

УДК 614.841

М.А. Касьянов, д.т.н, проф., Д.В. Михайлов, к.т.н.,
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЧНОГО ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ПРИМІЩЕНЬ ПРОМИСЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Представлено результати розробки комп'ютерної програми з моделювання динаміки поширення небезпечних факторів пожежі у приміщеннях з наявністю вентиляційних потоків повітря.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання пожежі, автоматичне пожежогасіння, вентиляційні потоки повітря, пожежна безпека приміщень промислового призначення.

Постановка проблеми. Питання пожежної безпеки приміщень промислового призначення визначаються як їх архітектурно-будівельними рішеннями, величиною пожежної навантаги, так і технічним оснащенням системами протипожежного захисту, які повинні забезпечувати виявлення пожежі, ліквідацію у найкоротший термін осередків загоряння із мінімальними матеріальними витратами. Практика використання автоматичних установок пожежогасіння (АУП) показала, що серед причин їх відмов і неефективної роботи поряд з недостатньою якістю монтажу, налагоджування і технічного обслуговування, фахівці відзначають помилки під час проектування АУП, незважаючи на досить високий рівень чутливості, швидкодії та інших характеристик. Проте захищеність об'єкта залежить не тільки від індивідуальних властивостей виконавчих елементів АУП, важливим є також і те, наскільки враховано його особливості, що впливають на процеси розвитку пожежі і її гасіння.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. На основі аналізу сучасного стану технологій автоматичного пожежогасіння, переваг і недоліків застосування основних видів АУП можливо зробити висновок, що їх ефективне використання пов'язане з розробкою методів і засобів протипожежного захисту, які повинні враховувати і параметри вентиляційних потоків повітря у приміщеннях [1]. Більшість діючих нормативних документів з пожежної безпеки враховують спрощені методики розрахунку вогнегасних концентрацій, що впливають на вибір параметрів елементів АУП, але вони в повній мірі не відображають складну термогазодинамічну картину реальної пожежі, яка характеризується тривимірністю та істотною нестационарністю [2].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. В існуючих інтегральних і зонних математичних моделях не враховується взаємодія вентиляційних потоків повітря з конвективними потоками димових газів, а розрахункові методики не дають конкретних рекомендацій з розміщення елементів АУП і подачі вогнегасних речовин з урахуванням параметрів повітряних потоків, що викликаються припливною або витяжною вентиляцією у приміщеннях, що захищаються. Тому актуальною задачею є дослідження впливу зазначених факторів на процес розвитку пожежі, що дозволить підвищити вірогідність математичного моделювання за допомогою тривимірних моделей під час проектування АУП. При цьому досягається істотне підвищення надійності і ефективності засобів забезпечення протипожежного захисту об'єктів у разі реального зниження витрат за рахунок якісного обґрунтування вибору як типу пожежних сповіщувачів, що реагують на перший за часом небезпечний фактор пожежі, так і інших елементів АУП. Це забезпечує реалізацію оптимального за терміном спрацьовування і створення необхідної вогнегасної концентрації варіанта розміщення усіх елементів АУП на об'єкті.

Мета статті полягає в аналізі шляхів підвищення ефективності автоматичного протипожежного захисту приміщень промислового призначення.

Основний матеріал дослідження. Застосування засобів комп'ютерного моделювання дозволяє спростити проведення проектних робіт і розрахунків з одночасним зменшенням собівартості щодо визначення оптимальних параметрів АУП і схеми розміщення її елементів у разі забезпечення протипожежного захисту об'єкта. У наш час створено ряд програмних продуктів для моделювання основних стадій розвитку пожежі у приміщеннях, які дозволяють вирішувати ряд задач пожежної безпеки, наприклад, таких як визначення середньооб'ємної температури або лінійної швидкості розповсюдження полум'я по поверхні горючої речовини. З метою моделювання зміни температурних полів у приміщеннях, що вентиліюються, з урахуванням взаємодії вентиляційних потоків з конвективними при пожежі для прийняття управлінського рішення при проектуванні АУП необхідною є наявність подібних програмних засобів.

