

пожежного, технологічного і гаражного обладнання, інструменту, індивідуального озброєння та спорядження, ремонтно-експлуатаційних і будівельних матеріалів, господарського інвентарю і меблів у підрозділах і навчальних закладах пожежної охорони МВС України». – К.: МВС України, 2000. – 72с.

21. Брушлинский Н.Н. Решение общей задачи о дислокации специальных служб в городах. – В кн.: «Взрывобезопасность и огнестойкость в строительстве». – М.: Стройиздат, 1970. – С. 109-120.

22. Кузик А.Д., Трусевич О.М., Рак Т.Є. Метод знаходження оптимального місця розташування пожежно-рятувальних підрозділів // Зб. наук. праць «Пожежна безпека». – №8, 2006. – С. 86-90.

23. «Про затвердження положення про паспортизацію потенційно небезпечних об'єктів». – К.: МНС України, 2000. – С.3

24. Недоступ А.Ф. и др. Возможности ПАПП // Пожарное дело. - 1987. - №6. - С. 14-15.

25. <http://old.mns.gov.ua/showarticle.php?doc=pressa/ns/2007/02/18.ua&PHPSESSID=0bfeb070f913270a5b43ca30ec45ea03&p=1>.

УДК 691.32.699.81

Ю.Е. Павлюк, к.т.н, доцент, (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності), Т.М. Шналь, к.т.н, доц., М.І. Стасюк, к.т.н, доц., (Національний університет „Львівська політехніка”)

МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

В статті проаналізовано дослідження температурних режимів пожеж. Запропоновано моделі розвитку пожеж у залежності від місця їх виникнення. Встановлення відповідності моделей розвитку пожеж реальним сценаріям дає можливість на їх основі оцінити вогнестійкість конструкцій будівель та споруд.

Постановка проблеми.

Рівень пожежної безпеки будівель та споруд залежить від комплексу заходів які спрямовані на зниження ймовірності виникнення пожежі та мінімізації втрат від пожежі яка все-таки трапилась. Адекватна оцінка поведінки конструкцій в умовах пожежі буде залежати від врахування багатьох факторів. Визначальними факторами є поведінка матеріалу конструкцій в умовах зростаючих температур, конструктивна схема, спосіб завантаження та застосування відповідної моделі розвитку пожежі для оцінки температурного впливу на конструкцію. Дослідження температурних режимів [1] в будівлях пошкоджених пожежею показали що вони суттєво відрізняються від стандартної кривої температура-час, яка є єдиною яка прийнята в Україні для оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій. "Температурний режим стандартної кривої, який використовується близько 100 років, був встановлений на обмежених експериментальних даних розвитку пожежі в малому приміщенні та визначеній кількості целюлозного пожежного навантаження.

Аналіз останніх досліджень.

Дослідження температурних режимів пожеж та створення їх моделей ведеться у трьох напрямках. Перший, це розширення режимів номінальних кривих „температура-час”, другий розробка спрощених методів розрахунку в яких враховуються деякі параметри пожежі які

впливають на температурний режим, третій – створення розвинутих методів розрахунку на основі моделей числової гідродинаміки [2]. Крім того температурний режим залежить від виду експозиції конструкції, ззовні або зсередини та вентиляції, режим “вимушеної тяги” та режим “без вимушеної тяги”.

Постановка завдання.

Виконати аналіз моделей розвитку пожеж, залежно від розмірів пожежного відсіку, величини пожежного навантаження, умов вентиляції, теплофізичних характеристик огорожуючих конструкцій. Встановити відповідність моделей розвитку пожеж реальним сценаріям їх розвитку та можливість на їх основі оцінити вогнестійкість конструкцій будівель та споруд.

Виклад основного матеріалу.

В більшості національних будівельних норм межі вогнестійкості визначені, коли нагрів відбувається до погодженої кривої “температура-час” визначеної в ISO 834 (або Eurocode 1 частина 1-2), яка не відображає типу реальної пожежі. Ця стандартна крива “температура-час” стосується постійно зростаючої температури всередині пожежного відсіку, навіть після того коли, всі горючі матеріали вигоріли. Для конструкцій, для яких визначається межа вогнестійкості зовні будівлі, може використовуватись температурна крива “зовнішньої пожежі”. У випадку, де відбувається складування вуглеводневих матеріалів використовується жорсткіша температурна крива, крива “вуглеводневої пожежі”. Формули, які описують відповідні криві, подано у виразах 1- 3 [2] :

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1); \quad (1)$$

крива зовнішньої пожежі

$$\theta_g = 660(1 - 0.687e^{-0.32t} - 0.313e^{-3.8t}) + 20; \quad (2)$$

вуглеводнева крива

$$\theta_g = 1080(1 - 0.325e^{-0.167t} - 0.675e^{-2.5t}) + 20. \quad (3)$$

В останні роки велике значення в міжнародних дослідженнях займає місце встановлення та диференціація типів пожеж, які можуть статися в тунелях та підземному просторі. Ці дослідження ведуть в діючих тунелях, закинутих тунелях, та у лабораторних умовах. Результатом, отриманих під час випробувань даних, є детально розроблена серія кривих температура-час для різних експозицій (рис.1).

