

**ВІДГУК**  
**офіційного опонента**  
на дисертаційну роботу **ДАУРОВА МИХАЙЛА КОСТЯНТИНОВИЧА**  
**«РОБОТА СТАЛЕВИХ КАРКАСІВ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ**  
**ПРИ ПОЖЕЖІ ІЗ ПОСИЛЕННЯМ ЖИВУЧОСТІ»**  
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії з  
галузі знань 19 – Архітектура та будівництво,  
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Детальний аналіз дисертації Даурова Михайла Костянтиновича «Робота сталевих каркасів багатоповерхових будівель при пожежі із посиленням живучості» та наукових публікацій дозволяє сформулювати наступні висновки щодо актуальності, ступеня обґрунтованості основних наукових положень, рекомендацій, наукової новизни та достовірності висновків, практичного значення, а також надати загальну оцінку дослідження.

**Актуальність теми.** Значна кількість будівель України потрапляє у зону підвищеної небезпеки у зв'язку з військовими діями. Багатоповерхові будівлі потребують підвищеної уваги до оцінювання їх живучості.

У вітчизняних та закордонних нормативних документах відсутні методики та навіть рекомендації щодо розрахунку сталевих каркасів багатоповерхових будівель (СКББ) на живучість при пожежі. Тому актуальним є питання у дослідженні роботи сталевих каркасів багатоповерхових будівель і підвищення живучості конструкцій СКББ при пожежі.

Автором визначені особливості та механізми руйнування СКББ при пожежі та встановлені заходи посилення їх живучості. Розроблена методика посилення живучості СКББ при пожежі. Методика розроблена в розвиток нормативно-правових актів з пожежної безпеки, а також державних будівельних норм.

Дисертація присвячена вирішенню наукової задачі розрахунку сталевих каркасів багатоповерхових будівель на вогнестійкість шляхом визначення залежності роботи елементів СКББ при пожежі від розташування джерела пожежі, типу вузлів з'єднання балок з колонами. В результаті дослідження пропонується методика посилення живучості сталевих каркасів багатоповерхових будівель таким чином, щоб уповільнити механізм руйнування каркасу при пожежі.

**Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації підтверджується** точністю та достовірністю вихідних даних; застосуванням фізико-математичних моделей, методів розрахунку вогнестійкості, виконаним аналізом механізму руйнування сталевих каркасів багатоповерхових будівель, загальноприйнятих припущень будівельної механіки, теорії пружності і теорії пластичності.

На підставі результатів виконаних досліджень визначено та науково обґрунтовано значення критичних температур незахищених сталевих конструкцій та було запроєктовано вогнезахист сталевих конструкцій згідно Eurocode 3, забезпечивши межу вогнестійкості R180.

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційного дослідження автора є аргументованими та змістовними і свідчать про високий рівень наукової підготовки дисертанта.

**Достовірність основних положень роботи** забезпечена шляхом виконання чисельних досліджень і застосування сучасних методів аналізу роботи та розрахунку конструктивних елементів каркасу на вогнестійкість за 6 сценаріями температурного режиму параметричної пожежі; врахуванням результатів чисельних досліджень температурних залежностей у протипожежному відсіку; врахуванням фактору часу тривалості пожежі; використанням репрезентативних матеріалів вогнезахисту сталевих конструктивних елементів (плити вермікулітові з цементом).

Достовірність наукових положень, висновків та результатів дисертаційної роботи доведено позитивною оцінкою отриманих результатів на міжнародних конференціях і в рецензованих наукових фахових виданнях, а також апробацію сформованої методики посилення живучості СКББ при пожежі на конкретному об'єкті.

Враховуючи всі вищенаведені аргументи можна зробити позитивний висновок щодо наукової обґрунтованості і достовірності отриманих основних положень дисертаційного дослідження, а також їх відповідності заявленим меті та завданням.

**Науковою новизною одержаних результатів** слід вважати наступне:

- 1) - доведена залежність живучості СКББ при пожежі від форми перерізів балок і колон;
- 2) - визначені рішення вузлів кріплення аутригерних систем в СКББ для посилення живучості.
- 3) Визначено заходи посилення живучості при пожежі сталевих каркасів багатопверхових будівель, які дають можливість збільшити час втрати живучості на 40%, а час роботи каркасу після 1-го руйнування в 12 разів. Також резерв міцності матеріалу при її зниженні під час нагрівання використовується в 2,34 рази (149,1МПа/63,5МПа) більше.

