

УДК 614.841

С.В.Жартовський, к.т.н., УкрНДЦЗ

СТВОРЕННЯ ПІДСИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВОДНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ ТА ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН

Запропонована підсистема протипожежного захисту об'єкта, яка складається із пасивного протипожежного захисту об'єкта, що базується на застосування водних вогнебіозахисних речовин, та активного протипожежного захисту, що базується на застосуванні водних вогнегасних речовин. Її реалізація дозволяє зупинити пожежу на початковій стадії розвитку.

Ключові слова: водні вогнебіозахисні речовини, водні вогнегасні речовини.

Актуальність проблеми. На теперішній час в Україні застосовується система забезпечення пожежної безпеки об'єктів (СЗПБО) [1], яка є складною системою. До її складу входять: система запобігання пожежі на об'єкті, система протипожежного захисту об'єкта та організаційно-технічні заходи забезпечення пожежної безпеки об'єкта (рис. 1).

Будь-яка система має, як правило, ієрархічну структуру, тобто може бути представлена у вигляді сукупності підсистем різного рівня, послідовно розташованих. Нас буде цікавити система протипожежного захисту об'єкта (СППЗО). В [1] зазначається, що СППЗО повинна досягатися застосуванням одного з наступних способів або їх комбінацією:

1. Застосування засобів пожежогасіння і відповідних видів пожежної техніки.
2. Застосування автоматичних установок пожежної сигналізації.
3. Застосування основних будівельних конструкцій і матеріалів, в тому числі таких, що використовуються для облицювання конструкцій, з нормованими показниками пожежної безпеки.
4. Застосування просочення дерев'яних конструкцій об'єкту антипіренами і нанесення на їх поверхню вогнезахисних фарб (покриттів).
5. Застосування пристроїв, що забезпечують обмеження розповсюдження пожежі.
6. Застосування організаційних заходів щодо використання технічних засобів, в тому числі автоматичних, для сповіщення про пожежу і евакуацію людей.
7. Застосування засобів колективного та індивідуального захисту людей від небезпечних факторів пожежі.
8. Застосування засобів протидимного захисту.

Система буде життєздатною, коли в неї достатньо розвинуті її складові, створюються нові підсистеми [2]. СППЗО відноситься до складних систем, і тому в її структурі можна виділити підсистему пасивного і активного протипожежного захисту. Оскільки пасивний протипожежний захист визначається застосуванням заходів вогнезахисту, що виконані заздалегідь і не потребують додаткової мобілізації під час гасіння пожежі, до нього слід віднести заходи за пунктами 2, 3, 4, 7, 8 наведеного переліку. Натомість, активний протипожежний захист визначається застосуванням речовин, техніки, засобів, що придатні в любий час бути мобілізованими для гасіння пожежі. Отже, до заходів активного протипожежного захисту слід віднести заходи за пунктами 1, 5, 6 переліку.

Основним функціональним завданням пасивного протипожежного захисту об'єкта є забезпечення нормативного часу протидії виникнення пожежі або затримки її на початковій стадії до прибуття пожежних підрозділів. В Україні цей норматив складає 5 хвилин для міст і 12 хвилин - для сільської місцевості [3].

Оскільки в переважній кількості випадків пожежна навантага на реальних об'єктах (особливо на об'єктах з масовим перебуванням людей) становить деревина, тканини, папір, текстильні покриття, очерет, то в заходах пасивного протипожежного захисту особливу роль відіграє просочення зазначених матеріалів водними розчинами антипіренів. Тобто вагомим

елементом пасивного протипожежного захисту є використання водних вогнезахисних речовин (ВВЗР).

В переліку заходів з активного протипожежного захисту особливо важливим є застосування засобів пожежогасіння і відповідних видів пожежної техніки [1]. Традиційно серед засобів пожежогасіння найбільш широко використовується вогнегасна речовина – вода. В останній час набуває зростаючого поширення застосування водних вогнегасних речовин (ВВР) [4].

Розглядаючи наведені фактори пасивного і активного ППЗО, легко побачити, що об'єднуючою складовою виступає вода: вона використовується як для ВВЗР, так і для ВВР. Отже, на її основі можна побудувати нову підсистему СППЗО, яка буде відповідати вимогам новоутвореної структури.