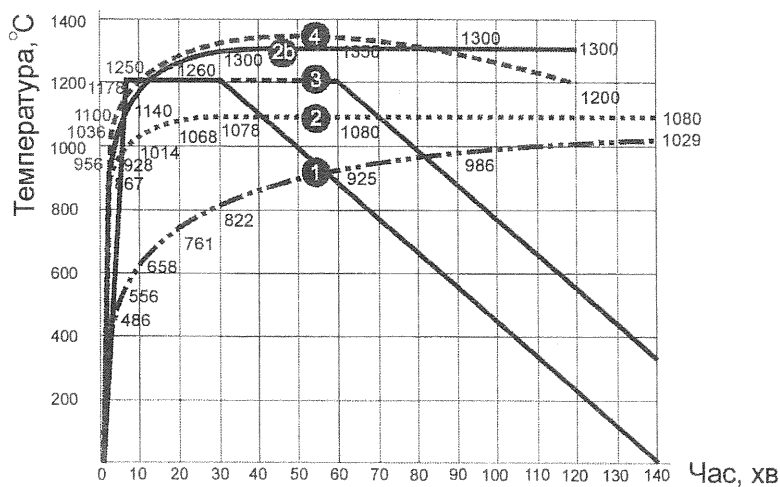


Рис.1. Співвідношення між температурними кривими :

1- стандартна температурна крива; 2- вуглеводнева крива; 2б – вуглеводнева модифікована крива;
3 – крива RABT ; 4 – крива RWS

В [2] викладена методика розрахунку параметричних кривих температура-час, які забезпечують простий спосіб врахування найбільш важливих факторів, які мають вплив на розвиток пожежі в частині будівлі. Подібно до номінальної пожежі, вона виражається у температурно-часовій залежності, хоча ця залежність містить деякі параметри, які частково відображають характер реальної пожежі. Як правило, у цю модель включають три параметри, а саме, пожежне навантаження в пожежному відсіку, отвори в стінах та/або даху, тип та теплофізичні характеристики матеріалів стін у відсіку. У цій моделі приймається, що температура є однаковою у відсіку. Використання моделі обмежується фазою після розгорання. Модель вимагає наступних даних: щільності пожежного навантаження, величини тепловідлення, втрат тепла .

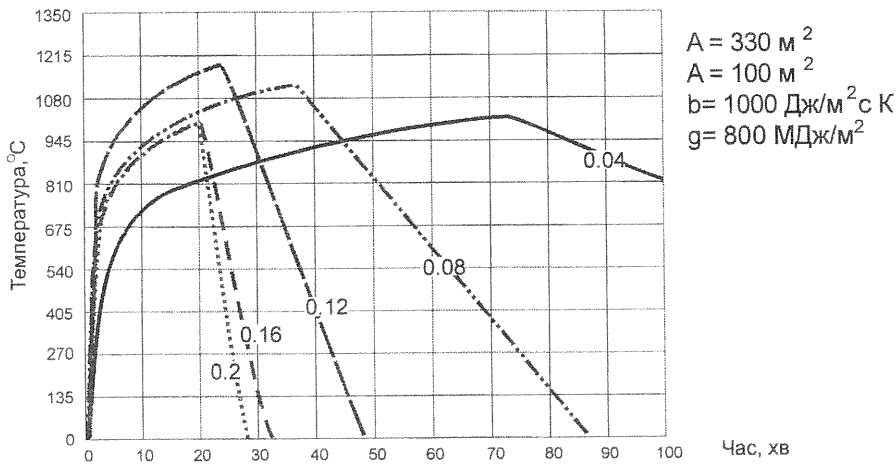


Рис.2. Параметричні криві температура час з урахуванням впливу отворів [3]

