

## **ВІДГУК ОПОНЕНТА**

доктора технічних наук, професора **ДЕМЧИНИ Богдана Григоровича**

на дисертацію **НУЯНЗІНА Олександра Михайловича**

“Розвиток наукових основ оцінювання вогнестійкості залізобетонних будівельних конструкцій з використанням малогабаритних модульних вогневих печей”,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю  
21.06.02 – пожежна безпека (261 – пожежна безпека)

### **Актуальність теми.**

Дослідження проведені в дисертації спрямовані на розробку нової системи визначення межі вогнестійкості залізобетонних будівельних конструкцій для гарантування нормативного часу їхньої вогнестійкості в разі пожежі через створення та наукове обґрунтування комплексу методик оцінювання вогнестійкості елементів несучих залізобетонних будівельних конструкцій на основі вогневих випробувань їхніх малогабаритних фрагментів у компактних модульних вогневих печах без навантаження, а також реальних габаритів елементів на етапі розрахунку.

Проблеми оцінювання вогнестійкості залізобетонних конструкцій поставали предметом дослідження в працях багатьох учених. Серед актуальних завдань галузі – розроблення спеціальних малогабаритних засобів, які допоможуть брати до уваги особливості багатокомпонентного матеріалу залізобетону й розрахункові методики, що охоплюють відомості про навантаження та габарити конструкцій. Залучення отриманих даних оптимізуватиме ефективність випробувань з оцінювання вогнестійкості залізобетонних будівельних конструкцій для гарантування необхідного часу евакуації та проведення пошуково-рятувальних робіт.

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

Дисертацію підготовлено відповідно до основних напрямів наукової діяльності ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України у 2016 – 2020 та 2021 – 2025 роках, згідно з «Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами», що ратифікована на підставі Закону України № 1678-VII від 16.09.2014; «Стратегією розвитку системи технічного регулювання на період до 2025 року», затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 22.09.2021 № 1145-р; замовленнями Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям ДСНС України та Інституту на науково-дослідницькі роботи, виконані в ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України за участі здобувача як керівника. Результати пошуку використано в дисертації «Розробка розрахункового методу оцінки межі вогнестійкості будівельних конструкцій кабельних тунелів»

(ДР № 00119U001103), «Удосконалення експериментально-розрахункового методу оцінки вогнестійкості залізобетонних будівельних конструкцій за результатами випробувань їх малогабаритних фрагментів» (ДР № 0121U109145), а також у захищених дисертаціях Олени Борсук на здобуття ступеня кандидата наук («Удосконалення методу розрахункової оцінки вогнестійкості сталевих балок із вогнезахисним мінераловатним облицюванням») і Тараса Самченка на здобуття ступеня доктора філософії («Дослідження вогнестійкості огорожувальних конструкцій кабельних тунелів за умов реальних пожеж»), де автор був науковим керівником.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

Наукова новизна полягає у виявленні закономірностей відтворення температурних полів та розрахунку міцності стиснутих елементів несучих залізобетонних будівельних конструкцій під час спільного температурно-силового впливу з використанням малогабаритних вогневих печей. При цьому здобувачем було:

- теоретично встановлено та експериментально підтверджено, що зважаючи на параметри температурного впливу на фрагменти елементів конструкцій у малогабаритних вогневих печах та інтерпретації експериментальних результатів за допомогою розроблених математичних моделей при стандартному температурному режимі пожежі існує можливість визначати напружено-деформований стан несучих залізобетонних будівельних конструкцій реальних розмірів;

- методами математичного моделювання виявлено закономірність та визначено залежності дисперсії температур у малогабаритних вогневих печах від: об'єму нагрівальної камери, відстані від пальників до поверхні досліджуваного фрагменту несучої залізобетонної будівельної конструкції та висоти, на якій розташований отвір для виходу продуктів горіння, що уможливило обґрунтування конфігурації універсальної малогабаритної модульної вогневої печі для проведення випробувань. Також експериментально встановлено, що дисперсія температур по обігрівальній поверхні всіх основних типів несучих залізобетонних будівельних конструкцій під час нагрівання за стандартним температурним режимом має екстремум. Більш інтенсивною зміна градієнта температур у камері печі є на початкових етапах дослідження та характеризується плавним підвищенням її після 30 хвилин випробувань;

- теоретично обґрунтовано раціональний спосіб установаження та комбінації засобів вимірювальної техніки всередині камери малогабаритної печі, що, на відміну від наявних установок, може універсально вимірювати температуру нагрівання камери без необхідності зміни місця дислокації під час випробування

різних видів фрагментів несучих залізобетонних будівельних конструкцій, забезпечує менше на 40 % використання термопар.