На основі теоретичних досліджень фізичних процесів, що протікають при розвитку пожежі у приміщенні з наявністю вентиляційних потоків було розглянуто існуючі її математичні моделі. Обґрунтовано необхідність використання тривимірних польових моделей при математичному моделюванні взаємодії вентиляційних потоків повітря з конвективними потоками газів від джерела горіння. Розроблено комплексну математичну модель, яка на відміну від відомих використовує критерії Рейнольдса, Релея і коефіцієнт співвідношення енергії вентиляційних і конвективних теплових потоків, що дозволило більш точно відтворювати динаміку параметрів газового середовища приміщення, визначати зони з різким зростанням температури. Найбільш інформативним і перспективним методом моделювання пожежі є польовий метод, який використовує чисельне рішення рівнянь збереження маси і рівнянь переносу для різних фізичних параметрів, що дозволяє визначити розподіл у часі і просторі таких величин, як швидкість, температура, теплові потоки і т. ін.

У цей час використовуються двомірні або вісесиметричні математичні моделі, які з достатньою для практики точністю описують тільки вузький діапазон реальних пожеж. Аналіз моделей пожежі, заснованих на законах збереження маси, імпульсу і енергії, а також тих, що використовують експериментальні дані для одержання залежностей між деякими параметрами, дозволяє зробити висновок, що в усіх випадках, з одного боку, виникають помилки при математичних спрощеннях і скороченнях. З другого – під час розгляду конвективної колонки у приміщенні з наявністю вентиляційного потоку повітря в моделях не враховується той факт, що в умовах реальної пожежі вона має геометрію, що вигинається, через вплив на полум'я потоків повітря, які надходять у зону горіння з боку прорізу, і переміщення нагрітих газів. За наявності у приміщенні технологічного устаткування і вентиляційних потоків повітря турбулентний слід у свіжій суміші перед фронтом горіння, що виникає у процесі розвитку пожежі, призводить до турбулізації газового середовища і збільшення площі фронту.

Математична модель тепломасопереносу під час розвитку пожежі у приміщенні являє собою нестационарну крайову задачу для системи диференціальних рівнянь у часткових похідних Нав'є-Стокса, тобто рівняння енергії, три рівняння руху і замикається система рівнянням нерозривності. Початковими умовами для рішення рівнянь математичної моделі є початковий розподіл швидкості, тиску і температури повітря у приміщенні. Граничні умови визначаються геометрією приміщення, повітряними потоками на його межах, умовами непроникності поверхонь устаткування і будівельних конструкцій, тим, що швидкість на поверхнях дорівнює нулю і наявністю на них теплообміну. Для спрощення моделювання вся сукупність горючих матеріалів замінювалася одним ефективним горючим з усередненими характеристиками горіння.

За допомогою методів системного аналізу розроблено математичну модель і структурну схему системи підтримки прийняття рішень (СППР), яка складається з блоків самостійних модулів, основні з яких призначено для аналізу пожежної небезпеки об'єкта, що захищається, (рис. 1), прогнозу можливих джерел загоряння, параметрів вентиляційних потоків (рис. 2), моделювання динаміки зміни параметрів газового середовища об'єкта, аналізу та генерації кінцевого рішення під час проектування АУП.

