

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Шаршанова Андрія Яновича «Розвиток наукових основ захисту  
речовин і матеріалів від теплового впливу пожежі», яку подано  
на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за  
спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека

**Актуальність.** Дисертаційна робота Шаршанова А.Я. присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної проблеми у сфері пожежної безпеки – розвитку наукових основ захисту об'єктів від теплового впливу пожежі за допомогою: поглинаючих та відбиваючих екранів і покриттів; покриттів з матеріалу, що спучується; неоднорідних покриттів.

Незважаючи на практичну важливість даної проблематики, багато пов'язаних із захистом питань залишаються недостатньо розробленими. Зокрема, це стосується теоретичних аспектів даної діяльності. До них відноситься: виявлення основних особливостей захисної дії екранів і покриттів і відображення цих особливостей у математичному описі явищ із максимальним використанням фізичних законів; знаходження точних рішень відповідних задач; неповнота набору алгоритмів і програмного забезпечення для рішення прикладних задач захисту у стандартних загальноприйнятих умовах та в умовах пожежі у приміщенні.

Описана ситуація обумовила дану роботу, в якій об'єктом дослідження стали процеси захисту речовин і матеріалів від впливу пожежі за допомогою екранів та покриттів, а також процеси масопереносу небезпечних речовин крізь ізолюючі покриття, предметом дослідження - характеристики відповідних методів та засобів теплозахисту та ізоляції.

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

Дисертаційна робота виконувалась в рамках науково-дослідних робіт “Підвищення ефективності гасіння полімерних матеріалів шляхом використання бінарних систем з роздільним подаванням”(НДР № 0115U002034), “Підвищення ефективності гасіння лісових пожеж шляхом використання бінарних вогнегасник систем з роздільним подаванням” (НДР № 0117U002009), “Підвищення ефективності гасіння резервуарів з нафтою та нафтопродуктами шляхом використання гелеутворюючих систем” (НДР № 0118U001012).

**Мета роботи.** Сформульованою автором метою роботи є розвиток наукових основ використання покриттів і екранів для пасивного захисту об'єктів від теплового впливу пожежі шляхом розробки комплексу математичних моделей для опису процесів захисту, виявлення особливостей цих процесів, а також розробки алгоритмів і програмного забезпечення для вирішення прикладних задач захисту.

Для досягнення такої мети було запропоновано вирішити наступні задачі:

- знайти аналітичне рішення лінійного варіанту задачі нестационарної теплопровідності стосовно захисту термічно товстого тіла плоским термічно тонким поглинаючим покриттям;

- знайти аналітичне розв'язання лінійного варіанту задачі нестационарної теплопровідності про захист термічно тонкого тіла плоским поглинаючим покриттям, а також виявити особливості такого процесу;

- визначити вплив випадкової неоднорідності товщини поглинаючого покриття на його теплозахисну дію;

- на основі законів збереження енергії і речовини побудувати модель покриття, що при максимально можливій простоті і мінімальній штучності враховує основні особливості процесу спучування і в рамках єдиного підходу описує викликані нагріванням від зовнішнього теплового потоку процеси теплопереносу, термічного розкладу, випаровування, спучування і винесення маси, а також розробити алгоритми та програмне забезпечення щодо моделювання захисної дії такого покриття в умовах сталого теплового впливу та при пожежі у приміщенні;

- на основі законів збереження енергії і законів теплообміну побудувати математичні опис захисту поверхонь тіл від теплового впливу пожежі за допомогою одного або декількох термічно тонких відбиваючих екранів з повітряними або теплопровідними оптично тонкими прошарками, а також розробити алгоритми та програмне забезпечення щодо комп'ютерного моделювання захисної дії різних варіантів відбиваючих екранів в умовах сталого теплового впливу та при пожежі у приміщенні;

