

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Змаги Яни Василівни**

на тему «Розрахунковий метод підвищеної точності для оцінки межі вогнестійкості дерев'яних балок з вогнегасним просоченням», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків по роботі, списку використаних літературних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 134 сторінок. Окрім основного тексту, дисертація містить 17 таблиць, 69 рисунків, список використаних джерел із 130 найменувань на 13 сторінках і додатків.

**Актуальність теми.** Проведений аналіз пожежної небезпеки в Україні свідчить, що до теперішнього часу при виникненні надзвичайних ситуацій відбуваються вибухи та пожежі, які наносять значний матеріальний збиток та призводить до травмування і загибелі людей. В той же час, практика показує, що все більшого значення набуває застосування деревини при будівництві різного призначення. Дерев'яні конструкції відносяться до горючих матеріалів, що створюють підвищену пожежну небезпеку в будівлях і спорудах. Для зниження горючості протягом останніх років застосовують різні вогнезахисні засоби, що дозволяють зменшити їх пожежну небезпеку, але не визначають їх вогнестійкість. Тому проведення досліджень щодо удосконалення розрахункових методів оцінки межі вогнестійкості дерев'яних балок із вогнезахисними просоченнями є важливою, актуальною задачею.

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

Про актуальність виконаних дисертаційних досліджень свідчить те, що вони відповідають задачам, що вирішуються державними науковими програмами: «Концепції Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на період до 2018 року», «Державної програми забезпечення пожежної безпеки на період до 2018 року», затвердженою постановою Кабінету Міністрів України від 01.06. 2008 року № 870 і виконувалася згідно науково-дослідної роботи «Розробка методу оцінки вогнезахисної ефективності несучих дерев'яних будівельних конструкцій» (номер державної реєстрації 0114U002707), Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля в якій здобувач була відповідальним виконавцем.

У вступі наведена актуальність теми дисертації, показаний зв'язок із науковими програмами, приведено мету і завдання досліджень, визначена наукова новизна та практична цінність одержаних результатів досліджень, приведені данні щодо апробації результатів дисертації.

У першому розділі проведено аналіз основних методів, які застосовуються при оцінці вогнестійкості будівельних конструкцій. Показано, що до теперішнього часу розрахункові методи, які передбачають проведення випробувань шляхом математичного опису тих чи інших закономірностей в екстремальних задачах мають низьку точність (30%).

Проведено аналіз забезпечення пожежної безпеки дерев'яних будівельних конструкцій з застосуванням різних засобів вогнезахисту та методів визначення горючості деревини. В той же час, згідно системою стандартів, які є чинними в Україні (EN 1995-1-2:2004 Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-2) виникає необхідність визначення меж вогнестійкості дерев'яних балок із вогнезахисними просоченнями, що дозволяло б прогнозувати вогнестійкість та виявляти шляхи підвищення пожежної безпеки. Проведений аналіз здобувача дозволив обґрунтувати необхідність розробки розрахункового методу для оцінки вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисними просоченнями, що враховують зміни геометричних параметрів їх зони обвуглювання у залежності від часу вогневого впливу пожежі, та сформулювати задачі досліджень.

У другому розділі приведено розробку методики експериментального дослідження поведінки дерев'яних балок із вогнезахисними просоченнями в умовах вогневого впливу пожежі із стандартним температурним режимом. В основі методики прописано: вивчення розподілення температури вздовж вертикальної конструкції перерізу фрагменту дерев'яної балки з врахуванням глибокого просочування зразків фрагментів дерев'яних балок, що дозволяє визначити закономірності розподілу температур та конфігурацію зони обвуглювання із вогнезахисним просоченням та без нього на основі вимірювання товщини обвугленої зони. Це дозволяє установити закономірності зміни зони обвуглювання дерев'яних балок із вогнезахисними просочуваннями залежно від часу експонування вогневого впливу пожежі із стандартним температурним режимом протягом 60 хв.

У третьому розділі наведено результати проведення експериментальних досліджень зразків-фрагментів дерев'яних балок з вогнезахисними просоченнями і без нього в умовах вогневого впливу пожежі згідно стандартного температурного режиму для часових проміжків в 15, 30, 60 хвилин. Після проведення випробувань вивчався зовнішній вигляд зразків і проводилися заміри обвугленої зони. Проведенні дослідження дозволили:

- визначити закономірності зміни температури у внутрішніх шарах фрагментів дерев'яних балок в залежності від часу їх експонування за стандартним температурним режимом пожежі;

- визначити закономірності зміни бокової та торцевої товщини обвугленого шару фрагментів дерев'яних балок в залежності від часу їх експонування за стандартним температурним режимом пожежі.

На основі проведених досліджень були отримані регресійні залежності бокової та торцевої товщини та обвугленого шару, відповідних швидкостей

обвуглювання фрагментів дерев'яних балок залежно від часу їх вогневих випробувань, яка впливає на межу вогнестійкості дерев'яних балок.