**Удосконалено:**

- 4) методику посилення живучості сталевих каркасів багатопверхових будівель при пожежі та підходи до складання розрахункових схем СКББ з врахуванням різниці коефіцієнтів використання несучої здатності в балках та колонах, форми перерізів, влаштуванням аутригерних систем на верхніх поверхах, що дозволить підвищити конструктивну безпеку, збільшити час живучості будівлі, надасть більшу можливість для евакуації людей з будівлі.

**Практична цінність результатів дисертаційної роботи** полягає у тому, що розроблена методика розрахунків живучості СКББ при пожежі та розроблені практичні рекомендації з її посилення, які можуть бути застосовані у практиці проектування.

### **Оцінка наукових публікацій**

За темою дисертації опубліковано 9 робіт. Основні результати дослідження викладені у 2-х статтях у науковому виданні, включеному до переліку наукових фахових видань України категорії «А», яке цитується у реферативній базі Web of Science, 3 статті у науковому виданні, включеному до переліку наукових фахових видань України категорії «Б». Чотири роботи представлені як тези доповідей у національних та міжнародних науково-технічних конференціях.

Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідає вимогам «Порядку присудження наукового ступеня доктора філософії». Зазначені публікації повною мірою висвітлюють основні наукові положення дисертації. Вважаю, що дисертація пройшла належну апробацію.

### **Оцінка змісту, стилю та мови дисертації, її завершеності, оформлення**

Дисертаційна робота має класичну структуру: вона складається зі вступу, п'яти розділів, висновків до розділів, загальних висновків до роботи, списку використаних джерел (96 найменувань). Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 216 сторінок друкованого тексту, основний її зміст викладено на 205 сторінках, в тому числі в тексті 36 таблиць, 149 рисунків (116 сторінок основна частина, 11 сторінок літературні джерела).

Дисертація написана українською мовою, її структура та оформлення відповідають установленим вимогам. Вона характеризується єдністю змісту.

Конкретно сформульовано мету і задачі досліджень, визначено предмет і об'єкт дослідження, вказано наукову новизну роботи та практичне значення отриманих результатів.

У *вступі* наведена загальна характеристика дисертаційної роботи, автором обґрунтовано актуальність задачі; визначено мету, завдання, об'єкт, предмет та методи досліджень; наведено зв'язок із державними науковими програмами та особистий внесок здобувача; описано новизну, практичне значення результатів, а також апробацію та впровадження дисертаційного дослідження.

У *першому розділі* проведено огляд і аналіз науково-технічної літератури, в якій розглянуто стан світового досвіду у наукових дослідженнях та нормативних документах з оцінювання живучості будівель при пожежі. Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що в Україні інформація щодо протипожежних заходів не може вважатися достатньо обґрунтованою та коректною по відношенню до сталевих каркасів багатопверхових будівель. Також відсутні документи, які регламентують критерії межі вогнестійкості та методики оцінки напружено-деформованого стану СКББ при урахуванні впливу пожежі, а також ступеню їх відповідальності щодо забезпечення безпеки під час та після пожежі. Автором було запропоновано більш докладно розкрити питання впливу резервів несучої здатності в елементах і колонах та вплив форми перерізів елементів на живучість каркасів.

За загальними висновками щодо літературного аналізу розкрита суть завдання і сформульовані мета та задачі дисертаційного дослідження.

У *другому розділі* дисертаційної роботи автор розглядає різні сценарії розвитку пожежі та пропонує різні стратегії забезпечення живучості СКББ шляхом недопущення локального руйнування внаслідок пожежі.

Дія пожежі змодельована з урахуванням вогнезахисту сталевих конструкцій, вогнестійкості сталевих конструкцій, планування приміщень. Стратегії порівняно з точки зору металосмності і вартості. Схвалення заслуговують визначені сценарії виникнення пожежі та температурних режимів параметричної пожежі в залежності від часу. Виявлено, що за жодного сценарію несуча здатність всіх конструктивних елементів каркасу не забезпечується.

Обґрунтовано необхідність проектування каркасу таким чином, щоб не допускати локальне руйнування. Обрано стратегію посилення живучості - збільшення товщини вогнезахистного матеріалу в балках.

