

## ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, головного наукового співробітника відділу науково-дослідної роботи Черкаського інституту пожежної безпеки Національного університету цивільного захисту України ПОЗДЄСВА Сергія Валерійовича на дисертаційну роботу ПАЗЕНА Олега Юрійовича «Математичне моделювання процесів теплопереносу в багатошарових плоских конструкціях за умов пожежі», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02. – «пожежна безпека».

### **Актуальність теми**

Темпи зростання будівельної галузі в Україні сприяють появі на ринку будівництва нових будівельних конструктивних елементів та матеріалів. На сьогоднішній день проблеми дослідження вогнестійкості таких нових будівельних конструкцій за умов теплового впливу пожежі і надалі залишаються актуальними. Основними методами таких досліджень є експериментальні та аналітичні. Слід зазначити. Що експериментальні методи дослідження вогнестійкості будівельних конструкцій є дорогівартісними, оскільки потребують використання вартісного обладнання та значних трудових ресурсів.

Альтернативою методам оцінки вогнестійкості несучих стін на основі стандартних вогневих випробувань є розрахункові методи. При застосуванні таких методів не існує обмежень на геометрію, граничні умови та силові фактори даних елементів, які у багатьох випадках з'являються при здійсненні вогневих випробувань. Тому задачі удосконалення методів розрахункової оцінки вогнестійкості за втратою теплоізолювальної здатності залишаються актуальними. Шляхом вирішення таких задач є удосконалення відомих та створення новітніх методів розв'язку рівняння теплопровідності. При цьому потрібно зважити на те, що більшість відомих досліджень проводилась без

урахування джерел тепла з використанням методів інтегральних перетворень. У разі збільшення кількості шарів до трьох і більше, обсяг обчислень цими методами стрімко зростає. При розв'язуванні задачі в образах відбувається процес диференціювання коефіцієнтів квазидиференціальних рівнянь, що неминуче призводить до проблеми множення узагальнених функцій. Однак така процедура не є обов'язковою. Її можна легко оминати шляхом використання концепції квазіпохідних

Викладене підкреслює важливість задачі розробки та удосконалення методів математичного моделювання процесів теплопереносу в багат шарових плоских конструкціях за умов пожежі.

Таким чином створення прямого методу дослідження процесів теплопереносу в багат шарових плоских конструкціях, який надає змогу врахувати внутрішні джерел тепла та змінні параметри шарів конструкції є актуальною науково-технічною задачею.

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

Робота виконувалась на кафедрі прикладної математики і механіки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності відповідно до «Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 роки», затвердженої Постановою Кабінету міністрів України №590 від 27.06.2012 року, згідно плану науково-дослідної роботи «Експериментально-аналітичні методи дослідження теплопередачі в кусково-неоднорідних структурах» (номер державної реєстрації 0114U005370) та згідно плану науково-дослідної роботи «Аналіз пожежної небезпеки машинного залу за умови викиду водню з корпусу турбоагрегату енергоблоку №1 ВП ЗАЕС» (номер державної реєстрації 0115U001926), в якій здобувач був відповідальним виконавцем.

### **Наукова новизна**

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у наступному:

– вперше отримано розв’язок нестационарної задачі теплопровідності на основі концепції квазіпохідних для елемента з багатошаровою структурою в умовах теплового впливу пожежі з різними температурними режимами, рекомендованими чинною нормативною базою.

– вперше, із використанням розробленого прямого методу, щодо розв’язку задачі нестационарної теплопровідності, досліджено розподіл температурного поля в багатошарових елементах зі змінною товщиною шару на прикладі будівельних конструкцій з вогнезахисними системами на основі покриттів, що вспучуються.

– удосконалено математичний апарат оцінки вогнестійкості за граничним станом втрати теплоізолювальної здатності багатошарових елементів будівельних конструкцій зі змінними параметрами шарів.

– отримала подальший розвиток розрахункова база оцінки вогнестійкості огорожувальних елементів будівельних конструкцій за граничним станом втрати теплоізолювальної здатності шаруватих будівельних конструкцій з оздоблювальними, фасадними, вогнезахисними системами та іншими конструктивними особливостями на основі покриттів та штукатурок.

### **Практична цінність наукових результатів, отриманих автором**

Прямий метод розрахунку температурних полів у багатошарових плоских конструкціях можна використати для дослідження нестационарних теплових процесів без застосування наближених та операційних методів. Упровадження результатів дисертаційного дослідження дозволило значно зменшити час та обсяг проведення обчислень при визначенні температурного розподілу в багатошарових конструкціях, а також підвищити точність розрахунку в порівнянні з наближеними методами. Схема запропонованого методу може бути поширеною на багатошарові циліндричні та сферичні конструкції.

Результати дисертаційної роботи впроваджені на Запорізькій атомній

електростанції, філії МН «Дружба» ПАТ «Укртрансффта», ТзОВ «Левадія-Проект», що підтверджується відповідними актами впровадження.

### **Ступінь обґрунтованості**

Дисертаційна робота Пазена О.Ю виконана на основі достатньо ґрунтовного аналізу методів оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій. Результати досліджень підтверджуються достатнім обсягом теоретичного матеріалу. Верифікація результаті отриманих за запропонованим автором методом показали достатньо високу збіжність, при їх порівнянні з відповідними результатами експериментальних та аналітичних досліджень проведених раніше.

