

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

Національного університету цивільного захисту України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Новгородченко Аліна Юріївна

УДК 614.841.45

ДИСЕРТАЦІЯ

РОЗРАХУНКОВИЙ МЕТОД ПІДВИЩЕНОЇ ТОЧНОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ МЕЖІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК З ВОГНЕЗАХИСНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ

261 – пожежна безпека

26 – цивільна безпека

Подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

 А. Ю. Новгородченко

Науковий керівник: Поздєєв Сергій Валерійович
доктор технічних наук, професор,
головний науковий співробітник інституту

Черкаси – 2020

АНОТАЦІЯ

Новгородченко А. Ю. Розрахунковий метод підвищеної точності для оцінки межі вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 «Пожежна безпека». – Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, Черкаси, 2020.

Актуальність. Останнім часом все більш широкого поширення в будівництві набувають клеєні дерев'яні конструкції, деталі з деревини у вигляді балок прямокутного й таврового перетину, прогонів, елементів ферм і арок. Проте, дані дерев'яні конструкції класифікують як матеріали підвищеної горючості, легкозаймисті, з високою димоутворювальною здатністю, які значно поширюють полум'я поверхнею. Зважаючи на спалимість таких конструкцій, залишається актуальним питання гарантування їх нормованої вогнестійкості, як складника комплексного забезпечення пожежної безпеки об'єктів будівництва. Ефективним засобом забезпечення проектної вогнестійкості дерев'яних конструкцій слугує застосування вогнезахисного облицювання. Перспективним матеріалом для вогнезахисного облицювання є вогнестійкі плити OSB. Тому, для забезпечення нормованої межі вогнестійкості такої широко поширеної будівельної конструкції, як дерев'яна балка, використано вогнезахисне облицювання на основі орієнтовно-стружкових плит OSB.

Ідея роботи полягає у розв'язанні актуальної науково-технічної задачі – підвищення точності розрахункового методу оцінки межі вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням, зокрема OSB плитами, залежно від закономірностей зміни геометричних параметрів зони обвуглювання та з врахуванням впливу стандартного температурного режиму пожежі. Як наукового підґрунтя для доповнення до нормативно-правової бази, щодо визначення межі вогнестійкості дерев'яних балок із вогнезахисним облицюванням плитами OSB.

Об'єкт роботи – методи розрахункової оцінки вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням вогнетривкими плитами OSB.

Предмет роботи є вплив конструктивних параметрів вогнезахисного облицювання на результати розрахункової оцінки вогнестійкості дерев'яних балок в умовах теплової дії високих температур під час пожежі.

Мета роботи – розкриття закономірностей прогрівання перерізів дерев'яних балок із вогнезахисним облицюванням плитами OSB, а також зміни геометричних параметрів, їхньої зони обвуглювання в умовах стандартного температурного режиму пожежі, що є основою для удосконалення розрахункового методу підвищеної точності для оцінки їх межі вогнестійкості.

Для досягнення поставлених цілей, сформульовано такі завдання:

- розробити методику експериментальних вогневих досліджень, відповідно якої провести випробування на вогнестійкість дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням із плитами OSB в умовах впливу дії високих температур під час пожежі, відповідно до стандартного температурного режиму;

- проаналізувати отримані результати зміни геометричних параметрів зони обвуглювання досліджуваної дерев'яної балки з вогнезахисним облицюванням, залежно від часу її експонування, відповідно до стандартного температурного режиму;

- розробити методику математичного описання геометричної форми зони обвуглювання в перерізі дерев'яної балки з вогнезахисним облицюванням з плитами OSB, шляхом наближення ліній контурів цієї зони за допомогою ліній Без'є;

- на основі розробленого математичного описання зони обвуглювання, розробити і дослідити ефективність запропонованого уточненого розрахункового методу оцінки межі вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням з плитами OSB.

