

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Балло Ярослава В'ячеславовича** «*Підвищення ефективності роботи систем водяного пожежогасіння висотних будинків*», яка подана до захисту в спеціалізовану вчену раду К 35.874.01 у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності ДСНС України на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 - пожежна безпека

### Актуальність теми дисертаційної роботи.

В будинках з умовною висотою вище 73,5 м системи пожежогасіння, а саме системи внутрішнього протипожежного водопроводу та спринклерні системи пожежогасіння (далі - СП), згідно з вимогами будівельних норм проектуються роздільно від господарсько-питного водопроводу та знаходяться водозаповненими під тиском для зменшення інерційності спрацювання при виникненні пожежі. Особливістю експлуатації водозаповнених СП є те, що вода, яка знаходиться в них, фактично не циркулює, що спричиняє такі негативні явища, як корозію та біологічне заростання внутрішніх стінок трубопровідної мережі. Це обумовлює збільшення втрат напору води, додаткове навантаження на пожежну насосну станцію будинку та, як наслідок, можливість відсутності нормативного тиску в пожежних кран-комплектах та (або) спринклерних зрошувачах, що негативно впливає на ефективність пожежогасіння або може призвести до не спрацювання СП.

У дисертаційній роботі розв'язується актуальна науково-технічна задача підвищення вогнегасної ефективності СП, а також запобігання такому негативному явищу як збільшення втрат напору в трубопровідній мережі СП внаслідок корозії та біологічного заростання внутрішніх стінок трубопроводу, шляхом додавання до води модифікувальних добавок комплексної дії.

### Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалась відповідно до Концепції Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 р.р., схваленої розпорядженням Кабінету міністрів України від 29.12.2010 року № 2348; Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-

2015 р.р., затвердженої постановою Кабінету міністрів України від 27.06.2012 № 590, під час виконання науково-дослідної роботи в УкрНДІЦЗ «Провести дослідження щодо удосконалення законодавчих, нормативно-правових актів та нормативних документів з питань технічного регулювання у сферах пожежної та техногенної безпеки (№ держреєстрації 0115U000189), в якій здобувач був відповідальним виконавцем.

*Аналіз основного змісту, наукової новизни, практичної значимості, достовірності й обґрунтованості висновків.*

У вступі автором висвітлено актуальність теми, встановлено мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження. Наведено наукову новизну отриманих результатів, дані щодо апробації, а також публікації її результатів.

Автором у вступі висвітлено актуальність теми, коректно встановлено мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження. Наведено наукову новизну отриманих результатів, дані щодо апробації, а також публікації її результатів.

**Перший розділ** присвячено аналізу даних про статистику пожеж у висотних будинках, особливості проектування СП, стан протипожежного захисту висотних будинків України системами пожежогасіння.

Розглянуто схемно-компонувальні рішення СП та виявлені недоліки водозаповненої зонованої системи внутрішнього протипожежного водопроводу роздільного від господарсько-питного водопроводу, які призводять з часом до відсутності у верхній поверховій зоні висотного будинку нормативного тиску води у пожежних кран-комплектах та спринклерних зрошувачах, які входять до складу СП.

Запропоновано у СП висотних будинках використовувати воду з модифікувальними добавками: по-перше, для захисту внутрішніх стінок трубопроводу від негативних явищ біологічного заростання та корозії під час експлуатації СП в режимі чергування (що може тривати 180 діб до моменту проведення регламентних робіт), та спричиняють підвищені гідравлічні втрати напору у системі, а по-друге, для підвищення ефективності застосування СП при гасінні пожежі.

За результатом аналітичних досліджень щодо вибору модифікувальних добавок до води придатних для використання у роздільних СП для підвищення її ефективності запропоновано використання рідкого натрієвого скла ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), яке має високий показник адгезії зі сталлю та забезпечує захист металу водозаповнених трубопроводних мереж СП від корозії.

Підвищення вогнегасної ефективності СП запропоновано досягти шляхом спорядження її ВВР з додаванням карбонату калію ( $K_2CO_3$ ), як загально відомого ефективного інгібітора горіння. Аналіз даних щодо властивостей карбонату калію показав, що  $K_2CO_3$  легко розчиняється у воді та взаємодіє з солями натрію не знижуючи їх захисних властивостей для вуглецевої сталі.