Під системою (підсистемою) необхідно розуміти цілісну сукупність об'єктів (елементів), що пов'язані між собою визначеними відношеннями і взаємодіють таким чином, щоб забезпечити виконання системою (підсистемою) деяких достатньо складних функцій (досягнення визначеної мети). Цілісність означає, що відносно навколишнього середовища система виступає і відповідно сприймається як щось єдине.

Завданням даної роботи є створення підсистеми СППЗО із застосуванням водних вогнезахисних і вогнегасних речовин. Створення такої підсистеми *спрямовано на досягнення мети*: підвищення ефективності протипожежного захисту об'єктів.

Для проведення досліджень було розроблено структурно-логічну схему загальної методики виконання роботи (рис. 1). Ця методика спрямована на реалізацію комплексу заходів із створення підсистеми пасивного і активного ППЗО із застосуванням ВВЗР та ВВР, починаючи з теоретичних та експериментальних досліджень і до розроблення нормативної документації, сертифікації, випуску та регламентування застосування продукції протипожежного призначення [5].

Першочерговим етапом роботи стали теоретичні дослідження щодо вибору інгібувальних хімічних сполук в якості компонентів антипіренів для ВВЗР та ВВР. Отже, було проведено моделювання глибоких процесів припинення горіння квантово-хімічними розрахунками іон-молекулярних та іон-радикальних комплексів активних центрів ланцюгових реакцій горіння з продуктами термічного розкладу ВВЗР та ВВР. Вперше для проведення квантово-хімічних розрахунків використана схема розрахунків ефективних зарядів на атомах в молекулах, радикалах, іонах із застосуванням метода Ньютона для вирішення системи нелінійних рівнянь. Встановлена селективність фосфоровмісних та азотовмісних сполук (інгібіторів) до водневмісних та кисневмісних активних центрів ланцюгових реакцій горіння органічних речовин. Така їх поведінка може привести до підвищення вогнезахисної та вогнегасної ефективності речовин у вигляді наявного ефекта синергізму в інгібувальній дії сумішей фосфоровмісних та азотовмісних сполук, що в свою чергу призведе до підвищення ефективності пасивного і активного протипожежного захисту об'єкта [6].

