Компоненти систем протипожежного захисту

Розділ 6.1

Димові пожежні сповіщувачі. Частина 1

Вступ

Під час розвитку пожежі деякий час відбувається процес повільного горіння, без достатнього доступу повітря, з виділенням великої кількості газоподібних продуктів і диму. Іноді, під час горіння не спостерігається істотного підвищення температури, хоча приміщення заповнюється газами і димом.

Дим представляє собою продукти неповного згоряння. Це сукупність твердих та рідких частинок, які знаходяться в дисперсному стані у газоповітряному середовищі. Дими відрізняються від пилу, туманів формою, розмірами частинок, хімічним складом, електричним станом, температурою.

Утворення диму є динамічним процесом. Частинки диму на початку горіння мають невеликий розмір. З часом, під впливом руху, частинки зіштовхуючись з'єднуються, що веде до збільшення середнього розміру частинки. Видимий дим – це частинки розмірами в діаметрі від 0,4 мкм і більше.

Характеризують дими такі показники, як:

- концентрація (кількість частинок, які знаходяться в 1 $м^3$ диму, або вагова концентрація (мг/л);
- оптична щільність в дБ (оптична прозорість середовища в %).

Об'єктивні методи виявлення диму почали з'являтися у середині XX століття. Так швейцарський фізик Вальтер Йегер працюючи у 1930 році над виявленням отруйних газів випадково винайшов метод виявлення диму у іонізаційній камері. Тобто військовий заказ допоміг зробити перший шлях у побудові систем протипожежного захисту. Але необхідність застосовувати високі напруги у такому обладнані значно обмежували його можливе впровадження. Наступним кроком став побічний результат роботи над проектом «Манхеттен» (розробка у США атомної бомби). За допомогою радіоактивного ізотопу Америцій-241, Гленн Сиборг зміг розробити нову конструкцію іонізуючої камери, без застосування полів високої напруги. Перший, по-справжньому доступний, пожежний сповіщувач був сконструйований Двейном Д. Перселла в 1965 році. Це був окремий пристрій, який нагадував за формою осине гніздо. Модель 710 іонізаційного пожежного

сповіщувача компанії Statirol представлена на рис. 1. Масове виробництво цих виробів було налагоджено компанією Перселла, Statirol Corporation, в місті Лейквуд, Колорадо.

Принцип роботи іонізаційного пожежного сповіщувача наступний.

Рис. 1

Під дією безперервного радіоактивного випромінювання α частинок, повітря в камері (рис. 2) іонізуючись стає провідником електричного струму. Прикладена до електродів напруга спричиняє виникнення іонізаційного струму (Іоніз), який функціонально залежить від:

- прикладеної до електродів напруги;
- потужності радіоактивного матеріалу;
- стану міжелектродного простору.

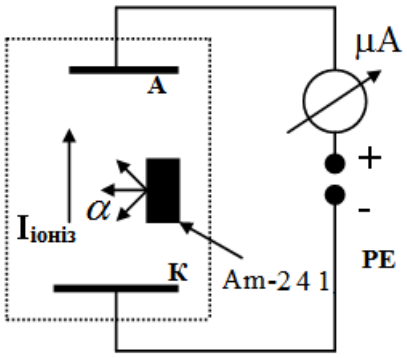

Рис. 2

Дим потрапляє в іонізаційну камеру, перешкоджаючи рухові заряджених часток, знижує ступінь іонізації, в результаті чого електрична провідність між електродами зменшується. Пропорційно до зменшення електропровідності знижується іонізаційний струм. Відносне зниження іонізаційного струму досягаючи певного граничного значення призводить до спрацювання тривожної схеми пожежної сигналізації.

Сьогодні всім відомо, що рівень радіації від чіпу з радіоактивним ізотопом, який застосовано у іонізаційних сповіщувачах перевищує фоновий рівень. Тому їх виробництво, експлуатація, а головне, утилізація у всіх країнах світу стикається з безліччю труднощів, які відсутні у оптичних димових сповіщувачах.