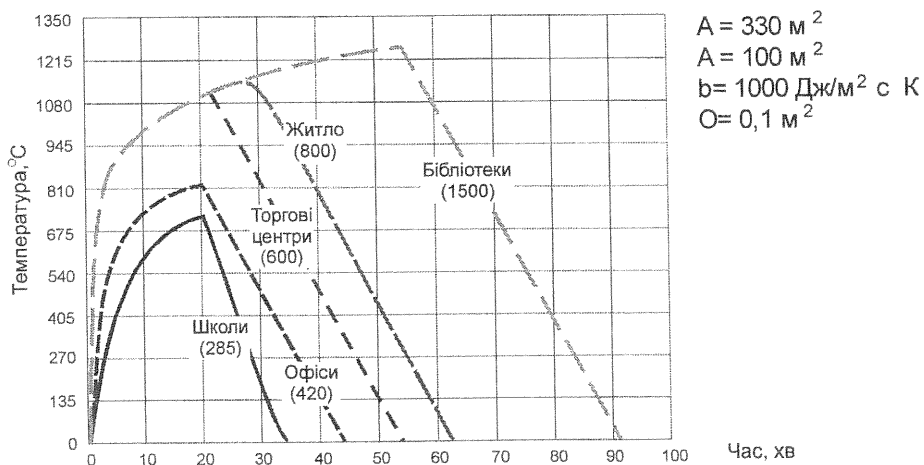


Рис.3. Параметричні криві температура час з урахуванням впливу пожежного навантаження [3]

Наведені вище моделі прийняті для фази повного розвитку пожежі яка відбулася та однакові температурні умови розповсюджені по всьому об'єму пожежного відсіку. Хоча за деяких обставин можливо коли великі площі не знаходяться близько /вогнища/ джерела горіння, або коли розвиток пожежі частково контролюється спринклерами, там мають місце локальні пожежі які значно менше впливають на будівельні конструкції ніж пожежа у фазі повного розвитку. Термічний вплив локальних пожеж може бути оцінений з використанням аналітичних формул в яких враховується відносна висота від полум'я до стелі (рис.4). У випадку коли розгорання є малоймовірним необхідно враховувати теплові впливи від локалізованих пожеж.

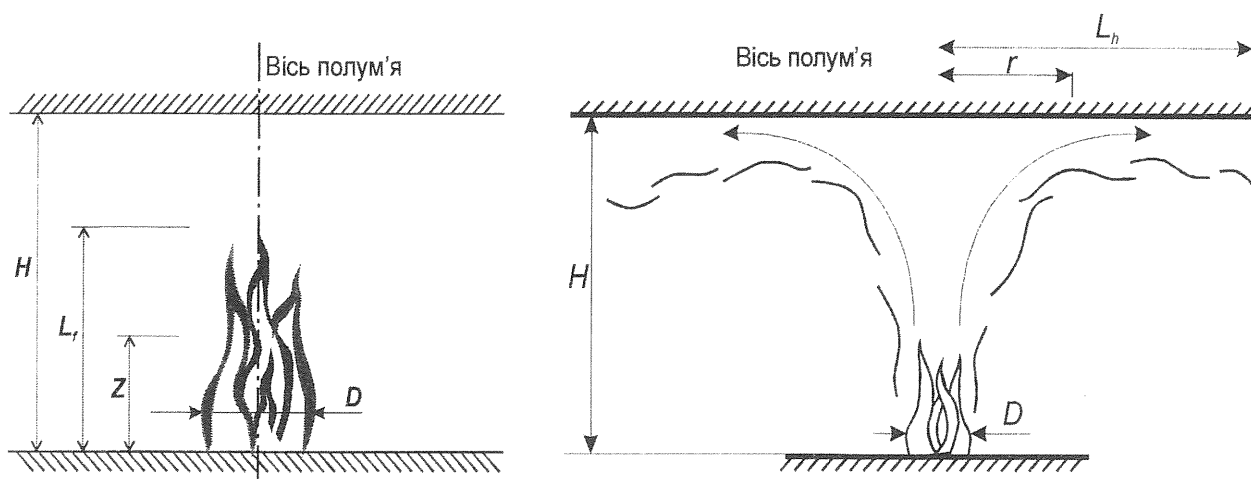


Рис. 4. Схеми моделей локальних пожеж:
а- полум'я не досягає стелі, б- полум'я досягає стелі [2]

Розвинуті моделі пожеж повинні враховувати наступне: характеристики газу; масообмін; енергообмін. Існуючі методи розрахунку звичайно включають процедуру ітерації. В розрахунках враховують щільність пожежного навантаження $q_{f,d}$ та інтенсивність тепловиділення Q .

