

## ВІДГУК



офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Жартовського Сергія Володимировича** «Розвиток наукових основ протипожежного захисту об'єктів з пожежним навантаженням із целюлозовмісних матеріалів водними вогнебіозахисними речовинами», поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека

Дисертаційна робота Жартовського С.В. присвячена підвищенню пожежної безпеки об'єктів з пожежним навантаженням із целюлозовмісних матеріалів (ЦВМ) водними вогнебіозахисними речовинами (ВВБЗР).

Заходи і засоби протипожежного захисту об'єктів, пожежне навантаження на яких сформовано за рахунок целюлозовмісних матеріалів, регламентуються рядом нормативних документів. Але, не зважаючи на організаційні і технічні рішення, які приймаються, кількість пожеж на зазначених об'єктах дедалі зростає. Такі ЦВМ, як деревина, папір, тканина, очерет здатні загорятися від низькокалорійних джерел займання, тому найбільша кількість пожеж виникає внаслідок необережного поводження з вогнем (не менше 60% від загальної кількості пожеж протягом останніх років). При цьому всього 1,1 % пожеж за останні 20 років в Україні погашено на початковій стадії їх розвитку. Це вказує на те, що можливо існує недостатність сил і засобів або неефективне їх використання та недостатнє врахування факторів, які впливають на процеси виникнення, розповсюдження та припинення горіння ЦВМ.

Перспективним напрямом є використання водних вогнегасних та водних вогнебіозахисних речовин для активного (застосування вогнегасних речовин та техніки їх подавання) та пасивного (вогнезахист деревини та інших ЦВМ) протипожежного захисту. Тому дисертаційна робота **Жартовського Сергія Володимировича** на тему «Розвиток наукових основ протипожежного захисту

об'єктів з пожежним навантаженням із целюлозовмісних матеріалів водними вогнебіозахисними речовинами» є актуальною.

**Актуальність** роботи підтверджується й тим, що вона виконувалася відповідно до плану науково-дослідних робіт Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту ДСНС України в рамках виконання науково-дослідних робіт: «Провести дослідження з розкриття особливостей процесів припинення горіння горючих речовин під час застосування сучасних вогнегасних речовин та технологій їх подавання» (ДР № 0111U006565), «Провести дослідження та науково обґрунтувати методика визначення тривалості зберігання показників якості вогнезахисту будівельних конструкцій з урахуванням умов їх експлуатації» (ДР № 0111U007404), «Провести дослідження з виявлення факторів впливу на ефективність вогнезахисту деревини та виробів з неї» (ДР № 0111U006271).

#### **Огляд змісту роботи.**

Дисертація складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків і додатків. Загальний обсяг дисертації містить 425 сторінок (з них 348 сторінок основного тексту), 51 таблиця, 66 ілюстрацій, список використаних джерел із 297 найменувань та 5 додатків.

*У вступі* наведено обґрунтування актуальності роботи, мету та задачі досліджень, наукову новизну та практичну цінність, представлено особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертаційної роботи, структуру та обсяг роботи.

*У першому розділі* проведено аналіз сучасного стану щодо проблеми забезпечення пожежної безпеки об'єктів з пожежним навантаженням із ЦВМ. На підставі проведеного аналізу сформульована мета роботи та поставлені задачі досліджень. Загалом можна визначити, що аналіз робіт в галузі виникнення, розвитку і припинення горіння ЦВМ, автором виконано достатньо повно у відповідності до сучасних вимог.

У *другому розділі* автор виклав методологію створення активного і пасивного захисту ЦВМ з використанням ВВБЗР. Проведено систематизацію захисту об'єктів від пожеж: виділено пасивний захист, який визначається застосуванням заходів вогнезахисту, що виконані заздалегідь і не потребують додаткової мобілізації під час гасіння пожежі, та активний захист, який визначається застосуванням речовин, техніки, засобів, що придатні в будь-який час бути мобілізованими для гасіння пожеж. Обґрунтовано доцільність створення єдиної системи пасивного і активного захисту. В якості методологічної основи досліджень застосовано системний підхід, що в даному випадку являє собою сукупність методологічних принципів отримання знань щодо впливу фізичних, хімічних, фізико-хімічних властивостей ВВБЗР (факторів охолодження, інгібування, флегматизування, ізолювання) на процеси займання, розповсюдження та припинення горіння ЦВМ. Важливим елементом методології, що запропонована, є встановлення критеріїв (параметрів) і методів їх визначення, за якими можливо оцінити якість отриманих результатів вогнезахисту.