Оптичні димові сповіщувачі виробляються кількох типів: точкові, лінійні та аспіраційні. Аспіраційні димові пожежні сповіщувачі повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 54-20 та розділяються вони на три класи: A, B та C. Ці вироби в Україні не виробляються, попит на такі сповіщувачі не дуже високий, тому потреби повністю задовольняються імпортним обладнанням. Лінійні димові пожежні сповіщувачі відповідають вимогам ДСТУ EN 54-12 й бувають вони двохкомпонентні (складаються з випромінювача та приймача) та однокомпонентні, коли випромінювач та приймач розташовані у одному корпусі, а відбиття промінню здійснюється катафотом). Двохкомпонтні лінійні димові пожежні сповіщувачі вже 20 років в Україні виробляє ПП «АРТОН». Однокомпонентні лінійні пожежні сповіщувачі також освоєні цим підприємством вже кілько років тому. Лінійним димовим пожежним сповіщувачам буде присвячена у наших семінарах окрема тема.

На точкові димові пожежні сповіщувачі поширюється стандарт ДСТУ EN 54-7. Його остання версія, що діє в Україні має назву: ДСТУ EN 54-7:2019 (EN 54-7:2018, IDT) Системи пожежної сигналізації. Частина 7. Сповіщувачі пожежні димові точкові розсіяного світла, пропускного світла чи іонізаційні.

Про іонізаційні точкові димові сповіщувачі ми вже поговорили, їх сьогодні в Україні ніхто не виробляє, а ті що експлуатуються, наприклад на АЕС, відповідають вимогам скасованого в Україні ГОСТ 22522-91 «Извещатели радиоизотопные пожарные. Общие технические условия». Крім того, для потреб українських АЕС був розроблений та пройшов відповідні випробування, у тому числу й в умовах малої течі ядерного реактора, та вже більше 10 років експлуатується на Хмельницькій АЄС оптичний димовий точковий сповіщувач СПД-А, виробництва ПП «АРТОН».

Точкові оптичні димові пожежні сповіщувачі, що працюють за принципом пропускного світла в Україні також ніхто не виробляє.

В імпортних сповіщувачах такого типу застосовують технології інтелектуальної цифрової обробки сигналів, які дають змогу уникнути хибних спрацювань, не знижуючи чутливість. До таких сповіщувачів відноситься сповіщувач SecuriStar® - ESD 530 (фірми «Securiton AG», Швейцарія), рис. 3 та 4.

Рис. 3

Рис. 4

В сповіщувачі внутрішня оптична камера поділена на дві ізольовані частини, які утворюють два незалежних канали, у які направляють промені світла від одного світлодіода (рис. 5). Частина світла проходить в опорний (еталоний) канал, а друга - в перфорований чутливий канал (виявлення диму). Опорний вимірювальний канал служить для компенсації впливу коливань температури та процесів старіння, що дає змогу здійснювати самоконтроль функціювання сповіщувача.

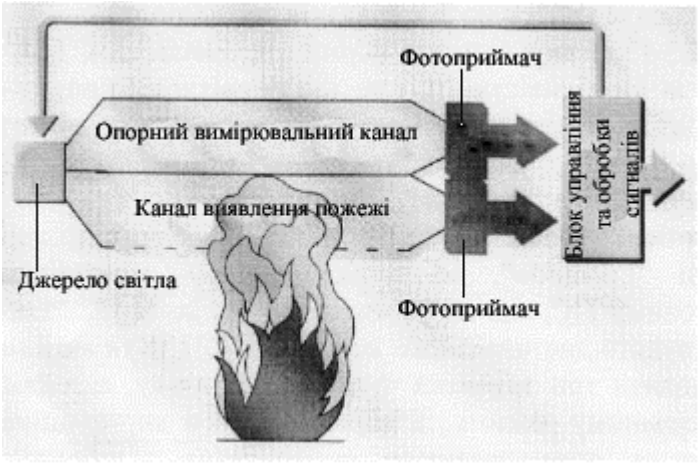

Рис. 5

У каналі виявлення диму відбувається безперервний контроль повітря на наявність у ньому частинок диму.

Потрапляючи на фотоприймач, обидва промені вимірюються, підсилюються й надходять на цифровий процесор обробки сигналів, який використовує закладені в нього алгоритми.

За відсутності диму в каналі виявлення диму, вихідні рівні сигналів (каналу виявлення диму і опорного вимірювального) однакові. Якщо до каналу виявлення диму потрапляють продукти горіння, промінь від світлодіода, який проходить через цей канал, послаблюється, що, в свою чергу, зменшує надходження світла на фотоприймач каналу. При цьому визначаються такі параметри:

- середнє значення вимірюваного сигналу;
- швидкість приросту зміни сигналу;
- корекція дрейфу.

Після цього отримані результати порівнюються й оцінюються електронною системою за допомогою мікроконтролера.

