

**ВІДГУК**  
офіційного опонента  
на дисертацію **ЛОМАГИ Василя Васильовича**  
на тему: «**Вогнезахисне просочення деревини органо-неорганічними композиціями**»,  
подану на здобуття ступеня доктора філософії  
з галузі знань 18 «Виробництво та технології»  
та спеціальності 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Дисертацію В. В. Ломаги присвячено вирішенню актуальної науково-технічної проблеми зниження процесів руйнування деревини та підвищення довговічності дерев'яних будівельних виробів.

Робота складається з анотації вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 223 сторінок, які включають 37 таблиць, 45 рисунків і 6 додатків. Список використаних літературних джерел налічує 149 найменувань.

У **вступі** обґрунтовано стан проблеми та актуальність її вирішення, сформульовано мету роботи, завдання дослідження, відзначено наукову новизну, особистий внесок здобувача та практичне значення роботи.

У **першому розділі** приведено огляд літературних даних з дослідження властивостей та умов вогнезахисту деревини.

Представлено, що на сучасному етапі все ширше впроваджуються в будівництво природні матеріали – деревина, фанера, деревоволокнисті та деревостружкові плити, що характеризуються високими фізичними та технологічними властивостями, але здатні до термічного руйнування під час пожежі. Підвищення експлуатаційних характеристик цих матеріалів уможливорює вогнезахист неорганічними та органічними речовинами. В якості антипіренних композиційних складів найбільш перспективними є композиції бури і борної кислоти або кальцинованої соди та фосфорно-амонійні солі. Ця технологія передбачає введення вогнезахисних засобів шляхом нанесення водних розчинів на існуючі конструкції та їх поступового вимивання під час експлуатації. Враховуючи вищенаведене, встановлено що недостатньо вивчені особливості застосування засобів вогнезахисту та ефективні технології оброблення деревини, а також використання гідрофобізаторів нового покоління обґрунтовують дослідження в даній роботі в напрямі вибору технологічних параметрів отримання на їх основі високоефективних композитів, зокрема стійких від біокорозії та високотемпературного нагріву й підвищення довговічності.

**Другий розділ** присвячено процесам термічного руйнування та тепломасоперенесення вогнезахищеної деревини

Проведено моделювання процесу займання зразка деревини та встановлено параметри часу запалювання, що дає можливість впливати на цей процес. Доведено, що займання деревини полягає у створенні на поверхні деревини шару, який нагрівається до критичної

температури, коли починається інтенсивний розклад матеріалу з виділенням необхідної кількості горючих газів та їх займання. Проведено моделювання процесу передавання тепла деревиною при її захисту покриттям, визначено коефіцієнт теплопровідності та отримано залежності, що дозволяють одержувати зміну динаміки теплопередачі при спучуванні покриття. За отриманими залежностями розраховано коефіцієнт теплопровідності деревини, за рахунок утворення теплоізолювального шару пінококсу, який становить  $0,36 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

За розрахунковою схемою досліджено динаміку виходу водорозчинних антипіренів з шару антипірену при застосуванні поліуретанової оболонки. Визначено вплив оболонки на стійкість до дії води та отримано критеріальні співвідношення, що дозволяють розраховувати зміну антипіренів на поверхні деревини, тобто значення концентрації вимитих антипіренів при впливі води в часі. При цьому розраховано динаміку виходу антипіренів з вогнезахисного шару покриття, що не перевищує  $3,0 \%$  та підтверджується експериментально і відповідно забезпечує вогнезахист деревини.

У **третьому розділі** наведено характеристики компонентів вогнезахисної композиції, зроблено підбір органічних та неорганічних речовин і основні методи досліджень фізико-механічних властивостей отриманих матеріалів.

В результаті практичних та теоретичних досліджень отримано новий тип органо-неорганічних покриттів на основі органо-неорганічних композицій, який здатний утворювати на поверхні деревини спучений теплоізолювальний шар пінококсу та запобігати проникненню високої температури.

Обґрунтовано багатофакторний спосіб до визначення вогнестійких та експлуатаційних властивостей деревини вогнезахисної сумішшю органічних та неорганічних речовин. Руйнування та процеси, що ініціюють при експлуатації дерев'яних конструкцій, досліджували при моделюванні цих об'єктів у лабораторних умовах. Для дослідження опірності термічного руйнування використовували стандартизоване обладнання існуючої нормативно-технічної бази.

Використання загальновідомих методів статистичної обробки експериментальних даних посприяло зниженню затрат на отримання результатів досліджень. За допомогою трьох-факторного симплекс-центрального методу планування експерименту в математичному середовищі Statistica 12 і одночасного врахування декількох досліджуваних факторів проведено оптимізацію складових технологічного параметру, що забезпечують поліпшення фізико-хімічних, вогнестійких та теплофізичних властивостей.