Наукова новизна дисертації полягає у розкритті закономірностей, що встановлюють залежність конфігурації зони обвуглювання дерев'яних балок від конструктивних параметрів їхнього вогнезахисного облицювання в умовах

впливу стандартного температурного режиму пожежі, як наукового підґрунтя удосконалення розрахункової оцінки їх вогнестійкості. При цьому вперше:

- запропоновано описання геометричної зони обвуглювання в перерізі дерев'яної балки при наближенні її конфігурації за допомогою ліній Без'є з п'ятьма опорними точками ;

- виявлено закономірність положення опорних точок для побудови ліній Без'є, що наближують контури зони обвуглювання, залежно від узагальненого параметру геометрії перерізу у вигляді регресійної поліноміальної залежності: $r/y_c = 0.979 + 0.064p + 3.6p^2 - 32.339p^3 + 59.242p^4 - 41.82p^5 + 10.273p^6$, з урахуванням виявлених закономірностей впливу конструктивних параметрів вогнезахисного облицювання;

- запропоновано алгоритм визначення коефіцієнта зниження міцності деревини під час пожежі та розрахункової оцінки вогнестійкості дерев'яної балки на його основі;

- набуло подальшого розвитку застосування методів розрахункової оцінки вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням на основі OSB плит;

- удосконалено науково-методичну базу забезпечення нормованої вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці розрахункового методу підвищеної точності для оцінки межі вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням на основі OSB плит за умов впливу стандартного температурного впливу пожежі. Даний метод дозволяє спрогнозувати точну геометричну конфігурації геометрії не обвугленої частини перерізу балки та визначити її реальну несучу здатність з використанням реальних геометричних характеристик не обвугленої частини перерізу балки. Відповідно цього можна оцінити належність дерев'яних балок, з відповідними конструктивними параметрами вогнезахисного облицювання плитами OSB, до класу вогнестійкості згідно із встановленими вимогами. Метод розрахунку несучої здатності дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням на основі

плит OSB може бути використаний для удосконалення і доповнення існуючої нормативно-правової бази України.

У дисертації, за допомогою аналітичного методу, проаналізовано статистику пожеж і нормативно-правові вимоги стосовно дерев'яних конструкцій у будівництві. При дослідженні на вогнестійкість дерев'яної балки без вогнезахисту та з вогнезахисним облицюванням, застосовувався експериментальний метод. Стосовно дослідження зміни температурних розподілів всередині зразків дерев'яної балки та встановлення параметрів глибини обуглювання, використовувалися табличні і теплофізичні дослідження, які було відтворено за допомогою математичного моделювання. При розробці розрахункового методу оцінки несучої здатності дерев'яної балки з вогнезахисним облицюванням, застосовувалися стандартні методи розрахунку межі вогнестійкості. І вивчення адекватності й достовірності отриманих результатів застосовувалися методи математичного описання і статистики.

У **першому розділі** проаналізовано статистику пожеж і виявлено, що найбільшу загрозу швидкому поширенню вогню та зростанню кількості жертв унаслідок пожежі становлять будівлі з використанням незахищених дерев'яних конструкцій. Огляд нормативних документів та наукових досліджень доводить, що мало приділено уваги таким методам вогнезахисту, як вогнезахисне облицювання. Тому основна ідея розділу полягає в дослідженні нових засобів і способів вогнезахисного облицювання. Враховуючи технічні характеристики, легкість виконання монтажно-технічних робіт та достатню товщину для перешкоджання полум'я до дерев'яних елементів деревно-стружкових плити OSB-3, можуть виконувати роль вогнезахисного облицювання дерев'яних конструкцій.

У **другому розділі**, відповідно розробленої методики експериментальних досліджень, із дотриманням усіх нормативних вимог, проведено натурні вогневі випробування на базі Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. Експериментальні дослідження реалізовано в камері установки (печі) з усім додатковим обладнанням для регулювання й подачі

температури, реєстрації температурних показників, відповідно до стандартного температурного режиму протягом 15, 30, 60 хв. Також розроблено методику виготовлення зразків-фрагментів дерев'яних балок, із використанням склеєних фрагментів соснового бруса, що скріплювалися з дерев'яною фанерою цвяхами. Для вогнезахисного облицювання зразків-фрагментів дерев'яної балки застосовувалися плити OSB-3 в один і подвійний шар, що кріпилися за допомогою шурупів по дереву. Після закінчення експерименту виконано огляд зразків-фрагментів та оформлено результати випробування.

