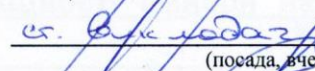
Виконав: студент групи ТДКМ(м)-61
спеціальності 161 - "Хімічні технології та
інженерія"


Писарчук О. З.
(підпис)

Керівник: професор каф. ТДКМ, д.т.н.


Козак Р. О.
(підпис)

Рецензент:


О. В. Кобаяши К.Т.Н.
(посада, вчене звання, науковий ступінь)


Сазонюк В. Р.
(прізвище та ініціали)

Львів – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу.

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 161 – Хімічні технології та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри _____

д.т.н., проф. Козак Р.О.

“09” _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Писарчук Олег Зіновійович

1. Тема роботи К.1. Дослідження властивостей фанери з модифікатором клею ТМ «Аквакол ТРС»

керівник роботи в. о. зав. каф. ТДКМ Козак Руслан Олегович, д.т.н., професор,

затверджені наказом університету від “ 24 ” липня 2024 року № С-477 .

2. Термін подання студентом роботи _____ 16.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Дослідити властивості фанери з модифікатором ТМ «Аквакол ТРС»

4. Зміст пояснювальної записки (розділи, які потрібно розробити)

1. Стан питання і завдання досліджень

2. Методика експериментальних досліджень

3. Результати дослідження міцності фанери на зріз з модифікатором клею ТМ «АКВАКОЛ ТРС»

4. Висновки та рекомендації

5. Дата видачі завдання _____ 05.08.2024 р.

Студент _____

(підпис)

Писарчук О. З.

Керівник роботи _____

(підпис)

Козак Р.О.

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота та тему «Дослідження властивостей фанери з модифікатором клею ТМ «Аквакол ТРС» направлена на встановлення впливу вмісту модифікатора в карбамідоформальдегідному (КФ) клеї на міцність фанери на зріз.

Дане дослідження є актуальним, оскільки сучасні малотоксичні смоли забезпечують одержання фанери зниженої токсичності, що належать до класу емісії формальдегіду Е1. Однак при використанні таких смол спостерігається зниження міцності та водостійкості плит, а процес гарячого пресування фанери потребує збільшення часу. Магістерська робота складається з 3-ох частин, висновків, списку використаної літератури. У першому розділі роботи проаналізовано виробництво фанери в світі та Україні, описано клеї для виготовлення фанери та розглянуто шляхи модифікування клейових композицій для покращення їх властивостей. Сформульовано мету роботи і завдання досліджень. Другий розділ описує методики експериментальних досліджень і статистичної обробки експериментальних даних. У третьому розділі описано результати експериментів і здійснено їх аналіз. За результатами досліджень сформульовано узагальнюючі висновки.

Ключові слова: фанера, карбамідоформальдегідна смола, модифікатором клею, Аквакол ТРС, міцність фанери на зріз.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	8
1.1. Виробництво фанери в світі та Україні.....	8
1.2. Клеї для виготовлення фанери.....	12
1.3. Модифікування клейових композицій для покращення їх властивостей.....	17
1.4. Висновки і завдання досліджень.....	22
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1. Матеріали та реактиви.....	24
2.2. Лабораторний посуд, вимірювальні прилади, та обладнання.....	25
2.3. Методика виготовлення фанери.....	26
2.4. Методика визначення властивостей фанери.....	28
2.5. Статистична обробка результатів досліджень.....	30
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ФАНЕРИ НА ЗРІЗ З МОДИФІКАТОРОМ КЛЕЮ ТМ «АКВАКОЛ ТРС»	33
3.1. Вплив вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» на міцність сухої фанери на зріз.....	33
3.2. Вплив вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» на міцність фанери на зріз після 24 год вимочування у воді.....	34
3.3. Вплив вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» на відносну міцність фанери на зріз.....	35
3.4. Висновки.....	36
ВИСНОВКИ	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	40
ДОДАТКИ	47

ВСТУП

Магістерська робота присвячена вирішенню важливого і актуального завдання – дослідженню властивостей фанери з модифікатором клею ТМ «Аквакол ТРС».

Будучи природним і відновлюваним матеріалом, деревина має ряд переваг перед іншими будівельними матеріалами. Теплові, акустичні, механічні та естетичні властивості деревини дуже підходять для комфортного житла. Тим не менш, постійне зростання цін на круглу деревину та пиломатеріали призводить до зростання застосування деревних композитів. Деревні композити забезпечують стабільніші властивості матеріалу (щільність, міцність, довговічність), тому їх легко стандартизувати. Вони можуть мати особливі властивості, такі як вогнестійкість, кращу біологічну стійкість, або покращену декоративну поверхню. Більше того, ці матеріали можна виготовити з використанням низькосортної деревини, деревних відходів і навіть переробленого матеріалу. Серед великої кількості деревинних композитів, фанера є одним з ключових матеріалів. Попит на фанеру є стабільно високим, а її виробництво має перспективи.

Деревинні композити і фанера зокрема, виготовляються з деревинних матеріалів, які склеюються між собою, часто за допомогою синтетичного клею. Карбамідоформальдегідні смоли, незважаючи на свої недоліки, такі як низька водостійкість, є найважливішими і найбільш широко використовуваними для склеювання деревини, із річним споживанням близько 11 мільйонів тонн твердої смоли [54] через свої переваги такі як низька ціна, відносно низька температура затвердіння, висока термостійкість, тощо [55].

Нині широкого поширення набули малотоксичні карбамідоформальдегідні смоли. Якщо традиційні смоли мають молярне співвідношення формальдегіду (Ф) і карбаміду (К) $\text{Ф:К} = 1,20 \dots 1,22$, то у

малотоксичних смол це співвідношення наближається до 1,0 і навіть менше. Нове покоління КФС забезпечує одержання фанери зниженої токсичності, що належать до класу емісії формальдегіду E1. Тобто, від 4 до 8 мг CH_2O на 100 г фанери. Однак при використанні нових смол спостерігається падіння міцності та водостійкості плит, а процес гарячого пресування їх потребує збільшення часу.

Підвищення витрати смоли та затверджувача збільшує витрати і не надає вирішального позитивного впливу на кінцеві показники готового виробу. У молекулах олігомеру нового покоління смол формальдегід з'єднується з карбамідом переважно метиленовими зв'язками з обмеженою кількістю гідроксиметильних груп, необхідних для затвердіння смоли. Як затверджувачі КФС застосовують латентні каталізатори. Це амонійні солі соляної, сірчаної чи азотної кислот. Вони утворюють кислоту при взаємодії із формальдегідом. Однак у смолах із низьким мольним співвідношенням Ф:К вміст вільного формальдегіду знаходиться на мінімальному рівні – 0,05...0,10%. У цих умовах затверджувач змушений вступати в реакцію з гідроксиметильними групами $-\text{CH}_2\text{OH}$ олігомеру. Молекули олігомеру без гідроксиметильних груп стають нестійкими у водному середовищі та випадають у осад. Олігомір, нерозчинний у воді, значно уповільнює процес затвердіння КФС. Крім того, він не бере участі в утворенні просторово-зшитого полімеру та клейових зв'язків. Таким чином частина смоли втрачається, знижується міцність та водостійкість фанери. Малотоксичні смоли містять багато незв'язаного карбаміду. Оскільки водний розчин карбаміду має слабо лужний характер, частина кислоти, що утворюється, буде витрачена на утворення солі. Таким чином, у цих смолах недостатньо внутрішніх ресурсів для проведення реакції поліконденсації.

Отже, враховуючи вище описані твердження, необхідно такі малотоксичні карбамідоформальдегідні смоли модифікувати для збільшення ресурсів поліконденсації та збільшення міцності й водостійкості

клеєвого з'єднання.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – дослідження властивостей фанери з модифікатором клею ТМ «Аквакол ТРС»

Відповідно до поставленої мети необхідно було вирішити такі основні завдання:

– використати для модифікування клею модифікувальну добавку ТМ «Аквакол ТРС»;

– дослідити міцність фанери на зріз з модифікатором клею ТМ «Аквакол ТРС».

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення фанери.

Предмет дослідження – вплив модифікатора клею ТМ «Аквакол ТРС» на міцність фанери на зріз.

Методи дослідження. В магістерській роботі для досягнення поставленої мети використані наступні методи: дослідні зразки фанери виготовлено методом плоского пресування. Під час випробування зразків фанери визначення застосовано метод визначення межі міцності фанери на зріз. Оброблення експериментальних даних проведено методом статистичного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів. Визначено межу міцності на зріз фанери виготовленої з КФ клеєм модифікованим модифікатором ТМ «Аквакол ТРС». Встановлено вплив вмісту модифікатора на міцність фанери на зріз.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Виробництво фанери в світі та Україні

Фанеру, завдяки високим механічним і експлуатаційним властивостям порівняно з іншими деревинними композиційними матеріалами, такими як стружкові й волокнисті плити, широко застосовують як конструкційний матеріал у різних галузях промисловості [1, 2]. Фанера найпоширеніший вид клеєної шаруватої деревини. З огляду на світовий ринок економіки, виробництво фанери є одним із найбільш перспективних.

Світовий ринок фанери залишається стабільним, адаптуючись до змін у попиті та технологіях будівництва (рис.1.1).

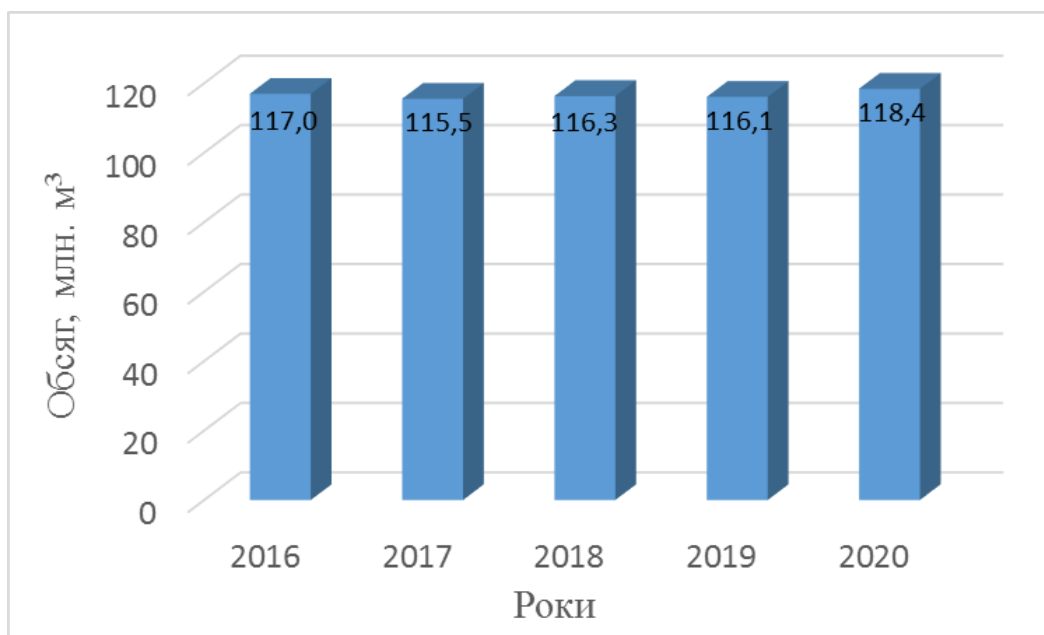


Рис. 1.1 – Обсяги виробництва фанери в світі [3].

Найбільшим виробником фанери у світі є Китай. На його частку доводиться більше 70 % усього виробництва фанерної продукції у світі. За ним йде Північна Америка і країни Південно-Східної Азії [4].

З кожним роком багато країн збільшують обсяги імпорту цього важливого будівельного матеріалу, що використовується у різних сферах економіки (рис.1.2).

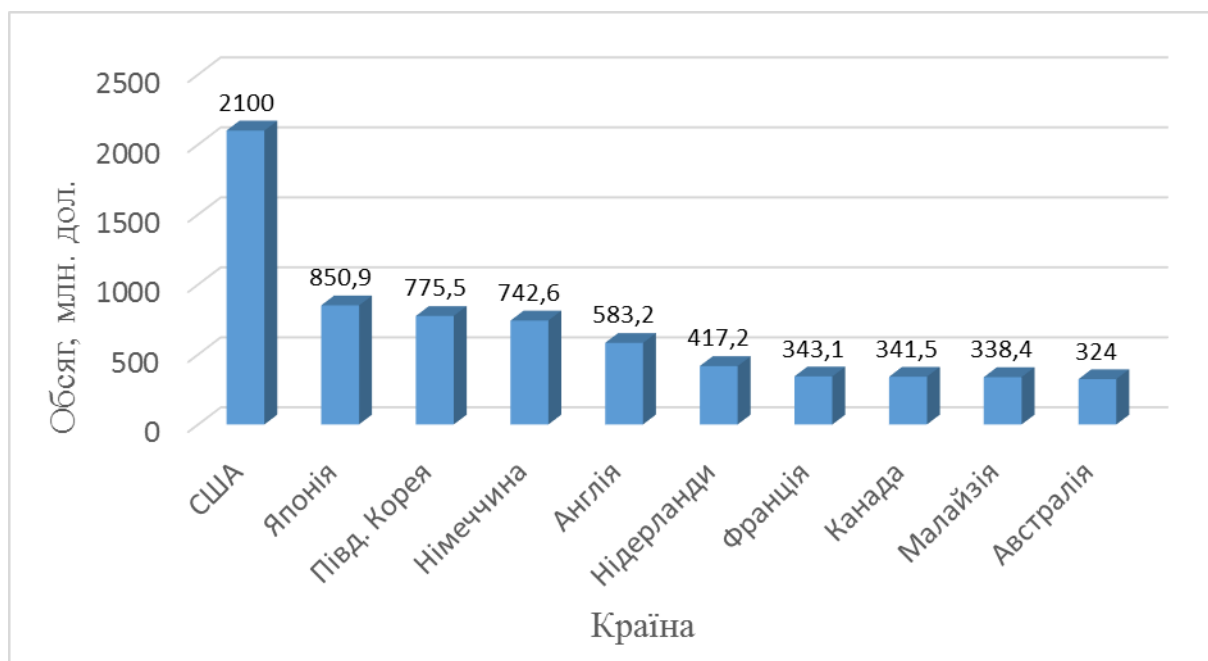


Рис. 1.2 – Обсяги імпорту фанери у 2023 році [5].