- на основі законів тепло- і масообміну побудувати математичну модель процесу висихання шару гелю під дією зовнішнього теплового потоку, яка враховує відмінності висихання гелю від випаровування води, і виявити особливості цього процесу у випадку термічно тонкого шару гелю;

- визначити витрату гелеутворюючого складу, необхідну для покриття захисної смуги з метою локалізації ландшафтної пожежі;

- на основі законів тепло- і масообміну побудувати математичний опис процесу нестационарної неізотермічної дифузії пари небезпечної речовини крізь шар зернистого середовища;

- розробити практичні рекомендації та алгоритми і комп'ютерні програми щодо вибору покриттів і екранів для захисту об'єктів від теплового впливу пожежі.

### **Оцінка змісту дисертації та її завершеність**

Подана на розгляд дисертаційна робота Шаршанова А.Я. складається зі вступу, шести розділів і загальних висновків, списку використаних літературних джерел із 255 найменувань; містить 516 сторінок друкованого тексту (з них 398 с основного тексту), 3 таблиці, 80 рисунків, 9 додатків.

Автореферат і опубліковані роботи достатньою мірою відображають основний зміст дисертації.

Рецензована робота відповідає всім вимогам, які пред'являються до докторських дисертацій на одержання наукового ступеня доктора технічних наук.

Для розв'язання проблеми у **першому розділі** дисертації було розглянуто сучасний стан захисту об'єктів від впливу пожежі за допомогою таких пасивних засобів захисту, як екрани та покриття. Наведена

класифікація досліджуваного способу захисту. Основна увага була спрямована на захист від двох типів явищ: 1) перегрівання об'єктів, що потрапили під вплив пожежі; 2) інтенсифікації масопереносу небезпечних речовин. Увага в основному зосереджувалася на теоретичних результатах. Проведений аналіз дозволив сформулювати наведений раніше ряд задач, розгляду яких були присвячені наступні розділи.

**В другому розділі** дисертаційної роботи було досліджене питання про захист поверхонь тіл від теплового впливу пожежі за допомогою плоского покриття, яке складається з поглинаючого однорідного матеріалу. Було розглянуто декілька ситуацій, першою із яких є захист термічно товстого тіла. Наступним досліджувався захист термічно тонких тіл, якими на практиці найчастіше є металеві конструкції. Ці два варіанти розглядалися як лінійні задачі нестационарної теплопровідності. Для них у дисертації були отримані аналітичні рішення.

Далі у розділі була зроблена оцінка захисної дії випадково-неоднорідного по товщині покриття. В результаті цього були сформульовані вимоги, за яких відмінність захисної дії покриттів випадкової і не випадкової товщини є суттєвою.

Останнім у другому розділі чисельно моделювалася теплозахисна дія поглинаючого покриття при пожежі у приміщенні. При цьому значення середньої температури газового середовища у приміщенні визначалося у рамках інтегральної моделі пожежі.

**В третьому розділі** проведено моделювання захисту об'єктів від теплового випромінювання за допомогою відбиваючих екранів. Основу екранів складають термічно тонкі оптично непрозорі шари матеріалу, відокремлені між собою та від об'єкту захисту або повітряними прошарками або оптично тонкими прошарками теплопровідного матеріалу. Мається на увазі захист людини тепловідбиваючим костюмом.

Першим розглядалося захист за допомогою одиночного відбиваючого екрану, відокремленого від поверхні захисту повітряним прошарком. Наступною досліджувалася захисна дія двошарового відбиваючого екрану із поділяючими повітряними прошарками. У дисертації досліджувався вибір оптимального співвідношення товщини шарів двошарового вогнезахисного екрану із повітряними прошарками. Було побудовано алгоритм вибору товщини внутрішнього шару, при якому реалізується максимальний час захисту.

Далі у третьому розділі розглядалися аналогічні системи з теплопровідними оптично тонкими прошарками.

Для обох варіантів прошарків дослідження продемонстрували суттєве збільшення часу захисної дії двошаровими екранами, що мають однакову вагу з відповідними одношаровими екранами.

