

4. Афанасьєва, Л., Москаленко, М. Дослідження ефективності монолітних плит перекриття багатоповерхових каркасних будинків. // Будівельні конструкції. Теорія і практика: зб. наук.пр. Київ, КНУБА, 2023. - Вип. 12. - С.139-148.

5. Афанасьєва Л.В. Ефективність використання безбалкових плит перекриття в багатоповерхових каркасно-монолітних будинках. Збірник праць XVIII Міжнародної наукової конференції «Наука та освіта», м.Хайдусобосло, Угощина, 2024, - С.51-55.

6. Афанасьєва Л.В. Особливості армування вузлових з'єднань монолітних плит перекриття з вертикальними елементами // Сучасні досягнення в науці та освіті: зб.пр XVI Міжнародної наукової конференції – Ізраїль, Нетанія, 2021. – С. 74–77.

7. Афанасьєва Л.В., Нєвах О.В. Щодо матеріаломісткості плит перекриття каркасно-монолітних будинків. // Будівлі та споруди спеціального призначення: сучасні матеріали та конструкції. Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції – К., КНУБА, 2023. - С. 108–109.

8. Бензель О.М., Лаврінєнко Л.І. (2021) Інформаційне моделювання сталєвої будівлі з підвищеними вимогами жорсткості. Будівельні конструкції. Теорія і практика, (9), - С.30-44.

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПРОЄКТУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ВОГНЕСТІЙКОСТІ

Лаврінєнко Л.І¹, Афанасьєва Л.В²

*^{1,2}Київський національний університет будівництва і архітектури,
E-mail: ¹ludmila.lavrinenko@gmail.com, ²afanasieva2709@gmail.com*

Розвиток розрахункових методів та проектних інструментів для оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій є підґрунтям для прогнозування їх пожежної безпеки, що сприяє більш впевненому їх використанню у сучасному будівництві. Необхідність впровадження та розвитку цих методів в даний час актуалізувалася з введенням 22.07.2022 року в Україні Закону № 2486-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення вимог цивільного захисту під час планування та забудови територій», який висуває нові вимоги щодо проектування та будівництва захисних споруд цивільного захисту, промислових споруд та споруд подвійного призначення для об'єктів будівництва класів наслідків СС2 та СС3.

Захисні інженерні споруди від впливу небезпечних чинників, включаючи динамічні впливи в умовах високошвидкісного удару, мають проектуватися з урахуванням вимог пожежної та техногенної безпеки з метою ефективного зниження ступеню ураження при надзвичайних ситуаціях [1].

Комплексні процеси проектування, будівництва та управління є предметом для розгляду в інформаційних технологіях проектування будівель та споруд [2]. Встановлено, що стандартні моделі продуктів є ключем до реалізації технологічних можливостей при архітектурному, інженерному та будівельному проектуванні та при реалізації багатьох переваг більш просунутих обчислювальних підходів [3]. Інформаційні моделі як для окремих будівель, так і промислових комплексів, створюються з метою обміну інформацією про проєкт протягом життєвого циклу проєкту, а також у всіх технічних застосуваннях. Також обговорюються такі проблеми, як зберігання та передача даних про пожежу між такими дисциплінами, як геометричне моделювання, моделювання пожежі та структурне моделювання, а також аналіз пожежі [4].

В теоретичних роботах вогнестійкість розглядається з двох позицій – термічної та механічної. Для вирішення термічної задачі існує два основних підходи – спрощений і вдосконалений. Спрощений підхід широко застосовується в нормативних джерелах.