Сполучені Штати визначають тон на світовому ринку фанери, зберігаючи своє перше місце за величиною імпорту, який досяг 2,1 мільярда доларів США у 2023 році. Стабільна економіка та високий попит на фанеру для будівництва та виробництва меблів роблять США ключовим гравцем на цьому ринку. Японія посідає друге місце за обсягами імпорту фанери, що досяг 850,9 мільйонів доларів США у 2023 році. Високий попит на якісні будівельні матеріали у зв'язку з передовими технологіями та активним будівництвом допомагають країні зберігати свої позиції на світовому ринку. Південна Корея є одним з ключових гравців у світовій торгівлі фанерою, з обсягом імпорту 775,5 мільйонів доларів США у 2023 році. Зростаюча індустріальна база та активна будівельна галузь сприяють великим обсягам імпорту. Німеччина займає провідні позиції серед європейських країн за обсягами імпорту фанери, який становив 742,6 мільйона доларів США у 2023 році. Високий попит на якісні будівельні

матеріали та потужна промисловість роблять Німеччину ключовим імпортером. Сполучене Королівство є ще одним великим гравцем у світовій торгівлі фанерою, з обсягом імпорту 583,2 мільйона доларів США у 2023 році. Стабільний будівельний сектор та активна меблева промисловість підтримують попит на цей матеріал. Нідерланди є ключовим гравцем на європейському ринку фанери з імпортною вартістю 417,2 мільйона доларів США у 2023 році. Стратегічне розташування країни, розвинена логістична інфраструктура та високий попит на високоякісні будівельні матеріали сприяють значному імпорту фанери. Франція є ще одним великим імпортером фанери в Європі з вартістю імпорту 343,1 мільйона доларів США у 2023 році. Процвітаючий будівельний сектор країни, бурхлива меблева промисловість і високий попит на пакувальні матеріали роблять її ключовим гравцем на європейському ринку фанери. Канада є значним імпортером фанери з вартістю імпорту 341,5 мільйона доларів США в 2023 році. Величезні ліси країни, потужна будівельна індустрія та високий попит на якісні будівельні матеріали сприяють значному імпорту фанери. Малайзія є ключовим гравцем на азійському ринку фанери з вартістю імпорту 338,4 мільйона доларів США в 2023 році. Багаті природні ресурси країни, потужний виробничий сектор і високий попит на будівельні матеріали сприяють значному імпорту фанери. Австралія є ще одним великим імпортером фанери в Азійсько-Тихоокеанському регіоні з вартістю імпорту 324,0 мільйона доларів США в 2023 році [5].

Світовий ринок фанери залишається динамічним та прибутковим, привертаючи увагу будівельників та виробників меблів по всьому світу. Значний попит із різних країн свідчить про універсальність та ефективність цього будівельного матеріалу, який продовжує грати ключову роль у глобальній економіці.

В Україні також виготовляються великі обсяги фанери (рис. 1.3). Це обумовлено стрімким зростанням житлового будівництва, а також військовими потребами.

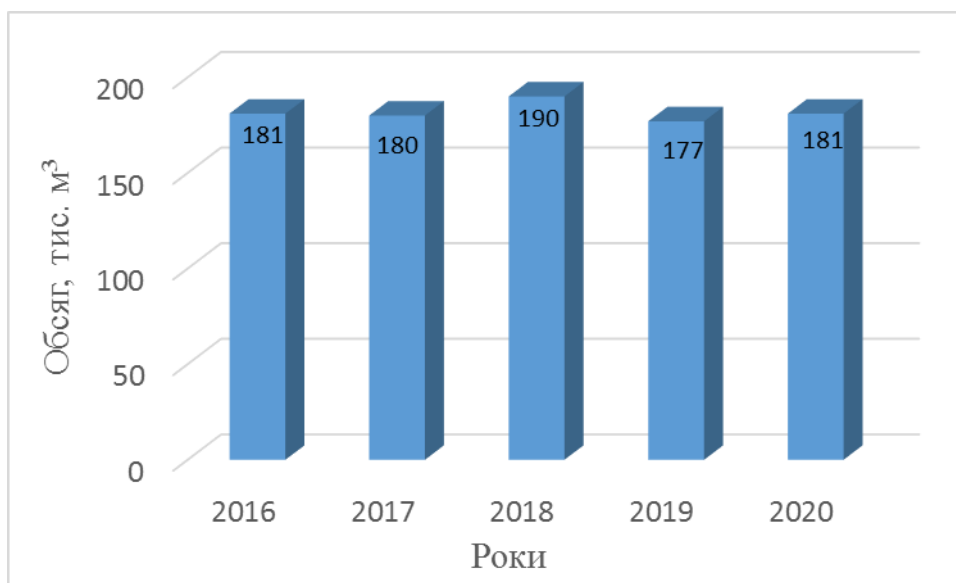


Рис. 1.3 – Обсяги виробництва фанери в Україні [6].

Найбільшим українським виробником фанери є деревообробне підприємство “ОДЕК”, яке виготовляє 50% загального випуску фанери в Україні. Воно входить до двадцятки найбільших виробників березової фанери в Європі. Близько 17 % фанери виготовляє ТзОВ “Костопільський ФЗ”, від 6 до 10% загального обсягу фанери виготовляють ТзОВ “Уніплит”, АТ “Фанплит” та ТзОВ фірма “Язьм”. Решту обсягів виготовляють інші підприємства [6].

Зважаючи на результати аналізу, можна констатувати, що попит на фанерну продукцію впродовж останніх років залишається стабільно високим як у світі, так і в Україні. Тому виробництво фанери має перспективи.

1.2. Клеї для виготовлення фанери

Використання клеїв у виробництві фанери змінюється з розвитком технологій. Це стало можливим і через розвиток синтезу великої кількості полімерних сполук, з яких виготовляють клеї (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Хронологічний розвиток клеїв [7]

№з/п	Роки	Вид клею
1	1814	Клей на основі тваринних кісток
2	1839	Полістирольні клеї
3	1862	Поліамідні клеї
4	1872	Клеї на основі риб
5	1901	Поліефірні клеї
6	1912	Фенолоформальдегідні смоли
7	1915	Альбумінові клеї на основі крові
8	1917	Казеїнові клеї
9	1920–1930	Клеї на основі естерів целюлози та алкідних смол
10	1927	Каучукові клеї
11	1930	Клеї на основі карбамідоформальдегідних смол
12	1930	Полівінілхлоридні клеї
13	1934	Поліакрилові клеї
14	1935	Клейові плівки на основі фенолоформальдегідних смол
15	1937	Поліуретанові клеї
16	1939	Полівінілацетатні клеї
17	1941	Клеї на основі мелаїноформальдегідних смол
18	1943	Резорциноформальдегідні клеї
19	1952	Поліетилен

У технології виготовлення фанери в останні роки однією з важливих є проблема її одержання із заданими фізико-механічними, економічними параметрами та підвищеною екологічною чистотою. Виробництво фанери характеризується значним техногенним впливом на екологію довкілля, високою матеріало- та енергоємністю. Тому перспективи подальшого розвитку її виробництва тісно пов'язані із вирішенням проблем екологічної безпеки, а також ресурсо- та енергозбереження. Вирішення цих проблем може бути досягнуто шляхом використання нових видів більш безпечних клеючих матеріалів у виробництві фанери.

Клеючі речовини, які застосовуються у виробництві фанери, відрізняються як за своїми властивостями, так і за умовами застосування. Їх можна класифікувати (рис. 1.4) за кількома основними ознаками [8]:

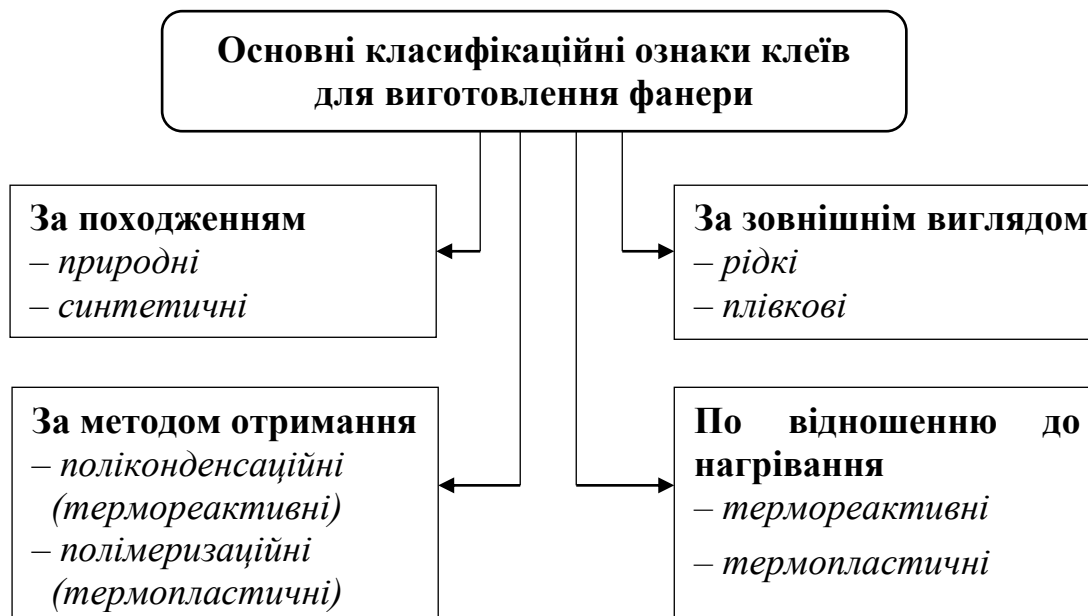


Рис. 1.4 – Основні класифікаційні ознаки клеїв для виготовлення фанери

За походженням клеї поділяють на дві групи – природні та синтетичні. Синтетичні клеючі речовини класифікують за наступними ознаками:

– за методом одержання – поліконденсаційні (терморективні) та полімеризаційні (термопластичні);

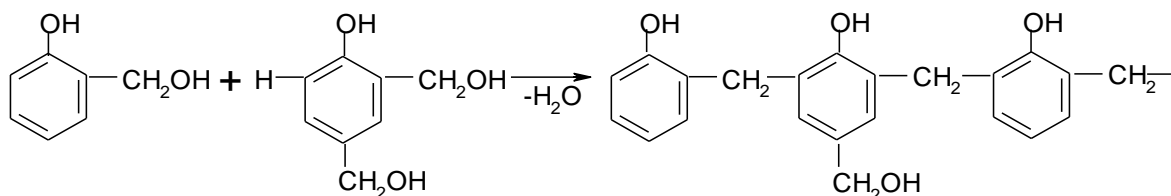
– по відношенню до нагрівання – терморективні та термопластичні;

– за зовнішнім виглядом – рідкі, порошкоподібні, плівки.

У виробництві фанери найбільше застосування знайшли рідкі синтетичні клеї, основним компонентом яких є конденсаційна смола терморективного типу [7, 9-29]. Такі смоли одержують на основі реакцій поліконденсації початкових компонентів. Для надання клеям потрібних властивостей до клейових складів додають допоміжні речовини:

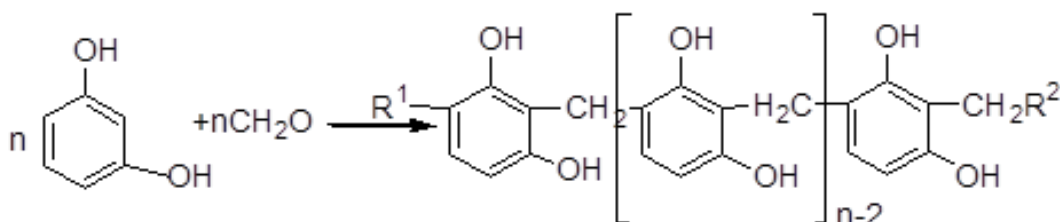
клеєутворювачі, каталізатори, затверджувачі, стабілізатори, наповнювачі, пластифікатори, антисептики, антипірени, тиксотропні добавки [30, 31].

Фенолоформальдегідні клеї одержують на основі фенолоформальдегідної смоли:



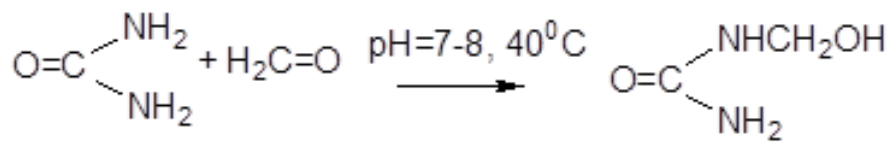
Фенолоформальдегідні клеї є водо-, атмосферо-, біо- та теплостійкими, а також утворюють міцні клейові з'єднання. Крім цього, вони стійкі до агресивних середовищ і мають високі діелектричні властивості. Недоліками цих клеїв є їх токсичність, надання клейовому з'єднанню темного кольору, низька швидкість затвердіння за температури 100°C (80–120 с) та здатність затуплювати різальний інструмент.