Точкові димові сповіщувачі розсіяного світла згідно ДСТУ EN 54-7:2019 бувають закритого та відкритого типів. До сповіщувачів відкритого типу відноситься виріб фірми Бош FAP-500, який представлений на рис. 6. У цього сповіщувача зона виявлення (позиція 7 на рис. 7) знаходиться поза корпусом виробу.на цьому рисунку застосовані також позначення: 2- фотоприймач, 3- випромінювач.

Рис. 6

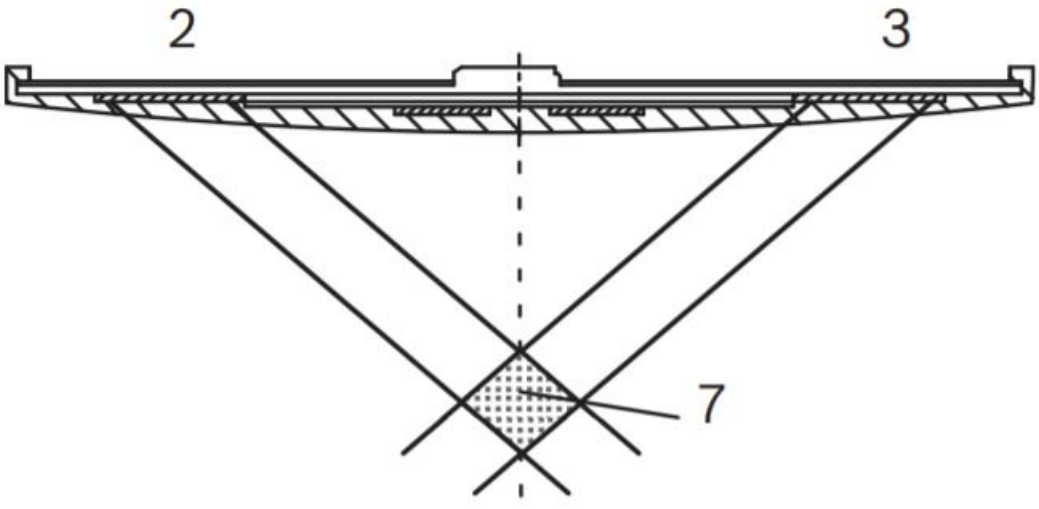

Рис. 7

Всі сповіщувачі серії FAP-500 обладнані двома оптичними сенсорами та сенсором забруднення. Всі сигнали з сенсорів постійно аналізуються внутрішніми електронними засобами обробки сигналу і зв'язуються один з одним через спеціально розроблені алгоритми. Для нормальної роботи сповіщувача в радіусі 0,5 м від нього не повинно бути ніяких предметів.

Оптико-електронні димові точкові сповіщувачі розсіяного світла побудовані на основі ефекту Тиндаля, тобто на ефекті світіння оптично неоднорідного середовища внаслідок розсіювання світла, що проходить. В цьому випадку інтенсивність розсіяного світла, в обраному напрямку (при постійних параметрах падаючого світла), залежить від концентрації розсіюючих частинок та їх розміру. Більш глибоке вивчення фізичних основ побудови точкових сповіщувачів показує присутність і інших закономірностей, наприклад, ефекту Густава Мі. Ця закономірність свідчить, що існує залежність інтенсивності розсіяного світла від кута між осями випромінювача і фотоприймача, а також від співвідношення між радіусом частки і довгої хвилі випромінювання в даному середовищі. Непрозорість (каламутність) середовища менше в разі дрібних і великих частинок і максимальна при деякому проміжному розмірі частинок. Природно, що інтенсивність розсіяного світла буде залежати і від коефіцієнта поглинання світла частинками цього каламутного середовища. Проблеми реальної та технологічної чутливості димових сповіщувачів висвітлювалися в ряді публікацій. Тут же хочеться зупинитися на необхідних і достатніх умов, при дотриманні яких можна вважати, що процес випробувань того чи іншого параметра проходить коректно і в результаті будуть отримані достовірні дані.