Автором вперше запропоновано математичну модель розподілу антипіренів всередині вогнезахищеної деревини. Модель дозволяє визначати оптимальну концентрацію антипіренів у водному робочому розчині для максимального насичення поверхневих шарів деревини. Використання моделі придатне для вогнебіозахисних засобів, що використовуються при поверхневому вогнезахисті дерев'яних елементів горючих покриттів будівель та споруд на об'єктах різного призначення на вимогу державних будівельних норм в Україні.

Запропоновано нові математичні моделі енергетичної складової хіміко-фізичних процесів, що відбуваються в захищеній та незахищеній деревині (заболонь сосни) при її нагріванні до настання фази полум'яного горіння. Результати математичного моделювання вказують на істотний очікуваний охолоджувальний ефект від використання запропонованих антипіренів для вогнезахисту деревини, оскільки інтервал часу від початку теплового впливу до моменту початку полум'яного горіння вогнезахищеної деревини (обробленої ВВБЗР на основі фосфатів та сульфатів амонію) більше ніж в два рази порівняно з

таким інтервалом для невогнезахищеної деревини, що створює певні передумови для ліквідації пожежі на початковій стадії її розвитку.

На основі аналізу енергетичної міцності іон-молекулярних та іон-радикальних комплексів активних центрів горіння з продуктами термічного розкладу ВВБЗР автором зпрогнозовано ефект синергізму при використанні сумішей фосфоровмісних та азотовмісних речовин для підвищення ефективності як гомогенного, так і гетерогенного інгібування ланцюгових реакцій горіння різних ЦВМ.

Удосконалено феноменологічну модель процесу висолювання вогнезахисної речовини з вогнебіо захищеної деревини, що додатково враховує дифузію води та водних розчинів антипіренів у шарі цілеспрямовано сформованого бар'єра у вигляді полімерної плівки антисептика на поверхні деревини, що дозволяє зменшити ефективний коефіцієнт дифузії антипіренів в деревині на 5-6 порядків.

*Третій розділ* присвячений пасивному протипожежному захисту ЦВМ: деревини, тканини, паперу і очерету. Запропоновано оптимальний склад речовин для деревини (ДСА-1М, ДСА-2М), що ґрунтується на використанні властивостей їх складових, які забезпечують реалізацію ефектів: біозахисту та ізолювання вогнезахищеного шару деревини від дифузії кисню і води із оточуючого середовища шляхом утворення на поверхні деревини плівки полімерного антисептика (ПГМГФ); інгібування активних центрів термодеструкції та горіння шляхом використання синергетичної суміші фосфатів та сульфатів амонію (у співвідношенні 2:1); охолодження за рахунок поглинання теплоти при термічному перетворенні антипіренів; флегматизування газоподібних продуктів деструкції поверхневого шару деревини продуктами термічного розкладу антипіренів, що приводить до зменшення кількості карбон оксиду в 4 рази, водню – у 8 разів, та до збільшення флегматизуючого азоту майже на два порядки.

Запропоновано оптимальний склад ВВБЗР на основі полігексаметиленгуанідингідрофосфат карбаміду (ПГМГФК), яка відповідає

вимогам щодо ефективності вогнебіозахисту тканин, паперу, очерету, та ідентифікована за допомогою ІЧ-спектроскопії, оптичної мікроскопії, диференційного термічного аналізу. Розкрито механізм вогнебіозахисної дії речовини ФСГ-1М, який реалізується за рахунок прояву ефектів: біозахисту та ізолювання поверхні тканини, паперу, очерету від дифузії кисню та води із оточуючого середовища шляхом утворення плівки ПГМГФК на поверхні матеріалу; інгібування активних центрів горіння та термодеструкції матеріалів продуктами термічного розкладу ПГМГФК; охолодження за рахунок поглинання теплоти при термічному перетворенні ПГМГФК; флегматизування газоподібних продуктів деструкції поверхневого шару матеріалів продуктами термічного розкладу ПГМГФК, що призводить до зменшення частки водню, метану, оксиду карбону та до збільшення флегматизуючого азоту.