**Четвертий розділ** присвячено результатам експериментального визначення експлуатаційних властивостей вогнезахисної деревини.

Виявлено механізм вогнезахисту деревини при застосуванні органо-неорганічної композиції, який полягає в зміні процесу термодеструкції деревини, зменшує кількість горючих газів, які флегматизуються великою кількістю азоту та діоксиду вуглецю, що відповідно

підтверджується результатами визначення індексу горючості та утворенні на поверхні деревини спученого шару пінококсу. При цьому збільшується залишок деревини при термогравітичному аналізі майже в 3 рази, а енергія активації розкладу деревини збільшується в понад 2,3 рази.

Розроблено багатофакторний метод оцінювання експлуатаційних показників, зокрема, вимивання, гігроскопічність, корозійна дія на метали, та вогнестійких властивостей за показниками горючості, поширення полум'я та димоутворювальної здатності. Результати визначення властивостей захищеної від вогню деревини показали, що оброблені матеріали з деревини при застосуванні гідрофобізатора відносяться до атмосферостійких та важкогорючих. На основі випробувань модельних зразків захищеної від вогню деревини показали, що покриття при дії високої температури утворює спучений шар пінококсу, сприяє теплоізолювальні поверхні деревини, та запобігає проходженню високої температури до матеріалу і вигоранню деревини. При цьому знижується димоутворюваність і горіння матеріалу. Загалом ефективність вогнезахисту деревини, отримана при багатофакторному визначенні пожеженобезпечних властивостей, показала, що вироби належать до важкогорючих матеріалів, які повільно поширюють полум'я з низькою димоутворювальною здатністю.

Проведені дослідження з визначення ступеня гідрофобізації деревини, корозійної дії захисних засобів на метали та тривалості вогнезахисту деревини шляхом їх витримування при перемінних значеннях температури та вологості показали, що застосування гідрофобізатора суттєво захищає деревину від дії вологи та масопереносу антипіренів, а саме, проникаючи в пори деревини, гідрофобізують капіляри та мікротріщини поверхні, утворюючи захисну полімерну плівку, що підвищує експлуатаційні показники.

Досліджена ефективність вогнезахисту дерев'яних виробів для зберігання вибухонебезпечних речовин та встановлено, що зразок оброблений захисним покриттям від вогню після вигорання пального не горів, при цьому зафіксовано спучення захисного покриття на окремих ділянках дії відкритого полум'я, зокрема у нижній частині.

**П'ятий розділ.** З урахуванням результатів аналітичних досліджень та екологічних вимог щодо охорони довкілля розроблено нормативні документи на покриття «Засоби вогнезахисні для дерев'яних конструкцій», які відповідають сучасним екологічним вимогам та технологічний регламент на його виготовлення. Розроблено практичні рекомендації отримання вогнезахисних будівельних матеріалів, а саме оброблення покриттями існуючих конструкцій, вимоги до застосування захисних засобів, виконання робіт та утримання захищених матеріалів, контроль якості робіт з захисного оброблення та в процесі експлуатації. Розроблено спосіб визначення вогнезахисних властивостей покриття та якості оброблення деревини експрес-методом та малогабаритний пристрій для його реалізації. Проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування вогнезахисного оброблення будівельних матеріалів та виробів.

У **додатках** приведено нормативні документи та довідки про впровадження результатів дисертації.

Дисертація В. В. Ломаги акуратно оформлена і добре проілюстрована. В роботі наявні експериментальна та теоретична частина, що розкривають її наукову новизну. Викладення роботи послідовне, з чітко сформульованими проміжними і загальними висновками.

**Актуальність теми.** Деревина та її модифікації (фанерні, деревоволокнисті та деревостружкові плити), які знайшли широке розповсюдження в промисловості і сільському господарстві, відносяться до будівельних матеріалів, які при експлуатації здатні до руйнування при взаємодії із зовнішніми джерелами енергії.

Таким чином, актуальність наукових досліджень спрямована на вирішення комплексу питань щодо вогнезахисту деревини, підвищення її стійкості в умовах негативного атмосферного впливу шляхом вогнезахисту екологічно безпечними засобами та способами. Рішення даної проблеми дозволяє: раціонально використовувати матеріали у виробництві, розширити сировинну базу, розробити нові ефективні композиції та оптимальні технології оброблення, що сприятимуть формуванню більш досконалих виробів, стійких до руйнування.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.** Дисертація В. В. Ломаги щодо гальмування деструкції деревини шляхом вогнезахисту композицією з органо-неорганічних речовин з наступним покриттям полімерним гідрофобізувальним покриттям базується на використанні: термодинаміки, теорії масообміну і числових методах математичного аналізу при моделюванні швидкості вигорання та вимивання; фізико-хімічних методах досліджень – газова хроматографія, калориметричний та термогравіметричний аналіз.