Отримані у дисертації висновки повністю відповідають поставленим у роботі меті та задачам. Наукові положення отримані у дисертаційній роботі підтверджується коректним використанням математичного апарату, а також експериментальними та теоретичними дослідженнями.

### **Структура та обсяг дисертації**

Дисертаційна робота Пазен О.Ю. викладена сучасною українською мовою з використанням технічної термінології. Основна частина дисертації викладена на 168 сторінках та містить: 55 рисунків, 25 таблиць, 41 сторінку додатків, список використаних джерел, який включає 117 найменувань та 3 акти впровадження результатів дослідження.

### **Основний зміст роботи**

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, відображено наукову новизну, практичне значення, апробацію отриманих результатів, а також дані щодо їх публікації. У першому розділі, на основі огляду літературних джерел, проаналізовано сучасний стан проблеми дослідження вогнестійкості багат шарових елементів будівельних конструкцій

за граничним станом втрати теплоізолювальної здатності. Проведено порівняння вже існуючих методів визначення межі вогнестійкості на основі експериментальних та аналітичних дослідженнях. В результаті аналізу літературних джерел сформульовані мета та задачі дослідження.

У другому розділі запропоновано і обґрунтовано конструктивну схему побудови розв'язку мішаної задачі для рівняння теплопровідності з кусково-неперервними коефіцієнтами та стаціонарною неоднорідністю, які залежать від координати на скінченному інтервалі.

Третій розділ присвячено обґрунтуванню ефективності розробленого прямого методу розрахунку температурних полів у багатошарових плоских конструкціях.

Проведено та детально описано числовий експеримент (розв'язано тестову задачу) розрахунку поширення нестаціонарного температурного поля по товщині двошарової плоскої стінки. Проведено порівняльний аналіз збіжності результатів обчислень методом, запропонованим в дисертаційному дослідженні, з методом інтегральних перетворень. Також для перевірки адекватності математичної моделі порівняно результати теоретичних та експериментальних досліджень.

З огляду на проведені дослідження розроблено алгоритм визначення часу втрати теплоізолювальної здатності багатошарової будівельної конструкції з урахуванням руйнації довільного шару.

У четвертому розділі наведено результати дослідження несучої сталеві конструкції захищеної та незахищеної вогнезахисними покриттями. Досліджено вплив початкової товщини вогнезахисного покриття на вогнестійкість бетонної конструкції з урахуванням зміни геометричних розмірів та теплофізичних характеристик. Наведено результати дослідження впливу внутрішніх джерел тепла на розподіл температурного поля вздовж багатошарової плоскої конструкції.

За змістом наукових досліджень. А також отриманими результатами

дисертаційна робота «Математичне моделювання процесів теплопереносу в багатошарових плоских конструкціях за умов пожежі» відповідає паспорту спеціальності 21.06.02 – пожежна безпека.

Рукопис дисертації за обсягом відповідає вимогам, що ставляться до дисертацій.

### **Повнота викладу матеріалів в опублікованих працях та авторефераті**

Основні наукові положення та результати дисертації опубліковано у 13 роботах, із них 5 статей у фахових виданнях України, 1 у міжнародному фаховому виданні та 7 тез доповідей на міжнародних конференціях.

Автореферат дисертації відповідає змісту дисертації та відповідним вимогам.

### **Зауваження щодо дисертаційної роботи**

1. У дисертації параметри розв'язку тестової задачі не відповідають таким же самим параметрам, що використані у подальших розрахунках.

2. У роботі є незрозумілим чому в усіх дослідженнях не був врахований променистий теплообмін, а лише при дослідженні несучих сталевих конструкцій захищених та незахищених системами вогнезахисту на основі покриттів, що вспучуються.

3. У задачі про дослідження теплоізолювальної здатності багатошарової плоскій конструкції з урахуванням руйнування довільного шару за умов пожежі була необґрунтовано використана температура 25 °С.

4. У роботі не зрозуміло, чи може бути використані розроблені алгоритми розв'язку задачі теплопровідності для шаруватих елементів конструкцій при врахуванні рекомендацій Єврокодів.

5. Розроблені автором методи були застосовані для рівняння теплопровідності із лінійними коефіцієнтами, проте незрозуміло, чи може бути поширений розроблений підхід на задачі із коефіцієнтами, залежними від

температури.

6. В роботі обмежені дані щодо порівняння результатів, отриманих за добре відомими чисельними методами: методом кінцевих різниць та методом кінцевих елементів, та результатів, отриманих за запропонованим методом.

### **Висновок**

У цілому дисертація, незважаючи на вказані недоліки, є закінченою науковою роботою, відповідає паспорту спеціальності 21.06.02. – пожежна безпека. У дисертаційній роботі отримані нові науково-обґрунтовані результати, що у сукупності вирішують конкретну задачу щодо оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій та їх окремих елементів за граничним станом втрати теплоізолювальної здатності.

За актуальністю, науковою новизною і практичним значенням отриманих результатів робота Пазена Олега Юрійовича відповідає вимогам пп. 9, 11, 13-15 положення про «Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», що висувуються до дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Головний науковий співробітник

відділу науково-дослідної роботи

Черкаського інституту пожежної безпеки

Національного університету цивільного захисту України,

доктор технічних наук, професор

 С.В. Поздєєв

Підпис Поздєєва С.В. засвідчую

Вчений секретар

Черкаського інституту пожежної безпеки

Національного університету цивільного захисту України

к.і.н.



С.М. Биченко