Димові пожежні сповіщувачі, які використовують принцип розсіяного світла, у більшості сконструйовані та працюють таким чином: в сповіщувач встановлюють камеру димового сенсору з двома спеціальними утримувачами для інфрачервоного світлодиода та фотодіода, які виконані під кутом 120° -140°. Завдяки тому, що утримувачі мають бленди, тілесні кути поля зору фотодіода і світло діода обмежені та направлені вздовж їх оптичних осей. На перетині тілесних кутів створюється чутлива зона. Конструкція камери димового сенсора виконана з чорного пластику таким чином, що повітря в неї може попадати без перешкод, але на фотодіод не потрапляє ні зовнішнє світло, ні світло від інфрачервоного світлодіода. При пожежі дим (тверді, дрібні частинки) потрапляє в чутливу камеру і забезпечує заломлення і відбиття інфрачервоних променів, які випромінює світлодіод. Частина інфрачервоних променів при заломленні освітлює фотодіод, що веде до зміни його електричних параметрів, а це призводить до включення тривожної схеми сповіщувача.

На рис. 8 та 9 умовно зображено камеру димового сенсору оптичного димового пожежного сповіщувача, яка знаходиться в черговому стані (рис. 8), і в тривожному стані, коли дим потрапив в чутливу камеру (рис. 9).

Рис. 8

Рис. 9

Окремим типом оптичних димових пожежних сповіщувачів є двохточкові димові пожежні сповіщувачі серії СП-2, що виробляються ПП «АРТОН» на основі патентів України на винаходи № 73398, 85270, 85273. Застосування таких сповіщувачів у приміщеннях з підвісними стелями дозволяє значно спростити монтаж та обслуговування систем пожежної сигналізації у таких приміщеннях. Двохточковим димовим пожежним сповіщувачам також буде присвячена у наших семінарах окрема тема.

Більше ніж за 20 років розробниками ПП «АРТОН» було створено широке різноманіття димових точкових пожежних сповіщувачів. Оригінальні технічні рішення, що застосовані у цих виробах захищені патентами України на винаходи та корисні моделі. Тільки з назвою «Димовий пожежний сповіщувач» є більше 25 патентів України. А також є патенти на такі об’єкти інтелектуальної власності, як бази для знімних сповіщувачів, контакти для цих баз гвинтові та безгвинтові, камери димових сенсорів, та інші вузли та деталі, що застосовуються у димових пожежних сповіщувачах. Наші димові сповіщувачі різняться не тільки дизайном та розмірами, а й застосуванням різних камер димових сенсорів, різними схемами електронних блоків обробки, різними схемами підключення до шлейфів пожежної сигналізації та застосуванням додаткових функцій, а також ринками збуту, але всі вони сертифіковані на відповідність вимогам нормативних документів, що діють на тій, чи іншій території.

Класифікація оптичних димових сповіщувачів, які виробляє ПП «АРТОН», представлена на рис. 10.

На цьому рисунку застосовані наступні скорочення:

ЧР - черговий режим;

ІКЗ – ізолятор короткого замкнення;

НЗ – нормально замкнений;

НР - нормально розімкнутий;

Інд. – індикація;

Комп. - компонентний.