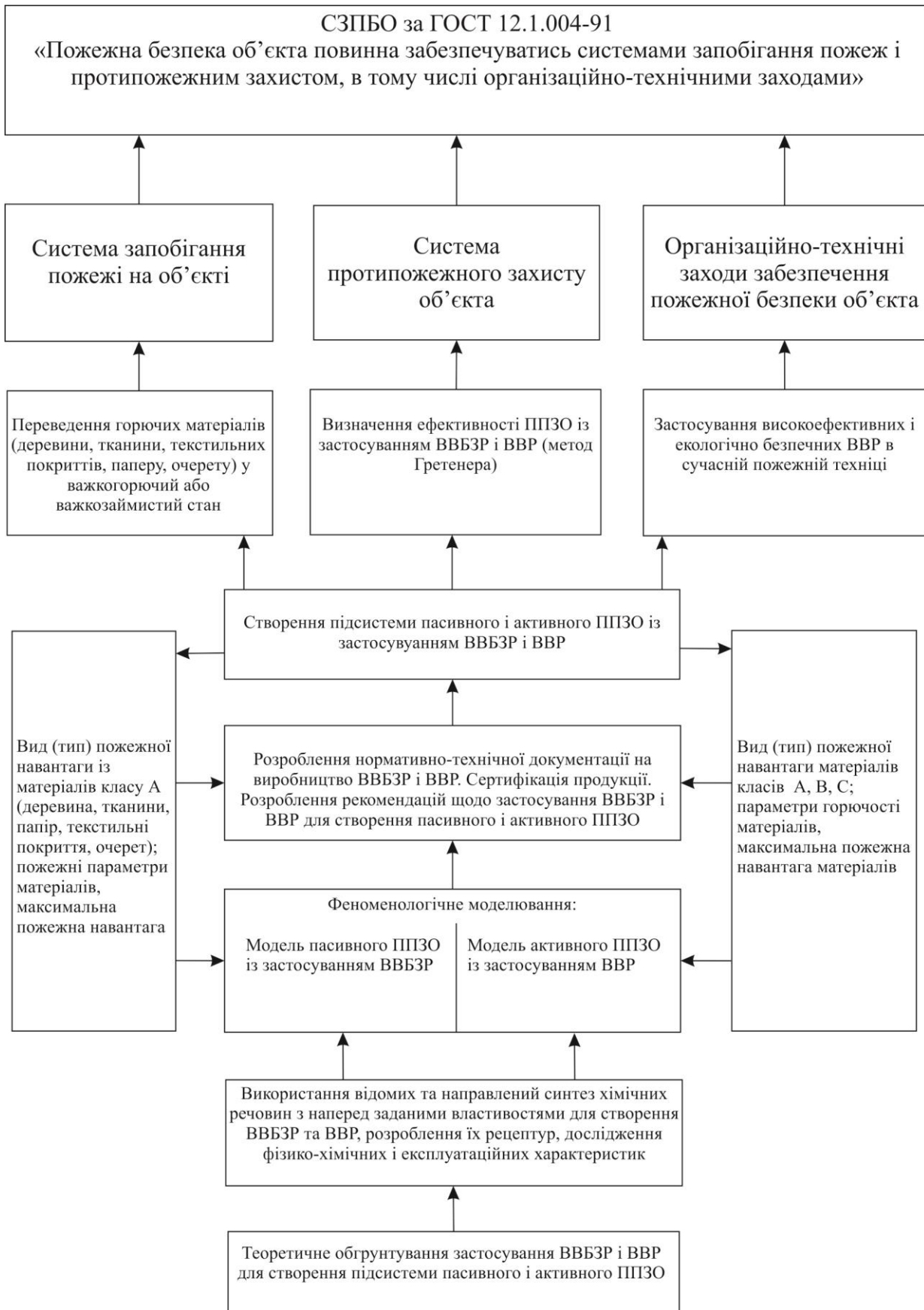


Рисунок 1 – Структурно-логічна схема загальної методики виконання досліджень

Теоретично обґрунтовано використання водних вогнебіозахисних речовин (ВВБЗР) для пасивного ППЗО, вперше розроблена феноменологічна модель просочення деревини як капілярно-пористої структури. Удосконалена математична модель процесу висолювання водорозчинних антипіренів з поверхні вогнезахищеної деревини, на поверхню якої нанесена плівка полімерного антисептика, що здатна утворювати гідрогель. Полімерний антисептик запропоновано використовувати в якості ефективного бар'єру процесу висолювання ВВЗР під час експлуатації вогнезахищеної деревини [7].

Теоретично обґрунтовано використання ВВЗР для активного ППЗО шляхом фізичного і феноменологічного моделювання процесів впливу і взаємодії ВВР з полум'ям в мікрооб'ємі зони горіння. Показана одночасна важливість тонкого розпилення ВВЗР та технічна складність подавання ВВР тонкого розпилення і застосування їх для активного ППЗО. Запропонована науково-технічна ідея подолання зазначених перешкод шляхом направленої синтезу комплексної хімічної полімерної водорозчинної речовини із специфічними властивостями: а) ВВР з пониженим (відповідно до води) поверхневим натягом для покращення розпилення; б) ВВР з вмістом сольового інгібітора полум'яного горіння; в) ВВР з гелеутворюючою здатністю [8].

На основі теоретичних досліджень розроблено водні вогнебіозахисні речовини (ВВБЗР) для деревини ДСА-1, ДСА-2, які складаються з суміші водного розчину антипіренів і водного розчину полімерного антисептика, та обґрунтована технологія створення вогнебіозахищеної деревини, що ґрунтується на послідовному обробленні деревини водним розчином антипіренів та водним розчином полімерного антисептика (полігексаметиленгуанідингідрохлорида (гідрофосфата)). Експериментальними дослідженнями встановлена неадитивність (синергізм) інгібувальної дії продуктів термічного розкладу суміші фосфоровмісних та азотовмісних сполук на ланцюгові реакції горіння при їх відповідному співвідношенні як 2:1. Результатами експериментальних досліджень збереження ефективності вогнезахисту деревини, обробленої ВВБЗР ДСА-1, ДСА-2, протягом 12 років підтверджена гіпотеза дієвості встановлення дифузійного бар'єра для процесу висолювання антипіренів за рахунок нанесення на поверхню деревини полімерного антисептика (полігексаметиленгуанідингідрохлорида (гідрофосфата)).