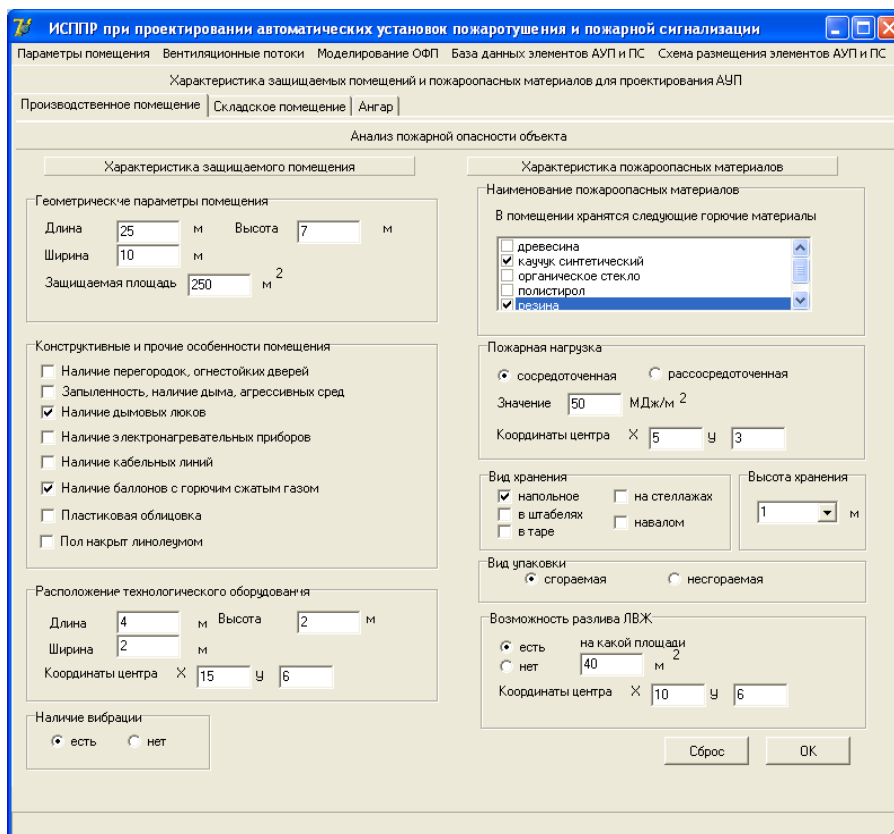


Рисунок 1 – Інтерфейс програми для введення початкових даних.

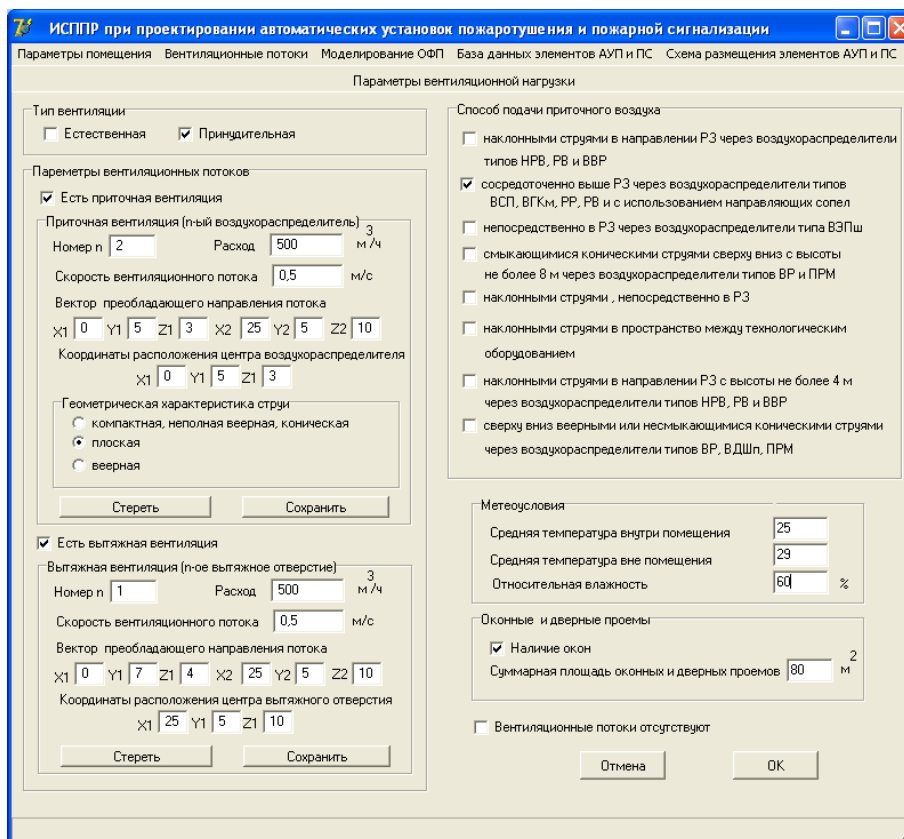


Рисунок 2 – Діалогове вікно для введення параметрів вентиляційних потоків.