У четвертому розділі розглянуті питання дослідження температурних розподілень у перерізі дерев'яних балок використовуючи метод заснований на розв'язку рівняння теплопровідності, для цього були застосовані граничні умови III роду та температура оточуючого середовища за стандартною температурною кривою, теплофізичні характеристики деревини, коефіцієнт теплообміну, а також метод кінцевих різниць. Розв'язок задачі теплопровідності проводився для визначення температурних розподілень в перерізі фрагменту зразка та розробки ефективного методу інтерполяції.

Для визначення процесів зміни вогнестійкості при впливі температури в часі було проведено моделювання процесу обвуглювання вогнезахищених дерев'яних балок на основі результатів вогневих випробувань їх фрагментів.

При моделюванні обвуглювання дерев'яних балок за основу була прийнята гіпотеза про те, що обвуглена частина перерізу повинна залежати від його прогрівання, що дозволяє прогнозувати, що зона обвуглювання повинна бути обмежена відповідною ізотермою, що відповідає критичній температурі, при якій відбувається 80% – 90% перетворення деревина на вугілля.

Використовуючи регресійні залежності, що визначені здобувачем дозволили визначати температурні криві в узагальненому виді для середньої горизонталі перерізу. Критична температура обвуглювання визначалась за формулою:

$$T_{кр,i} = T_{0i} + (T_{gi} - T_{0i}) \left[ \frac{0,5a - \beta \cdot t}{a} \right]^{2_{gi}}$$

В результаті досліджень одержані залежності критичної температури від часу випробування з огляду на створені моделі швидкості обвуглювання вогнезахищеної і не вогнезахищеної деревини фрагментів дерев'яних балок, підданих випробуванням. А також були одержані залежності товщини обвуглювання від часу.

Визначивши критичні температури обвуглювання деревини були змодельовані зони обвуглювання для фрагментів балок із вогнезахисними просоченнями і без них, підданих випробуванням.

На основі порівнянь результатів інтерполяції температурних полів із результатами, отриманими на основі розв'язку задачі теплопровідності, показано, що вони узгоджені між собою. Розвинено математичний апарат інтерполяції температурних полів за вимірюваннями температури у контрольних точках, заснований на представленні інтерполяційної функції у вигляді параболічної залежності із ступенем, показник якого залежить від часу експонування дерев'яних балок при вогневій дії в умовах випробувань на вогнестійкість. Набуло подальшого розвитку математичне описання зони обвуглювання, на основі чого був обґрунтований метод розрахункової оцінки вогнестійкості дерев'яних балок із вогнезахисними просочуваннями. Це дозволило підвищити точність на 58 %.

У п'ятому розділі на основі розробленого математичного опису зони обвуглювання обґрунтовано та розроблено розрахунковий метод оцінки вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисними просоченнями, що мають незначний ефект, оскільки не дозволяє забезпечити необхідну межу вогнестійкості при вимагаємих класах вогнестійкості R 45 та R 60.

Даний метод дозволяє визначити ефективність застосування просочуючих засобів для дерев'яних балок.

Досліджено ефективність розробленого методу розрахункової оцінки вогнестійкості дерев'яних балок із вогнезахисними просочуваннями і встановлено, що межі його застосування лежать в інтервалі до 200 мм товщини балки. Обґрунтовано розрахунковий метод визначення межі вогнестійкості на основі розв'язку міцнісної задачі за температурними даними випробувань та зоною обвуглювання дерев'яних балок з вогнезахисними просочуваннями, який дає точніші результати, оскільки обчислені із застосуванням цього методу межі вогнестійкості мають похибку не більше 12,9%. При врахуванні вогнезахисного просочення для балки 70x200 точність збільшилася у середньому на 77,6%, а для балки 200x200 – на 17,6 % порівняно із існуючим методом, описаним в Eurocode 5.

#### **Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:**

- вперше за результатами експериментальних досліджень виявлено закономірності зміни геометричних характеристик зони обвуглювання дерев'яних балок з вогнезахисними просоченнями та отримано математичне описання зони обвуглювання вогнезахисних дерев'яних балок під впливом пожежі із стандартним температурним режимом;
- проведено обґрунтування методу розв'язання міцнісної задачі для оцінки вогнестійкості дерев'яних вогнезахисних балок, що вперше враховує конфігурацію їх зони обвуглювання.

#### **Обґрунтування та достовірність результатів і висновків.**

Наукові результати, отримані у дисертації, є науково обґрунтованими та одержані при проведенні експериментальних та чисельних досліджень. Адекватність отриманих результатів підтверджена даними проведених дослідів та порівняння результатів розрахунку за методиками Єврокодом 5.