Для розрахунків нерівномірних розподілів температури в поперечному перерізі незахищених та вогнезахисчених залізобетонних елементів застосовано математичну модель нестационарної теплопровідності, математичний апарат якої використано в ПК ЛІРА-САПР [5]. Розглядаються нестационарні поля температур в матеріалі (наприклад, в бетоні та арматурі) для умов стандартного режиму пожежі. Розв'язання задачі нестационарної теплопровідності зводиться до моделювання динамічних процесів теплообміну і отримання розподілу температур у будь-якій точці у довільний момент часу конструктивного залізобетонного елемента. При аналізі сталевих конструкцій та елементів за спрощеного підходу рекурентні формули використовуються для визначення температури нагріву поперечного перерізу елементів у кожен момент впливу стандартної температури вогню [6].

Математична модель для вирішення механічної задачі враховує зміну механічних властивостей сталі при зміні температури. При цьому стан руйнування сталевго елемента прогнозується шляхом порівняння зміни його опору під впливом температури та навантаження. Ця модель застосовується в припущенні рівномірного

розподілу температури вздовж поперечного перерізу. У цьому випадку розрахунок елементів на міцність при пожежі виконується за формулами, наведеними в нормах проектування, при вирішенні механічної задачі розраховується опір при відповідній температурі нагріву при пожежі, що враховується відповідними коефіцієнтами зниження механічних властивостей сталі.

Ситуація пожежі є аварійним станом для усіх без винятку будівельних конструкцій, проте металеві є найбільш вразливими для вогневого впливу. Що стосується автоматизованого розрахунку конструктивних елементів каркасу за допомогою програмних комплексів, то він був в тій чи іншій мірі успішно реалізований в останні роки, для можливості перевірити роботу з точки зору взаємодії елементів конструкції в зоні вузла на дію несприятливого впливу надмірних температур успішно реалізовано застосування спеціалізованого програмного забезпечення у вигляді ПК IdeaStatica 22.1.

В [6] розглядається сценарій розрахунку за ISO 834 , що класифікується як Стандартний температурний режим пожежі, тобто вводиться температурно-часова залежність при якій прийнято, що аварійна ситуація розвивається в протипожежному відсіку без впливу зовнішніх факторів. Сценарій може вважатись таким, що відповідає виникненню пожежі в середині будівлі. В результаті розрахунку отримується уточнений НДС елементів, з урахуванням суміщеного впливу спеціальної аварійної комбінації завантажень та перерозподілу напружень від деградації матеріалу. Таким чином можна перевірити локальний вплив надмірних температур не тільки на елементи, а й на вузлові з'єднання з урахуванням додаткової маси матеріалу від компонентів вузла, які в свою чергу абсорбують і розподіляють між собою надмірні температури. За таких умов може виникнути явище перерозподілу внутрішніх зусиль, оскільки зі збільшенням температури матеріалу - зменшуються його фізико-механічні характеристики, як наслідок виникає передчасна відмова елементів вузлового з'єднання та потенційно металевого каркасу в цілому.

Проведений аналіз конструктивного рішення та експериментальне проектування із застосуванням методів і інструментів інформаційних технологій надав можливість кваліфіковано обрати необхідні конструктивні рішення вузлів сталевго каркасу споруди з урахуванням вимог вогнестійкості відповідно до чинних норм проектування. Використання програмних інтелектуальних 3D моделей із застосуванням ПК IdeaStatica дозволило вирішити актуальну задачу: редагувати модель вузлів і

деякі рекомендації щодо моделювання пожежі в різних випадках. Принципові підходи до цієї задачі наведені в [3], при моделюванні пожежі, крім таких структурних особливостей, як перегородки, вікна та інші прорізи, можуть бути враховані фізичні властивості простору, такі як швидкість вітру, вектор сили тяжіння, тиск навколишнього середовища, температура навколишнього середовища тощо.

Використання BIM-технологій є чи не єдиним шляхом інтегрування параметрів пожежі та структурного аналізу при проєктуванні нетипових будівельних конструкцій на всіх етапах життєвого циклу, включно з конструюванням, виготовленням та зведенням споруди для вирішення питання ефективності конструкції, точності розрахунку та правильності експлуатації будівель з урахуванням можливості реновації. Технологія надає відображення всієї інформації, необхідної для опису будівель у цілому. Впровадження BIM-технологій у світі відбувається зростаючими темпами, причому переважно за державної підтримки. В Україні спостерігається зростання інтересу до інформаційного моделювання будівельних систем, однак цей процес притаманний лише окремим інтегрованим підприємствам або компаніям.