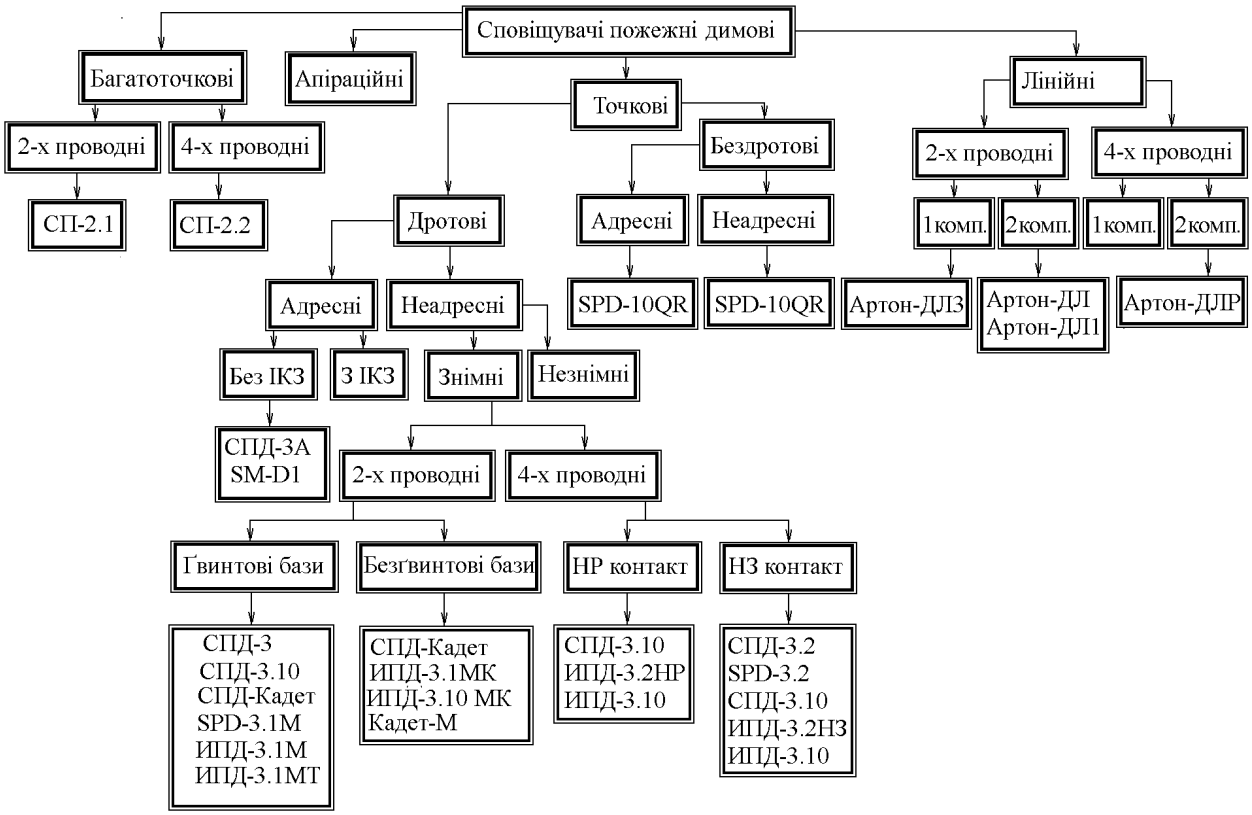

Рис. 10

Нормативні вимоги

У проекті першої частини державного стандарту серії ДСТУ EN 54 є визначення щодо оптичних димових пожежних сповіщувачів:

"3.52 оптичний димовий пожежний сповіщувач (optical smoke detector)

Пожежний сповіщувач, чутливий до продуктів згоряння, які можуть вплинути на поглинання або розсіювання випромінювання в інфрачервоному, видимому та/або ультрафіолетовому діапазонах спектру електромагнітного випромінювання».

3.27 пожежний сповіщувач (fire detector)

Компонент системи пожежної сигналізації та оповіщування, до складу якого входить принаймні один датчик, що постійно або через короткі проміжки часу контролює принаймні одне відповідне фізичне та/або хімічне явище, пов'язане з пожежею, та який забезпечує подавання принаймні одного відповідного сигналу на пожежний приймально-контрольний прилад

Примітка 1. Рішення щодо оповіщування про пожежу або приведення в дію протипожежного обладнання або системи може прийматися за допомогою пожежного

сповіщувача або іншого компонента системи, наприклад, пожежного приймально-контрольного приладу.

Приклад. До них можуть належати:

— пожежні сповіщувачі полум'я, димові пожежні сповіщувачі, теплові пожежні сповіщувачі, газові сповіщувачі;

— точкові пожежні сповіщувачі, пожежні сповіщувачі лінійного типу, багатоточкові пожежні сповіщувачі, аспіраційні пожежні сповіщувачі;

— відновлювані пожежні сповіщувачі, невідновлювані пожежні сповіщувачі;

— знімні пожежні сповіщувачі, незнімні пожежні сповіщувачі".

У діючому стандарті ДСТУ EN 54-7:2019 є тільки три визначення, два з яких не було у попередньої версії документа:

«3.1 закритий детектор

оптичний або іонізаційний детектор з вимірювальним об'ємом (-ами) всередині корпусу

3.2 відкритий детектор

оптичний детектор диму з вимірювальним об'ємом (-ами) поза корпусом

3.3 значення порога спрацювання

щільність аерозолю в безпосередній близькості зразка в той момент, коли він генерує сигнал тривоги, при тестуванні, як описано в 5.1.5

Примітка 1 до запису: Значення порога спрацювання може залежати від обробки сигналу в сповіщувачі та в пожежному приймально-контрольному приладі».

Наявність визначення по п. 3.3 означає, що такий важливий параметр сповіщувача, як значення порога спрацювання не є тотожнім іншому важливому параметру – чутливості сповіщувача. Спроби знайти визначення для поняття "чутливість димового пожежного сповіщувача" були не вдалими…

Але новітній національний стандарт хоч і не дає самого визначення чутливості для димового пожежного сповіщувача, але надає спосіб визначення цієї чутливості:

«4.6 Експлуатаційні параметри в умовах пожежі - чутливість до пожеж

Точковий димовий сповіщувач повинен демонструвати адекватну чутливість до широкого спектра типів диму, як необхідна умова для загального застосування в системах виявлення пожежі в будівлях. Щоб підтвердити це, точковий димовий сповіщувач повинен бути випробуваний відповідно до 5.6.1».