Резорциноформальдегідні клеї готуються на основі смоли, яка одержується реакцією поліконденсації резорцину із формальдегідом у водному або спиртовому середовищі [31]:



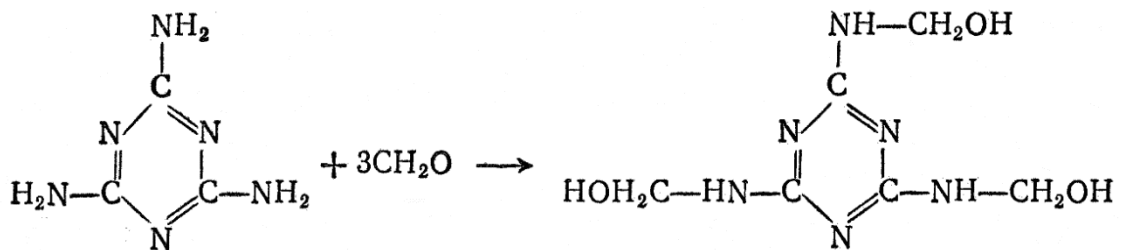
Клеям на основі резорциноформальдегідних олігомерів властиві висока адгезія до деревини, а клейовим з'єднанням – висока стійкість до суворих кліматичних умов, вологи, киплячої води, підвищеним температурам та біологічним факторам. Термостійкість та діелектричні властивості клейових з'єднань вищі, ніж у клейових з'єднаннях на основі фенолоформальдегідних смол. Недоліками резорциноформальдегідних клеїв є дефіцитність резорцину та висока вартість смоли [32].

Карбамідоформальдегідні клеї – продукти поліконденсації формальдегіду з карбамідом:



Клеї на основі карбамідоформальдегідних смол володіють високою адгезією до деревини, дають стійкі до холодної води з'єднання, мають високу теплостійкість і добрі діелектричні властивості. Вони дешеві, недефіцитні, дають безбарвні клейові шви та мають високу швидкість затвердіння за температури 100°C (30–45 с) [32]. Недоліками клеїв є невисока стійкість до тепла та їх токсичність.

Меламіноформальдегідні клеї – продукти поліконденсації формальдегіду (40%-ний розчин – формалін) та меламіну [31, 32]:



Меламіноформальдегідні клеї володіють високою водо-, тепло-, світлостійкістю, стійкістю до стирання та розчинників, кислото- та лугостійкістю, а також твердістю і блиском. Після затвердіння меламіноформальдегідна смола дає світлі клейові шви. Недоліком клеїв є їх висока вартість [31]. Впровадження меламінових олігомерів у виробництво стримується високою їх вартістю: вони у 2 рази дорожчі, ніж карбамідоформальдегідні олігомери. Карбамідомеламіноформальдегідні клеї мають високу стійкість до дії киплячої води, термо-, світло-, водостійкі, стійкі до хімічної дії, малотоксичні. При затвердінні не утворюють темного кольору, завдяки чому зберігають декоративні властивості просочувального або склеєного матеріалу [31].

Епоксидні клеї. Їх одержують із епоксидних смол завдяки реакції поліконденсації дифенілолпропану з епіхлоргідрином в присутності луку [32]:

інтенсивний розклад полімеру, що супроводжується виділенням хлористого водню.

Незважаючи на велику кількість клеїв, які застосовуються для виготовлення фанери, на даний час продовжується пошук клеїв, які б задовільняли зростаючі вимоги до якості та екологічності фанери. Найбільше наукових робіт здійснюється в напрямку модифікування клейових композицій.

1.3. Модифікування клейових композицій для покращення їх властивостей

Модифікування клеїв – цілеспрямоване змінювання їх фізико-хімічних властивостей та технологічних і експлуатаційних показників, а також надання їм особливих специфічних властивостей різними способами [1, 32]. Модифікування клеїв може бути хімічне, фізичне чи комбіноване (рис. 1.5).

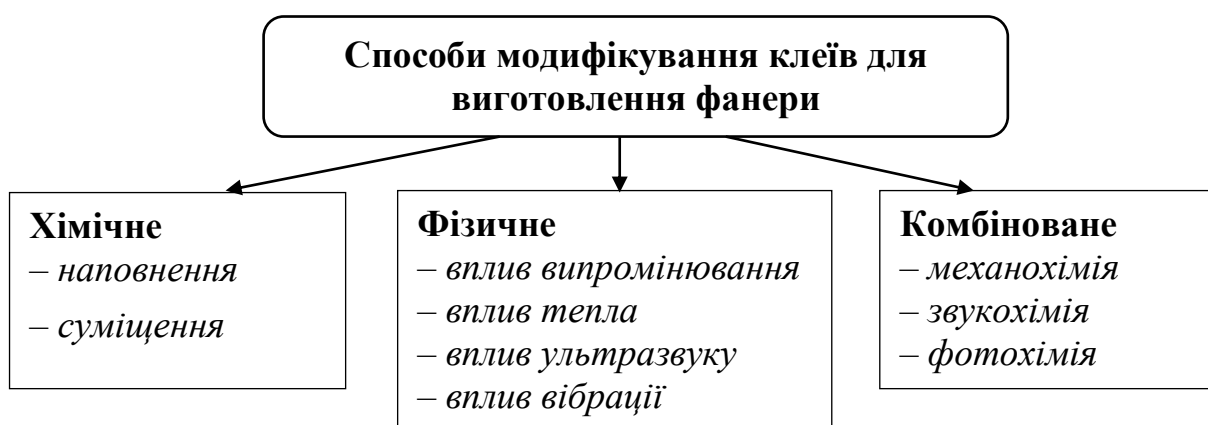


Рис. 1.5 – Способи модифікування клеїв для виготовлення фанери

Хімічне модифікування клеїв базується на покращенні властивостей клеїв через введення модифікувальних добавок, які змінюють когезійні, адгезійні, пружноеластичні та інші властивості клеїв. З цією метою крім

ініціаторів, затверджувачів тощо до клеїв вводять спінювачі, наповнювачі, пластифікатори та інші компоненти. У деяких випадках як модифікувальні добавки використовують інші види смол, клеїв, полімерів. Для покращення суміщення клеїв з іншими полімерами і компонентами можуть застосовуватися модифікувальні добавки. Фізичне модифікування базується на дії фізичних методів на клеї: різних видів випромінювань, теплових впливів, вібрації, ультразвуку тощо [1, 32].

Можуть використовуватися комбіновані методи модифікування, які базуються на спільному застосуванні фізичних і хімічних методів: механо-, звуко-, фотохімія тощо. Проте, найпоширенішими залишаються способи хімічного модифікування: наповнення, пластифікація та суміщення клеїв [1, 32].

Наповнення клеїв здійснюють у випадках використання активних реакційно-здатних наповнювачів.

За характером взаємодії з смолою наповнювачі можуть бути активними та інертними (рис. 1.6).

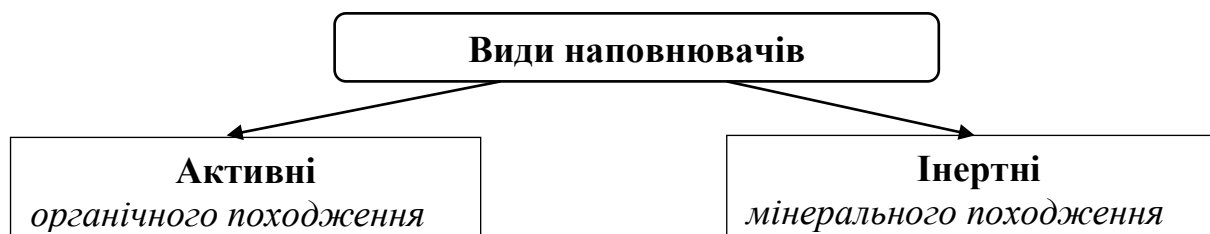


Рис. 1.6 – Види наповнювачів

Активні – це, як правило, наповнювачі органічного походження, які здатні набрякати і вступати в хімічну взаємодію зі смолою. Вони покращують клеючу здатність клеїв, зміцнюють клейовий шар, підвищують його модуль пружності або змінюють інші його властивості. Інертні наповнювачі – це речовини мінерального походження, нерозчинні і не взаємодіють зі смолою; не змінюють властивості клею. Основний ефект

їх застосування зумовлений частковим заповненням об'єму [1]. Недоліком неорганічних наповнювачів є сильний вплив на затуплення різального інструменту під час обробки клеєного матеріалу [1, 32]

Автором [33] досліджувався вплив виду і кількості мінеральних наповнювачів на властивості клеїв на основі карбамідо-формальдегідної смоли марки КФ-МТ із затверджувачем хлористим амонієм. Досліджувалися вплив мінеральних наповнювачів: каоліну, гіпсу і тальку в кількості 10%, 20% і 30%. Властивості клейової композиції оцінювали за показниками в'язкості і тривалості затвердіння. Було встановлено, що каолін на час затвердіння майже не впливає, а в'язкість композиції рівномірно збільшується за умови його додавання на невелику величину. Збільшення вмісту гіпсу в клеї спричиняє зростання в'язкості клейової композиції, а час затвердіння зменшується. Додавання тальку в КФ смолу на час затвердіння композиції помітно не впливає. Є припущення, що тальк інертний за своєю природою і не вступає в реакцію із КФ смолою. В'язкість КФ композиції зі збільшення вмісту тальку різко збільшується. Згідно літературних джерел більшість мінеральних наповнювачів послаблюють клейові зв'язки та знижують межу міцності на сколювання по клейовому шару повітряно-сухих зразків фанери. Вони проникають між полімерні ланцюжки в'язучого і порушують адгезію до деревини через свою інертність. Міцність клейового з'єднання з підвищенням вмісту каоліну спочатку знижується, а потім, за 20-30%, стабілізується. За вмісту гіпсу 20% дана міцність досягає максимуму, що імовірно пояснюється хімічною реакцією приєднання води і утворенням двоводневого сульфату кальцію, а за подальшого збільшення вмісту гіпсу в клейовій композиції міцність знижується через недостатність вологи в клеї. Додавання тальку знижує міцність клейового з'єднання через попадання у міжмолекулярні зв'язки клею інертного наповнювача. Автор робить висновок, що серед досліджуваних наповнювачів каолін є найбільш перспективним, який суттєво не змінює в'язкість і час затвердіння клею.

Детальна характеристика модифікувальних добавок і наповнювачів для карбамідо- і фенолоформальдегідних клеїв наведена в роботах [34].

Під час вибору наповнювачів для клеїв перевагу надають органічним наповнювачам, які є активними по відношенню до базового полімеру, що сприяє їхньому суміщенню та підвищує фізико-механічні властивості клеїв [34].

Як органічні наповнювачі для клеїв можуть використовуватися: крохмаль, борошно деревинне, лігнінне, злакових (пшеничне, житнє), бобових (соєве), з лушпиння плодів горіхів, подрібнена кора дерев тощо. Також можуть використовуватися відходи різноманітних виробництв. Зокрема борошно з деревинного шламу (відходи виробництва волокнистих плит), шліфувальний порошок (відходи деревообробки), борошно з лушпиння горіхів (відходів харчової промисловості), тощо.

Автором [35] проведено дослідження щодо впливу виду і кількості наповнювача на властивості карбамідо- та фенолоформальдегідних клеїв і властивості фанери, склеєної з використанням модифікованих клеїв. Додавання наповнювачів збільшувало умовну в'язкість клею, час затвердіння клею зменшувався, а концентрація клею та фізико-механічні властивості фанери суттєво не змінювалися.

Побічні продукти целюлозного виробництва такі як пектол також можуть бути ефективними модифікаторами, які зменшують тривалість процесу склеювання фанери і її токсичність [36].

Для отримання малотоксичних клеїв на основі КФС вводять додатково карбамід на етапі приготування клею. Проте, карбамід має з формальдегідом зворотну взаємодію і за високих температур формальдегід знову виділятиметься з виробів.

КФС можна модифікувати ще на стадії виготовлення. В роботі [37] описано модифікацію процесу приготування звичайної КФ смоли шляхом включення стадії сильної кислоти, що включає одночасні реакції метилолювання та конденсації за дуже низького рН на початку стадії

обробки. Експеримент показав, що цю додаткову стадію слід проводити короткочасно і при досить високій температурі, щоб уникнути проблем гелеутворення або розділення. Щоб контролювати підвищення температури, спричинене екзотермічним характером реакцій, модифікований процес потребує вищого початкового молярного співвідношення формальдегіду до сечовини (F/U) порівняно з початковим. З тієї ж причини першу сечовину слід подавати поступово, щоб забезпечити високе співвідношення F/U у будь-який час під час етапу сильної кислоти. Використовуючи регулярну концентрацію формаліну як вихідний матеріал при тому самому молярному співвідношенні F/U, модифікована смола показала нижчий вміст вільного формальдегіду, таким чином, мала нижчу реакційну здатність порівняно з оригінальною. Однак, коли була застосована та сама процедура з використанням вищої концентрації формальдегіду при більшому вмісті твердої речовини, отримана смола показала порівнянний вміст вільного формальдегіду та коротший час гелеутворення. Випробування застосування для виготовлення фанери показало, що модифікований процес дав дуже значне покращення як міцності внутрішнього з'єднання, так і виділення формальдегіду.

Фізичне змішування КФС з різними поглиначами формальдегіду, такими як метабісульфіт натрію [38], пентаборат амонію [39], пропіламін [40], сечовина та бікарбонат амонію [41] знижують емісію формальдегіду. Поглинач повільного вивільнення мікрокапсульного типу був виготовлений [42]. Однак використання поглиначів зазвичай спричиняє зниження міцності склеювання, оскільки поглиначі не можуть сприяти міцності зв'язку. Крім того, було проведено повторне використання затверділих залишків КФ смоли, щоб допомогти зменшити її вплив на навколишнє середовище, але, на жаль, це призвело до зниження міцності склеювання [43].

Смоли полімерного ізоціанату (pMDI) успішно використовуються для створення виробів з деревних панелей, таких як СП і ВП середньої щільності. Однак через низку факторів використання як клею для виробництва фанери обмежене. Згідно літературних джерел, додавання на 40% більше ізоціанатів до КФ смоли дозволяє виробляти фанеру з водостійкістю, яка є навіть кращою, ніж це передбачено у відповідних стандартних зв'язках для смоли меламіноформальдегідної [44]. Лей та ін. [45] стверджував протилежне, стверджуючи, що хоча додавання pMDI до смоли меламіно-карбамідо-фенолоформальдегідної (MUPF) значно підвищило водостійкість плити, це загалом не вплинуло на механічні властивості. Ці дослідники показали, що коли смоли полімерного ізоціанату додаються до смоли меламіно-карбамідо-фенолоформальдегідної при однаковій міцності на розрив стружкових плит лише 5%, після 2 годин кип'ятіння водостійкість зростає з 0,09 до 0,21 Н/мм².

