

# **ВІДЗИВ**

**офіційного опонента на дисертаційну роботу**

**Шналя Тараса Миколайовича**

**за темою «Розвиток наукових основ розрахункової оцінки вогнестійкості**

**будівельних конструкцій за умов впливу**

**параметричних температурних режимів пожеж»,**

**що подається на присудження наукового ступеня доктора технічних наук**

**за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека**

**Актуальність теми.** Як свідчить статистика, значні соціальні та матеріальні збитки приносять пожежі в Україні. Для зменшення ризику значних соціально-економічних втрат під час пожеж в будівлях і спорудах існує необхідність забезпечення вогнестійкості будівельних конструкцій за умов температурного впливу пожежі. Вогнестійкість конструкцій має відповідати вимогам існуючих пожежних норм

Для оцінювання вогнестійкості будівельних конструкцій ефективним є застосування розрахункових методів. Дані методи є гнучкими, дозволяють врахувати всю різноманітність граничних умов, матеріалів, геометричних розмірів та ін. параметрів конструкцій, а також вони є набагато менш трудомісткими та вартісними за експериментальні. Донедавна дані методи можна було застосовувати тільки при використанні стандартного температурного режиму пожежі в якості фактора теплового впливу пожежі. Такий підхід є достатньо простим, але тепловий вплив пожежі при цьому є необґрунтовано жорстким і у багатьох випадках не відповідає перебігу пожежі.

Серед альтернативних підходів слід виділити підхід, заснований на описанні зміни температури у залежності від часу при пожежі параметричними режимами, залежними від пожежного навантаження та геометричної конфігурації приміщення. Такий підхід є ефективним, але він не дозволяє комплексно врахувати наявність пожежної автоматики, штучної вентиляції та інших значущих факторів. За умови застосування таких режимів пожеж можна скоротити витрати на вогнезахисні системи, що відповідають завищеним вимогам щодо вогнестійкості при застосуванні традиційного підходу. Тому



наближення розрахункових методів до реальних умов пожежі з урахуванням граничних значень в приміщеннях є актуальною науково-технічною проблемою.

Актуальність дисертаційних досліджень підтверджується тим, що вони відповідають державним науковим програмам:

- «Концепція Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2011—2015 роки», Кабінет Міністрів України від 29 грудня 2010 р. № 2348-р;
- «Державна цільова соціальна програма забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 роки», Кабінет Міністрів України від 01.06.2012 р. № 590;

та виконувались згідно науково-дослідної роботи в Черкаському інституті пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України «Методика розрахунку класу вогнестійкості монолітних залізобетонних конструкцій» (номер державної реєстрації 0115U000980).

**1. Наукова новизна отриманих результатів** дисертаційної роботи полягає у розкритті закономірностей впливу геометрії приміщень пожежного навантаження, наявності вентиляції та автоматичних систем пожежогасіння на розвиток пожеж в приміщеннях та зміни, що відбуваються в будівельних конструкціях, що є основою розрахунку вогнестійкості будівельних конструкцій, наближених до реальних умов пожежі.

При цьому вперше:

- встановлені математичні співвідношення що описують залежності максимальної середньооб'ємної температури пожежі від коефіцієнту прорізів та питомого пожежного навантаження в будівлях і спорудах;
- виявлені закономірності впливу наявності систем автоматичного пожежогасіння та систем вентиляції на параметри температурного режиму пожежі при її різних умовах які враховані при обґрунтуванні відповідних коефіцієнтів у вирази для визначення максимальної середньооб'ємної температури, часу її досягнення та тривалості пожежі;



- встановлені закономірності впливу параметрів приміщень із пожежею на максимальну швидкість обвуглювання та максимальний час процесу обвуглювання дерев'яних конструкцій. На основі отриманих регресійних моделей розроблена розрахункова методика оцінки межі вогнестійкості зігнутих елементів дерев'яних конструкцій;
- виявлені закономірності граничних пластичних моментів для монолітних залізобетонних плит, балок та колон. Встановлено, що граничні пластичні моменти, визначені за розрахованими температурними режимами пожежі за запропонованими математичними моделями втричі менші за моменти, отримані за умови теплового впливу стандартного температурного режиму пожежі;
- набуло подальшого розвитку застосування номограмних розрахункових методів оцінки вогнестійкості елементів сталевих будівельних конструкцій за умов впливу пожежі із температурним режимом, наближеним до реального.