*Четвертий розділ* присвячений активному протипожежному захисту ЦВМ. Автором запропоновано використання ВВБЗР в якості вогнегасного заряду для первинних засобів пожежогасіння. Запропоновано оптимальний склад речовини ФСГ-2М: у якій поверхневий натяг у 2 рази менший ніж у води; яка утворює гідрогель, що має більшу ізолювальну та охолоджувальну здатність порівняно із водою; яка має виражені інгібувальні властивості; продукти її термічного розкладу здатні флегматизувати горючу газоповітряну суміш продуктів термічної деструкції матеріалів, яка відповідає вимогам щодо застосування в якості заряду первинних засобів пожежогасіння. Використання ФСГ-2М дає можливість отримання тонко розпилених струменів з розміром краплин менше 100 мкм при використанні пневматичної форсунки з надлишковим тиском в 0,8 МПа. При цьому відносна вогнегасна здатність ФСГ-2М під час гасіння вогнища пожежі класу А в 4,9 рази вища за ефективність води за однакових умов їх подавання. Отримані результати поширено і для вогнищ пожеж класу В: запропонований метод за аналогічних умов забезпечує ефективність вогнегасіння тонкорозпиленими струменями в 3,2 рази вище порівняно із подаванням тонкорозпилених струменів води.

*П'ятий розділ* присвячений створенню системи протипожежного захисту на об'єктах з пожежним навантаженням із ЦВМ, в якій реалізовано метод пасивного захисту з використанням ВВБЗР, що підвищує температуру займання деревини до 400 °С і зменшує токсичність продуктів горіння, та метод активного захисту з використанням ВВБЗР в якості заряду для первинних засобів пожежогасіння, застосування яких унеможливорює повторне займання ЦВМ.

У шостому розділі наведено оцінювання ефективності реалізації запропонованої системи пасивного і активного протипожежного захисту об'єкта із застосуванням ВВБЗР методом Гретенера, яке вказує на можливість зменшення пожежної небезпеки об'єкта в 14 разів у порівнянні з відсутністю зазначеної системи. Розроблено нормативно-технічна документація для виробництва водних вогнебіозахисних речовин: ТУ У 13672801.002-1999, ТУ У 24.6-32528450-001-2003, технологічні регламенти виробництва ДСА-1М, ДСА-2М; ТУ У 24.6-32528450-002-2004, технологічний регламент виробництва ФСГ-1М, ФСГ-2М та виробнича база ДСА-1М, ДСА-2М, ФСГ-1М, яка забезпечує щорічно понад 5 000 об'єктів України зазначеними вогнебіозахисними засобами. Річний економічний ефект від впровадження розробленої системи протипожежного захисту об'єктів (за даними 2017 року) складає 64,4 млн. грн.

**Наукова новизна та ступінь обґрунтованості результатів.** Наукова новизна полягає у розв'язанні важливої науково-прикладної проблеми у сфері пожежної безпеки, що полягає у подоланні недосконалості методів протипожежного захисту об'єктів з пожежним навантаженням із ЦВМ для попередження, локалізації і ліквідації пожеж на початковій стадії їх розвитку шляхом створення і реалізації методів пасивного і активного захисту з використанням ефективних екологічно безпечних водних вогнебіозахисних речовин.

- Вперше з використанням системного підходу розроблено математичну модель розподілу антипіренів всередині вогнезахищеної деревини,

- Вперше запропоновано математичні моделі енергетичної складової хіміко-фізичних процесів, що відбуваються в захищеній та незахищеній деревині при її нагріванні до настання фази полум'яного горіння.
- Теоретично досліджено і експериментально підтверджено закономірності підвищення ефективності припинення горіння при використанні в складах ВВБЗР сумішей фосфоро- та азотовмісних речовин (ефект синергізму), які під час термічного розкладу утворюють сполуки, що інгібують активні радикали полум'я ЦВМ.
- Удосконалено феноменологічну модель процесу висолювання вогнезахисної речовини з вогнебіо захищеної деревини та розвинуто метод оцінювання рівня вогнезахисту дерев'яних конструкцій, в основу якого покладене співвідношення значень температур займання вогнезахисної та вогненезахищеної деревини в якості критерія визначення рівня вогнезахисту.
- Створено систему протипожежного захисту на об'єктах з пожежним навантаженням із ЦВМ, в якій реалізовано запропонований метод пасивного захисту з використанням ВВБЗР, що підвищує температуру займання деревини до 400 °С і зменшує токсичність продуктів горіння, та запропонований метод активного захисту з використанням ВВБЗР в якості заряду для первинних засобів пожежогасіння, застосування яких унеможливорює повторне займання ЦВМ.

**Достовірність та обґрунтованість результатів і висновків** підтверджено коректністю постановки задачі, раціональним вибором експериментальних методів, високою збіжністю теоритичних та експериментальних результатів.