У *третьому розділі* дисертаційної роботи автором досліджено роботу різних елементів каркасу до першого настання граничного стану за різного розташування джерела пожежі. Автором доведено що час настання першого граничного стану за сценарію пожежі в середньому прольоті більший, ніж у крайньому. За пожежі на вищому поверсі граничний стан відбувається пізніше, ніж на нижчому. Розташування джерела пожежі в крайньому прольоті на нижньому поверсі найменш сприятливе з точки зору потенційного механізму руйнування.

Доведено, що в каркасах з шарнірними вузлами примикання балок до колон перший граничний стан настає пізніше, ніж в каркасах із жорсткими вузлами. Для збільшення вогнестійкості та живучості при пожежі переріз елементів сталевих каркасів необхідно проектувати таким, в якому може утворюватися повний шарнір пластичності без втрати місцевої стійкості.

Виконані дослідження свідчать про суттєвий вплив на живучість СКББ розташування джерела пожежі, вузлів з'єднання конструктивних елементів, різних початкових коефіцієнтів використання несучої здатності елементів.

Ґрунтуючись на отриманих результатах автором розроблено підходи щодо заходів посилення живучості конструктивних елементів СКББ для кращого сприйняття пожежного впливу.

*Четвертий розділ* присвячений пошуку найбільш раціонального і ефективного способу посилення живучості СКББ при пожежі. В тому числі викликають інтерес науково обґрунтовані нові критерії використання несучої здатності, а також доведено вплив різниці коефіцієнтів використання несучої здатності (КВНЗ) в балці та колоні на живучість СКББ при пожежі. Методика посилення живучості СКББ при пожежі розроблена в розвиток нормативно-правових актів, а також державних будівельних норм.

На увагу також заслуговують розроблені рекомендації щодо посилення живучості при пожежі і в СКББ з жорсткими вузлами, але потребує більш глибоких досліджень в цьому випадку

В *п'ятому розділі* проведено апробацію сформованої методики посилення живучості при пожежі СКББ на конкретному об'єкті. Встановлено, що використання заходів, рекомендованих в сформованій методиці збільшує живучість при пожежі сталевих каркасу розглянутої будівлі за критерієм часу.

від першого руйнування до втрати живучості в 48 разів при збільшенні вартості каркасу на 24%. Було виявлено, що при створенні просторової моделі розрахунку більша живучість, ніж в аналогічних плоских моделях, що є очевидним у зв'язку з виникненням ефекту перерозподілу зусиль. Вертикальні в'язі є елементами, через які зусилля переходять з нагрітих в ненагріті та руйнуються першими. Так само, як і в аналогічних плоских моделях, в просторовій моделі в каркасі з жорсткими вузлами примикання балок та колон можуть відбуватися руйнування в ненагрітих елементах. Автором доведено, що розроблена в даній роботі методика, що досліджувалася на плоских моделях СКББ, може бути дійсна і для просторових.

У загальних висновках відповідно до поставлених завдань сформульовано основні наукові результати даного дослідження.

В цілому ж, в роботі можна відмітити послідовність і логічність викладення інформації. Робота є завершеною самостійною науковою працею, достатньо добре оформленою.

**До основних здобутків роботи слід віднести:**

- розвинуто та вдосконалено методику та алгоритм визначення живучості сталевих каркасів багатопверхових будівель при дії пожежі;

- визначені закономірності роботи елементів СКББ при пожежі в залежності від розташування джерела пожежі, типу вузлів з'єднання балок з колонами, від типової конструктивної форми, умов закріплення.

- отримали подальшого розвитку уявлення про закономірності зміни пластичних деформацій в перерізах елементів каркасу за підвищених температур;

- за допомогою чисельного моделювання розвинуто та науково обґрунтовано заходи з посилення живучості щодо вибору аутригерних каркасів для кращого сприйняття динамічного ефекту при руйнуванні елементів при пожежі;

- отримали подальшого розвитку та удосконалені основні положення методики розрахунку на прогресуюче обвалення з точки зору посилення живучості сталевих каркасів багатопверхових будівель, за яких при пожежі механізм руйнування каркасу буде довший та безпечніший;

## **ЗАУВАЖЕННЯ ПО РОБОТІ**

1. Перший та другий розділ дисертації переобтяжений загальновідомою інформацією. Рис.1.1, 1.9-1.11,1.17 табл.1.2,1.3 та деякі інші представляють інформацію щодо прогресуючого обвалення відомих будівель та довідкові таблиці та графіки коефіцієнтів зниження для вуглецевої сталі за підвищеної температури. Цю інформацію не варто розміщувати в дисертаційній роботі.