Окрім перелічених використовується багато інших наповнювачів і модифікаторів, які в тій чи іншій мірі змінюють фізико-механічні та фізико-хімічні властивості клеїв і готової продукції. Більша частина досліджень з модифікування і наповнення клеїв спрямована на зниження токсичності.

1.4 Висновки і завдання досліджень

На основі проведеного аналізу літературних джерел можна зробити такі висновки:

1. Попит на фанерну продукцію впродовж останніх років залишається стабільно високим як у світі, так і в Україні. Тому виробництво фанери має перспективи.

2. Незважаючи на велику кількість клеїв, які застосовуються для виготовлення фанери, на даний час продовжується пошук клеїв, які б

задовільняли зростаючі вимоги до якості та екологічності фанери. Найбільше наукових робіт здійснюється в напрямку модифікування клейових композицій.

3. Використовується багато наповнювачів і модифікаторів, які в тій чи іншій мірі змінюють фізико-механічні та фізико-хімічні властивості клеїв і готової продукції. Більша частина досліджень з модифікування і наповнення клеїв спрямована на зниження токсичності.

4. У сучасних малотоксичних смолах через малий вміст формальдегіду недостатньо внутрішніх ресурсів для повної реакції поліконденсації. Через це зменшується міцність і водостікість клейового з'єднання. Тому такі смоли необхідно модифікувати.

Виходячи з результатів аналізу стану питання, в даній роботі необхідно вирішити наступні завдання:

- використати для модифікування клею модифікувальну добавку ТМ «Аквакол ТРС»;
- дослідити міцність фанери на зріз з модифікатором клею ТМ «Аквакол ТРС».

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали та реактиви

Для виготовлення фанери використовувалися наступні матеріали:

- луцений шпон породи береза (300×300×1,55 мм), вологістю $6^{\pm 2}$ %;
- карбамідоформальдегідна смола КФ-МТ-15;
- модифікатор ТМ «Аквакол ТРС»;
- затверджувач – 20 % NH_4Cl ;
- дистильована вода;

Для склеювання листів шпону використовували карбамідоформальдегідний клей (КФ-МТ), який готували за рецептом виробника. Фізико-хімічні властивості КФ-МТ смоли наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізико-хімічні властивості смоли КФ-МТ

	Властивості	Показники згідно ТУ У24.1-32358806-005:2009	Фактичні показники
1	Зовнішній вигляд	Однорідна суспензія від білого до світло-жовтого кольору без сторонніх механічних включень	
2	Концентрація, %	66±2	67
3	Умовна в'язкість за 20 °С, за ВЗ-246, с	80–100	110
4	Вміст формальдегіду, %	0,15	0,133
5	Водневий показник, рН	7,5–8,5	8,0
6	Час твердіння за 100 °С, с	45–65	49

Модифікували смолу КФ-МТ модифікатором ТМ «Аквакол ТРС» Фізико-хімічні властивості модифікатора ТМ «Аквакол ТРС» наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Фізико-хімічні властивості модифікатора ТМ «Аквакол ТРС»

№ з/п	Властивості	Показники
1	Зовнішній вигляд	Однорідна суспензія коричневого кольору без сторонніх механічних включень
2	Вміст твердих речовин, % (за 105°C)	19,6
3	Значення рН	11,3
4	В'язкість за Брукфільдом (5/20/23°C), сР	2800

2.2 Лабораторний посуд, вимірювальні прилади, та обладнання

У процесі експериментальних досліджень було використане таке обладнання:

- лабораторний термометр з похибкою не більше 1 °С;
- круглодонна колба (об'єм 250 см³);
- пробірки;
- лінійка металева;
- штангенциркуль;
- мікрометр для визначення товщини шпону;
- вологомір HMB-WS1;
- вага електронна AD 2000 (точність вимірювання 0,01 г);
- лабораторний гідравлічний прес фірми "Хомко";
- лабораторна випробувальна машина на зріз РМ – 05 (ГОСТ 28840);
- лабораторна випробувальна машина на згин та модуль пружності ВР55НV;
- сушильна шафа SNOL 67/350;
- круглопилковий верстат;
- ексикатор;
- фільтрувальний папір;
- персональний комп'ютер для проведення статистичної обробки даних.

2.3 Методика виготовлення фанери

Експериментальні дослідження виконувалися на лабораторному обладнанні у лабораторії кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу НЛТУ України (м. Львів).

Виготовляли фанеру склеєну КФ-МТ клеєм за наступною послідовністю: приготування клею, нанесення клею на поверхню шпону, формування пакетів шпону, гаряче пресування пакетів шпону, кондиціонування фанери та розкрій фанери на зразки.

Фанера виготовлялася з немодифікованим клеєм (контрольна) та з заміною 5, 10, 20 і 30% КФ-МТ смоли на модифікатор ТМ «Аквакол ТРС».

Вміст затверджувача 20% хлористого амонію становив 5% від маси абсолютно сухої смоли.

Виготовляли тришарову фанеру. Листи березового шпону відбиралися без видимих вад і дефектів і вкладалися в пакет із взаємно перпендикулярним напрямком волокон деревини у суміжних шарах. Під час формування пакета клей наносився на шпон вручну за допомогою щітки (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Нанесення клею на поверхню шпону

Сформовані пакети шпону піддавалися гарячому пресуванню в гідравлічному пресі марки "Хомко" (рис. 2.2) за режимними параметрами наведеними в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Режимні параметри виготовлення фанери

Вид клею	Порода деревини	Умови виробництва фанери			Час пресування, хв
		витрата клею, г/м ²	Температура пресування, °С	Тиск пресування, МПа	
КФ-МТ	береза,	120	120	1,8	5,5



Рис. 2.2 - Лабораторний прес "Хомко".

Після завершення гарячого пресування, фанеру кондиціонували 7 діб ($T=20\pm 2$ °C, $W=65\pm 5$ %). З кожного листа фанери вирізали взірці для визначення щільності, вологості, водопоглинання та набрякання після витримки у воді впродовж 24 год, межі міцності на зріз. (рис. 2.3). Також контролювалася товщина та спресування фанери.



Рис. 2.3 - Робочий момент вирізання взірців фанери для випробування на фізико-механічні властивості

Одержані взірці фанери нумерувались і випробовувались. Перед початком випробування визначалися товщина фанери.

2.4. Методика визначення властивостей фанери

Фізико-механічні властивості фанери – щільність, вологість, водопоглинання і набрякання за товщиною після витримки у воді впродовж 24 год, міцність на зріз визначали відповідно до стандартів EN 323, EN 310, EN 314-1, EN 314-2, EN 315, EN 317, EN 322 [46-52].

Для визначення міцності на зріз із зразків фанери розміром 300×300 мм вирізали взірці розміром 120×25×S (S – товщина фанери) згідно рис. 2.4.



Рис. 2.4. Зразок для випробувань міцності фанери на зріз згідно EN 314-1.

Кожен взірець для випробування нарізали таким чином, щоб напрямок волокон шару, що знаходиться між обома швами, проходив поперек довжини взірця. Довжину і ширину площі зрізу взірців фанери вимірювали з точністю до 0,1 мм до занурення їх у воду. Навантаження на взірець подавалось з постійною швидкістю, так, щоб взірець руйнувався через 30 ± 10 с. Силу руйнування взірця визначали із точністю до 1 Н.

Випробування фанери на зріз здійснювали у сухому стані та після замочування у воді за кімнатної температури 20 ± 2 °С упродовж 24 год.

Замочені взірці фанери виймали з води, просушували і випробовували на випробувальній машині РМ-05 (рис. 2.5) [48, 49].

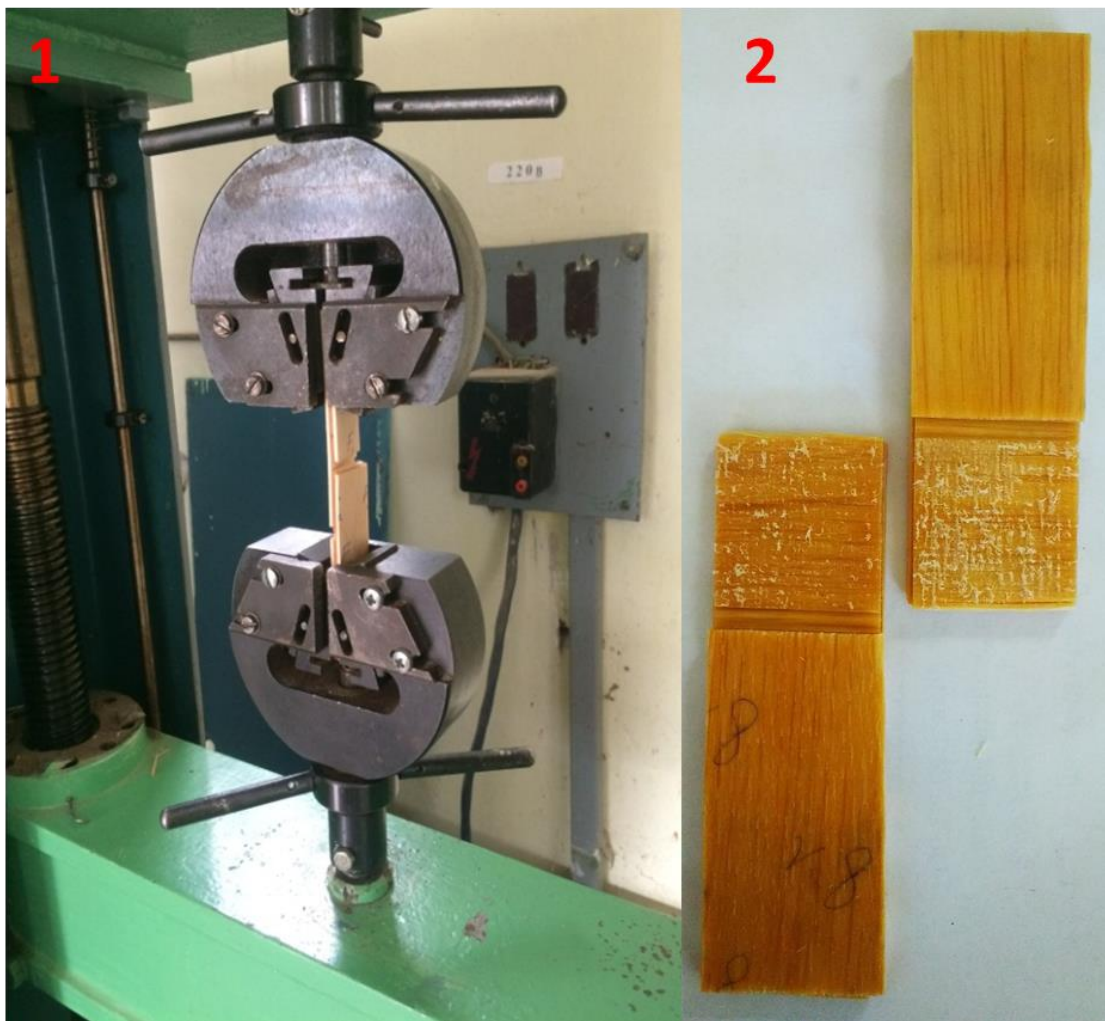


Рис. 2.5 – Робочий момент визначення міцності фанери на зріз:
1 – зразок фанери в момент випробування; 2 – зразок фанери після
випробування.

Всі дослідження виконувалися за кімнатної температури 20 ± 2 °C і відносної вологості повітря 65 %.

Міцність взірців фанери на зріз f_v (МПа) обчислювали за формулою:

$$f_v = \frac{F}{l \cdot b}, \quad (2.1)$$

де f_v – сила руйнування взірця, Н;

l, b – довжина та ширина площі сколювання взірця, мм.

Після завершення випробування фанери на зріз визначали ступінь її руйнування згідно EN 314-1. Оцінювали ступінь руйнування взірця по деревині або по клейовому шву у місці зрізу. Якщо руйнування проходило поза даною зоною площі зрізу або ж за 50 %-ним руйнуванням фанери по зовнішніх шарах, тоді одержаний результат випробувань виключався з вибірки.

2.5. Статистична обробка результатів досліджень

Після завершення серії досліджень проводилася попередня математично-статистична обробка отриманих експериментальних даних з метою прискорення розрахунків і попередження помилок. Результати експериментальних досліджень розглядалися як статистична сукупність випадкових величин. Для первинної обробки експериментальних даних вибірки потрібні такі основні статистичні параметри: середнє арифметичне значення \bar{y} ; вибіркова дисперсія S^2 ; середнє квадратичне відхилення S ; коефіцієнт варіації V ; середня похибка значення S_y ; показник точності дослідів P [53].

Середнє арифметичне значення

Середнє арифметичне значення розраховується за формулою:

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^k y_i \cdot m_i, \quad (2.2)$$

де N – кількість спостережень;

k – кількість інтервалів;

$$k = 1 + 3,2 \cdot \lg N \quad (2.3)$$

y_i – середнє значення в кожному інтервалі;

$$y_i = (y_{in} + y_{iv}) / 2 \quad (2.4)$$

y_{in} , y_{iv} – відповідно, значення нижньої і верхньої меж i – ого інтервалу;

m_i – частота в i – ому інтервалі.

Вибіркова дисперсія

Вибіркова дисперсія (варіація спостережень) – величина, яка характеризує змінність значень у вибірці, і визначається за формулою:

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^k m_i \cdot (y_i - \bar{y})^2 \quad (2.5)$$

Середнє квадратичне відхилення

Середнє квадратичне відхилення визначається за формулою:

$$S = \sqrt{S^2} \quad (2.6)$$

Коефіцієнт варіації

Цей коефіцієнт є оцінкою змінності значень вибірки або відносною похибкою характеристики, і його величина визначається за формулою:

$$V = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (2.7)$$

Середня похибка значень

Визначивши середнє арифметичне для певної властивості, не можна впевнено сказати, що отриманий нами результат точно характеризує середню величину властивості у всіх інших випадках, що не досліджувались нами. Середньоквадратичну похибку середнього значення визначали за формулою:

$$S_y = \pm \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (2.8)$$

Показник точності дослідю

Подібно до коефіцієнта варіації середня похибка може бути виражена у відсотках до відповідного середнього арифметичного. Отримана величина називається показником точності дослідю:

$$P = \frac{S_y}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (2.9)$$

Показник точності вказує на надійність одержаних результатів досліджень. Чим менший показник, тим точніші результати досліджень. При вивченні фізико-механічних властивостей деревини прийнято, що показник точності не має перевищувати 5 %.

