

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Ткачука Ігоря Анатолійовича

на тему: «Міцність залізобетонних колон при силових і високотемпературних впливах», яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди у спеціалізовану вчену раду Д 64.820.02 при Українському державному університеті залізничного транспорту

Актуальність теми дисертації.

Все більш актуальним в останні роки стає завдання визначення міцності та деформативності залізобетонних колон при силових та високотемпературних впливах. Підвищена зацікавленість цією проблемою викликана зростанням висотності будівель, складністю і відповідальністю конструктивних рішень, пошкодженнями конструкцій, які при високотемпературному впливі пожежі можуть призвести до катастрофічних наслідків. Однією з найбільш істотних причин підвищеної небезпеки є нерівномірний нагрів і зміна характеристик міцності та деформативності конструкційних матеріалів при пожежі. Варто також відзначити зростання кількості пожеж за останнє десятиліття.

Питання визначення характеристик міцності для арматури та бетону конструкцій що експлуатуються, особливо після непроектних впливів (зокрема, високотемпературних), було і залишається пріоритетним завданням для експертів будівельних конструкцій.

Переважно оцінка вогнестійкості несучих конструкцій будівель і споруд в Україні здійснюється шляхом випробувань. При цьому габаритні розміри конструкцій при вогневих випробуваннях обмежені розмірами випробувальних печей і поширити результати випробувань на конструкції реальних розмірів досить проблематично.

Пожежне навантаження на конструкції і будівлі в цілому може виникнути при будь-яких умовах експлуатації. У діючих на даний час нормах проектування залізобетонних конструкцій відсутні інженерні методики розрахунку і пропозиції по конструюванню, які б забезпечили вогнестійкість конструкцій на стадії проектування для подальшої безпечної експлуатації при впливі високих температур.

Існуючі методики розрахунку залізобетонних конструкцій не дозволяють визначити залишкову несучу здатність конструкцій що експлуатуються, особливо тих, які постраждали від впливу високих температур при пожежі. Для визначення напружено-деформованого стану та залишкової несучої здатності з урахуванням різних факторів впливу, а також передісторії завантаження,

необхідно розробити відповідну методику.

Сучасні програмні комплекси, використовуючи метод скінчених елементів, дозволяють виконати розрахунки будь-яких конструкцій при наявності інформації про поведінку матеріалів під навантаженням. Програмні комплекси містять безліч спеціальних опцій, які дозволяють отримати рішення з урахуванням різних нелінійних ефектів, таких як: пластичність, повзучість, великі деформації і переміщення, зміна модуля пружності, температурна залежність, анізотропія матеріалу тощо. Однак такі моделі трудомісткі при розробці і проведенні численних досліджень, що свідчить про необхідність виконання додаткової роботи в області створення інженерних методів розрахунку залізобетонних колон та інших конструкцій, які працюють на стиск, з урахуванням нелінійних властивостей в умовах дії силових і високотемпературних впливів.

У зв'язку з вище викладеним, тематику досліджень з метою виявлення особливостей роботи, оцінки напружено-деформованого стану та несучої здатності залізобетонних колон при силових і високотемпературних впливах можна вважати актуальною і практично значущою.

Зв'язок роботи з науковими програмами.

Тема дисертації була безпосередньо пов'язана з одним із актуальних напрямків науково-технічної політики України в галузі оцінки технічного стану будівельних конструкцій (Постанова Кабінету Міністрів України № 409 від 5 травня 1997 «Про забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж»).

Дисертацію виконано в рамках науково-дослідної роботи кафедри будівельних конструкцій ДонДТУ (м. Алчевськ) за темою «Вплив локальних термічних дій на міцність і стійкість елементів металевих будівельних конструкцій» (№ ДР 0109U008624) і науково-дослідної роботи кафедри будівельних конструкцій ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (м. Черкаси) «Прогнозування технічного стану будівельних конструкцій при дії силових, деформаційних та високотемпературних впливів» (№ ДР 0113U004019).