Термогравіметричними дослідженнями встановлено, що при термічному впливі на деревину, оброблену ВВБЗР ДСА-1, ДСА-2, в області температур 150ч250 °С реалізуються ендотермічні ефекти, які уповільнюють деструкцію макромолекул целюлози. Газохроматографічні дослідження підтверджують, що за рахунок вогнебіозахисного оброблення деревини ВВБЗР ДСА-1, ДСА-2 суттєво змінюється газовий склад продуктів термодеструкції поверхневого шару деревини: кількість оксиду вуглецю зменшується в 4 рази, кількість водню зменшується у 8 разів, а кількість флегматизуючого азоту збільшується майже на два порядки.

Встановлені закономірності перетворення деревини після оброблення ВВБЗР ДСА-1 та ДСА-2, що обумовлюють перетворення деревини:

- з легкогорючого матеріала у важкогорючий;
- з матеріала, який легко поширює полум'я поверхню, в матеріал, що не поширює полум'я поверхню;
- з матеріала, продукти горіння якого класифікуються як високо небезпечні для людини, в матеріал, продукти горіння якого класифікуються як помірно небезпечні;
- з матеріала із високою димоутворювальною здатністю в матеріал з малою димоутворювальною здатністю;
- з матеріала, який легко піддається біологічному руйнуванню, в матеріал, який стійкий до біологічного руйнування [9].

Розроблена феноменологічна модель процесу вогнезахисту деревини при обробленні ВВБЗР ДСА-1 та ДСА-2, яка враховує прояв різних факторів впливу ВВБЗР на горіння деревини: охолодження, інгібування, ізолювання, флегматизування.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що ВВБЗР ДСА-1, ДСА-2 неефективно використовувати для вогнезахисту тканин, паперу, очерету, і тому була синтезована полімерна комплексна хімічна речовина полігексаметиленгуанідингідро-фосфат карбаміду (ПГМГФК), яка ідентифікована за допомогою ІЧ-спектроскопії, диференційного термічного аналізу, оптичної мікроскопії. Розчину ПГМГФК у воді присвоєна технічна назва ВВБЗР ФСГ-1. Досліджені фізико-хімічні та специфічні властивості ВВБЗР ФСГ-1, які відповідають обґрунтованим вимогам для ППЗО з пожежною навантагою з тканин, паперу, очерету [10].

Експериментально встановлені закономірності перетворення тканин (з бавовни, льону, віскози, поліефіра, суміші поліефіра та бавовни) після оброблення ВВБЗР ФСГ-1:

- з легкозаймистого матеріала у важкозаймистий;
- з матеріала, який легко поширює полум'я поверхнею, в матеріал, що не поширює полум'я поверхнею;
- з матеріала, продукти горіння якого класифікуються як високо небезпечні для людини, в матеріал, продукти горіння якого класифікуються як помірно небезпечні;
- з матеріала із високою димоутворювальною здатністю в матеріал з помірно димоутворювальною здатністю;
- з матеріала, який легко піддається біологічному руйнуванню, в матеріал, який стійкий до біологічного руйнування [11].

Встановлені значні відмінності у фізико-хімічних властивостях ВВБЗР на основі ПГМГФК з молекулярною масою понад 10000 а.о.м. (ФСГ-2Ф) порівняно із водою. ФСГ-2Ф має поверхнево-активні властивості, тому її поверхневий натяг у 2 рази менший, ніж у води. При концентрації більше 50% ПГМГФК у складі запропонованої ВВБЗР утворюється гідрогель, який має більшу охолоджувальну здатність порівняно із водою. ВВБЗР ФСГ-2Ф має виражені інгібувальні властивості, при чому максимальний неадитивний ефект синергізму з посилення інгібувальних властивостей спостерігається при співвідношенні атомів фосфору до атомів азоту у складі ПГМГФК як 2:1. Реологічним дослідженнями встановлено, що ВВБЗР ФСГ-2Ф є неньютонівською рідиною з слабо вираженими псевдо пластичними властивостями, які описуються законом Оствальда-де-Віля. В'язкість цієї рідини значна при малих швидкостях, але з подальшим ростом градієнта швидкості в'язкість зменшується. Струмінь ВВБЗР ФСГ-2Ф довше зберігає компактну, «циліндричну» форму порівняно із водою, але при розпаді струменя ФСГ-2Ф утворюються краплини меншого розміру порівняно з водою. При швидкостях потоку в 60 м/с розмір краплин ВВБЗР ФСГ-2Ф зменшується до $150-200 \times 10^{-6}$ м, що класифікується як розпиленість струменів середньої дисперсності. Встановлено, що введення в водний розчин ПГМГФК (концентрації 31,5%) дозволяє при розпиленні зменшити розмір краплин вогнегасної речовини не менше, ніж в 3 рази [12].