Після проведеного математично-статистичного аналізу експериментальних даних, виконували аналіз впливу модифікатора ТМ «Аквакол ТРС» на фізико-механічні властивості фанери за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA), який виконувався за допомогою програми SPSS версії 22 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ФАНЕРИ НА ЗРІЗ ІЗ МОДИФІКАТОРОМ КЛЕЮ ТМ «АКВАКОЛ ТРС»

Механічні показники фанери визначають подальше її призначення. Основним механічним показником якості фанери, який характеризує якість клейового з'єднання є міцність фанери на зріз. Визначити міцність клейового з'єднання можна лише шляхом руйнування фанери до моменту досягнення і перевищення гранично допустимого навантаження.

3.1 Вплив вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» на міцність сухої фанери на зріз

Згідно отриманих результатів побудовано графічну залежність межі міцності сухої фанери на зріз від вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» (рис. 3.1).

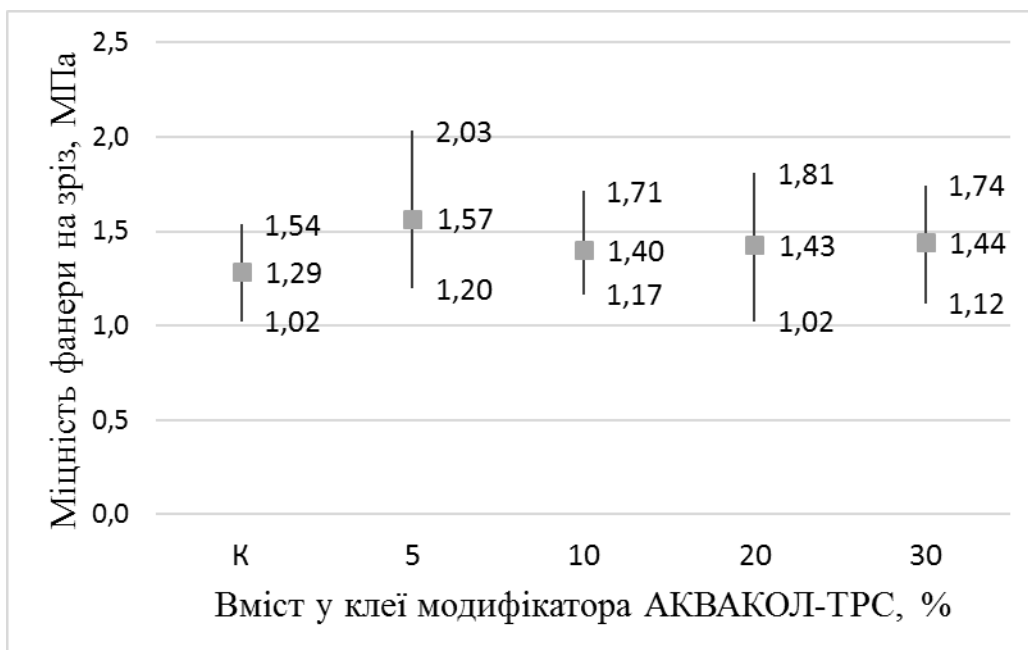


Рис. 3.1 – Вплив вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» на міцність сухої фанери на зріз

Встановлено, що часткова заміна клею КФ-МТ модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» позитивно впливає на межу міцності сухої фанери на зріз. Найменші значення межі міцності на зріз отримано в контрольних зразках – 1,29 МПа. Значення цього показника у зразках фанери склесених модифікованим клеєм КФ-МТ є більшими. Однак межа міцності фанери на зріз із збільшенням вмісту модифікатора в клеї зростає непрямолінійно. Найбільші значення межі міцності на зріз мали зразки фанери з 5% вмістом модифікатора – 1,57 МПа. Подальше збільшення вмісту модифікатора в клеї зменшують межу міцності фанери на зріз. За вмісту модифікатора 10%, 20% і 30% межа міцності фанери на зріз становила 1,40 МПа, 1,43 МПа і 1,44 МПа відповідно. Всі досліджувані зразки відповідали вимогам стандарту EN 314-2 ($\sigma_{зр} > 1,0$ МПа).

Отже, доцільним є 5% заміна смоли КФ-МТ модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС».

3.2 Вплив вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» на міцність фанери на зріз після 24 год вимочування у воді

Графічна залежність впливу вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» на міцність фанери на зріз після 24 год вимочування у воді представлена на рис. 3.2.

Заміна клею КФ-МТ модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» негативно впливає на межу міцності фанери на зріз після 24 год її вимочування у воді. Однак міцність зразків на зріз після вимочування у воді зростає порівняно з міцністю сухих зразків (рис. 3.1 і рис. 3.2). Це зростання становить 165%, а саме з 1,29 МПа до 2,14 МПа в контрольних зразках. Імовірно витримка сухих зразків перед випробуванням, яка тривала 24 год, була недостатньою й затвердіння клею в готових зразках ще тривало.

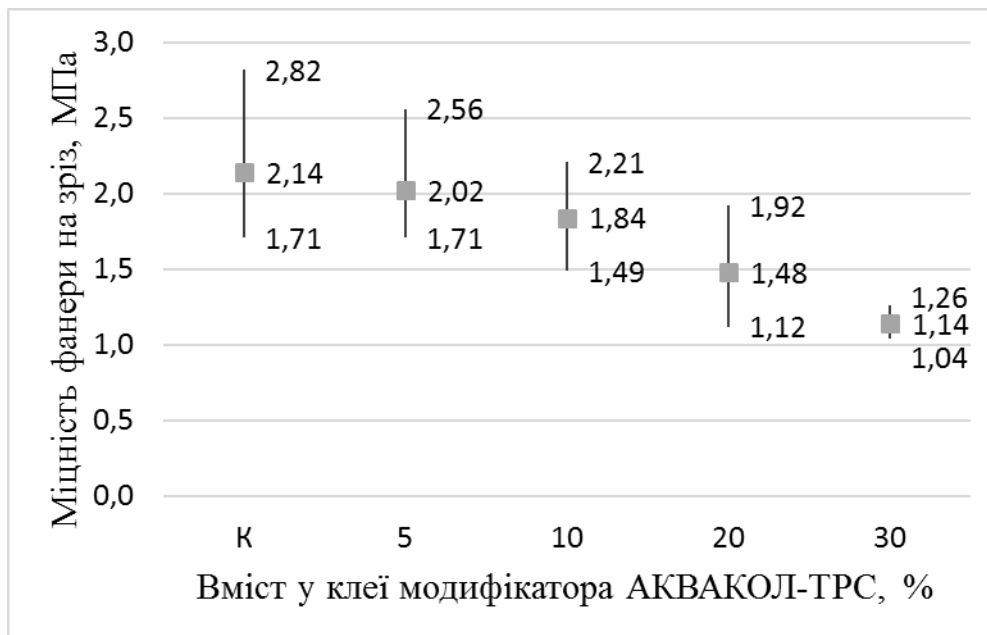


Рис. 3.2 – Вплив вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» на міцність фанери на зріз після 24 год вимочування у воді

Зі збільшенням вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» у клеї від 5% до 30 % межа міцності фанери на зріз після 24 год витримки у воді зменшилася з 2,02 МПа до 1,14 МПа, або на 43,5%. Порівняно з контрольним зразком зменшення цього показника становить 46,7%, або з 2,14 МПа до 1,14 МПа. Однак всі досліджувані зразки відповідають вимогам стандарту EN 314-2 ($\sigma_{зр} > 1,0$ МПа).

3.3 Вплив вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» на відносну міцність фанери на зріз

Для порівняння показників міцності на зріз сухої фанери та після 24 год витримки у воді всі середні експериментальні значення були переведенні у відносні одиниці відносно значень міцності на зріз контрольних зразків. Результати відносних значень міцності фанери на зріз наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Відносна міцність березової фанери на зріз за відсоткового вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» у клеї

№ з/п	Зразки фанери	Контроль	Кількість модифікатора в клеї, %			
			5	10	20	30
1	Сухі	1	1,22	1,09	1,11	1,12
2	Після 24 год витримки у воді	1	0,94	0,86	0,69	0,53

Встановлено, що заміна клею модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» збільшує міцність сухої фанери на зріз і зменшує цей показник після 24 год витримки у воді. Фанера з модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» за сухих умов випробування має вищі значення міцності на зріз, ніж фанера без цього модифікатора. Це вказує на те, що застосування цього модифікатора можливе для фанери марки ФК.

Зменшення відносної міцності березової фанери на зріз після 24 год витримки у воді за кількості модифікатора 5% становить всього 6%, що дозволяє застосувати модифікатор ТМ «АКВАКОЛ ТРС» у виробництві фанери ФК.

3.4. Висновки

1. Часткова заміна клею КФ-МТ модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» позитивно впливає на межу міцності сухої фанери на зріз. За вмісту модифікатора 5%, 10%, 20% і 30% межа міцності фанери на зріз становила 1,57 МПа, 1,40 МПа, 1,43 МПа і 1,44 МПа відповідно. Доцільним є 5% заміна смоли КФ-МТ модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС».

2. Заміна клею КФ-МТ модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» негативно впливає на межу міцності фанери на зріз після 24 год її вимочування у воді. Зі збільшенням вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» у клеї від 5% до 30 % межа міцності фанери на зріз після 24 год витримки у воді зменшилася з 2,02 МПа до 1,14 МПа, або на 43,5%.

Порівняно з контрольним зразком зменшення цього показника становить 46,7%, або з 2,14 МПа до 1,14 МПа. Однак всі досліджувані зразки відповідають вимогам стандарту EN 314-2 ($\sigma_{зр} > 1,0$ МПа).

3. Фанера з модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» за сухих умов випробування має вищі значення міцності на зріз, ніж фанера без цього модифікатора, а у фанери після 24 год витримки у воді міцність на зріз зменшується в'ого на 6%. Це вказує на те, що застосування цього модифікатора можливе для фанери марки ФК.

ВИСНОВКИ

Проведені експериментальні дослідження властивостей фанери з модифікатором клею ТМ «Аквакол ТРС» дозволили зробити такі висновки:

1. Попит на фанерну продукцію впродовж останніх років залишається стабільно високим як у світі, так і в Україні. Тому виробництво фанери має перспективи.

2. Незважаючи на велику кількість клеїв, які застосовуються для виготовлення фанери, на даний час продовжується пошук клеїв, які б задовільняли зростаючі вимоги до якості та екологічності фанери. Найбільше наукових робіт здійснюється в напрямку модифікування клейових композицій.

3. Використовується багато наповнювачів і модифікаторів, які в тій чи іншій мірі змінюють фізико-механічні та фізико-хімічні властивості клеїв і готової продукції. Однак міцність фанери на зріз є визначальним параметром для встановлення адгезійного і когезійного зв'язків фанери з експериментальною клейовою композицією.

4. Часткова заміна клею КФ-МТ модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» позитивно впливає на межу міцності сухої фанери на зріз. За вмісту модифікатора 5%, 10%, 20% і 30% межа міцності фанери на зріз становила 1,57 МПа, 1,40 МПа, 1,43 МПа і 1,44 МПа відповідно. Доцільним є 5% заміна смоли КФ-МТ модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС».

5. Заміна клею КФ-МТ модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» негативно впливає на межу міцності фанери на зріз після 24 год її вимочування у воді. Зі збільшенням вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» у клеї від 5% до 30 % межа міцності фанери на зріз після 24 год витримки у воді зменшилася з 2,02 МПа до 1,14 МПа, або на 43,5%. Порівняно з контрольним зразком зменшення цього показника становить

46,7%, або з 2,14 МПа до 1,14 МПа. Однак всі досліджувані зразки відповідають вимогам стандарту EN 314-2 ($\sigma_{зр} > 1,0$ МПа).

б. Фанера з модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» за сухих умов випробування має вищі значення міцності на зріз, ніж фанера без цього модифікатора, а у фанери після 24 год витримки у воді міцність на зріз зменшується всього на 6%. Це вказує на те, що застосування цього модифікатора можливе для фанери марки ФК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бехта П.А. Виробництво фанери: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / П.А. Бехта. – К.: Основа, 2003. – 320 с.
2. Rowell R.M. Handbook of wood chemistry and wood composites / R.M. Rowell. – Boca Raton: CRC Press, 2005. – 487 p.
3. Yearbook of Forest Products 2022. FAO. 2020. URL: <https://www.fao.org/3/cc3475m/cc3475m.pdf> (дата звернення 20.11.2024)
4. Yearbook of Forest Products 2020. FAO. 2018. URL: <https://www.fao.org/3/cb0513m/CB0513M.pdf> (дата звернення 20.11.2024).
5. Світові тренди: найпопулярніші ринки імпорту фанери у 2023 році. *Вісник лісової промисловості*. URL: <https://bulletin.com.ua/europa/svitovi-trendy-najpopulyarnishi-rynky-importu-fanery-u-2023-goczi/> (дата звернення 20.11.2024).
6. Виробництво окремих видів промислової продукції (2011–2020 рр.). Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 20.11.2024).
7. Pizzi A., Mittal K. L. Handbook of adhesive technology: 2 edition, revised and expanded. New York: U.S.A., 2003. 999 p.
8. Бехта П.А. Технологія деревинних композиційних матеріалів: Підручник. Київ: Основа, 2003. 336 с.
9. Vick C.B. Adhesive bonding of wood materials. Chapter 9. Wood handbook - wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 1999. P. 9-1–9-24.
10. Beaud F., Niemz P., Pizzi A. Structure–property relationships in one component polyurethane adhesives for wood: Sensitivity to low moisture content. Journal of Applied Polymer Science. 2006. Vol. 101. P. 4181–4192. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.24334>.