Використовується одна з наступних моделей:

- однозонова модель яка допускає однаковий, залежний від часу, розподіл температур у відсіку;
- двозонова модель допускає верхній шар з залежною від часу товщиною та залежною від часу однаковою температурою, і також нижній шар з залежною від часу однаковою і нижчою температурою;
- модель числової гідрогазодинаміки дає розвиток температур у відсіку повністю залежно від часу та залежно від місця.

Для розрахунку теплових впливів у випадку однозонової, двозонової моделі або моделі числової гідрогазодинаміки, якщо не наведено більш детальних даних коефіцієнт теплопередачі при конвекції повинен прийматись $\alpha_c = 35 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

Для більш точного розрахунку розподілу температур вздовж елемента у випадку локальної пожежі, може розглядатись комбінація результатів отриманих з двозонової моделі та локальної пожежі. Температурні поля в елементі можуть отримуватись з врахуванням максимального ефекту від кожного розташування при двох моделях пожеж.

Для моделювання реальних пожеж використовують два види числових моделей: багатозонова модель та модель полів (field models). Багатозонова модель використовується коли пожежа є локалізована наприклад фаза розвитку пожежі. Відсік поділяється на гарячу зону з однаковою температурою, якає вище зони із свіжим повітрям та вогняний факел який розігріває гарячу зону над вогнем. Двозонова модель показана на рис. 5. Для кожної зони мусить бути вирішений баланс тепла та маси. Напівемпіричне співвідношення регулює захоплення факелу, обмін тепловим випромінювання між зонами та виток мас через отвори в сусідні відсіки. Особливо у фазі розвитку повинні вводитися крім того параметри наведені для однозонової моделі. Застосування цієї моделі є головно в умовах перед розгоранням, належним чином визначити розповсюдження диму в будівлі, та оцінки безпеки життя як функції концентрації токсичних газів температури, потоку випромінювання та оптичної щільності.

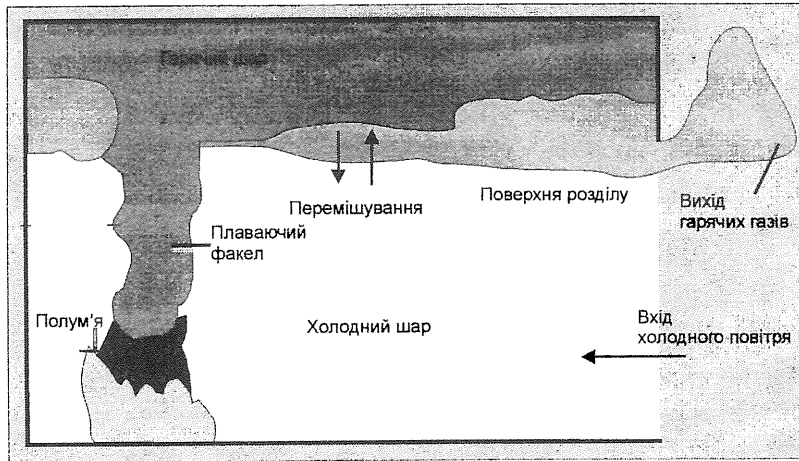


Рис.5. Схема зони моделі розвитку пожежі [4]

Модель полів, яка ще називається модель числової гідродинаміки (Computational fluid dynamics CFD), базується на дво або три просторовому перенесенні тепла та маси, вирішення рівнянь збереження маси, інерції та енергії для дискретної точки в закритому відсіку. В цій моделі, властивості матеріалів та граничні умови визначаються як функції від температури. Проблема імітації пожеж представляє одну з найскладніших областей числової гідродинаміки: числові рішення рециркуляції, тривимірна турбулентність, генерація вихорів та воронки різних розмірів. Енергія яка міститься у великих вихорах знижується до малої та малі вихори під впливом дифузії перетворюються в тепло.. Модель полів вимагає точної інформації про температури в частинах приміщення де є пожежа .