Під час проведення дослідження набули подальшого розвитку наступні положення:

- обчислювальні алгоритми інтерполяції для відновлення температурних полів у несучих залізобетонних будівельних конструкціях за показниками температури в певних точках усередині конструкцій під час вогневих випробувань, що дає змогу запропонувати більш ефективну схему розташування термопар у перерізах фрагментів несучих залізобетонних будівельних конструкцій;

- підходи щодо проведення розрахунків з оцінки вогнестійкості, що дає змогу визначати вогнестійкість більш точно у порівняно з наявними методами, завдяки використанню результатів експериментальних досліджень з нагрівання фрагментів елементів залізобетонних конструкцій у малогабаритних вогневих печах.

- застосування експериментально-розрахункових методів шляхом врахування зміни напружено-деформованого стану залізобетону під впливом сумісної дії механічних та теплових навантажень, за рахунок поєднання експериментальних досліджень фрагментів несучих залізобетонних будівельних конструкцій у малогабаритних вогневих печах та перенесення результатів на реальні розміри навантажених елементів за допомогою розрахунків;

- експериментально-розрахункові підходи щодо оцінки вогнестійкості несучих залізобетонних будівельних конструкцій без використання механічного навантаження в процесі проведення випробувань у малогабаритних вогневих печах.

#### **Практичне значення отриманих результатів.**

Створено малогабаритну вогневу піч для дослідження теплового впливу пожежі на будівельні конструкції. Розроблено та інтегровано в установку прототип модуля аналого-цифрового перетворення (АЦП) сигналу термопари. Модуль побудовано на базі мікросхеми max. 31855, що дає змогу перетворювати аналоговий цифровий сигнал від 18 термодетекторів на цифровий із максимальним значенням температури до 1350°C.

Розроблено та сконструйовано систему засобів нагрівання внутрішнього простору камери малогабаритної вогневої печі й досліджуваних фрагментів елементів залізобетонних будівельних конструкцій, що, на відміну від наявних установок, використовує метан як паливо, отже, знижує вартість вогневих випробувань, а також забезпечує більшу екологічність.

Значущість отриманих дисертантом результатів для практики підтверджується окремими положеннями актів впровадження, які наведено в додатку до дисертації.

**Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій** підтверджені використанням відомих систем диференційних рівнянь тепломасообміну й напружено-деформованого стану (НДС) для несучих залізобетонних будівельних конструкцій в умовах нагріву під час пожежі, що апробовані чисельними методами інтегрування математичних моделей тепломасообміну та НДС, а також задовільною збіжністю розрахункових й експериментальних даних, отриманих під час нагрівання фрагментів несучих залізобетонних конструкцій.

#### **Аналіз змісту дисертаційної роботи.**

Дисертація складається зі вступу, 7 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел (328 найменувань). Обсяг дослідження – 418 сторінок друкованого тексту (із них 321 сторінка основного тексту). У роботі підготовлено 36 таблиць, 212 рисунків, 3 додатки.

У першому розділі проаналізовано сучасні підходи до оцінювання вогнестійкості елементів будівельних конструкцій та окреслено актуальні наукові напрями.

У другому розділі досліджено закономірності зміни температурних полів у перерізах несучих залізобетонних будівельних конструкцій, обґрунтовано схеми інтерполяції температурних розподілів для основних несучих будівельних конструкцій.

У третьому розділі обґрунтовано параметри камери вогневої печі та розміщення її ключових елементів.