11. Clemons C., Young R.A., Rowell R.M. Moisture sorption properties of composite boards from esterified aspen fiber. *Wood and Fiber Science*. 1992. Vol. 24, №3. P. 353–363.

Sorensen R., & Ky L. Dry film gluing in plywood manufacture. The American Society of Mechanical Engineers. 1933. P. 37–48.

12. Borysiuk P., Dziurka D., Jablonski M., Zabo A., Zbiec M. Layered insulation boards. *Annals of Warsaw Agricultural University, Forestry and Wood Technology*. 2006. Vol. 58. P. 79–82.

13. Borysiuk P., Nowak K. Selected properties of coatings from PE and PP created on plywood. *Annals of Warsaw Agricultural University, Forestry and Wood Technology*. 2006. Vol. 58. P. 86–90.

14. Borysiuk P., Jaroslaw O. The influence of accelerated ageing on properties of coatings from thermoplastics created on the surface of plywood. *Annals of Warsaw Agricultural University, Forestry and Wood Technology*. 2006. Vol. 58. P. 91–94.

15. Borysiuk P. Die Festigkeit thermoplastgebundenen Sperrholzes. *Annals of Warsaw Agricultural University, Forestry and Wood Technology*. 2004. Vol. 55. P. 67–71.

16. Javor Pivka D.D. IsoPLYform. Construction boards for formwork. Slovenia. URL: <http://www.ovwbv.nl/downloads/Isoplyform.pdf>. (Last accessed: 25.10.2023).

17. Kuusipalo J. Plastic coating of plywood using extrusion technique. *Silva Fennica*. 2001. Vol. 35, №1. P. 103–110.

18. Roger M. Rowell, Graig M. Clemons. Chemical modification of wood fiber for thermoplasticity, compatibilization with plastics, and dimensional stability. In: Maloney, Thomas M., ed. *Proceeding of 26 th International particleboard/composite materials symposium (Pullman, WA, 7–9 April 1992)*. Washington State University. 1992. P. 251–259.

19. Huang J. Li K. A new soy flour-based adhesive for making interior type II plywood. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2008. Vol. 85. P. 63–70. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-007-1162-1>.
20. Kishi H., Fujita A., Miyazaki H., Matsuda S., Murakami A. Synthesis of wood-based epoxy resins and their mechanical and adhesive properties. *Journal of Applied Polymer Science*. 2006. Vol. 102. P. 85–92.
21. Mittal M., & Sharma C.B. Studies on lignin-based adhesives for plywood panels. *Polymer International*. 1992. Vol. 29, №1. P. 7–8.
22. Sowunmi S., Ebewe R.O., Conner A.H., River B.H. Fortified mangrove tannin- based plywood adhesive. *Journal of Applied Polymer Science*. 1996. Vol. 62. P. 577–584.
23. Tohmura S.I., Li G.Y., Qin T.F. Preparation and characterization of wood polyalcohol-based isocyanate adhesives. *Journal of Applied Polymer Science*. 2005. Vol. 98. P. 791–795.
24. Umemura K., Takahashi A., Kawal S. Durability of isocyanate resin adhesives for wood. II. Effect of the addition of several polyols on the thermal properties. *Journal of Applied Polymer Science*. 1999. Vol. 74. P. 7–14.
25. Hu Y., Nakao T., Nakai T., Gu J., Wang F. Vibrational properties of wood plastic plywood. *Journal of Wood Science*. 2005. Vol. 51, №1. P. 13–17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10086-003-0624-9>.
26. Liu Y.J., Li K. Development and characterization of adhesives from soy protein for bonding wood. *International Journal of Adhesion & Adhesives*. 2007. Vol. 27, №1. P. 59–67.
27. Малахова О.С., Рондяк І.І. Екологічно чисті клеї у виробництві фанери. Тези доповідей учасників конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і аспірантів та 64-ї студентської наукової конференції: тези конф., березень 2010 р. Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2010. С. 174.

28. Кусняк І.І. Перспективи застосування термопластичних клеїв у виробництві деревинних композитів. Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку: Матеріали IV міжн. наук.-практ. конф., 28 березня 2019 р. Малин: Малинський лісотехнічний коледж, 2019. С. 312–314.

29. Чернецький О.М., Кусняк І.І. Застосування термопластичних полімерів у виробництві фанери. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: Матеріали XI міжнар. наук.-практ. конф., 26 – 27 травня 2021 р. Чернігів: Національний університет „Чернігівська політехніка”, 2021. Т1. С. 167.

30. Бехта П.А. Салабай Р.Г. Класифікація деревинних композиційних матеріалів. Науковий збірник Лісівничої академії наук України “Наукові праці”. Вип. 1. 2002. С. 114-117.

31. Суберляк О.В., Яковенко Т.Т., Бабаханова Т.Г., Тхір І.Г. Атлас технологічних схем виробництва полімерів пластичних мас на їх основі: навч. посіб. Львів: Нац. ун-т "Львів. Політехніка", 2002. 239 с.

32. Михайлівська Г.Є., Панов В.В. Клеї для склеювання деревини. Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2002. 179 с.

33. Салабай Р.Г. Вплив мінеральних наповнювачів на властивості клеїв / Р.Г. Салабай, І.І. Салабай // Збірка тез доповідей III Міжнародної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології. – К.: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, 2010. – С. 188.

34. Салдан Р.Й. Розроблення клейових композицій на основі карбамідоформальдегідної смоли для виготовлення малотоксичної фанери: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.06 / Салдан Роман Йосипович. – Львів, 2011. – 184 с.

35. Салабай І.І. Модифікування клеїв лігноцелюлозними відходами у виробництві деревинних композитів / І.І. Салабай // Збірка тез доповідей V Міжнародної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології. – К.: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, 2014. – С. 67.

36. Варанкина Г.С. Формирование низкотоксичных клееных древесных материалов: дис. ... докт. техн. наук: 05.21.05 / Варанкина Галина Степановна. – Санкт-Петербург, 2014. – 201 с.

37. Dermawan D., Kusnadi L.W., Lesmana J. Process modification involving strong-acid step in ureaformaldehyde resin preparation. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*. Vol. 16, № 2, 2020. P. 212-217.

38. Costa, N.A., Pereira, J., Ferra, J. Cruz, P., Martins, J., Magalhaes, F.D., Mendes, A. & Carvalho, L.H. Sodium metabisulphite as a scavenger of air pollutants for wood-based building materials, *International Wood Products Journal*, 4 (4), 2013. P. 242-247. DOI: 10.1179/2042645313Y.0000000037.

39. Gao, W., Du, G. & Kamdem, D.P. Influence of ammonium pentaborate (APB) on the performance of urea-formaldehyde (UF) adhesives for plywood, *The Journal of Adhesion*, 91 (3), 2015. P. 186–196. DOI: 10.1080/00218464.2013.874294.

40. Ghani, A., Bawon, P., Ashaari, Z., Wahab, M.W., Hua, L.S. Addition of propylamine as formaldehyde scavenger for urea formaldehyde-bonded particleboard, *Wood Research*, 62 (2), 2017. P. 329-334.

41. Valyova, M., Ivanova, Y. & Koynov, D. Investigation of free formaldehyde quantity in the production of plywood with modified ureaformaldehyde resin, *Wood, Design & Technology*, 6 (1), 2017. P. 72-77.

42. Duan, H., Qiu, T., Guo, L., Ye, J. & Li, X. The microcapsule-type formaldehyde scavenger: the preparation and the application in

ureaformaldehyde adhesives. *Journal of Hazardous Material*, 293, 2015. P. 46-53. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2015.03.037.

43. Zhong, R., Gu, J., Gao, Z., Tu, D. & Hu, C. Impacts of urea-formaldehyde resin residue on recycling and reconstitution of wood-based panels, *International Journal of Adhesion and Adhesives* 78, 2017. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2017.06.019.

44. Pizzi, A.; Valenzuela, J.; Westermeyer, C., 1993: Nonemulsifiable, water-based, mixed diisocyanate adhesive systems for exterior plywood. Part II.

45. Lei, H.; Pizzi, A.; Guanben, D., 2006: Coreacting PMUF/ isocyanate resins for wood panel adhesives. *Holz a. Rohu. Werkst.* 64(2): 117-120.

46. EN 323:1993. Wood-Based Panels–Determination of Density. [Published 1993-15-04]. Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization, 1993. 12 p.

47. EN 310: 1993. Wood-Based Panels–Determination of Modulus of Elasticity in Bending and of Bending Strength. [Published 1993-15-04]. Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization, 1993.14p.

48. EN 314-1: 2004. Plywood–Bonding Quality–Part 1: Test Methods. [Published 2006-01-16]. Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization, 2004. 24 p.

49. EN 314-2: 1993. Plywood–Bonding Quality–Part 2: Requirements. [Published 1993-15-04]. Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization, 1993. 12 p.

50. EN 315: 2000. Plywood. Tolerances for Dimensions. [Published 2000-15-09]. Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization, 2000. 8 p.

51. EN 317: 1993. Particleboards and Fibreboards. Determination of Swelling in Thickness after Immersion in Water. [Published 1993-15-04].

Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization, 1993. 12 p.

52. EN 322: 1993. Wood-based panels – Determination of moisture content. [Published 1993-15-04]. Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization, 1993. 10 p.

53. Пилипчук М.І., Григорєв А.С., Шостак В.В. Основи наукових досліджень. Київ: Знання, 2007. 270 с.

54. Pizzi, A. Wood products and green chemistry. *Annals of Forest Science* 73, 2016. 185-203.

55. Dunky, M. Urea-formaldehyde (UF) adhesive resins of wood, *International Journal of Adhesion and Adhesives* 18, 1998. 95-107, DOI: 10.1016/S0143-7496(97)00054-7.

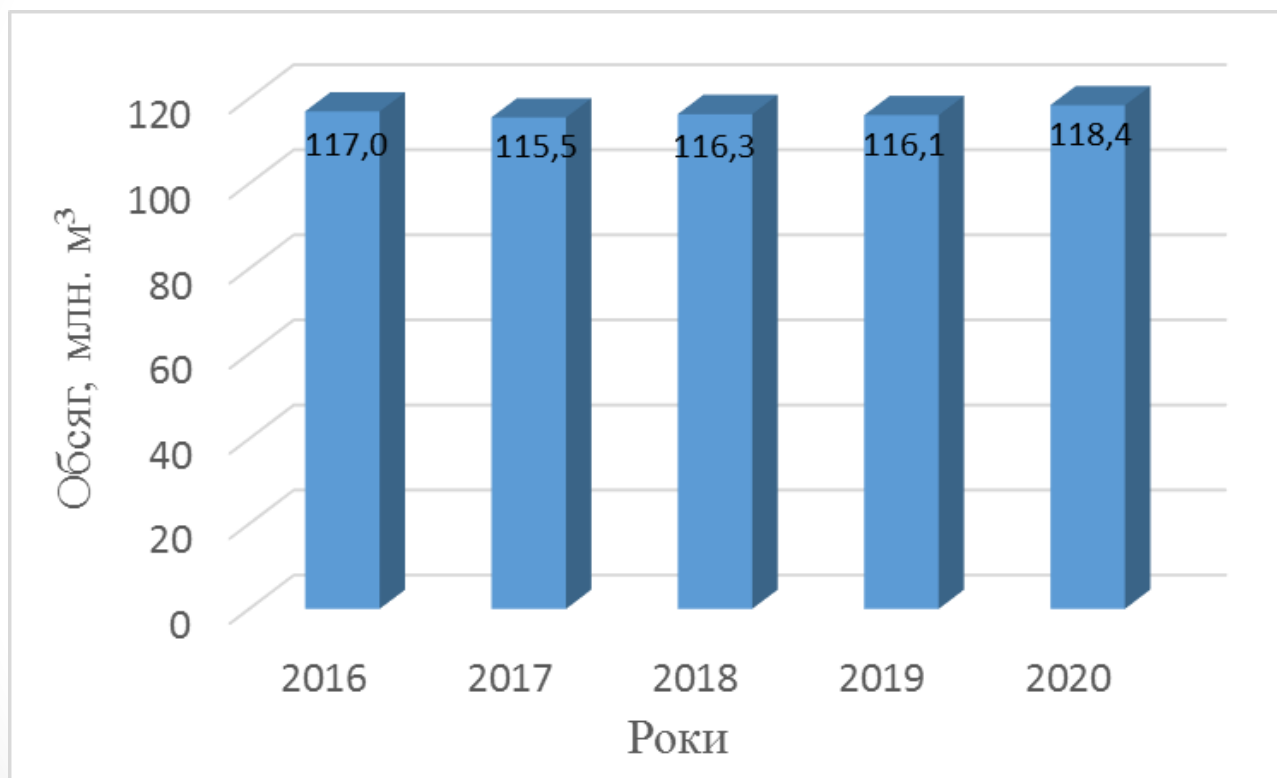
ДОДАТКИ

Магістерська робота
на тему:

Дослідження властивостей фанери з модифікатором клею ТМ «Аквакол ТРС»