**2. Практичні значення роботи.** Практична цінність дисертаційних досліджень полягає у створенні наукових основ для розробки методичної бази щодо розрахункової оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій за умов впливу пожежі із температурним режимом, наближеним до реального, що дозволяє обґрунтувати використання існуючих проектних рішень без передбачення систем вогнезахисту.

Результати проведених досліджень використані при розробці шести державних стандартів України:

1. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT)».

2. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 «Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT)».

3. ДСТУ-Н Б EN 1999-1-2:2010 «Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1999-1-2:2007, IDT)».

4. ДСТУ-Н Б EN 1994-1-2:2010 «Єврокод 4. Проектування



сталезалізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1994-1-1:2004, IDT)».

5. ДСТУ-Н Б EN 1996-1-2:2010 «Єврокод 6. Проектування кам'яних конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1996-1-2:2005, IDT)».

6. ДСТУ-Н Б EN 1995-1-2:2010 «Єврокод 5. Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1995-1-2:2004, IDT)».

Розроблені методики апробовані та впроваджені у діяльність Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту (акт впровадження від 14.03.2019), департаменті запобігання надзвичайним ситуаціям ДСНС України (акт впровадження від 26.03.2019), при здійсненні проведенні експертиз будівельних об'єктів приватного малого підприємства «Вогнеборець» м. Львів (акт впровадження від 17.04.2019), у викладанні фахових дисциплін у Національному університеті «Львівська політехніка» (акт впровадження від 24.04.2019).

**3. Аналіз змісту дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 7 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 300 найменувань, містить 394 сторінки друкованого тексту (з них 364 сторінки основного тексту), 75 таблиць, 251 рисунок, 5 додатків.

У **вступі** наведено актуальність теми, сформульовані мета і завдання дослідження, показані наукова новизна і практичне значення роботи, наведено відомості про апробацію та публікацію результатів досліджень.

У **першому розділі** проведено аналіз стану нормативної бази та наукових розробок щодо розрахункової оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій в умовах пожежі, що наближені до реальних.

У результаті аналізу літературних джерел та нормативної бази виявлено, що застосування розрахункових методів оцінювання вогнестійкості будівельних конструкцій із застосуванням параметричних режимів пожеж, що враховували б наявність систем пожежної автоматики та штучної вентиляції обмежене. У нормативних документах відсутні номограми, що давали б змогу встановлювати вогнестійкість будівельних конструкцій у залежності від



найбільш значущих параметрів приміщень, що мають вплив на перебіг пожежі. Показано, що більш продуктивними та менш затратними для встановлення основних закономірностей залежності температури пожежі від параметрів приміщень є методи обчислювальної газогідродинаміки.

На основі приведеного аналізу та виявлених недоліків в розрахунках вогнестійкості будівельних конструкцій сформульовано науково-технічну проблему та задачі по її вирішенню.

В **другому розділі** наведена методика моделювання пожежі із подальшим використанням результатів для оцінювання вогнестійкості сталевих конструкцій. Для визначення найбільш небезпечного випадку утворення та розвитку пожежі була побудована розрахункова схема приміщення торгівельної зали, де відбувається умовна пожежа.

На основі проведених досліджень були одержані основні математичні моделі масопереносу при пожежі, що дозволяє з урахуванням особливостей приміщення обґрунтувати класи вогнестійкості елементів будівельних конструкцій без проектування додаткових заходів щодо їх вогнезахисту, що зумовлюють додаткові трудові та матеріальні затрати.