Пункт 5.6.1 – це перевірки по 4-м тестовим пожежам TF2, TF3, TF4 та TF 5, таким чином наведена вимога означає: не може бути більш чутливих димових точкових

пожежних сповіщувачів, чи менш чутливих, а є тільки ті, що мають чутливість відповідну вимогам стандарту на цей вид продукції, та інші, які не відповідають вимогам стандарту.

Тим процедурам, по яким проходять тестові пожежі точкові та лінійні димові пожежні сповіщувачі присвячена публікація «Взгляд на пожарные дымовые извещатели через призму тестовых пожаров», яка розміщена на сайті ПП «АРТОН».

До того ж ні точкові, ні лінійні димові пожежні сповіщувачі, відповідно до своїх стандартів не мають ніякої селективної чутливості щодо тестових пожеж. Так само не коректно порівнювати чутливість оптичних сповіщувачів розсіяного світла, пропускного світла чи іонізаційних; чи точкових та лінійних; закритого виду чи відкритого. Виріб або відповідає своєму стандарту, чи ні. Не можуть бути в використанні димові пожежні сповіщувачі, які чутливі до одних типів димів, наприклад, білих, відповідні TF2 і TF3, але не чутливі до чорних димів (TF4 і TF5).

Тому той вітчизняний виробник, який у експлуатаційній документації стверджує про відповідність ДСТУ EN 54-7, не може застосовувати там же таку технічну вимогу, як «чутливість 0,05 - 0,2 дБ/м». Обґрунтуванню того, що значення порогу спрацювання й чутливість до пожеж димового пожежного сповіщувача – це зовсім різні технічні поняття, була присвячена ще одна публікація «Чутливість до пожеж – головний параметр димового сповіщувача», яку також можна знайти на сайті підприємства «АРТОН».

Саме після цієї публікації всі наші головні конкуренти провели зміни у паспортах на точкові димові пожежні сповіщувачі та вилучили з них вимогу щодо чутливості у дБ/м.

Більш того, можна стверджувати, що така вимога не коректна й у російському ГОСТ Р 53325. Підтвердженням цього є те, що з визначень, наведених в російському стандарті, слідує наступна нісенітниця: димовий пожежний сповіщувач, у якого виявлені менші значення чутливості, має більшу чутливість.

З появою у новітній редакції стандарту ДСТУ EN 54-7 визначення до сповіщувачів відкритого типу з’явились також й технічні вимоги до таких сповіщувачів, яких принципово не могло бути у звичайних сповіщувачів з камерою димового сенсору. Наприклад, сповіщувач відкритого типу FAP-500, про який говорилось вище, має типовий поріг спрацювання у димовому каналі 0,3 - 0,35 дБ/м, що у три рази гірше ніж у звичайних точкових сповіщувачів закритого типу, але він чудово проходить усі тестові пожежі, маючи середні показники дозволених значень параметрів, що контролюються при проведені цих випробувань. Цей приклад показує, чому у ДСТУ EN 54-7 не має обмеження з більшої сторони величини порогів спрацювання у димовому каналі. Проте зовсім не зрозуміло, на якій підставі сповіщувачі FAP-500 застосовуються у Російській Федерації, в той час, коли у ГОСТ Р 53325 є жорстке обмеження «чутливості у діапазоні

0,05 - 0,2 дБ/м». Та сповіщувачі відкритого типу ще ні хто в Україні не виробляє, тому ці розділи стандарту мають чисто теоретичне значення.