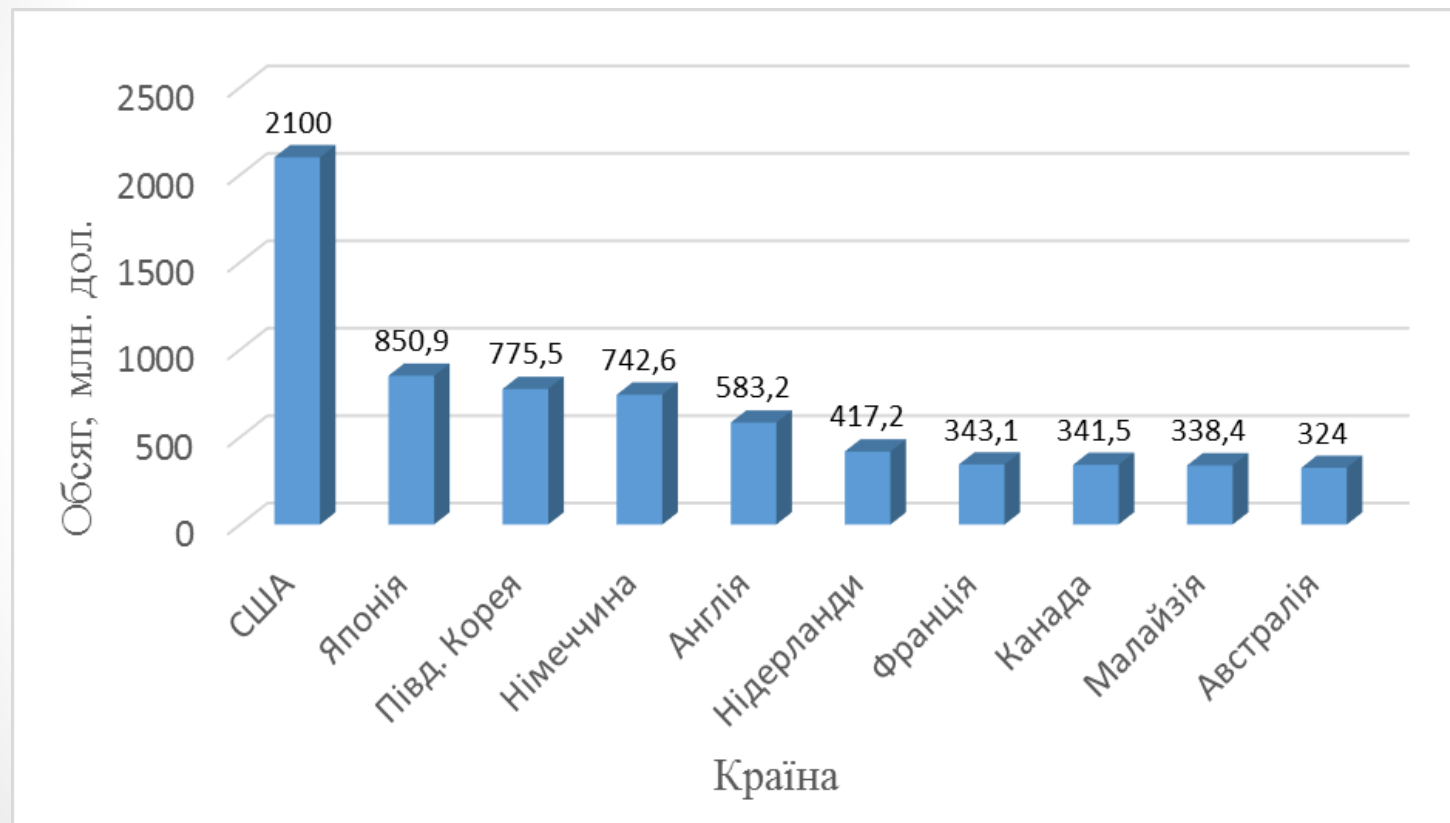
Виконав:
студент групи ТДКМ-61м
Писарчук Олег Зіновійович
Керівник:
докт. техн. наук, професор
Козак Руслан Олегович

Обсяги виробництва фанери в світі

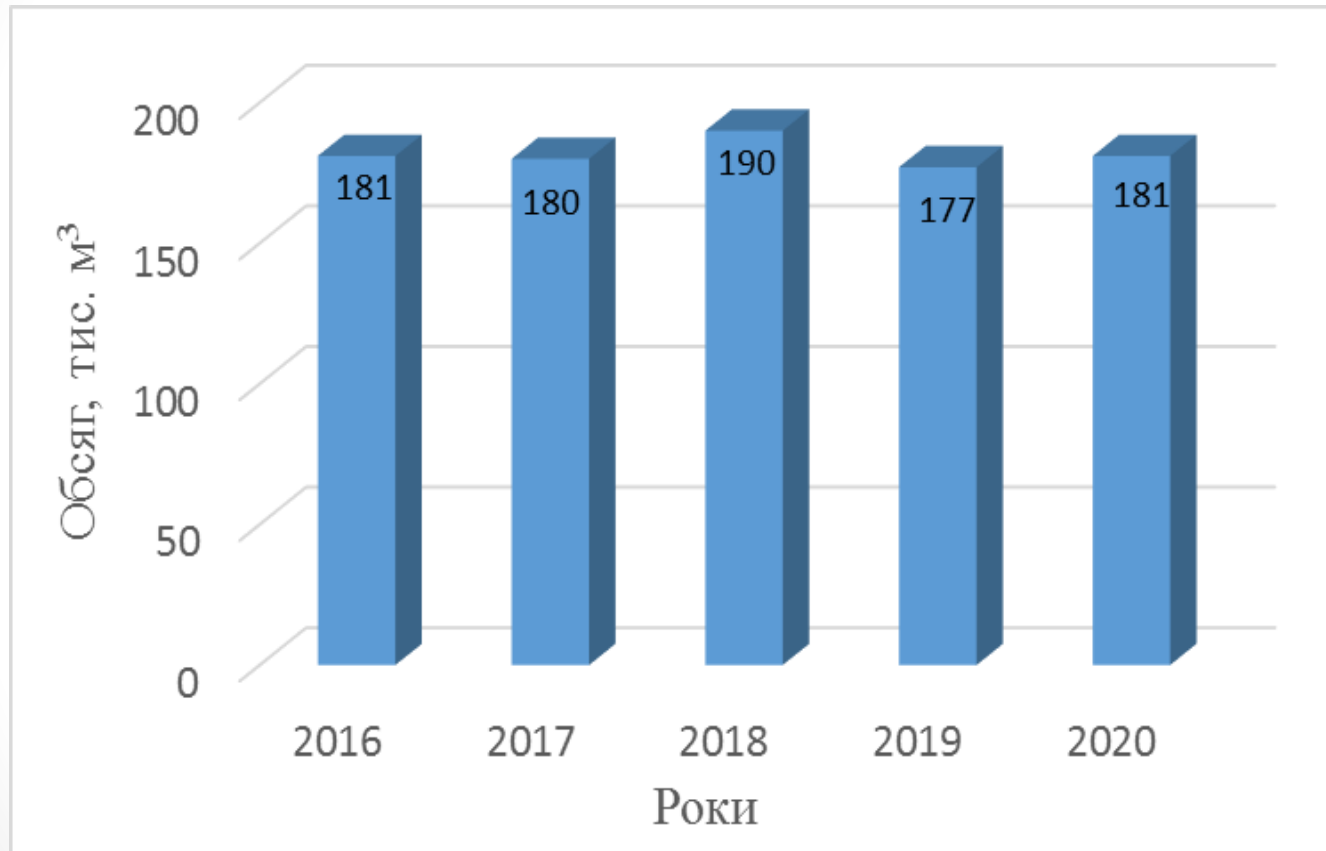


[2]

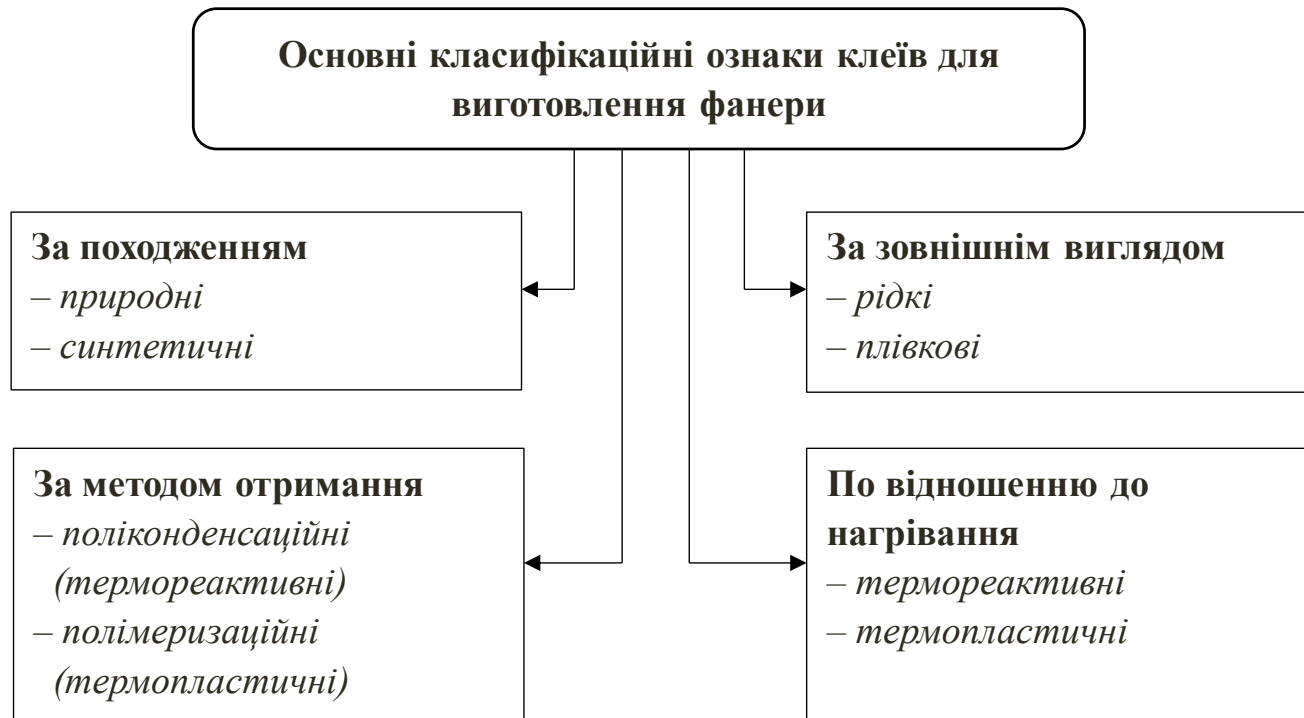
Обсяги імпорту фанери у 2023 році



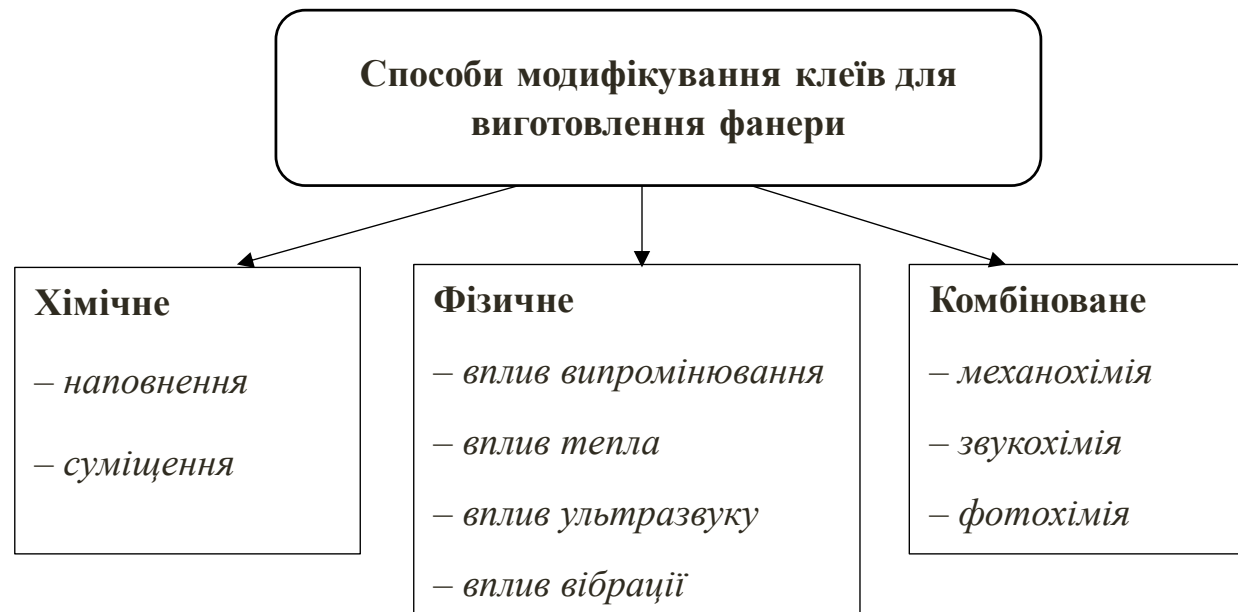
Обсяги виробництва фанери в Україні



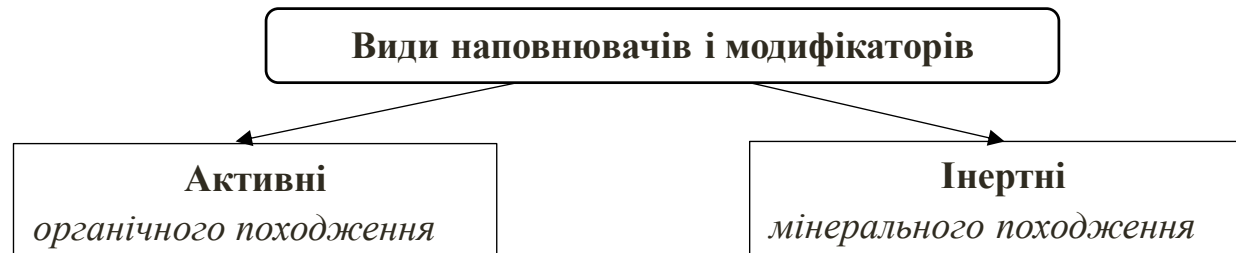
Основні класифікаційні ознаки клеїв для виготовлення фанери



Способи модифікування клеїв для виготовлення фанери



Види наповнювачів і модифікаторів



Здатні набрякати і вступати в хімічну взаємодію зі смолою. Покрашують клеючу здатність клеїв, зміцнюють клейовий шар, змінюють його властивості.

Застосовують:

крохмаль, борошно, пектол, карбамід, метабісульфіт натрію, пентаборат амонію, пропіламін, бікарбонат амонію, смоли полімерного ізоціанату та інші.