Нові комплексні технології впроваджуються насамперед для тих конструкцій та елементів, які щонайбільше підготовлені до таких процесів. В [2] розглядається стан інструментів BIM при моделюванні сталевих конструкцій та формулюються функціональні вимоги для розробки моделей BIM та узгодження інформації від всіх учасників процесу. Такі роботи і дослідження у напрямку розробки BIM-технологій переважно мають міждисциплінарний характер.

Одним із інструментів моделювання є ПК Tekla Structures, який можна використовувати на всіх етапах будівництва від ескізів до виробництва, монтажу та управління будівельними роботами. Як і інші BIM програмні комплекси, Tekla Structures дозволяє провести розрахунок і аналіз структурної моделі. Розрахункова схема генерується, як тільки починається процес аналізу, після створення фізичної моделі і прикладання навантажень. Це дозволяє створювати кілька розрахункових схем з однієї і тієї ж фізичної моделі для запуску різних видів аналізу. Також є можливість визначити, які об'єкти та процеси повинні бути включені в модель аналізу [2]. Проведений аналіз конструктивного рішення та експериментальне проєктування із застосуванням методів і інструментів інформаційних технологій надав можливість кваліфіковано обрати необхідні конструктивні рішення сталевого каркасу споруди з підвищеними вимогами жорсткості, використання програмних інтелектуальних 3D моделей з

використанням програм Autodesk Revit, Tekla, IdeaStatica дозволило вирішити актуальну задачу: швидко створювати та редагувати модель споруди та вузлів і аналізувати результати. Встановлено, що застосування Tekla з розрахунковим комплексом IdeaStatica – зв'язка програмного та розрахункового комплексів, є раціональною для конструювання та розрахунків будівель і споруд в 3D просторі. Отримані результати можуть ефективно використовуватися для аналізу сталевих споруд та створення креслень КМ-3D і КМД-3D, а також надають можливість розроблення креслень КМ-КМД-3D.

Результати попередніх досліджень спонукають авторів продовжувати пошук рішень для інтеграції розглянутих дисциплін.

Література

1. Афанасьєва Л. В., Лаврінєнко Л. І. (2024) Конструкції захисних споруд в умовах високошвидкісного удару. Містобудування та територіальне планування, (86), <https://doi.org/10.32347/2076-815.2024.86.230-242>
2. Бензель О.М., Лаврінєнко Л.І. (2021) Інформаційне моделювання сталевих будівлі з підвищеними вимогами жорсткості. Будівельні конструкції. Теорія і практика, (9), 30-44. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.30-44>
3. V. Nekora, S. Sidnei, T. Shnal, O. Nekora, L. Lavrinenko, S. Pozdieiev (2021) Thermal effect of a fire on a steel beam with corrugated wall with fireproof mineral-wool cladding. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5/1 (113), 24-32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.241268>
4. Mauri Laasonen. (2007). Product modeling, part of the fire safety concept in the future for metal structures. Conference Paper, October 2007. <https://www.researchgate.net/publication/256426230>
5. Barabash, M. S., Romashkina, M. A., Bashynska, O. U. (2019). Thermal stress state of rein-forced concrete floor slab. Strength of Materials and Theory of Structures, (103), 43-56. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2019.103.43-56>
6. Хіцков К., Лаврінєнко Л. (2023). Аналіз вузлів металевих конструкцій на вогнестійкість із застосуванням спеціалізованих програмних комплексів 3D моделювання. Будівельні конструкції. Теорія і практика, (12), 93-104. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.12.2023.93-104>