Інша справа – перевірка відповідності для сповіщувачів з функцією автоматичної компенсації дрейфу чутливості, завдяки якій вдається позбавитись хибних спрацювань димових оптичних сповіщувачів від пилу, що повільно накопичується у камері димового сенсору в процесі експлуатації виробу. Така функція головними виробниками, принаймні адресних димових пожежних сповіщувачів, стабільно прописана у експлуатаційних документах, та у всяких рекламних матеріалах. У діючому стандарті ДСТУ EN 54-7:2019 є тільки ствердження «оскільки не практично проводити тести з дуже повільним збільшенням густини диму, оцінка реакція детектора на повільне збільшення густини диму повинна бути зроблена шляхом аналізу схеми / програмне забезпечення та / або фізичні тести та моделювання». Тобто у цьому напрямку нічого не змінилось – нових методик та обладнання для проведення таких випробувань не має. Але у 21 столітті не допустимі такі ствердження, хоча б тому, що згідно цьому стандарту сповіщувачі проходять кілька 21 добових випробувань, а для тесту з дуже повільним збільшенням густини диму достатньо 8 годин…

Але очевидно, що для проведення таких випробувань необхідний вимірювач питомої оптичної густини повітря більш високої точності. Для цих випробувань зовсім не потрібно мати діапазон вимірювань до 2 дБ/м, досить до 0,5 дБ/м, але похибка вимірювань повинна бути на клас вище ніж 0,02 дБ/м +5% від виміряного значення, тобто похибка вимірювань повинна бути 0,005 дБ/м +5%.

Інакше при випробуваннях можливо забракувати відповідні вироби, або признати відповідними браковані сповіщувачі, саме по вині великої похибки вимірювача питомої оптичної густини повітря. Ще однією технічною задачею для таких випробувань є регулятор диму, який повинен забезпечити повільне зростання питомої оптичної густини повітря з встановленою швидкістю та утримувати фіксоване задане значення (наприклад, на рівні 0,1 – 0,3 дБ/м) на протязі кількох годин. Все це можливо зробити, якщо були б відповідні нормативні вимоги. Але їх не має, тому сам факт використовування у алгоритмі роботи інтелектуального сповіщувача механізму компенсації дрейфу чутливості ні ким та ні де не перевіряється.

Добре, що хоч не впровадили нові димові тести що утворюються при приготуванні гамбургерів, як це зробили з травня 2020 року в американських стандартах UL217-2016 та UL 268-2016. Ці нові видання стандартів налічують понад 250 змін, однак найбільшої уваги заслуговують дві вимоги. Сповіщувач повинен реагувати на горіння поліуретану та

не реагувати на дим, що створюється при приготуванні котлет. Швидкості змін питомої оптичної густини повітря для цих двох випадків представлені на рис. 11.

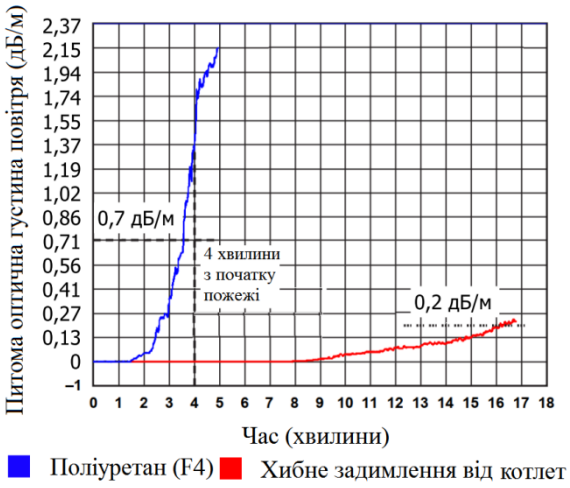

Рис. 11

Тому для відповідності новим тестовим пожежам сповіщувачу необхідно реагувати не тільки на величину питомої оптичної густини повітря, але й на швидкість її зміни. Іншими словами, димовий оптичний пожежний сповіщувач повинен стати динамічного типу, що в свою чергу потребує обов'язкового застосування мікроконтролера відповідного типу, який буде мати змогу вирішувати такі завдання. Треба тільки мати на увазі, що американські стандарти суттєво відрізняються від європейських, а значить й від наших національних не тільки по видам тестових пожеж, а й по обладнанню, що застосовується та по критеріям відповідності. Наприклад, кімната тестових пожеж має іншу конфігурацію та розміщення осередку пожежі та сповіщувачів, що контролюються (див. рис. 12). А критерії, що застосовані у американських стандартах більш жорсткі, ніж критерії європейських стандартів.