Експериментально встановлено, що при використанні ВВБЗР ФСГ-2Ф в якості заряду в технічних засобах пожежогасіння можливо отримати тонко розпилений струмінь з розміром краплин менше 100 мкм при використанні пневматичної форсунки з надлишковим тиском в 0,8 МПа.

Встановлена відносна вогнегасна ефективність ВВБЗР ФСГ-2Ф, яка вказує на те, що застосування ФСГ-2Ф при гасінні вогнищ пожеж класу В в 2,55 раз ефективніше, ніж застосування води.

Встановлена можливість використання ВВБЗР ФСГ-2Ф в якості заряду для водяних технічних засобів гасіння пожеж класу А і В. Виявлена відсутність повторного займання модельного вогнища пожежі 3А після його гасіння ВВБЗР ФСГ-2Ф з вогнегасника ВВ-9. Запропоновано алгоритм застосування ВВБЗР ФСГ-2Ф для активного протипожежного захисту об'єкта: доцільна заміна вогнегасного водяного заряду на більш ефективний заряд ВВБЗР ФСГ-2Ф в пожежних засобах (вогнегасниках, установках пожежогасіння тощо) для забезпечення відповідних норм належності [8].

Запропонована феноменологічна модель механізму вогнегасної дії ВВБЗР ФСГ-2Ф, яка враховує прояв різних факторів: реологічних властивостей струменів вогнегасної

речовини, ефектів охолодження, інгібування, флегматизування, ізолювання гідрогелем поверхні горючої поверхні. Наявність наведених факторів забезпечує високу вогнегасну ефективність ВВБЗР ФСГ-2Ф, що в 4,55 вище за вогнегасну ефективність води при однакових умовах їх подавання на гасіння вогнищ пожеж класу А [8].

Проведені дослідження стали підґрунтям для створення нормативно-технічної бази для виробництва ВВБЗР: ТУ У 13672801.002-1999, ТУ У 24.6-32528450-001-2003, технологічні регламенти виробництва ДСА-1, ДСА-2; ТУ У 24.6-32528450-002-2004, технологічний регламент виробництва ФСГ-1, ФСГ-2. Створена виробнича база ВВБЗР ДСА-1, ДСА-2, ФСГ-1 на ТОВ «Вогнебіозахист», ТОВ «Захист-Центр», яка з 1999 року забезпечує щорічно понад 5000 об'єктів України сертифікованими вогнебіозахисними засобами.

Таким чином, враховуючи результати проведених досліджень, відповідно до структурно-логічної схеми рисунку 1 можна стверджувати, що створено підсистему СПЗЗО, яка складається з пасивного та активного ППЗО. При цьому пасивний ППЗО базується на застосуванні ВВБЗР (ДСА-1, ДСА-2, ФСГ-1, ФСГ-2Д) для вогнезахисту виробів з деревини, тканин, паперу, очерету. Результати випробувань вогнебіо захищених макетів дерев'яних конструкцій (куполів церков, дахів) в полігонних умовах підтверджують можливість затримання пожежі на її початковій стадії протягом часу, що відповідає нормативам прибуття пожежних підрозділів в містах та сільській місцевості. Про це також свідчать чисельні приклади спрацювання пасивного ППЗО на реальних об'єктах: в готелях, школах, житлових будинках, церквах тощо. Активний ППЗО базується на застосуванні ВВР ФСГ-2Ф, який ефективно гасить пожежі класів А та В. Ефективність гасіння пожежі класу А забезпечується насиченням поверхневих шарів матеріалу антипіреном на основі полігексаметиленгуанідінгідрофосфат карбаміду і утворенням на цій основі модифікованого шару, що унеможливорює повторне займання.

Проведено оцінювання ефективності реалізації розробленої підсистеми ППЗО з пожежною навантагою у 8 МДж/м² методом Гретенера, яке вказує на можливість зменшення пожежної небезпеки в 14-20 разів порівняно з відсутністю зазначеної підсистеми.