**Третій розділ** присвячений опису методики експериментальних досліджень теплового впливу пожежі у приміщеннях на температурні режими нагрівання будівельних конструкцій.

Для вивчення закономірностей впливу конфігурації приміщень та розташування прорізів у огороженні розглянуто декілька експериментальних ситуацій.

В **четвертому розділі** наведені результати експериментальних досліджень.

Згідно із методикою проведені експериментальні дослідження температурних режимів пожеж з використанням натурної моделі приміщень у триповерховій будівлі, виведеної з експлуатації. Дослідження проводилися за програмою двох дослідів – утворення та поширення пожежі на першому поверсі, а також утворення та поширення пожежі на другому поверсі.

На основі проведених досліджень були визначені параметри пожеж у модельних приміщеннях та визначені коефіцієнти регресії для параметрів



пожежі.

В п'ятому розділі наведені результати математичного моделювання пожеж у приміщеннях. Модель приміщення із пожежею у триповерховій будівлі має відтворювати реальний об'єкт. Для розрахунку небезпечних факторів пожежі використана інтегрована система Pyrosim. Pyrosim – це користувацький інтерфейс для програми Fire Dynamics Simulator (FDS). Польова модель FDS може передбачати поширення диму, температури та інших небезпечних факторів під час пожежі.

На основі приведеного моделювання за допомогою математичного моделювання пожеж засобами комп'ютерної газогідродинаміки визначались параметри режиму пожежі достатньо точно, оскільки відносна похибка не перевищує у середньому 15%.

В шостому розділі описані математичні моделі залежностей максимальної середньооб'ємної температури нагріву під час пожежі, часу її досягнення та тривалості пожежі від параметрів приміщення із пожежею: коефіцієнту прорізів  $O$  та питомого пожежного навантаження  $q_{f,d}$ .

Для відтворення більш детальної картини були побудовані поверхні розподілення температури у залежності від значень коефіцієнту прорізів та щільності пожежного навантаження для різних моментів часу розвитку пожежі.

В сьомому розділі наведено методи для розрахункової оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій із застосуванням розроблених математичних моделей для побудування параметричних режимів пожежі.

Для визначення фактичної мети теми вогнестійкості було запропоновано номографічний метод та методику оцінки вогнестійкості елементів сталевих конструкцій.

Для здійснення розрахункової оцінки вогнестійкості дерев'яних конструкцій визначалась температура прогріву елементів даних конструкцій у будь-який момент часу пожежі. Для визначення температури нагріву незахищених елементів дерев'яних конструкцій застосовувався підхід, що заснований на розв'язку нестационарного рівняння теплопровідності.

Після проведення розрахунків були отримані температурні розподіли. Приклад температурних розподілів для балки перерізом 200x400 для



температурного режиму пожежі, що визначений для приміщення із коефіцієнтом прорізів  $O = 0.0045 \text{ м}^{-1}$  та щільністю пожежного навантаження  $q_{t,m} = 1200 \text{ МДж/м}^2$ .

На основі проведених досліджень було визначено максемальну швидкість обвуглення та максимальний час процесу обвуглення, що дозволяє прогнозувати межу вогнестійкості дерев'яних конструкції. Автором запропонованої методики оцінки вогнестійкості дерев'яних конструкції з урахуванням зниження міцності під тепловим впливом внаслідок пожежі.

Автором в результаті досліджень було запропоновано визначати фактичну межу вогнестійкості для залізобетонних конструкцій за розробленим методом з використанням запропонованих алгоритмів обчислення температурних режимів пожеж.

**4. Обґрунтування та достовірність результатів і висновків.** Наукові результати, отримані у дисертації, є науково обґрунтованими та одержані при проведенні експериментальних та теоретичних досліджень. Достовірність отриманих результатів підтверджена значним обсягом проведених розрахунків та порівнянням результатів з експериментальними даними.

**5. Повнота викладення основних результатів дисертації.** Основні наукові положення та результати представлені у 31 наукових статтях, надрукованих у наукових виданнях, з них 4 надруковані у виданнях, що індексовані у науково метричних базах, і 1 стаття у науково-метричній базі Scopus. Робота апробована на 15 науково-практичних конференціях та відображена в 4 патентах на корисну модель.