2. В алгоритмі на стор. 61 не вказаний час випробування і який метод розрахунків на вогневий вплив використовується. При описі ймовірних сценаріїв пожежі не зрозуміло чи застосовуються відповідні коефіцієнти конвекційного і радіаційного теплообміну, які відповідають умовам, що мають місце при розрахунках моделей на вогневий вплив.

3. В розділі 2 при розгляді третьої стратегії "збільшення товщини вогнезахисного матеріалу" варто було б докладно пояснити, за рахунок чого за більшої товщини вогнезахисного матеріалу досягається менша металоемність розрахунку на дію пожежі.

4. В дисертаційній роботі відсутні математичні моделі, які складаються з основних рівнянь процесів теплообміну і напружено-деформованого стану та рівнянь, що визначають початкові та граничні умови, а також коефіцієнтів, що входять до рівнянь. Також немає ні математичних, ані чисельних методик визначення підвищення температури (теплого стану) в будівельних конструкціях та (або) напружено-деформованого стану будівельних конструкцій в умовах пожежі.

5. При розробці скінчено-елементних моделей СКББ варто було б використати пластинчасті, а не стержневі скінченні елементи. Це дозволило б врахувати нерівномірність розподілу температури по перерізу залежно від часу та враховувати параметр швидкості наростання температури.

6. В якості задачі для дослідження був вибраний каркас з регулярним розташуванням колон. Не зрозуміло чи буде запропонована методика актуальною, якщо в якості будівельного об'єкту розглянути каркас з нерегулярним розташуванням колон, різними величинами прольотів.

7. В розділі 4 наведено алгоритм моделювання процесу руйнування у ПК SAP 2000v21. Автор використовує моделі нелінійного розрахунку з врахуванням різних стадій пластичних деформацій в перерізі. Доцільно було б виконати нелінійний розрахунок з використанням запропонованої методики розрахунку в просторовій постановці для дослідження ефекту пристосовуваності конструктивних елементів та перерозподілу зусиль при виключенні елементів з роботи.

8. Серед заходів посилення живучості (розділ 4) варто було б розглянути не тільки аутригери, а й порталні в'язі жорсткості, і виконати дослідження в просторовій постановці.

9. Враховуючи, що реалізація поставлених задач здійснювалась чисельно було б доцільним забезпечити результати і висновки інформацію про збіжність або поєднання розрахункових методів з експериментальними даними.

10. Результати розрахунків просторової схеми в розділі 5 показані дуже стисло.

Проте, зазначені зауваження не зменшують загального позитивного враження від представленої дисертації, вони мають переважно філософський та дискусійний характер. Отримані здобувачем результати не викликають сумніву, є науково обґрунтованими, мають наукову новизну і практичне значення. В цілому, робота заслуговує позитивної оцінки.

**Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії ...»**

Дисертація Даурова Михайла Костянтиновича «Робота сталевих каркасів багатоповерхових будівель при пожежі із посиленням живучості» відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування

рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», зокрема пп.5,6,7,8,9. Дисертація виконана з дотриманням правил академічної доброчесності. Є самостійною, завершеною науковою роботою. Отримані результати свідчать про значний внесок автора в науку.

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Дисертаційне дослідження Даурова Михайла Костянтиновича «Робота сталевих каркасів багатопверхових будівель при пожежі із посиленням живучості», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, є завершеною, самостійно виконаною науковою працею, яка повністю відображає основні теоретичні та практичні положення роботи, а також відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, та напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА з вищезазначеної спеціальності, а її автор Дауров Михайло Костянтинович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

### Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри комп'ютерних  
технологій будівництва та  
реконструкції аеропортів  
Національного авіаційного  
університету Міністерства освіти і  
науки України,



підпис гр. **Барабаш М.С.**

з а с в і д ч у ю

Будівничий секретар

Національного авіаційного університету