Загальні аспекти роботи.

Дисертаційна робота включає всі складові, які встановлено правилами і вимогами до робіт такого рівня. Сформульовано мету і завдання досліджень, визначено предмет і об'єкт дослідження, вказано наукову новизну роботи та практичне значення отриманих результатів.

Метою роботи є виявлення особливостей оцінки напружено-

деформованого стану, роботи та несучої здатності залізобетонних колон при силових і високотемпературних впливах.

Для досягнення поставленої мети були виконані наступні задачі:

- узагальнено результати досліджень в області визначення напружено-деформованого стану і несучої здатності залізобетонних колон при силових і високотемпературних впливах;

- для колон будівель із залізобетонним каркасом запропоновано критерії визначення параметрів напружено-деформованого стану та технічного стану при силових і високотемпературних впливах для оцінки можливості подальшої експлуатації або розробки заходів щодо відновлення конструкцій;

- проведено експериментальні дослідження арматури різних класів на розтяг при підвищених температурах для отримання аналітичних залежностей, які визначають зміну характеристик міцності при нагріві;

- вдосконалено методику експериментальних досліджень та проведено випробування залізобетонних колон на вогнестійкість з визначенням характеристик міцності бетону в перерізі після нагріву;

- вдосконалено комп'ютерну модель визначення несучої здатності конструкцій при силових і високотемпературних впливах з урахуванням особливостей розподілу температури по перерізу колон.

Об'єкт досліджень – несуча здатність залізобетонних колон при силових і високотемпературних впливах.

Предмет досліджень – ступінь впливу силового навантаження і високих температур на напружено-деформований стан і несучу здатність залізобетонних колон.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, обумовлюється:

- використанням загальноприйнятих передумов і допущень для розробки моделей задач, що розглядаються;

- проведенням експериментальних досліджень для перевірки сформульованих гіпотез і положень розрахункових методик;

- застосуванням аналітичних методів при побудові та подальшому аналізі розрахункових методик;

- порівнянням результатів, які було отримано експериментальним шляхом, з даними розрахунків за розробленими методиками;

- впровадженням результатів досліджень в будівельну практику.

Наукові положення, висновки та рекомендації підтверджуються апробацією на республіканських і міжнародних наукових конференціях.

Достовірність та новизна наукових положень, висновків та рекомендацій.

Результати роботи достовірні, оскільки вони отримані в ході проведення комплексу експериментально-теоретичних досліджень.

Достовірність основних положень та результатів дисертації доведена:

- проведенням експериментальних досліджень з розробленням методики визначення фізико-механічних характеристик бетону руйнівним методом;
- розробленими аналітичними та чисельними методами визначення напружено-деформованого стану в залізобетонних колонах при силових і високотемпературних впливах з використанням комп'ютерних технологій;
- використанням розроблених методик при визначенні вогнестійкості реальних конструкцій.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше: на основі проведених досліджень встановлені аналітичні залежності, які дозволяють визначити характеристики міцності арматури при нагріві до різних температур; на основі проведених експериментальних досліджень встановлені величини фізико-механічних характеристик арматури та бетону після випробувань залізобетонних колон на вогнестійкість; розроблено методику визначення напружено-деформованого стану і технічного стану залізобетонних колон при силових і високотемпературних впливах на основі отриманих аналітичних залежностей.

Отримали подальший розвиток: методика експериментальних досліджень залізобетонних колон, яка дозволяє після випробувань на вогнестійкість визначити характеристики бетону й арматури руйнівними методами; методика розрахунку несучої здатності залізобетонних колон при спільній дії силових і високотемпературних впливів з урахуванням зміни характеристик міцності та деформативності матеріалів.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблені методи розрахунку дозволяють враховувати нелінійні властивості бетону та арматури при розрахунках залізобетонних колон за граничними станами. Запропоновані підходи дозволяють враховувати зміну властивостей бетону й арматури залізобетонних конструкцій, які працюють на позацентровий стиск, після силових і високотемпературних впливів.