Отже, функціонування розробленої підсистеми ППЗО охоплює майже весь цикл пожежної безпеки об'єкта: від підпорядкованості законодавчим актам до забезпечення об'єктів розробленими ВВБЗР та ВВР. Для успішного функціонування запропонованої підсистеми ППЗО із застосуванням ВВБЗР та ВВР необхідно в першу чергу забезпечити виконання нормативних вимог. Зокрема, для пасивного ППЗО слід забезпечити виконання вимог «Правил з вогнезахисту» та ДБН В.1.1-7-2002 п.4.2.1: «У будинках, крім будинків V ступеня вогнестійкості, дерев'яні елементи горючих покриттів (крокви, лати) повинні оброблятися засобами вогнезахисту, які забезпечують I групу вогнезахисної ефективності згідно з ГОСТ 16363». А для активного ППЗО – виконання вимог НАПБ А.01.001-95 п.6.4.8: «Будівлі, споруди, приміщення, технологічні установки повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, ... , які використовуються для локалізації та ліквідації пожеж у їх початковій стадії розвитку»; п.6.4.9: «Норми належності первинних засобів пожежогасіння для конкретних об'єктів повинні встановлюватися нормами технологічного проектування та галузевими правилами пожежної безпеки».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пожарная безопасность. Общие требования: Межгосударственный стандарт. ГОСТ 12.1.004-91.-М.: Госстандарт России: Из-во стандартов, 1992. – 77 с.
2. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. - М.: Наука, 1981,-487 с.
3. Провести дослідження і розробити програмне забезпечення щодо визначення сітки покриття підрозділами місцевої пожежної охорони в сільських населених пунктах: Звіт про НДР/ УкрНДПБ; № 0106U005414.- К.2006.- 45 с.
4. Антонов А.В., Боровиков В.О.; Орел В.П., Жартовський В.М., Ковалишин В.В. Вогнегасні речовини. Посібник. - Київ: Пожінформтехніка. 2004. - 176 с.

5. Жартовский С.В. Системный подход к обеспечению противопожарной защиты объектов с пожарной нагрузкой из целлюлозосодержащих материалов // Материалы XXIV Международной научно-практической конференции по проблемам пожарной безопасности, посвященной 75-летию создания института: Москва, ВНИИПО, 2012. – С.129 – 131.
6. Жартовський С.В. Удосконалення емпіричного методу розрахунку енергетичних параметрів іон-радикальних комплексів активних центрів горіння з продуктами термічного розкладу водної вогнегасної речовини / С.В.Жартовський, А.В.Нетреба, В.В.Нижник, Р.В.Уханський // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал. – 2013. – № 1 (27). – С. 1 – 8.
7. Жартовский В.М., Нижник В.В., Жартовский С.В., Добростан А.В. Пассивная противопожарная защита деревянных конструкций куполов церквей с применением пропиточных составов // Пожаровзрывобезопасность: научн.-техн. журнал, «Пожнаука», Москва, 2013, т. 22, №3. – С.31 – 37.
8. Жартовский С.В., Нижник В.В., Уханский Р.В. Активная противопожарная защита деревянных куполов церквей с применением водных огнетушащих веществ // Пожаровзрывобезопасность: научн.-техн. журнал, «Пожнаука», Москва, 2013, т. 22, №4. – С.65 – 71.
9. Жартовський С.В. Шляхи створення та використання просочувальних вогнебіозахисних засобів ДСА-1, ДСА-2 для деревини і фанери / Пожежна безпека: теорія і практика: Збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2010. - № 5. – С. 36-55.
10. Жартовський С.В. Композиційна просочувальна речовина для вогнебіозахисту деревини і тканин / С.В.Жартовський, К.І. Соколенко, Д.І. Рихліцький // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал. – 2010. – № 2 (22). – С. 30 – 37.
11. Жартовский С.В. Разработка водного огнезащитного вещества для пассивной противопожарной защиты объекта с пожарной нагрузкой из тканей // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. Научно-техн. журнал. Минск, 2013, Вып. 1 (33). - С.61 – 69.
12. Жартовський С.В. Сучасні засоби активного і пасивного захисту об'єктів культового призначення // Пожежна безпека. збір. наук. праць, Львів.: ЛДУБЖД, №22. – 2013. – С.81 – 86.