**Другий розділ** присвячено опису використаних методик теоретичних та експериментальних досліджень з визначення чинників впливу модифікувальних добавок до води на підвищення відносної вогнегасної ефективності системи пожежогасіння, а саме:

- методику визначення швидкості біологічного заростання на внутрішніх стінках трубопроводу в СП заповнений досліджуваними зразками водної вогнегасної речовини (далі – ВВР);

- методику визначення впливу модифікувальних добавок до води на гідравлічні втрати напору у трубопроводі під час її руху;

- методику виявлення впливу модифікувальних добавок до води на підвищення вогнегасної ефективності систем водяного пожежогасіння під час гасіння макетних вогнищ пожежі класу В тонкорозпиленими струменями у лабораторних умовах;

- методику дослідження дисперсності крапель у струменях тонкорозпиленої водної вогнегасної речовини.

Розроблено методики з визначення відносної вогнегасної ефективності під час гасіння макетних вогнищ класу А в лабораторних та натурних умовах системами водяного пожежогасіння.

Наведено удосконалену методику для пожежних насосних станцій з визначення лінійних втрат напору у трубопровідній мережі СП під час проведення регламентних робіт. За результатами аналітичних досліджень запропоновано удосконалене рівняння на основі емпіричної формули Дарсі-Вейсбаха з визначення лінійних втрат напору в трубопровідній мережі СП в залежності від терміну її експлуатації та класу забруднення ВВР:

**У третьому розділі** наведено результати експериментальних досліджень з виявлення впливу модифікувальних добавок ВВР на гідравлічні характеристики водопровідної мережі СП.

Визначено вплив модифікувальних добавок до води на основі  $Na_2SiO_3$  і  $K_2CO_3$  на швидкість утворення біологічного заростання на внутрішніх стінках сталевих трубопроводу СП з часом, шляхом порівняння хімічних показників окиснюваності, вмісту заліза, окислювально-відновлювального потенціалу, загального солемісту та рН у зразках досліджуваної ВВР та води без модифікувальних добавок після перебування їх у сталевому трубопроводі.

Наведено результати досліджень з визначення впливу модифікувальних добавок до води на гідравлічний опір нового сталевого трубопроводу та трубопроводом демонтованим з СП із перевищеним гарантованим терміном експлуатації.

**В четвертому розділі** наведено результати експериментальних досліджень з виявлення впливу модифікувальних добавок у складі ВВР на її відносну вогнегасну ефективність.

За результатом експериментальних досліджень, під час гасіння макетних вогнищ пожежі класу В, виявлено відносну вогнегасну ефективність ВВР з вмістом  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  та  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Змішування даних компонентів в бінарний розчин в концентрації у воді до 1% за мольного співвідношення 1:1, супроводжується підвищенням вогнегасних властивостей та має відносну вогнегасну ефективність у середньому в 2,7 рази вищу ніж вода без добавок, а також вищу ніж в окремих розчинах з вмістом  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  або з  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .

Також було визначено відносну вогнегасну ефективність ВВР з різною мольною часткою 1%  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  та 1%  $\text{K}_2\text{CO}_3$  під час гасіння макетного вогнища класу А, що проводилися при застосуванні лабораторного стенду. Встановлено, що додавання рідкого 1%  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  та 1%  $\text{K}_2\text{CO}_3$  до води у мольному співвідношенні добавок 1:1, при гасінні макетного вогнища класу А забезпечує найбільшу вогнегасну ефективність, а саме в 2,2 рази ефективніший ніж вода без модифікувальних добавок. Бінарна суміш даних компонентів у мольному співвідношенні 1:1 супроводжується явищем синергізму та має відносну вогнегасну ефективність вищу ніж в окремих розчинах з  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  або з  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .

За результатами отриманих даних експериментальних досліджень зроблено припущення, що підвищення відносної вогнегасної ефективності досліджуваних зразків водних розчинів, бінарної суміші  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  та  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , обумовлено підвищенням ефекту охолодження у порівнянні із водою без добавок. Експериментальні дослідження підтвердили вищезазначене припущення, так як було визначено, що під час подавання тонкорозпиленого струменю досліджуваного розчину діаметр крапель у середньому на 32% менший за діаметр тонкорозпилених крапель води без добавок, що обумовлює підвищення охолоджуючого ефекту та відповідно підвищення ефективності пожежогасіння.