Результати дисертаційних досліджень знайшли впровадженню при вирішенні наступних практичних задач:

- при проведенні обстежень, розрахунках конструкцій, визначенні технічного стану конструкцій будівлі цеху ПАТ «Текстемп» за адресою вул. Колекторна, 30 в м. Києві після пожежі;

- розрахунку на вогнестійкість колон будівлі бізнес-центру за адресою пр. Богдана Хмельницького, 102 в місті Донецьку.

Апробація результатів роботи.

Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися і отримали підтримку на науково-практичних конференціях різного рівня.

Особистий внесок здобувача:

Основні результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно, а саме:

- виконано підбір, узагальнення й аналіз отриманих раніше результатів, формулювання мети та завдань досліджень;
- розроблено методику та проведено експериментальні дослідження арматури різних класів при підвищених температурах;
- отримано аналітичні залежності, які дозволяють визначити зміну характеристик міцності арматури при нагріві до температур від 100 до 700°C;
- розроблено методику та проведено експериментальні дослідження залізобетонних колон на високотемпературні впливи з метою визначення їх вогнестійкості та характеристик бетону і арматури;
- удосконалено методики розрахунку залізобетонних колон при силових і високотемпературних впливах;
- виконано розрахунки реальних конструкцій на вогнестійкість і несучу здатність при силових і високотемпературних впливах.

Окремі положення досліджень виконані у співавторстві, що відображено в переліку наукових публікацій.

Повнота відображення основних положень дисертації в опублікованих роботах.

За темою дисертації опубліковано 18 наукових праць, 12 з яких у фахових виданнях України, в тому числі 3 - у виданнях, що включено до міжнародних науко-метричних баз (Index Copernicus), 3 праці апробаційного характеру, 3 додаткові публікації. Опубліковані матеріали достатньо повно висвітлюють основні положення дисертаційної роботи.

Ідентичність автореферату основним положенням дисертації.

Автореферат дисертації стисло і достатньо повно відображає мету, задачі і результати виконаних досліджень та зроблені на їх основі висновки. Матеріал автореферату викладено якісною технічною мовою, що свідчить про професійну підготовку здобувача. Оформлення автореферату по формі

відображенню змісту роботи відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12.07.2017 № 40. Автореферат відповідає змісту дисертації

Назва дисертаційної роботи та виконані дослідження стисло і конкретно відповідають досягненню поставленої мети.

Аналіз змісту дисертації.

Дисертаційна робота відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України стосовно обсягу, структури та оформлення. Структура роботи визначається змістом завдань, етапів та результатів дослідження. Вона включає анотацію, вступ, чотири розділи, загальні висновки, перелік використаних джерел та три додатки.

Дисертацію викладено на 165 сторінках друкованого тексту. 124 сторінок – основна частина тексту. У тексті міститься 44 рисунки, 16 таблиць, список використаних джерел обсягом 122 найменувань, 3 додатки.

У **вступі** (6 стор.) обґрунтовується актуальність, сформульовано мету та поставлено задачі досліджень; наведено характеристики об'єкта і предмета дослідження; визначено методи досліджень, наукову новизну та практичне значення роботи; вказано особистий внесок здобувача та відомості щодо апробації результатів дисертаційної роботи.

У **розділі 1** (31 стор.) наведено аналіз сучасних методів розрахунку і проектування залізобетонних колон та інших елементів, які працюють на позацентровий стиск при різних впливах. Розглянуто особливості проведення натурних вогневих випробувань елементів залізобетонних конструкцій.

Особливістю запропонованих авторами методів розрахунку є використання різноманітних передумов роботи бетону. Розглядаються різні моделі деформування матеріалу - пружна, пружно або пластична. Застосування різних моделей вимагає використання і відповідних діаграм стану бетону.