Третій розділ присвячено візуальному й графічному аналізу ефективності вогнезахисного облицювання на основі OSB плит. Відповідно до отриманих температурних розподілів, за допомогою моделювання зони обвуглювання з використанням кривих Без'є, детально зображено процес обвуглювання зразків-фрагментів дерев'яної балки без вогнезахисту та з вогнезахисним облицюванням. Встановлено залежності бічних і торцевих товщини, швидкостей обвуглювання досліджуваних дерев'яних балок, в залежності від часу експонування, відповідно до стандартного температурного режиму пожежі, що має такий вигляду з відповідними коефіцієнтами регресії: $d(t) = b_1 + b_2t + b_3t^2 + b_4t^3$.

У четвертому розділі дисертації, для визначення температурних розподілів в прямокутному перерізі балки з масиву деревини із шаром вогнезахисного облицювання плитами OSB, під час застосування прийнятої математичної моделі теплопровідності, використаний метод кінцевих різниць. Згідно з визначених параметрів регресійних залежностей розподілу параметру $r/y_c = f(y_c/h)$ дерев'яних балок, побудовано контури обвугленої зони, за допомогою наближення лініями Без'є ізотерм з критичною температурою 200 °С. Аналітичний опис ліній контуру обвугленої зони дозволяє отримати геометричні характеристики перерізів залишеної цілої частини дерев'яних балок різної геометричної конфігурації, з різною товщиною вогнезахисного облицювання, що можна використати для розрахунку міцності відповідних дерев'яних балок.

У п'ятому розділі застосовано математичний апарат з використанням спрощеного розрахункового методу, визначено несучу здатність досліджуваних

дерев'яних балок без вогнезахисту та з вогнезахисним облицюванням на основі плит OSB для різної тривалості впливу стандартного температурного режиму пожежі. На підставі отриманих даних, визначено їхню вогнестійкість для рівня навантаження з коефіцієнтом навантаження $\mu_f = 0.5$. Визначена регресійна залежність межі вогнестійкості за граничним станом втрати несучої здатності дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням плитами OSB від вибраних найбільш значущих й незалежних параметрами, які мають найбільший вплив на вогнестійкість дерев'яних балок із вогнезахисним облицюванням. І відповідно отриманих даних, побудовано поверхні залежності межі вогнестійкості та номограми залежності щодо визначення мінімальних розмірів вогнезахисного облицювання на основі плит OSB досліджуваних дерев'яних балок для забезпечення необхідної нормованої вогнестійкості.

На основі проведених досліджень обґрунтовано та запропоновано розрахунковий метод визначення несучої здатності дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням вогнетривкими плитами OSB. Шляхом математичного моделювання побудовані номограми для оцінки класу вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням на основі плит OSB, які дозволяють спрогнозувати точну геометричну конфігурацію необвугленої частини перерізу дерев'яної балки та визначити її реальну несучу здатність.

Ключові слова: дерев'яна балка, вогнезахисне облицювання, плити OSB, межа вогнестійкості, стандартний температурний режим, товщина обвугленої зони, швидкість обвуглювання.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Demeshok V., Zalevs'ka A., Tychenko E., Zmaga Ya. The study of carrying capacity of timber slabs with use the finite elements method. *Materials Science, Engineering and Chemistry. MATEC Web of conferences*. 6th International Scientific

Conference «Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings». Transbud. 2017, Kharkiv, Ukraine. P. 1 – 4.

2. Тищенко О. М., Швиденко А. В., Поздєєв С. В., Нуянзін В. М., Новгородченко А. Ю. Вплив модифікаторів бетону на вогнестійкість залізобетонних конструкцій. *Монографія. Черкаси: ЧПБ імені героїв Чорнобиля НУЦЗ України*. 2018. 108 с.

3. Фещук Ю. Л., Поздеев С. В., Нижник В. В., Новгородченко А. Ю. Метод интерполяции температурных полей в сечении фрагментов деревянных колонн с огнезащитной облицовкой. *Журнал «Вестник Кокшетауского технического института» комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан № 3 (31)*. 2018 г., Кокшетау. С. 64 – 73.