**У четвертому розділі** розроблено математичну модель, яка здатне до спучування покриття розглядає як суміш речовин із змінним складом, збільшення кількості і розширення газової компоненти якої у місцях знаходженні остову у рідкому стані приводить до спучування, особливістю

якої є те, що вона єдиним образом описує процеси теплопереносу, термічного розкладання, випаровування, спучування і уносу маси, а також розроблено алгоритми і комп'ютерні програми, що моделюють захист в умовах сталого теплового впливу та при пожежі у приміщенні. На прикладі здатного до спучування покриття СК-1 показано збіг із точністю ~20% експериментальних результатів із модельними у випадку із 3-ма активними компонентами.

**У п'ятому розділі** розглянуто захист поверхонь, пов'язаний із використанням матеріалів, які або суттєво змінюються у просторі у процесі захисту, або від самого початку мають неоднорідну структуру.

Першим йде розробка математичного опису висихання гелю при пожежі. При цьому процес висихання гелю розглядається з врахуванням масопереносу водяної пари крізь прошарок сухого гелю, що утворюється.

Далі на базі оцінки променистого теплового потоку, що падає від факелу ландшафтної пожежі на довільно орієнтовані елементи поверхні горючого матеріалу, побудована модель захисної дії покритої шаром гелю захисної смуги.

Наступним у розділі побудовано математичну модель процесу нестационарної неізотермічної дифузії пари горючої рідини крізь шар зернистого покриття, що виступає над поверхнею рідини. Показано, що модель дозволяє прогнозувати можливість спалаху пари пального при різних значеннях температури і товщини захисного покриття.

Останньою у п'ятому розділі була розглянута модель нестационарної ізотермічної дифузії крізь двошарову систему «шар гранул+шар гелю».

На основі результатів попередніх розділів у **шостому розділі** було надано практичні рекомендації, алгоритми і комп'ютерні програми щодо вибору покриттів (із поглинаючих або здатних до спучування матеріалів) та відбиваючих екранів для захисту об'єктів від теплового впливу пожежі.

**Новизна та ступінь обґрунтованості результатів.** У роботі одержані нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності забезпечують вирішення актуальної проблеми розвитку наукових основ захисту об'єктів від теплового впливу пожежі за допомогою захисних екранів і покриттів.

Вперше отримані наступні наукові результати:

- знайдено аналітичні рішення задач нестационарної теплопровідності щодо захисту термічно товстого або термічно тонкого тіла плоским поглинаючим покриттям;

- побудовано модель покриття, що спучується, яка єдиним чином описує процеси теплопереносу, термічного розкладу, випаровування, спучування й винесення маси;

- побудовано опис захисту від теплового впливу за допомогою термічно тонких оптично непрозорих відбиваючих екранів з повітряними або теплопровідними оптично тонкими прошарками;

- побудовано модель процесу висихання шару гелю, яка враховує відмінності висихання гелю від випаровування води;

- побудовано опис процесу нестационарної неізотермічної дифузії пари небезпечної речовини крізь шар зернистого середовища;

Достовірність та обґрунтованість результатів та висновків підтверджено коректністю постановки задачі, раціональністю теоретичних припущень, строгістю математичних викладок, надійністю використаних методів розв'язання задач, порівняльним аналізом результатів розрахунків та експериментальних даних.

**Практичне значення.** Одержані у дисертаційній роботі результати є науковою основою використання екранів і покриттів для захисту від теплового впливу пожежі. Розроблені моделі і відповідне програмне забезпечення можуть застосовуватися у якості інструмента для прогнозування еволюції параметрів системи під дією зовнішніх джерел тепла. Це надає можливість підбору захисних покриттів і екранів із заданим рівнем захисту.