Аналіз існуючих методик дозволив встановити, що відсутні доведені до практичного використання методи розрахунку напружено-деформованого стану і несучої здатності залізобетонних колон при різних впливах. Визначення й оцінка технічного стану та обґрунтування можливості подальшої надійної експлуатації конструкцій залізобетонних колон після силових і високотемпературних впливів являють складну задачу, рішення якої в наш час відсутнє.

На основі виконаного аналізу сучасного стану питання сформульовано завдання дослідження.

У **розділі 2** (35 стор.) викладено методичний підхід до оцінки технічного стану конструкцій будівель із залізобетонним каркасом.

Основною метою проведення робіт із оцінки технічного стану конструкцій будівель залишається отримання контрольованих (визначальних) параметрів технічного стану.

Оцінка технічного стану будівельних конструкцій проводиться шляхом зіставлення контрольованих параметрів з відповідними проектними параметрами, а також з результатами перевірочних розрахунків. Контрольовані параметри визначаються в ході проведення візуального та інструментального обстежень.

У розділі також наведено особливості визначення технічного стану конструкцій після пожежі. Несуча здатність, прогини та тріщиностійкість конструкцій після пожежі визначаються в процесі розробки проекту відновлення окремих конструкцій і будівлі в цілому.

Розроблені пропозиції використано при визначенні технічного стану конструкцій реальної будівлі після пожежі.

У **розділі 3** (25 стор.) наведено результати експериментальних досліджень зміни характеристик міцності арматури при високотемпературних впливах і вогнестійкості колон.

Для отримання експериментальних даних, які б дозволили визначити характер деформування і руйнування сталеві арматури під час впливу високих температур, було проведено дослідження зразків арматурної сталі різних класів у відповідності з вимогами чинних нормативних документів.

Для випробувань колон на вогнестійкість було виготовлено два однакові зразки перерізом 600х600 мм заввишки 2000 мм. Зразки було виготовлено на Броварському заводі залізобетонних виробів у металевій опалубці.

Після проведення випробувань зразків бетону і арматури для визначення характеристик матеріалів було виконано випробування колон на вогнестійкість. Ці випробування виконано у випробувальному центрі ТОВ «ТЕСТ». Для випробувань використано спеціальну випробувальну піч та відповідні засоби вимірювальної техніки.

Після проведення випробувань колон на вогнестійкість було виконано розрізання для подальшого визначення міцності бетону й арматури.

В розділі 4 (28 стор.) наведено пропозиції для визначення межі вогнестійкості і міцності залізобетонних колон та інших конструкцій, які працюють на стиск.

Розроблено методику розрахунку вогнестійкості залізобетонних колон по теплотехнічному розрахунку, яка дозволяє за прийнятих передумов і допущень визначити розподіл температури в перерізі колони при нагріванні. Розрахунок виконується за допомогою сучасних програмних комплексів, які засновано на застосуванні методу скінченних елементів. Розподіл температури в перерізі

колони дозволяє врахувати зміну характеристик міцності та деформативності бетону й арматури при подальших розрахунках несучої здатності та вогнестійкості залізобетонних колон.

Наведено результати впровадження отриманих результатів в практику обстеження та проектування конструкцій після різних впливів.

У **загальних висновках** (3 с.) автор приводить узагальнені підсумки роботи. Викладено основні результати, які було отримано в ході проведених досліджень. Відзначено актуальність для України проблеми розрахунку несучих залізобетонних конструкцій, які працюють на стиск, з урахуванням властивостей роботи залізобетону при різних впливах. Вирішення цієї проблеми відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки в Україні.

Висновки відображають одержані в дисертаційному дослідженні наукові і практичні результати.

Зауваження по роботі:

1. Вибір виду діаграми деформування бетону при одноосьовому стиску при високотемпературному нагріві може істотно вплинути на точність отриманих рішень. Необхідно було б вказати як враховується спадна гілка діаграми стану бетону, і які при цьому граничні відносні деформації прийняті в розрахунках.