Розроблено автоматизовану систему для пошуку можливих економічно раціональних рішень, модель формування допустимих альтернатив, комплексні функції вибору для прийняття кінцевого рішення під час проектування АУП, а також алгоритм для вирішення математичної задачі нечіткого вибору.

На першому етапі користувач може визначити тип приміщення (наприклад, виробниче, складське або ангар) (рис. 1), його планування, конструктивні та інші особливості, розміри, площу, що захищається системою автоматичного пожежогасіння, розташування технологічного устаткування, вказує пожежонебезпечні матеріали, що використовуються, зберігаються, транспортуються, пожежну навантагу, характер її розподілу за площею приміщення, у разі наявності легкозаймистих рідин – площу їх можливого розливу. Якщо це складське приміщення, тоді крім геометричних параметрів і більш розширеного переліку його конструктивних особливостей, зазначається вид зберігання матеріалів і товарів, характер їх розміщення.

Бібліотеки програми включають бази даних властивостей будівельних та оздоблювальних матеріалів, основні технічні характеристики автоматичних установок пожежогасіння, що застосовуються в Україні. Програма виконує аналіз введених даних та встановлює значення вагових коефіцієнтів.

У діалоговому вікні «Параметри вентиляційної навантаги» (рис. 2) користувач вибирає тип вентиляції залежно від призначення, місця дії та способу переміщення повітря, параметри вентиляційних потоків (витрата, швидкість повітря і т. ін.).

На основі виконаного аналізу програма моделює динаміку поширення небезпечних факторів пожежі, зокрема – зміни температурного поля на етапі її розвитку з урахуванням впливу вентиляційних потоків. Результати моделювання представляються у вигляді ізополів, ізоліній, або надаються у табличній формі і можуть бути експортовані у табличний редактор Microsoft Excel.

Після розрахунку температурних полів програма на основі масивів даних щодо характеристик елементів АУП і вогнегасних речовин, визначає найбільш прийнятні для застосування у цьому приміщенні типи автоматичних установок пожежогасіння і пожежної сигналізації та координати розміщення їх елементів. При цьому СППР генерує рішення щодо того, який із варіантів є найдоцільнішим для підвищення ефективності застосування АУП – той, що забезпечує швидке та ефективне пожежогасіння в усьому об'ємі приміщення, але негативно впливає на матеріальні цінності, які є в ньому, чи той, що є більш інерційним, але не змінює якості матеріалів, обладнання і т. ін. у разі однакових оцінок за іншими критеріями. На заключному етапі функціонування СППР формується рішення, яке уявляється у вигляді типу АУП, її комплектації і т. ін., що дозволяє значно скоротити витрати як на етапі проектних розробок систем протипожежного захисту приміщень, що вентилуються, так і з точки зору оптимізації використання вогнегасної речовини під час гасіння пожежі.

Висновки. Застосування засобів комп'ютерного моделювання дозволить спростити проведення проектних робіт і розрахунків з одночасним зменшенням собівартості щодо визначення оптимальних параметрів АУП і схеми розміщення її елементів у разі забезпечення протипожежного захисту об'єкта.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Касьянов М.А. Математичне моделювання впливу вентиляційних потоків на температурне поле при пожежі в приміщенні / М.А. Касьянов, Д.В. Михайлов // Вісник СХУ ім. В. Даля. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2010.– №4 (146). – Ч. 1. – С. 260-264.
2. Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности / С.В. Пузач. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 336 с.