4. Feshchuk Yu., Pozdieiev S., Zmaga Ya., Novhorodchenko A. Estimation of Credibility of the Results of Measuring Temperature within Specimens of Wood Columns Obtained During Fire Tests. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.3). (2018). P. 284–287.

5. Новгородченко А. Ю., Поздєєв С. В., Алексєєва О. С., Заїка П. І., Луценко Ю. В. Дослідження температурних режимів нагріву фрагментів дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням OSB-плити. *Наукове видання. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація: збірник наукових праць. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*. 2018. № 3. С. 100 – 107.

6. Новгородченко А. Ю., Поздєєв С. В., Некора О. В., Луценко Ю. В., Медвідь Б. Ю. Дослідження обвуглювання дерев'яної балки з вогнезахисним облицюванням на основі плит OSB. *Наукове видання. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація: збірник наукових праць. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*. 2018. № 4. С. 34 – 42.

7. Поздєєв С. В., Новгородченко А. Ю., Підгорецький Ю. Ю., Неділько І. А. Обґрунтування математичної моделі процесу обвуглювання зразків-фрагментів дерев'яної балки з вогнезахисним облицюванням. *Наукове видання. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація: збірник наукових праць. Том 3 №2 (2019)*. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. С. 90 – 97.

8. Новгородченко А. Ю., Поздєєв С. В., Некора О. В. Аналіз параметрів обвуглювання дерев'яної балки з вогнезахисним облицюванням. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2019. № 16. С. 53 – 56.

Апробація матеріалів дисертації:

1. Поздєєв С. В., Некора О. В., Змага Я. В., Залевська А. Ю. Дослідження швидкості обвуглювання клеєних дерев'яних балок з вогнезахистом. *XVI Міжнародний виставковий форум «Технології захисту/ПожТех» –Матеріали 19 Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Київ. 2017. С. 346 – 350.

2. Поздєєв С. В., Демешок В. В., Залевська А. Ю., Рога М. П. Чисельне дослідження несучої здатності дерев'яного перекриття в умовах пожежі. *Тези доповідей 6-ї міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті» ТРАНСБУД*. Харків. 2017. С. 148 – 149.

3. Demeshok V., Zalevs'ka A., Lutsenko Yu., Tychenko O. Calculation method for evaluating the fire resistance of timber slabs with use the finite elements method. *XVIII International Scientific Conference New technologies and achievements in metallurgy, material engineering, production engineering and physics - A collective monograph edited by Jarosiaw Boryca, Dorota Musiai – Series: Monografie Nr 68*. Czkstochowa. 2017. P. 405 – 410.

4. Поздєєв С. В., Демешок В. В., Залевська А. Ю., Луценко Ю. В. Чисельне дослідження несучої здатності дерев'яного перекриття в умовах пожежі. *Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»*. Чернігів. 2017. С. 79 – 80.

5. Змага Я. В., Новгородченко А. Ю., Медвідь Б. Ю. Дослідження вогнестійкості елементів дерев'яних конструкцій із вогнезахисним облицюванням. *Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля, НУЦЗ України*. Черкаси. 2017. С. 213 – 216.

6. Поздєєв С. В., Змага Я. В., Новгородченко А. Ю., Некора В. С. Температурні режими зразків-фрагментів дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням при вогневих випробуваннях у портативній печі. *VIII Всеукраїнської науково-практичної участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля, НУЦЗ України*. Черкаси. 2018. С. 50 – 53.

7. Поздєєв С. В., Змага Я. В., Новгородченко А. Ю., Луценко Ю. В. Методика дослідження зразків-фрагментів дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням. *IX Міжнародна науково-практична конференція «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій», ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ Черкаси*. 2018. С. 194 – 195.

8. Новгородченко А. Ю. Верифікація математичних моделей зміни товщини обвугленого шару дерев'яної балки з вогнезахистом. *Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту» НУЦЗ України*. Харків. 2019. С. 352.

9. Новгородченко А. Ю., Поздєєв С. В., Некора О. В., Луценко Ю. В., Медвідь Б. Ю. Залежності бічних і торцевих товщин обвугленого шару від часу експонування зразків-фрагментів дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням. *X Міжнародна науково-практична конференція «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ*. Черкаси. 2019. С. 199 – 201.