2. В дисертації (стор. 2) та авторефераті (стор. 4) використовується термін «нелінійні властивості залізобетону», що є зовсім коректним, бо нелінійні властивості мають конструкційні матеріали - бетон та арматура.

3. В роботі зазначено, що при випробуваннях колони на вогнестійкість зовнішнє силове навантаження було відсутнім. Залізобетонні конструкції при пожежі працюють в умовах спільної дії силових та температурних впливів, тому було б доцільним дослідити їх сумісну дію.

4. Доречно було б уточнити які заповнювачі силікатні або карбонатні, використовувалися в бетоні колони, оскільки значення параметрів діаграм стану звичайного бетону на силікатному і карбонатному заповнювачах при підвищених температурах відрізняються.

5. На розподіл температурних полів в конструкції при високотемпературному нагріві істотно впливає вологість. Тому бажано було б визначити вологість бетону під час проведення вогневих випробувань.

6. Залізобетон складається з матеріалів, які працюють сумісно, але мають різні механічні і реологічні властивості, які в умовах високотемпературного нагріву змінюються по різному. При створенні комп'ютерних розрахункових моделей доцільно було б використовувати «дискретний» підхід, з введенням

арматури окремими стержнями. Це дозволило б додатково врахувати характер спільної роботи бетону та арматури при нагріванні, виникнення зусиль через різницю температурних деформацій та інші ефекти.

7. Автору також слід було пояснити, яким чином пропонується визначати залишковий ресурс будівлі в цілому.

9. У тексті дисертації є незначні граматичні помилки (стор. 14, 53) та помилки редакційного характеру (стор. 129, 87, 122, 211). Так, наприклад, в рядку пояснень до формул (4.2) та (4.3) коефіцієнт теплопровідності позначено « γ_{tem} » замість « λ_{tem} », відсутній номер рисунку (стор. 129) на який йде посилання в тексті. Наявні також деякі неточності в термінології, наприклад, «коса тріщина» (стор. 63) замість «похилої»; «обвалення зразка» (стор. 87) замість «руйнування»; «поперечний перетин» та «перетин колони» (стор. 122) замість «перерізу»; «побічні данні» (стор. 211) - мається на увазі «додаткові».

Висновки про відповідність роботи встановленим вимогам Міністерства освіти і науки України.

1. Дисертаційна робота Ткачука Ігоря Анатолійовича «Міцність залізобетонних колон при силових і високотемпературних впливах» є завершеною науковою працею, яка відповідає вимогам п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, містить раніше не захищені наукові положення та отримані автором нові обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати в частині оцінки напружено-деформованого стану і несучої здатності залізобетонних колон при силових і високотемпературних впливах. Вирішення в дисертації проблеми оцінки технічного стану залізобетонних конструкцій після різних впливів відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки в Україні.

2. Розроблено методику та проведено експериментальні дослідження залізобетонних колон на вогнестійкість із визначенням характеристик міцності бетону в перерізі руйнівним способом. Проведено експериментальні дослідження арматури різних класів на розтяг при різних температурах і визначено залежності для опису поведінки арматурної сталі при підвищених температурах. Робота має актуальність, новизну і практичне значення та відповідає паспорту спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. Результати роботи достовірні.

3. Висловлені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи, а лише підкреслюють її багатогранність, складність узагальнення результатів виконаних теоретичних і експериментальних

досліджень.

4. Автореферат відповідає змісту дисертації та розкриває її основні положення

5. Дисертаційна робота на тему: «**Міцність залізобетонних колон при силових і високотемпературних впливах**» відповідає вимогам до кандидатських дисертацій Міністерства освіти і науки України, а її автор, **Ткачук Ігор Анатолійович**, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент

кандидат технічних наук, доцент, доцент
кафедри залізобетонних та кам'яних
конструкцій Харківського національного
університету будівництва та архітектури

К.В. Спіранде



І. БАБІВСЬКА

ХМУБА