Експериментальними дослідженнями оцінено дію теплового випромінювання, полум'я і водопоглинення вогнезахисних виробів, які регламентуються діючими стандартами.

**Наукова новизна** роботи полягає у виявленні природи та особливостей впливу комбінованої дії органо-неорганічних речовин на основі просочувальної суміші антипірену, полімерного в'язучого та полімерного гідрофобізувального покриття на утворення комплексного захисного водовідштовхувального засобу з підвищеним термічним опором, які базуються на закономірностях уповільнення швидкості процесів розкладу і масопереносу вогнезахисних виробів; розкритті механізму зміни стану контактної зони «деревина-вогнезахисна композиція» – водопоглинання, вимивання, підвищення довговічності.

**Рівень новизни результатів дисертації:** поставлена та вирішена наукова проблема розроблення технологічних методів і засобів на основі фосфорних кислот, карбаміду, диціандіаміду та в'язучого на основі гідролізованого крохмалю. Проведено дослідження, які в комплексі вирішують задачі визначення умов захисту вогнезахисної деревини

від водопоглинання та вигорання при вогнезахисті, які проявляють синергетичні ефекти при сумісному застосуванні.

**Практична цінність дисертації.** Одержані результати теоретичних та експериментальних досліджень використано при розроблені технічних умов ТУ У 20.5-34384974-001:2019 «Засоби вогнезахисні для дерев'яних конструкцій», які відповідають сучасним екологічним вимогам, та технологічний регламент на виготовлення вогнезахисного органо-неорганічного покриття.

Результати досліджень впроваджено при розроблені заходів з виготовлення вогнезахисної деревини для будівельних конструкцій на ПП «Пожтехнозахист», а також при проведенні натурних випробувань з визначення ефективності захищеної від вогню тари для зберігання вибухонебезпечних виробів. Використання таких матеріалів дозволяє збільшити довговічність виробів з деревини.

**Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях.** Основні результати опубліковано у 20 наукових працях, з яких 4 статті у наукових фахових виданнях України, 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, 2 статті у наукових виданнях інших держав, 2 патенти України на корисні моделі, 8 тез наукових доповідей, навчальний посібник.

**Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.** У дисертації В. В. Ломаги відсутні порушення академічної доброчесності. У дослідженні повною мірою дотримуються вимоги щодо посилань на літературні джерела та джерела статистичної інформації. Використання ідей, результатів та текстів інших авторів містить посилання на відповідне джерело інформації.

**Дискусійні положення та зауваження щодо роботи.** Позитивно оцінюючи достатньо високий науковий рівень підготовки дисертації, необхідно звернути увагу на окремі недоліки та дискусійні положення представленого дослідження:

1. Недостатньо даних про ефективність розробленої композиції на основі органо-неорганічних речовин для вогнезахисту деревини у порівнянні з відомими засобами.

2. Було б доцільно проведення досліджень продуктів термодеструкції не тільки целюлозовмісних матеріалів, а й інших матеріалів, наприклад, полімерних, які широко застосовуються в будівництві.

3. Показник інтенсивності сповільнення реакцій горіння, який входить у рівняння швидкості вигорання, очевидно, повинен визначатися на основі експериментальних даних, а тому у роботі слід було б дати інформацію щодо його значень для приведених антипіренів.

4. Недостатньо даних про ефективність розроблених модифікаторів у порівнянні з відомими засобами.

5. Доцільно було б провести дослідження продуктів термодеструкції не тільки обраних зразків деревини, а й інших матеріалів, які широко застосовуються у будівництві.

6. Чи впливає порода на здатність деревини до водопоглинання при застосуванні використаних вогнезахисних композицій та гідрофобізатора?

Водночас, наведені зауваження мають окремий характер, тому не знижують достатньо високий науковий рівень дисертації і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

**Загальний висновок.** Дисертація Ломаги Василя Васильовича на тему: «Вогнезахисне просочення деревини органо-неорганічними композиціями» за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, новизною, дотриманням академічної доброчесності, достовірністю результатів, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261 (зі змінами), наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» і Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 18 «Виробництво та технології» та спеціальності 187 «Деревообробні та меблеві технології».

#### ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

Старший науковий співробітник  
відділу ядерно-фізичних технологій  
Державної установи «Інститут геохімії  
навколишнього середовища  
Національної академії наук України»,  
кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
Підпис Гузія С.Г. засвідчую:  
Директор ДУ «ІГНС НАН України», чл.-  
кор. НАН України.



Сергій ГУЗІЙ

Юрій ЗАБУЛОНОВ