10. Новгородченко А. Ю., Поздєєв С. В., Луценко Ю. В., Аналіз температурних режимів нагріву фрагментів дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням. *Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*. Черкаси. 2019. С. 187 – 189.

11. Поздєєв С., Новгородченко А., Федченко С., Неділько І. Визначення температурних розподілень дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням. *XI Міжнародна науково-практична конференція «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*. Черкаси. 2020. С. 200 – 202.

SUMMARY

Novhorodchenko A. Yu. High-Precision Calculation Method for Estimating the Fire Resistance of Wooden Beams with Fire-Retardant Cladding. – Qualifying Scientific Work on the Rights of the Manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 261 – Fire Safety. Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, 2020.

Actuality. Recently, glued wooden structures and wooden details in the shape of rectangular and T-beams, girders, truss elements and arches have become more and more widespread in construction. However, these wooden structures are classified as flammable materials, with high smoke-forming ability, which significantly spread the flame on the surface. Due to the flammability of such structures, the issue of guaranteeing their standardized fire resistance as a component of comprehensive fire safety of construction sites remains relevant. The use of fire-retardant cladding remains an effective means of ensuring the design fire resistance of wooden structures. Promising material for fire-retardant cladding are fire-resistant OSB plates. Therefore, to ensure the standardized limit of fire resistance of such a common building structure as a wooden beam, fire-retardant cladding based on OSB chipboards was used.

The idea of the work is to solve an urgent scientific and technical problem - to increase the accuracy of the calculation method for estimating the limit of fire resistance of wooden beams with fire protection cladding, in particular OSB plates, depending on the patterns of geometric parameters of the charring zone and taking into account the impact of standard fire temperature. As a scientific basis for supplementing the existing regulatory framework for determining the limit of fire resistance of wooden beams with fire-retardant cladding of OSB plates.

The object of the research – methods of calculated assessment of fire resistance of wooden beams with fire-retardant cladding with refractory OSB plates.

The subject of the study is the influence of the design parameters of fire-retardant cladding on the results of the estimated assessment of the fire resistance of wooden beams under the thermal effects of fire.

The purpose of the work is to reveal regularities heating of cross-sections of wooden beams with fire-retardant facing with OSB plates and changes of geometrical parameters of their zone of charring in the conditions of a standard temperature mode of a fire, which is the basis for improving the calculation method of high-precision for estimating the fire resistance. To achieve these goals, the following tasks were formed:

- to develop a technique of experimental fire researches and on their basis to carry out tests on fire resistance of wooden beams with fire-retardant facing with OSB plates in the conditions of influence of action of high temperatures at a fire, according to the standard temperature mode;
- to analyze the obtained results of changes in the geometric parameters of the charring zone of the investigated wooden beam with fire-retardant cladding depending on the time of its exposure, according to the standard temperature regime;
- to develop a method of mathematical description of the geometric shape of the charring zone in the cross section of a wooden beam with fire-retardant cladding with OSB plates, by approximating the contour lines of this zone using Bezier lines;
- based on the developed mathematical description of the charring zone, to develop and investigate the effectiveness of the proposed refined calculation method for estimating the limit of fire resistance of wooden beams with fire-retardant cladding with OSB plates.

The scientific novelty of the dissertation is to reveal the laws that determine the dependence of the configuration of the charring zone of wooden beams on the design parameters of their fire protection cladding under the influence of standard fire temperature, as a scientific basis for improving the estimated assessment of their fire resistance. This is the first time:

- the description of a geometrical zone of charring in section of a wooden beam at its approximation by means of Bezier lines with five reference points is offered;

– the regularity of the position of reference points for the construction of Bézier lines, approximating the contours of the charring zone depending on the generalized parameter of the geometry of the section in the shape of regression of polynomial dependence $r/y_c = 0.979 + 0.064p + 3.6p^2 - 32.339p^3 + 59.242p^4 - 41.82p^5 + 10.273p^6$. Taking into account the revealed regularities of influence of constructive parameters of fire-retardant facing;

– the algorithm of definition of coefficient of decrease in durability of wood at a fire and a settlement estimation of fire resistance of a wooden beam on its basis is offered;

– further developed the application of methods for calculating the fire resistance of wooden beams with fire-retardant cladding based on OSB plates;

– the scientific and methodical base of providing the standardized fire resistance of wooden beams with fire-retardant facing is improved.