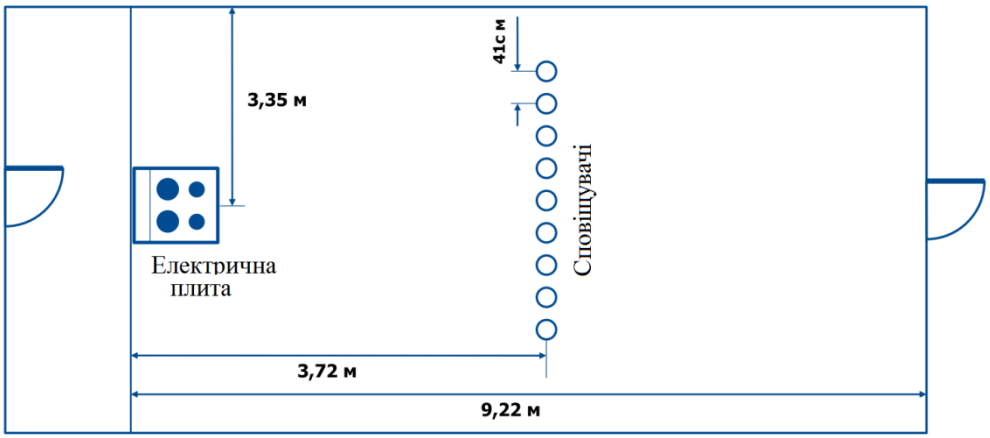

Рис. 12

Деякі виробники вже розробили сповіщувачі, адаптовані під нові вимоги американських стандартів. Наприклад, влітку минулого року, один з брендів Honeywell

Silent Knight анонсував лінійку сповіщувачів SK-W, що включає адресні оптичні димові, теплові і комбіновані сповіщувачі. Фірма System Sensor також представила аналогічну лінійку сповіщувачів. Минулої осені компанія Edwards також презентували свої сповіщувачі Signature Optica, які задовольняють новим стандартам. Зі зрозумілих причин, виробники не розголошують, як їм вдалося пройти нові випробування при сертифікації. Однак доступна документація вказує на те, що не були використані будь-які нові фізичні критерії спрацьовування, тому ймовірно результат був досягнутий за рахунок вдосконалення алгоритмів обробки сигналу. Поки що не має підтвердження, ці сповіщувачі без зміни алгоритмів роботи зможуть пройти випробування по всім тестовим пожежам стандарту EN 54-7:2018. Але з великим відсотком вірогідності можна сказати, що вироби, які відповідають всім вимогам новітнього стандарту ДСТУ EN 54-7:2019, не зможуть пройти всі випробування по американському стандарту UL 268-2016.

Але не будемо забігати на перед – спочатку необхідно, щоб продукція українських виробників, яка пройшла сертифікаційні випробування по ДСТУ EN 54-7:2019 змогла б пройти й випробування по вимогам IDT європейського стандарту EN 54-7:2018. Як показала практика ПП «АРТОН», це можливо при умові забезпечення стабільної якості виробництва на всіх його етапах.

Література:

1. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту;

2. ДСТУ CEN/TS 54-14:2021 (CEN/TS 54-14:2018, IDT) «Системи пожежної сигналізації та оповіщування. Частина 14. Настанови щодо побудови систем, проектування, монтування, пусконалагоджування, експлуатування та технічного обслуговування»;

3. прДСТУ EN 54-1:202_ Системи пожежної сигналізації та оповіщування. Частина 1. Вступ (EN 54-1:2021, IDT)

4. ДСТУ EN 54-7:2019 (EN 54-7:2018, IDT) Системи пожежної сигналізації. Частина 7. Сповіщувачі пожежні димові точкові розсіяного світла, пропускного світла чи іонізаційні.

5 Большая Советская Энциклопедия, т. 25, с. 559.

6. М. Борн, Э. Вольф "Основы оптики", М., Наука, 1970 г., с. 716.

7. Баканов В. В. "Взгляд на пожарные дымовые извещатели через призму тестовых пожаров", ж. F+S Технологии безопасности и противопожарной защиты № 1, 2010, с. 26

8. Баканов В. В. «Чутливість до пожеж — головний параметр димового сповіщувача», ж. «Пожежна та техногенна безпека», № 3, 2018 р., с. 16

9. Зайцев А. В. "Пожарные извещатели. Огневые испытания или "дымовой канал", ж. Алгоритм безопасности, №1, 2012, с. 64.

10. Неплохов И. Г. "Чувствительность дымового извещателя" ж. Системы безопасности, №2, 2012, с. 150.

11. Зайцев А. В. «Ложные срабатывания и новые тестовые пожары для пожарных извещателей в стандартах США UL 268-2016 и UL217-2016»

12. О.І. Воробйов «Системи пожежної сигналізації» Навч. посібник. – Львів: ЛДУБЖ 2018.- 231с.