Результати дисертаційної роботи (а саме алгоритм, щодо визначення параметрів поглинаючого вогнезахисного покриття, нанесеного на металеву конструкцію, математична модель процесу нагрівання такої конструкції і комп'ютерна програма, що реалізує дану модель) використані на ПП «НПП «Спецпожтехніка» м. Харків при підборі необхідної товщини захисного покриття, що дозволило зменшити час підбору у 4 рази у порівнянні з існуючими методами оцінок.

Ці ж результати використані у Управлінні ДСНС України у Черкаській області при проведенні попереднього контролю якості робіт з вогнезахисту металевих конструкцій за допомогою поглинаючого вогнезахисного покриття, щодо забезпечення необхідної межі вогнестійкості захищеної конструкції.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес Національного університету цивільного захисту України при вивченні дисципліни “Термодинаміка і теплопередача” у розділі “Нестационарна теплопровідність” бакалаврами та дисципліни “Моделювання процесів горіння” у розділі “Моделювання горіння рідин” ад'юнктами. Це дозволило підвищити якість викладання аспектів взаємозв'язку означених дисциплін з майбутньою професією слухачів.

**Публікації.** Основні положення і наукові результати дисертаційної роботи висвітлено у 25 наукових статтях (11 статей одноосібні), з яких 5 в закордонних виданнях, 20 у фахових виданнях України, які входять до переліку ДАК України (1 входить в наукометричну базу Scopus, 1 – в Ulrich's Periodicals Directory та Index Copernicus, 4 – в Ulrich's Periodicals Directory та Academic Research Index -ResearchBib), у 1 монографії, 3 навчальних посібниках, а також 11 тезах доповідей на науково-технічних конференціях і 1 патенті України на корисну модель.

**Оформлення дисертаційної роботи.** Структура та обсяг дисертації відповідають вимогам ДАК України. Дисертацію написано грамотно, з використанням сучасної наукової термінології. Зміст та результати досліджень викладено лаконічно та аргументовано. Дисертація в логічній

послідовності відтворює етапи дослідження – від аналізу проблеми до побудови моделей та методів розв’язання задач, з наступною їх реалізацією та впровадженням результатів дослідження.

Автореферат у цілому відповідає змісту дисертаційної роботи.

В дисертаційній роботі не використовуються матеріали та висновки кандидатської дисертації.

#### **Зауваження по дисертації.**

1. Застосування теплозахисного костюму (як варіант захисних екранів) змінює умови тепловідводу в бік людини. В дисертації не обговорюється, як враховувати цю обставину при визначенні часу захисної дії.

2. Не вказано, чи виконується умова оптичної прозорості прошарків у напівважких теплозахисних костюмах?

3. Не вказано, чи підходить розроблена модель спучування захисного покриття до інтеркальованих графітів?

4. Не розглянуто економічних аспектів використання захисних екранів та покриттів.

5. Чому процес охолодження масивного тіла шаром гелю порівнюється з його охолодженням на повітрі, а не при обробці його поверхні водою (рис. 5.3, стор. 277)?

6. Помилковим в роботі є твердження що більшість ПАР, які входять у склад піноутворювачів є екологічно небезпечними (71с, 306с), це може в окремих випадках стосуватись піноутворювачів типу AFFF.

**Висновки.** Відзначені недоліки не знижують загальної наукової цінності дисертаційної роботи. В ній отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності забезпечують вирішення важливої науково-практичної проблеми розвитку наукових основ захисту речовин і матеріалів від теплового впливу пожежі.

Вважаю, що по своїй актуальності, новизні, науковому та практичному значенню дисертаційна робота Шаршанова А.Я. «Розвиток наукових основ захисту речовин і матеріалів від теплового впливу пожежі» відповідає спеціальності 21.06.02 – пожежна безпека та вимогам, що визначено „Порядком присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань”, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук.

Завідувач кафедри  
ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій  
Львівського державного університету  
безпеки життєдіяльності  
доктор технічних наук, професор

В.В. Ковалишин