The practical significance of the obtained results is to develop a calculation method of increased accuracy for estimating the limit of fire resistance of wooden beams with fire-retardant cladding based on OSB plates under the influence of standard temperature effects of fire. This method allows to predict the exact geometric configuration of the geometry of the non-charred part of the beam section and to determine its real bearing capacity using the real geometric characteristics of the non-charred part of the beam section. Accordingly, it is possible to assess the affiliation of wooden beams, with the appropriate design parameters of fire-retardant cladding with OSB plates, to the class of fire resistance in accordance with the established requirements. The method of calculating the load-bearing capacity of wooden beams with fire-retardant cladding based on OSB plates can be used to improve and supplement the existing regulatory framework of Ukraine.

The dissertation analyzes fire statistics and regulatory requirements for wooden structures in construction, using an analytical method. In the study of fire resistance of wooden beams without fire protection and with fire-retardant cladding, an experimental method was used. Tabular and thermophysical studies, which were reproduced using mathematical modeling, were used to study the change in temperature distributions

inside the wooden beam samples and to establish the parameters of the charring depth. When developing a calculation method for estimating the load-bearing capacity of a wooden beam with fire-retardant cladding, standard methods for calculating the fire resistance limit were used. And the study of the adequacy and reliability of the results obtained methods of mathematical description and statistics.

The first chapter analyzes fire statistics and finds that buildings with unprotected wooden structures pose the greatest threat to the rapid spread of fire and, consequently, to a large number of fire victims. Given the regulations and research, it should be noted that little attention is paid to such methods of fire protection as fire protection cladding. Therefore, the main idea in this chapter is to study new tools and methods of fire protection cladding. And considering characteristics of OSB-3 plates, this material can become actual, widespread, easy in installation works and cost-effective method of fire-retardant cladding.

In the second chapter of the accordingly developed methodology of experimental research, in compliance with all regulatory requirements, field fire tests were conducted on the basis of the Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of NUCD of Ukraine. The research was carried out in the chamber of the installation (furnace) with all additional equipment for temperature regulation and supply and registration of temperature indicators according to the standard temperature for 15, 30, 60 minutes. A technique for making samples-fragments of wooden beams, using glued fragments of pine beams, which were fastened to the glued plywood with nails was also developed. And for fire-retardant cladding of samples-fragments of a wooden beam OSB-3 plates in one and double layer fastened by means of wood screws were applied. At the end of the experiment, the samples were inspected and the test results were presented.

The third chapter was based on visual and graphical analysis of the effectiveness of fire-retardant cladding based on OSB plates. According to the obtained temperature distributions, by modeling the charring zone using Bezier curves, it was possible to depict in detail the process of charring samples-fragments of a wooden beam without fire protection and with fire-retardant cladding. The dependences of lateral and

end thickness, charring speed of the investigated wooden beams depending on the exposure time according to the standard temperature of the fire were also established and have the following form with the corresponding regression coefficients: $d(t) = b_1 + b_2t + b_3t^2 + b_4t^3$.

In the fourth chapter of the dissertation, using the developed mathematical apparatus, the contours of the charred zone were constructed for different wooden beams without fire protection and with fire protection cladding of different thickness. Accordingly, the parameters of the regression dependences of the parameter distribution $r/y_c = f(y_c/h)$ of wooden beams, for which the contours of the charred zone with a critical temperature of 200 °C were constructed for a time corresponding to their different class of fire resistance. These calculations were performed to determine the accuracy of the results obtained using the proposed method of constructing the contour lines of the charred zone of the beams using Bezier lines with different characteristics of wooden beams, with different thickness of fire-retardant cladding, which can be used to calculate the strength of the wooden beams.