#### **Практичне значення отриманих результатів полягає :**

- у проведенні експериментальних досліджень поведінки дерев'яних балок із вогнезахисними просоченнями в умовах вогневого впливу пожежі із стандартним температурним режимом, що впроваджено в технологічний процес ТОВ «А.М. Союз» (акт впровадження від 17.11.2015);
- у використанні розрахункового методу підвищеної точності оцінки вогнестійкості дерев'яних балок із вогнезахисними просоченнями в ПАТ «Черкаська меблева фабрика» (акт впровадження від 21.10.2015);
- у використанні розробленого розрахункового методу як підґрунтя для удосконалення та доповнення відповідної нормативної бази України;

- розробці методичних рекомендацій щодо визначення межі вогнестійкості дерев'яних балок із вогнезахисними просоченнями, що впроваджено в навчальний процес у Черкаському інституті пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України під час викладання дисциплін «Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах пожежі» і «Пожежна профілактика у населених пунктах».

**Особистий внесок здобувача.** Наукові результати дисертації в повному обсязі представлені у 5 наукових статтях, надрукованих у наукових виданнях, що входять до переліку ДАК. Робота апробована на 5 науково-практичних конференціях.

**Особистий внесок здобувача в отриманих результатах полягає в:**

- проведенні науково-обґрунтованого аналізу щодо врахування впливу вогнезахисних просочувальних речовин на вогнестійкість дерев'яних балок;
- проведенні досліджень при експериментальних випробуваннях зразків дерев'яних балок, які пройшли 15, 30 та 60 хвилинні випробування під дією температур за режимом стандартної пожежі;
- перевірці адекватності результатів, отриманих при застосуванні експериментально-розрахункового методу оцінки вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисними просоченнями та перевірці діапазону застосування розрахункового методу на дерев'яних балках різних розмірів.

**Зауваження.** При розгляді дисертаційної роботи виявлені такі недоліки:

1. При розгляді теплової задачі переріз балки розглядався як клеєна конструкція, проте, незрозуміло яким чином досліджувався вплив типу використаного клею на вогнестійкість балок.
2. З автореферату незрозуміло, чому був вибраний метод розв'язання задачі міцності на основі даної деформаційної моделі, адже існують багато інших більш простих типів, із меншими обсягами розрахунків.
3. З автореферату незрозуміло чи порівнювалися результати розв'язання міцнісної задачі із результатами, отриманими на основі більш складних моделей, заснованих на методі кінцевих елементів.
4. У роботі недостатня увага приділена питанню порівняння отриманих даних у результаті застосування розробленого методу із результатами випробувань реальних дерев'яних балок.
5. Вважаю за доцільне для підтвердження точності застосованих теплофізичних властивостей деревини визначити їх на основі розв'язання обернених задач теплопровідності із порівнянням отриманих результатів.
6. Формально задача теплопровідності для розрахунку температури в перерізі вогнезахищеної дерев'яної балки є задачею про багат шарову структуру, оскільки існує шар деревини, обвуглений шар, шар деревини із просоченням із своїми теплофізичними показниками. Проте незрозуміло, як це враховано і пропонується враховувати при рішенні задачі теплопровідності.

7. Розв'язання задач міцності проводилося у припущенні, що міцність деревини є ізотропною, тоді як насправді вона є анізотропною. З роботи не зрозуміло як враховується анізотропія механічних властивостей деревини.

8. В дослідженнях не враховується зниження міцності деревини в граничному шарі з обугленим шаром деревини при високотемпературному впливі.

### Оцінка дисертаційної роботи.

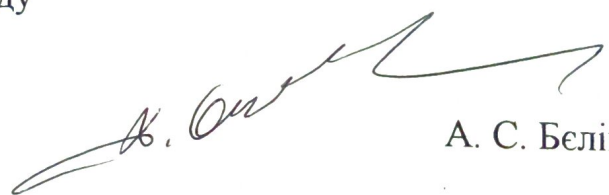
1. Дисертаційна робота Змаги Я. В. є завершеною науковою роботою, виконаною на актуальну тему і спрямована на вирішення наукової задачі – розробці розрахункового методу підвищеної точності оцінки межі вогнестійкості дерев'яних балок із вогнезахисними просоченнями.

2. Наведені недоліки не знижують наукове значення роботи.

3. Оформлення дисертації і автореферату, викладеного матеріалу в них, відповідає вимогам ДАК України.

4. Дисертаційна робота Змаги Яни Василівни на тему «Розрахунковий метод підвищеної точності для оцінки межі вогнестійкості дерев'яних балок з вогнегасним просоченням» відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а здобувач Змага Яна Василівна заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Офіційний опонент  
Завідувач кафедри безпеки життєдіяльності  
Державного вищого навчального закладу  
«Придніпровської державної академії  
будівництва та архітектури»  
доктор технічних наук, професор




А. С. Беліков

Підпис: д-р техн. проф. А. С. Белікова

ЗАСВІДЧУЮ:



Головний спеціаліст відділу  
кадрів ПДАБА

  
28.04.2016