#### **6. Зауваження по дисертаційній роботі:**

1. При створенні моделі приміщень із пожежею не було враховано теплофізичні властивості матеріалів пожежного навантаження та огорожуючих конструкцій.
2. При створенні сітки, під час моделювання приміщень з використанням FDS недостатня увага була приділена обґрунтуванню просторового кроку.
3. При вивченні впливу пожежі на повномасштабну модель недостатня увага була приділена оцінці цілісності огорожувальних конструкцій за



ознакою розкриття тріщин у даних конструкціях.

4. Було б доцільно порівняти результати, що отримані за створеною математичною моделлю та результати, отримані при проведенні експерименту на повномасштабній моделі приміщення із пожежею.
5. При врахуванні похибки коефіцієнтами безпеки, що вноситься неточностями розрахунку за запропонованою математичною моделлю параметричного режиму пожежі, не врахована експериментальна похибка.
6. Номографічний метод є графічним методом аналізу вогнестійкості сталевих конструкцій і допускає суттєву неточність при його використанні, тому бажано було б провести дослідження впливу даної похибки на можливість помилкової оцінки вогнестійкості.
7. При аналізі задачі теплопровідності в дерев'яних балках розглядався переріз балки як однорідне та суцільне тіло, проте, даний переріз має як мінімум два шари: неушкоджений шар деревини та обвуглений шар, тож не зрозуміло яким чином при постановці задачі була врахована ця особливість.
8. Згідно приведених досліджень встановлено, що при дії високих температур в пограничному шарі деревини до шару обвуглення відбувається зниження міцності до 10%. Чи враховувались ці зміни при оцінці межі вогнестійкості дерев'яних конструкцій?
9. З роботи не зрозуміло, чи враховував автор дисертації вплив захисних вспінюючих покриттів на межу вогнестійкості дерев'яних конструкцій.

**7. Оформлення дисертаційної роботи.** Структура і обсяг дисертаційної роботи відповідають вимогам ДАК України. Дисертація викладена доступно, послідовно, технічно та обґрунтовано.

Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації. У роботі не використовуються результати і висновки кандидатської дисертації.

**8. Загальний висновок по дисертаційній роботі.** За актуальністю теми, науковою новизною результатів, їх практичною цінністю дисертаційна робота Шналя Тараса Миколайовича «Розвиток наукових основ розрахункової оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій за умов впливу параметричних



температурних режимів пожеж» відповідає паспорту спеціальності 21.06.02. - пожежна безпека, а також п.9, 10 положення про "Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 № 567. Отримані нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності дозволили вирішити актуальну науково-практичну задачу – розкриття закономірностей впливу геометрії приміщень пожежного навантаження, наявності вентиляції та автоматичних систем пожежогасіння на розвиток пожеж в приміщеннях та зміни, що відбуваються в будівельних конструкціях, що є основою розрахунку вогнестійкості будівельних конструкцій, наближених до реальних умов пожежі..

У зв'язку з викладеним дисертація Шналя Тараса Миколайовича відповідає вимогам щодо докторських дисертацій, а її автор заслуговує присудження вченого ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

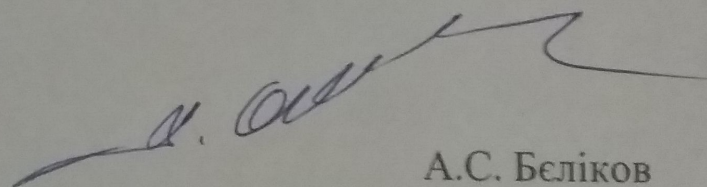
Завідувач кафедри безпеки життєдіяльності

ДВНЗ «Придніпровська державна академія

будівництва та архітектури»

Заслужений діяч науки і техніки України

доктор технічних наук, професор

  
А.С. Беліков