In the fifth section, a mathematical apparatus was applied using simplified calculation method, the load-bearing capacity of the investigated wooden beams without fire protection and with fire-retardant cladding based on OSB plates was determined for different duration of exposure to standard fire temperature. Using the obtained data, their fire resistance was determined for the level of their load with the load factor $\mu_f = 0.5$. The regression dependence of the fire resistance limit on the limit state of load-bearing capacity of wooden beams with fire-retardant cladding based on OSB chipboards on the selected parameters is determined. And with the help of the calculated tabular method, the limits of fire resistance of wooden beams with fire-retardant OSB plates cladding and nomograms of dependence on determination of the minimum sizes of fire-retardant facing on the basis of OSB plates of investigated wooden beams for maintenance of necessary standardized fire resistance.

On the basis of the conducted researches the calculation method of determination of bearing capacity of wooden beams with fire-retardant fire-resistant OSB plates cladding is substantiated and offered. By means of mathematical modeling

nomograms for estimation of a class of fire resistance of wooden beams with fire-retardant cladding on the basis of OSB plates which allow to predict an exact geometrical configuration of not charred part of section of a wooden beam and to define its real bearing capacity are constructed.

Key words: wooden beam, fire-retardant cladding, OSB plates, fire resistance limit, standard temperature regime, thickness of the charred zone, charring speed.

LIST OF PUBLISHED WORKS ON THE TOPICS OF DISSERTATION

Published main research results of the dissertation:

1. Demeshok V., Zalevs'ka A., Tychenko E., Zmaga Ya. The study of carrying capacity of timber slabs with use the finite elements method. *Materials Science, Engineering and Chemistry. MATEC Web of conferences*. 6th International Scientific Conference «Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings». Transbud. 2017, Kharkiv, Ukraine. P. 1 – 4.

2. Tyshchenko O. M., Shvidenko A. V., Pozdieiev S. V., Nujanin V. M., Novhorodchenko A. Yu. Influence of concrete modifiers on fire resistance of reinforced concrete structures. *Monograph. Cherkasy: ChIFS named after the Heroes of Chernobyl NUCD of Ukraine*. 2018. – 108 p.

3. Feshchuk Yu., Pozdieiev S., Nizhnyk V., Novgorodchenko A. Method of interpolation of temperature fields in the section of fragments of wooden columns with membrane fireproofing. *Journal of the Kokshetau Technical Institute of the Committee for Emergency Situations of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan. № 3 (31)*. 2018, Kokshetau. P. 64 – 73.

4. Feshchuk Yu., Pozdieiev S., Zmaga Ya., Novhorodchenko A. Estimation of credibility of the results of measuring temperature within specimens of wood columns obtained during fire tests. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.3). 2018. P. 284 – 287.

5. Novgorodchenko A. Yu., Pozdeyev S. V., Alekseyeva O. S., Zaika P. I., Lutsenko Yu. V. Research of temperature regimes of heating of fragments of wooden

beams with fire protection coating OSB slabs. *Scientific publication. Emergencies: prevention and elimination: a collection of scientific papers*. Cherkasy: CHIFS after the Heroes of Chernobyl NUCD of Ukraine, 2018. № 3. P. 100 – 107.

6. Novgorodchenko A. Yu., Pozdeyev S. V., Nekora O. V., Lucenko Yu. V., Medvid B. Yu. The research of charring of wooden beams with fireproof revetment on the basis of OSB panels. *Scientific publication. Emergencies: prevention and elimination: a collection of scientific papers*. Cherkasy: CHIFS after the Heroes of Chernobyl NUCD of Ukraine, 2018. № 4. P. 34 – 42.

7. Pozdieiev S., Novgorodchenko A., Pidgoreckyi Yu., Nedilko I. The substantiation of the mathematical model of the process of charring of the sample fragments of wooden beams with fireproof revetment. *Scientific publication. Emergencies: prevention and elimination: a collection of scientific papers*. Cherkasy: CHIFS after the Heroes of Chernobyl NUCD of Ukraine, 2019. № 2. P. 90 – 97.

8. Novgorodchenko A., Pozdieiev S., Nekora O. The analysis of parameters for carbonized wooden beam with fire protection revetment. *International scientific journal «Internauka». Technical sciences*. № 16(78), vol. 1, 2019. P. 53 – 56.