У четвертому розділі підготовлено ескіз та описано процес створення реальної установки для реалізації експериментальної частини загальної системи оцінювання вогнестійкості несучих залізобетонних будівельних конструкцій під впливом стандартного температурного режиму пожежі, що здатна забезпечити високий ступінь відтворюваності експериментальних даних, а також обґрунтовано методики проведення експериментів із нагрівання кожного виду малогабаритних фрагментів залізобетонних будівельних конструкцій за стандартним температурним режимом пожежі без механічного навантаження.

У п'ятому розділі описані результати вогневих експериментальних досліджень впливу стандартного температурного режиму пожежі на малогабаритні фрагменти несучих залізобетонних будівельних конструкцій (3 для кожного з видів конструкцій) без механічного навантаження.

У шостому розділі представлено комплекс методик обчислення несучої

здатності елементів залізобетонних будівельних конструкцій за результатами відновлення температурних полів у їхніх перерізах.

У цьому розділі узагальнено наукові результати, створено систему оцінювання вогнестійкості несучих залізобетонних будівельних конструкцій, що зважає на спільну дію механічного й теплового навантаження.

Загальні висновки сформовано якісно та лаконічно. При цьому вони повністю відображають отримані у роботі результати.

В дисертаційній роботі відсутній академічний плагіат, фабрикації чи фальсифікації.

**Повнота викладу наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях.**

Основні положення й наукові результати дисертації викладено в 69 опублікованих працях, серед яких: 4 статті, проіндексовані у базах даних «Web of Science Core Collection» та / або «Scopus»; 3 статті в наукових періодичних виданнях інших держав; 19 статей, що входять до переліку наукових фахових видань України; 3 статті іншого характеру; 3 патенти на корисну модель; 2 монографії; 38 матеріалів конференцій різного рівня та наукової специфіки. Кількість та науковий рівень опублікованих наукових праць повністю відповідає вимогам до докторських дисертацій.

#### **Зауваження.**

1. Для розгляду умов втрати несучої здатності під час дії температурного режиму пожежі у розробленій системі недостатня увага приділена крихкому (вибухоподібному) руйнуванню залізобетонних будівельних конструкцій.

2. У розділі 6 дисертації з метою проведення розрахунку напружено-деформованого стану залізобетону у всіх типів будівельних конструкцій під час дії температурного режиму пожежі доцільно було врахувати ослаблення зчеплення арматури з бетоном.

3. У дисертації немає відомостей щодо можливості врахування впливу деталей анкерування на вогнестійкість несучих будівельних конструкцій.

4. Із тексту дисертації незрозуміло чи може бути використаний запропонований метод під час оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій монолітно-каркасних споруд, в яких діють суттєві згинальні моменти та відбувається перерозподіл зусиль під час пожежі.

5. З тексту дисертації незрозуміло, чи може бути використаний запропонований метод при оцінці вогнестійкості у вертикальних несучих залізобетонних будівельних конструкціях, в яких діють великі згинальні моменти при високій гнучкості.

6. Під час розрахунку напружено-деформованого стану залізобетону, при

виборі найбільш адекватних базових моделей для його математичного описання, не розглянуті інші деформаційні моделі, які могли б дати більш точні результати.

7. У розділі 3 роботи та авторефераті відображено закономірність залежності дисперсії температур усередині камери малогабаритної модульної вогневої печі від найбільш значущих параметрів. Відкритим залишилось питання щодо впливу інших параметрів.

#### **Загальний висновок та оцінка дисертації.**

За актуальністю теми, науковою новизною результатів, їх практичною цінністю і повнотою опублікування результатів дисертація Нуянзіна Олександра Михайловича на тему: “Розвиток наукових основ оцінювання вогнестійкості залізобетонних будівельних конструкцій з використанням малогабаритних модульних вогневих печей” відповідає паспорту спеціальності 21.06.02 — пожежна безпека та вимогам Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197, а її автор, Нуянзін Олександр Михайлович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 — пожежна безпека (261 – пожежна безпека).

#### **Опонент:**

Професор кафедри будівельних  
конструкцій та мостів

Національного університету  
«Львівська політехніка»

доктор технічних наук, професор

Богдан ДЕМЧИНА