**Практичне значення.** Автором розроблені технічні умови, технологічні регламенти виробництва та технологічні регламенти із застосування ВВБЗР. З його участю створена нормативно-технічні бази для виробництва ВВБЗР на ТОВ «Вогнебіо захист», ТОВ «Захсит-Центр», які забезпечують щорічно понад 5 000 об'єктів України зазначеними вогнебіо захисними засобами.

Результати дисертаційної роботи використано при розробці та впровадженні: національного стандарту України «Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1-1. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість» (EN 1995-1-2: 2004, MOD) ДСТУ-Н-П Б В.2.6-157: 2010; систем пасивного і активного захисту об'єктів з пожежним навантаженням із ЦВМ від пожеж на початковій стадії їх розвитку із застосуванням розроблених ВВБЗР. Результати дисертації впроваджено у навчальний процес Національного університету цивільного захисту України (за напрямками підготовки «Цивільний захист» та «Пожежна безпека») та увійшли до навчальних посібників: «Вогнезахист деревини та виробів з неї», «Вогнегасні порошки та умови їх застосування».

**Оцінка дисертації, її завершеність в цілому, зауваження і проблема, яка розглядається, оформлення дисертації та автореферату.** Виконану роботу слід вважати закінченим науковим дослідженням, яке відповідає меті, сформульованій у дисертації.

Структура та обсяг дисертації відповідають вимогам ДАК України, що висуваються до дисертацій. Викладення матеріалу наведено послідовно та зрозуміло. Сформульовано мету та задачі досліджень, аргументовано проведено вибір моделей об'єкта, що досліджується. Викладені методи розв'язання задач, приведена її реалізація та впровадження результатів дослідження. В роботі не використовуються результати та висновки кандидатської дисертації.

***Зміст автореферату*** повною мірою відповідає змісту дисертації.

**Зауваження до дисертації:**

1. Недостатньо в роботі розглянуто питання методів вогнезахисту деревини в розвинутих країнах (Німеччині, США, Англії та інш.).
2. Не в повній мірі розглянуто питання застосування вспінюючих вогнезахисних композицій та не визначено сферу застосування вогнебіозахисту.



3. В першому розділі роботи представлено детальний аналіз капілярних способів просочення деревини, але недостатньо уваги приділено альтернативним способам вогнезахисту деревини (покриття, штукатурка, облицювання, тощо).
4. Автором не вказано за яким критерієм визначалась значимість коефіцієнтів при визначенні апроксимаційних формул розподілу кількості антипіренів вглибину захищеної деревини при моделюванні процесів просочення (в другому розділі роботи).
5. В другому розділі роботи при розробленні математичних моделей енергетичної складової хіміко-фізичних процесів, що відбуваються в захищеній та незахищеній деревині при її нагріванні до настання фази полум'яного горіння, не вказано, чому деревина вважається ізотропним тілом.
6. В роботі чітко не представлена інформація про стабільність використаного полімерного антисептика (полігексаметиленгуанідингідрофосфата) та стійкість його властивостей з часом.
7. Необхідно було більше уваги приділити дослідженню експлуатаційних характеристик біозахисту для деревини.

### **Загальні висновки до дисертаційної роботи.**

Дисертаційну роботу Жартовського С.В. «Розвиток наукових основ протипожежного захисту об'єктів з пожежним навантаженням із целюлозовмісних матеріалів водними вогнебіозахисними речовинами» виконано на достатньому науковому рівні. Зауваження, які зроблені не впливають на загальну позитивну оцінку роботи, оскільки вони не спростовують основних положень і висновків.

В роботі одержано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності забезпечують вирішення важливої науково-прикладної проблеми – підвищення

ефективності попередження та ліквідації пожеж (на початковій стадії їх розвитку) на об'єктах з пожежним навантаженням із целюлозовмісних матеріалів.

Автор володіє достатніми знаннями проблеми, що вирішується, добре володіє сучасними методами наукових досліджень. В роботі знайшли подальший розвиток наукові основи попередження та ліквідації пожеж та одержані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності забезпечують вирішення важливої науково-прикладної проблеми – попередження і ліквідації пожеж шляхом створення і реалізації методів пасивного і активного захисту з використанням ефективних екологічно безпечних водних вогнебіозахисних речовин. Дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», в її автор **Жартовський Сергій Володимирович** заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Офіційний опонент,

завідувач кафедри безпеки життєдіяльності

ДВНЗ «Придніпровська державна

академія будівництва та архітектури»,

доктор технічних наук, професор



А.С. Беліков

Підпис професора А.С. Белікова

засвідчую