**У п'ятому розділі** наведено результати експериментальних натурних досліджень за стандартизованими методиками з визначення та порівняння гідравлічних втрат напору в спринклерній СП та визначення відносної вогнегасної ефективності СП спорядженою досліджуваною ВВР у порівнянні з СП, спорядженою водою без добавок під час натурних вогневих досліджень, а також проведено техніко-економічне обґрунтування застосування водного

вогнегасного розчину з модифікувальними добавками в системі пожежогасіння висотного будинку, яке розраховано на основі методики ГОСТ 12.1.004-91. Також на основі проведених досліджень розроблено положення до національного стандарту України ДСТУ Б В.1.1-43:2016 «Протипожежний захист громадських будинків з умовною висотою від 100 м до 150 м» та проект технічних умов на виготовлення ВВР.

Результати дисертаційної роботи сформульовано у висновках по ній. Після списку використаних літературних джерел наведено акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Ступінь обґрунтованості та достовірності розроблених автором наукових положень, висновків, рекомендацій є цілком достатнім.

По отриманим в ході виконання дослідження результатам, можна стверджувати, що мета дисертаційної роботи була досягнута, а дисертація є завершеною кваліфікаційною науковою працею.

*Наукова новизна дисертаційної роботи* полягає в тому, що **уперше:**

- виявлено, що заповнення трубопровідної мережі, роздільної від внутрішнього господарсько-питного водопроводу, системи водяного пожежогасіння запропонованою водною вогнегасною речовиною з вмістом 1% мас бінарної суміші силікату натрію та карбонату калію за їх мольного співвідношення 1:1 знижує інтенсивність процесу корозії та біологічного заростання внутрішньої поверхні трубопроводу, що запобігає збільшенню втрат гідравлічного напору та зниженню ефективності протипожежного захисту висотних будинків при довготривалій експлуатації зазначених систем пожежогасіння;

- виявлено ефект синергізму під час гасіння твердих матеріалів та горючих рідин тонкорозпиленими струменями запропонованої водної вогнегасної речовини з вмістом 1% (мас) бінарної суміші силікату натрію та карбонату калію за їх мольного співвідношення 1:1, який проявляється у неадитивному підвищенні значень відносної вогнегасної ефективності у 2,2 рази для класу А та 2,7 рази для класу В, порівняно із значеннями ефективності в 1,3-1,8 рази для окремих розчинів запропонованих модифікувальних добавок;

**удосконалено:**

- емпіричну формулу розрахунку лінійних гідравлічних втрат напору у системі внутрішнього протипожежного водопроводу, що враховує змінення швидкості

біологічного заростання трубопровідної мережі системи пожежогасіння та клас забруднення водної вогнегасної речовини, якою вона споряджена залежно від терміну її експлуатації.

**Набуло подальшого розвитку уявлення щодо:**

- можливості та доцільності застосування окремого виду водних вогнегасних речовин комплексної дії з модифікувальними добавками цільового призначення.

Практичне значення і реалізація отриманих результатів полягає у розкритті особливостей експлуатації та підвищенні ефективності роботи системи водяного пожежогасіння висотних будинків, шляхом її спорядження водною вогнегасною речовиною цільового призначення, як для збереження гідравлічних параметрів системи так і для підвищення її вогнегасної ефективності.

Результати дисертаційної роботи використанні при розробці вимог до національного стандарту України ДСТУ Б В.1.1-43:2016 «Протипожежний захист громадських будинків з умовною висотою від 100 м до 150 м», в частині проектування систем водяного пожежогасіння у висотних будинках.

Практичну цінність роботи засвідчують акти впровадження дисертаційної роботи.

Оцінка ідентичності змісту автореферату та основних положень дисертації.

Зміст та структура автореферату ідентично відображають викладені в дисертації дослідження, основні наукові результати та висновки.

За своєю структурою, об'ємом і оформленням дисертація та автореферат цілком відповідають вимогам, встановленим до кандидатських дисертацій. Автореферат за змістом ідентичний основним положенням, що викладені в дисертації, та не містить інформації, яка не відображена в самій роботі.

Стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень і рекомендацій забезпечує їх адекватне і належне сприйняття.

Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях

Основний зміст роботи викладено в п'яти наукових статтях, віднесених до переліку фахових, одній статті у виданні, що входить до наукометричних баз

Index Copernicus, Google Scholar, ICI Journals Master List та одній статті у іноземному виданні. Результати досліджень також висвітлено у п'яти матеріалах та тезах міжнародних та національних науково-практичних конференцій.

Редакційний аналіз. Робота викладена грамотно, з використанням сучасної термінології, послідовно та логічно завершена. Оформлення роботи відповідає вимогам ДСТУ - 3008 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення» відповідно до вимог ВАК України. Назва роботи відповідає її змісту. Обсяг дисертації не перевищує встановлених норм. Зміст автореферату не має розбіжностей зі змістом дисертації.

Особистий внесок автора в отриманні наукових результатів, представлених у роботі.

Усі положення, що становлять суть дисертації, були сформульовані та вирішені автором самостійно.

Загальна оцінка роботи. Дисертація та автореферат написані грамотно, послідовно, коректно та мають завершену логічну структуру. Поставлену автором мету досягнуто, сформульовані задачі вирішено, а висновки повністю відображають основний зміст роботи.

Разом з тим, по дисертаційній роботі слід зробити наступні **зауваження:**

1. У дисертації досліджено вплив модифікувальних добавок до води на інтенсивність утворення біологічного заростання на внутрішній поверхні трубопроводу, проте залишається не дослідженим питання залежності впливу температури (наприклад в діапазоні 10-15 °С) на зміну ефективності їх застосування в системі водяного пожежогасіння.

2. В дисертаційній роботі під час визначення відносної вогнегасної ефективності гасіння макетних вогнищ класу А в лабораторних умовах не враховано нерівномірність подавання вогнегасної речовини на всю поверхню макетного вогнища, а саме не враховується те, що більша частина ВВР

потрапляє лише на верхній штабель макетного вогнища, що спричиняє не досить ефективно гасіння та завищену загальну витрату ВВР.

3. В дисертаційній роботі під час визначення відносної вогнегасної ефективності гасіння макетних вогнищ класу А нерозкрите обґрунтування значення тиску та витрати подавання ВВР на гасіння макетного вогнища класу А в лабораторних умовах.

4. Під час проведення розрахунку техніко-економічного обґрунтування не враховано девальваційну складову, що значно впливає на фактичну вартість обслуговування та ремонт-заміну складових, особливо іноземного виробництва.

5. В дисертаційній роботі під час проведення експериментальних досліджень з визначення впливу модифікувальних добавок до води на гідравлічні втрати напору в системі пожежогасіння, шляхом порівняння значень коефіцієнту витрат спринклерного зрошувача використовується нестандартна одиниця виміру тиску бари, яка не входить до одиниць виміру в системі СІ.

Наведені зауваження не знижують науковий рівень дисертаційної роботи «Підвищення ефективності роботи систем водяного пожежогасіння висотних будинків» та, на мою думку, не впливають на позитивне враження від дисертації, як кваліфікаційної роботи в цілому, завершеність якої не викликає сумніву.

Зроблені автором висновки і положення, що виносяться на захист, добре обґрунтовані, логічно випливають із отриманих даних і відповідають поставленим меті й завданням.

#### Загальний висновок по дисертаційній роботі.

У цілому, дисертація Баллю Я.В. «**Підвищення ефективності роботи систем водяного пожежогасіння висотних будинків**», виконана на високому науковому рівні, містить коректно і повно обґрунтовані теоретичні та практичні дослідження. У роботі отримано актуальні, науково обґрунтовані результати, що роблять внесок у розв'язання задачі у розкритті закономірностей впливу модифікувальних добавок до води на ефективність роботи систем водяного пожежогасіння висотних будинків



На основі викладеного вважаю, що дисертаційна робота Балло Я.В. є закінченою науковою роботою та задовольняє вимогам п. 9, 11, 12, 13, «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. зі змінами), а здобувач Балло Ярослав В'ячеславович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук (доктор філософії) за спеціальністю 21.06.02 - пожежна безпека.

Завідувач кафедри  
пожежно-профілактичної роботи  
Черкаського інституту пожежної безпеки  
імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету  
цивільного захисту України  
доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник



Кириченко О.В.

Особистий підпис д.т.н., с.н.с. Кириченко О.В. засвідчую:

Підпис Кириченко О.В.  
**ЗАСВІДЧУЮ**  
співробітник відділу персоналу  
" " "