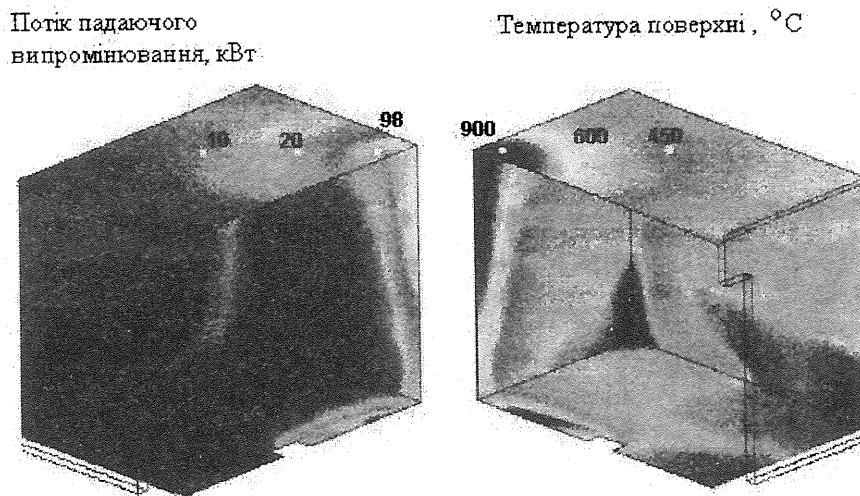


Рис. 6. 3D графічне представлення результатів розрахунку за моделями полів з використанням SOFIE [5]

Висновки.

Використовувані на практиці, для оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій, спрощені моделі пожеж, за винятком параметричних кривих, обмежуються тільки фазою повного розвитку пожежі. Фаза загасання, яка формально ідентифікується як зниження температури до 80% від максимальної в більшості методів не враховується., що приводить до не зовсім коректної оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій з огляду на можливу значну тривалість цієї фази та високі температурні режими.

Застосування найбільш точної моделі розвитку пожежі - моделі полів для інженерної практики є досить складним завданням, так як потребує відповідного програмного забезпечення в якому були б реалізовані рішення відповідних задач.

Перспективним напрямом у створенні моделей пожеж є розробка моделей в яких параметри розвитку пожежі визначались диференційовано залежно від фази розвитку пожежі і були б сумісними між собою що дало б змогу більш точно визначати температурні та часові характеристики пожежі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Шналь Т.М., Павлюк Ю.Е, Стасюк М. І., Кархут І.І., Штангрет Б.С. *Температурний розвиток пожежі в одноповерховій промисловій будівлі з залізобетонним каркасом // Пожежна безпека. - Львів: ЛДУ БЖД, УкрНДПБ МНС України, 2007. - №10.-С.12-16.*
2. EN 1991-1-2 (2002). *Eurocode 1: Actions and Structures, Part 1-2: General Actions-Actions on Structures Exposed to Fire.*
3. Wei Lu, Pentti Makelainen *Advanced Steel Structures. Structural Fire Design. Helsinki University of Technology Laboratory of Steel Structures Publications 29. Espoo 2003.*
4. Korhonen, E (1999). *Natural Fire Modeling of Large Space. Master's Thesis .*
5. Eero Sakari Korhonen (2000). *Natural fire modelling of large spaces. Helsinki University of Technology.*

УДК 624.075: 539.3

Р.М. Тацій, д.ф.-м.н., проф. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності), Т.І. Ушак, інж. (ЗАТ ЖБК „Ваш дім”)

МЕТОД ДИСКРЕТИЗАЦІЇ В ЗАДАЧІ ПРО ВІЛЬНІ КОЛИВАННЯ ДИМОВОЇ ТРУБИ ЗМІННОГО ПЕРЕТИНУ З УРАХУВАННЯМ ВЛАСНОЇ ВАГИ

В даній статті запропонований новий наближений метод обчислення частот вільних коливань для стрижнів з дискретно-неперервним розподілом параметрів. В основу методу покладено апроксимацію коефіцієнтів відповідних диференціальних рівнянь узагальненими функціями. Як приклад наведено дослідження вільних коливань димової труби з змінним по висоті поперечним перерізом. Розглядається вплив власної ваги на коливання димової труби. Отримані результати є новими і невідомими в спеціальній літературі.

Одним з типів інженерних споруд за допомогою яких відходи виробництва з залишковим вмістом шкідливих речовин викидаються на значній висоті є витяжні труби. Витяжні димові труби в реальній роботі піддаються впливу таких динамічних навантажень як пульсація вітру, сейсмічні навантаження та інші. Тому розрахунок таких конструкцій зі змінним по висоті перерізом, з врахуванням власної ваги є актуальною інженерною проблемою. В даній роботі для аналізу вільних коливань димової труби (стрижня змінної жорсткості) та побудови форм коливань використовується метод апроксимації коефіцієнтів квазидиференціальних рівнянь (КДР) узагальненими функціями [5,6].

Точні розв'язки краєвих задач коливань та динамічної стійкості стрижнів та стрижневих систем з дискретно-неперервним розподілом параметрів зводяться до розв'язання диференціальних рівнянь з змінними коефіцієнтами. Інтегрування таких диференціальних рівнянь класичними підходами пов'язані з значними труднощами, або