Нерозчинні і не взаємодіють зі смолою, не змінюють властивості клею тільки заповнюють об'єм. Впливають на затуплення різального інструменту під час обробки матеріалу. Послаблюють клейові зв'язки.

Застосовують:

каолін, гіпс, тальк

Актуальність роботи та завдання досліджень

1. Попит на фанерну продукцію впродовж останніх років залишається стабільно високим як у світі, так і в Україні. Тому виробництво фанери має перспективи.
2. Незважаючи на велику кількість клеїв, які застосовуються для виготовлення фанери, на даний час продовжується пошук клеїв, які б задовільняли зростаючі вимоги до якості та екологічності фанери. Найбільше наукових робіт здійснюється в напрямку модифікування клейових композицій.
3. Використовується багато наповнювачів і модифікаторів, які в тій чи іншій мірі змінюють фізико-механічні та фізико-хімічні властивості клеїв і готової продукції. Більша частина досліджень з модифікування і наповнення клеїв спрямована на зниження токсичності.
4. У сучасних малотоксичних смолах через малий вміст формальдегіду недостатньо внутрішніх ресурсів для повної реакції поліконденсації. Через це зменшується міцність і водостійкість клейового з'єднання. Тому такі смоли необхідно модифікувати.

Завдання досліджень:

- використати для модифікування клею модифікувальну добавку ТМ «Аквакол ТРС»;
- дослідити міцність фанери на зріз з модифікатором клею ТМ «Аквакол ТРС».

Фізико-хімічні властивості

смоли КФ-МТ

	Властивості	Показники згідно ТУ У24.1-32358806-005:2009	Фактичні показники
1	Зовнішній вигляд	Однорідна суспензія від білого до світло-жовтого кольору без сторонніх механічних включень	
2	Концентрація, %	66±2	67
3	Умовна в'язкість за 20 °С, за ВЗ-246, с	80–100	110
4	Вміст формальдегіду, %	0,15	0,133
5	Водневий показник, рН	7,5–8,5	8,0
6	Час твердіння за 100 °С, с	45–65	49

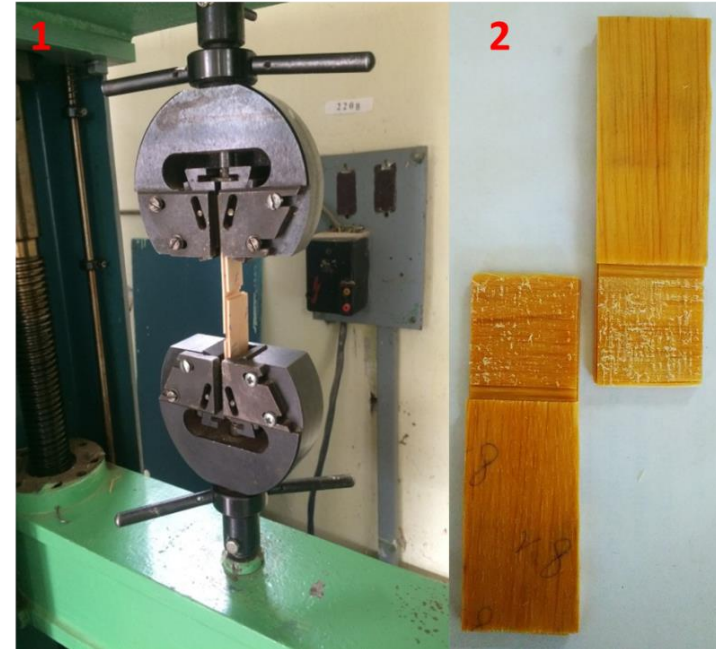
модифікатора ТМ «Аквакол ТРС»

№ з/п	Властивості	Показники
1	Зовнішній вигляд	Однорідна суспензія коричневого кольору без сторонніх механічних включень
2	Вміст твердих речовин, % (за 105°С)	19,6
3	Значення рН	11,3
4	В'язкість за Брукфільдом (5/20/23°С), сР	2800

Виготовлення і випробування фанери

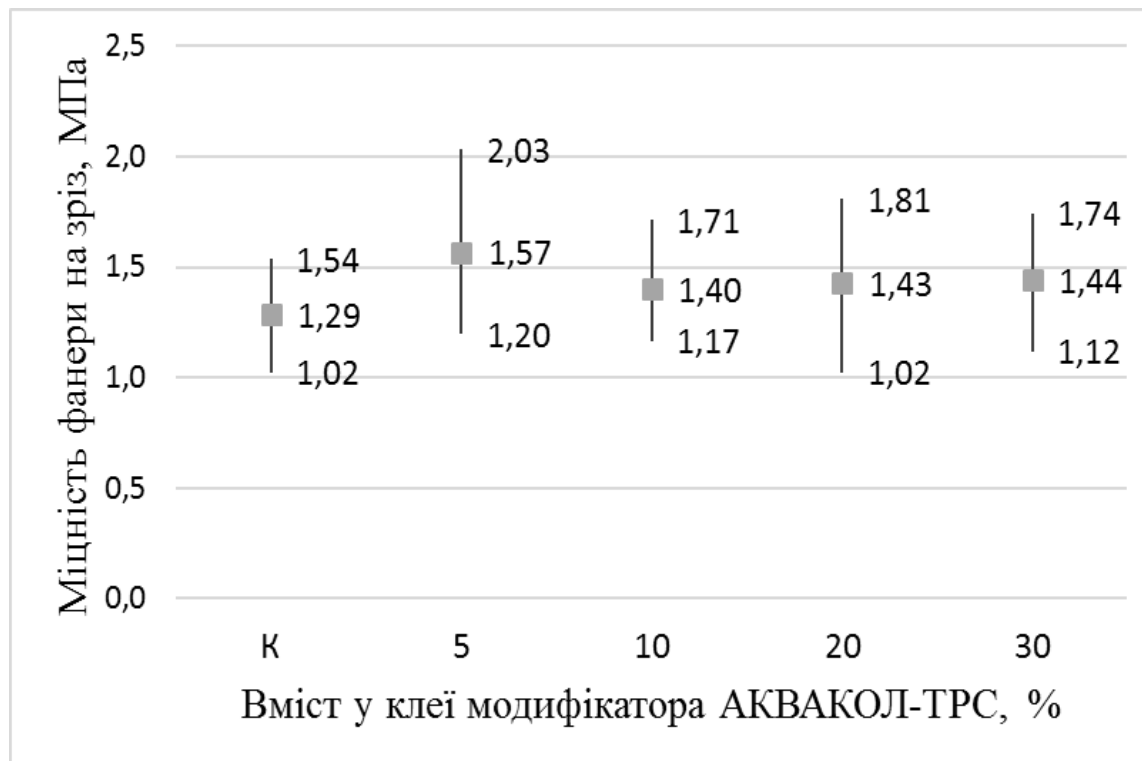
Умови виробництва фанери

Вид клею	Порода деревини	витрата клею, г/м ²	Температура пресування, °С	Тиск пресування, МПа	Час пресування, хв
КФ-МТ	береза,	120	120	1,8	5,5

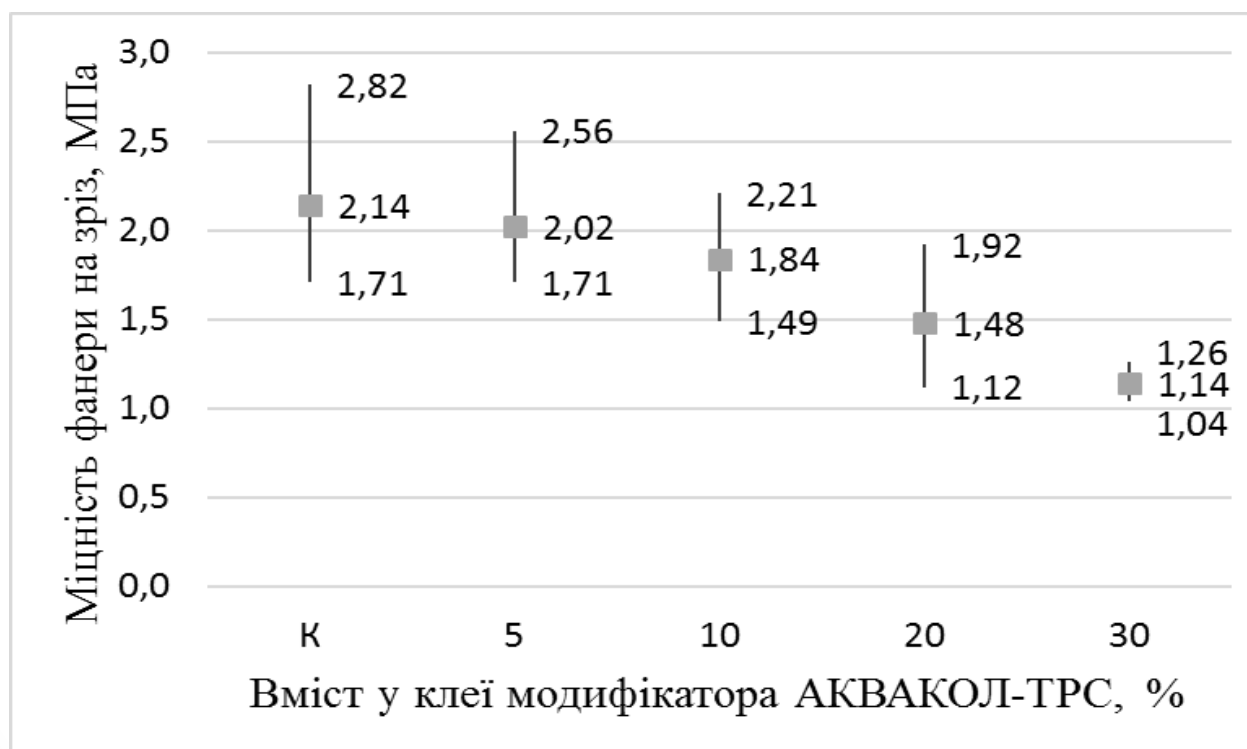


(10)

Вплив вмісту модифікатора ТМ «Аквакол ТРС» на міцність сухої фанери на зріз



Вплив вмісту модифікатора ТМ «Аквакол ТРС» на міцність фанери на зріз після 24 год вимочування у воді



Відносна міцність березової фанери на зріз за відсоткового вмісту модифікатора ТМ «Аквакол ТРС» у клеї

№ з/п	Зразки фанери	Контроль	Кількість модифікатора в клеї, %			
			5	10	20	30
1	Сухі	1	1,22	1,09	1,11	1,12
2	Після 24 год витримки у воді	1	0,94	0,86	0,69	0,53

Висновки

1. Попит на фанерну продукцію впродовж останніх років залишається стабільно високим як у світі, так і в Україні. Тому виробництво фанери має перспективи.
2. Незважаючи на велику кількість клеїв, які застосовуються для виготовлення фанери, на даний час продовжується пошук клеїв, які б задовільняли зростаючі вимоги до якості та екологічності фанери. Найбільше наукових робіт здійснюється в напрямку модифікування клейових композицій.
3. Використовується багато наповнювачів і модифікаторів, які в тій чи іншій мірі змінюють фізико-механічні та фізико-хімічні властивості клеїв і готової продукції. Однак міцність фанери на зріз є визначальним параметром для встановлення адгезійного і когезійного зв'язків фанери з експериментальною клейовою композицією.
4. Часткова заміна клею КФ-МТ модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» позитивно впливає на межу міцності сухої фанери на зріз. За вмісту модифікатора 5%, 10%, 20% і 30% межа міцності фанери на зріз становила 1,57 МПа, 1,40 МПа, 1,43 МПа і 1,44 МПа відповідно. Доцільним є 5% заміна смоли КФ-МТ модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС».
5. Заміна клею КФ-МТ модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» негативно впливає на межу міцності фанери на зріз після 24 год її вимочування у воді. Зі збільшенням вмісту модифікатора ТМ «АКВАКОЛ ТРС» у клеї від 5% до 30 % межа міцності фанери на зріз після 24 год витримки у воді зменшилася з 2,02 МПа до 1,14 МПа, або на 43,5%. Порівняно з контрольним зразком зменшення цього показника становить 46,7%, або з 2,14 МПа до 1,14 МПа. Однак всі досліджувані зразки відповідають вимогам стандарту EN 314-2 ($\sigma_{зр} > 1,0$ МПа).
6. Фанера з модифікатором ТМ «АКВАКОЛ ТРС» за сухих умов випробування має вищі значення міцності на зріз, ніж фанера без цього модифікатора, а у фанери після 24 год витримки у воді міцність на зріз зменшується всього на 6%. Це вказує на те, що застосування цього модифікатора можливе для фанери марки ФК.

Дякую за увагу!

(15)

ВІДГУК

про магістерську роботу

студента групи ТДКМ-61м Писарчука Олега Зіновійовича

на тему: Дослідження властивостей фанери з модифікатором клею ТМ

«Аквакол ТРС»

У процесі виконання роботи Писарчук О. З. продемонстрував вміння працювати з науковою і спеціальною літературою, лабораторним обладнанням, комп'ютерним програмним забезпеченням, успішно розв'язувати поставлені перед ним завдання.

Студентом проаналізовано виробництво фанери в світі та Україні, описано клеї для виготовлення фанери та розглянуто шляхи модифікування клейових композицій для покращення їх властивостей. За аналізом літератури зроблені висновки та сформовано завдання досліджень.

Згідно завдань студентом розроблено методики експериментальних досліджень. Експериментально виготовлено зразки фанери з різним вмістом модифікатора в клеї та здійснено випробування отриманих зразків на міцність на зріз за стандартною методикою. Здійснено статистичну обробку експериментальних даних.

Результати експериментів відображені графічно і здійснено їх аналіз. На основі проведених досліджень зроблено узагальнюючі висновки.

Магістерська робота відповідає темі, є актуальною і заслуговує оцінки "відмінно", а студент Писарчук О. З. присвоєння йому кваліфікації "магістр з хімічних технологій та інженерії".

Керівник магістерської роботи

проф. Козак Р.О.