Approbation of materials thesis:

1. Pozdieiev S., Nekora O., Zmaga Ya., Zalevs'ka A. Investigation of the rate of charring of glued wooden beams with fire protection. *XVI International Exhibition Forum «Defense Technologies / FireTech» –Proceedings of the 19th Ukrainian Scientific and Practical Conference*. Kyiv. 2017. P. 346 – 350.

2. Pozdieiev S., Demeshok V., Zalevs'ka A., Roga M. The numerical research of the load-bearing capacity of wooden floors in fire action. *Abstracts of the 6th International Scientific and Technical Conference «Problems of reliability and durability of engineering structures and buildings on railway transport»*. TRANSBUD. Kharkiv. 2017. P. 148 – 149.

3. Demeshok V., Zalevs'ka A., Lutsenko Yu., Tychenko O. Calculation method for evaluating the fire resistance of timber slabs with use the finite elements method. *XVIII International Scientific Conference New technologies and achievements*

in metallurgy, material engineering, production engineering and physics – A collective monograph edited by Jarosiaw Boryca, Dorota Musiai – Series: Monografie Nr 68. Czkstochowa 2017. P. 405 – 410.

4. Pozdieiev S., Demeshok V., Zalevs'ka A., Lutsenko Yu. Numerical study of the load-bearing capacity of wooden floors in a fire. *Materials of the VII International Scientific and Practical Conference «Comprehensive quality assurance of technological processes and systems»*. Chernihiv. 2017. P. 79 – 80.

5. Zmaga Ya., Novhorodchenko A., Medvid B. The research of fire resistance of elements of wooden constructions with fireproof revetment. *Materials of the VII International Scientific and Practical Conference with international participation «Emergency actions: security and safety» CHIFS after the Heroes of Chernobyl NUCD of Ukraine*. Cherkasy. 2017. P. 213 – 216.

6. Pozdieiev S., Zmaga Ya., Novhorodchenko A., Nekora V. Temperature regimes of samples-fragments of wooden beams with fireproof revetment during fire tests in a portable furnace. *VIII Ukrainian scientific and practical participation «Emergency actions: security and safety» CHIFS after the Heroes of Chernobyl NUCD of Ukraine*. Cherkasy. 2018. P. 50 – 53.

7. Pozdieiev S., Zmaga Ya., Novhorodchenko A., Lutsenko Yu. Methods of research of samples-fragments of wooden beams with fireproof revetment. *IX International Scientific and Practical Conference «Theory and Practice of Fire Fighting and Emergency Response» CHIFS after the Heroes of Chernobyl NUCD of Ukraine*. Cherkasy. 2018. P. 194 – 195.

8. Novhorodchenko A. The verification of mathematical models of change of thickness of charring a layer of a wooden beam with fire protection. *International scientific-practical conference of young scientists «Problems and prospects of civil protection» NUCD of Ukraine*. Kharkiv. 2019. P. 352.

9. Novhorodchenko A., Pozdieiev S., Nekora O., Lutsenko Yu., Medvid B. Dependences of lateral and frontal thicknesses of the charred layer on the exposure time of samples-fragments of wooden beams with fireproof revetment. *X International Scientific and Practical Conference «Theory and Practice of Fire Fighting and*

Emergency Response» CHIFS after the Heroes of Chernobyl NUCD of Ukraine. Cherkasy. 2019. P. 199 – 201.

10. Novhorodchenko A., Pozdieiev S., Lutsenko Yu. Analysis of temperature regimes of heating fragments of wooden beams with fireproof revetment. *Materials of the IX Ukrainian scientific and practical participation «Emergency actions: security and safety» CHIFS after the Heroes of Chernobyl NUCD of Ukraine. Cherkasy. 2019. P. 187 – 189.*

11. Pozdieiev S., Novhorodchenko A., Fedchenko S., Nedilko I. Determination of temperature distributions of wooden beams with fireproof revetment. *XI International Scientific and Practical Conference «Theory and Practice of Fire Fighting and Emergency Response» CHIFS after the Heroes of Chernobyl NUCD of Ukraine. Cherkasy. 2020. P. 200 – 202.*