

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

Гасенко Антона Васильовича

«Самонапружені сталезалізобетонні конструкції», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі та споруди

Дисертація складається зі вступу, семи розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 367 найменувань та двох додатків.

Актуальність досліджень.

Розвиток будівництва обумовлює використання сучасних технологій та конструктивних рішень як при спорудженні нових, так і реконструкції існуючих будівель і споруд. Будівельна галузь потребує наразі впровадження ефективних несучих конструкцій із високим рівнем надійності, живучості та ремонтпридатності. Перерахованим вимогам відповідають сталезалізобетонні конструкції, які поєднують в собі сталеві прокатні профілі із залізобетоном. Такі конструкції створюються як під час нового проектування, так і під час підсилення пошкоджених залізобетонних конструкцій сталевим прокатом, а сталевих конструкцій – бетонуванням.

Застосування сталезалізобетонних конструкцій дозволяє виконувати регулювання напружено-деформованого стану, підвищувати несучу здатність й жорсткість будівельної системи та, як результат, зменшувати витрати матеріалів, наряду з покращенням експлуатаційних характеристик та показників надійності. При розрахунку будівельних конструкцій при надексплуатаційних навантаженнях техногенного характеру варто враховувати пластичні характеристики сталі та бетону, штучно перерозподіляючи і регулюючи зусилля в них.

Попереднє напруження є одним із основних шляхів ефективного регулювання зусиль в несучих конструкціях. Проте серійні попередньо напружені конструкції є дуже енергоємними за рахунок збільшених витрат на їх виготовлення. Створення початкових напружень у будівельних конструкціях від їх власної ваги значно спрощує процес попереднього напруження.

Таким чином, дисертаційна робота, яка присвячена вирішенню актуальної наукової проблеми створення попередніх самонапружень у сталезалізобетонних конструкціях (СЗБК) та розробленню теоретичного апарату їх врахування в вихідних

умовах розрахунку, є безумовно актуальною та має важливе практичне значення.

Дисертацію виконано в Національному університеті «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка», а її результати були реалізовані в межах держбюджетних науково-дослідних робіт: «Високоефективні сталезалізобетонні несучі конструкції каркасів багатопверхових будівель» (державний реєстраційний номер 0115U002418), «Ресурсоекономні технології відновлення і реконструкції житлових, громадських виробничих будівель та захисних споруд цивільної оборони» (державний реєстраційний номер 0116U002567), «Комплексні конструктивні рішення забезпечення енергоефективності громадських будівель в умовах євроінтеграції» (державний реєстраційний номер 0118U001097), «Енергоефективні конструктивні рішення елементів будівель» (державний реєстраційний номер 0121U109497).

Дисертація відповідає напряму наукових досліджень кафедри будівництва та цивільної інженерії Національного університету «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка».

Оцінка змісту дисертації. В першому розділі наводиться аналіз існуючих інженерно-конструкторських підходів до створення попередніх напружень у компонентах сталезалізобетонних конструкцій (СЗБК), виявлено методи самонапруження та оптимізації робочих схем. Наводиться класифікація наявних методів самонапруження СЗБК в залежності від виду напружено-деформованого стану та форми поперечного перерізу. На підставі проведено аналізу сформульовано задані дисертаційної роботи.

У другому розділі наведені результати проведених досліджень з питань ресурсоощадності перерозподілу зусиль в несучих елементах будівель, на основі нових результатів як експериментальних випробувань СЗБК, так і їх чисельного моделювання. Розглянуто варіанти регулювання зусиль за рахунок: підвищення коефіцієнту армування; зміни розрахункової схеми чи поперечного перерізу; оптимізації поперечних перерізів. Зазначено, що під час експлуатації будівельних конструкцій накопичення пошкоджень може приводити до небажаного перерозподілу зусиль, який необхідно виявляти під час визначення технічного стану експлуатованих будівельних конструкцій. Окремо розглянуто питання забезпечення сумісної роботи компонентів СЗБК конструкцій, що працюють на згин.

У третьому розділі розглянуто питання геометричної нелінійності СЗБК, що виникає при згині двошарового стержня. Зсувне зусилля у контактному шві

визначено за диференціальними рівняннями теорії складених стержнів із уточненням коефіцієнту податливості контактної шва шляхом врахування ітераційною методикою дійсної жорсткості з'єднувальних засобів (анкерів) та деформативності бетону в зоні контакту з анкерами. Виконано числове порівняння розподілів погонних та зосереджених зсувних зусиль для чотирьох серій сталезалізобетонних балок, завантажених трьома типами навантаження.

Четвертий розділ присвячено визначенню внутрішніх зусиль, деформацій та напружень у шарах СЗБК, що працюють на згин, із врахуванням визначених зсувних зусиль. Удосконалено розрахункову модель двошарового сталезалізобетонного елемента шляхом врахування у вихідних розрахункових даних генетичної нелінійності. Досліджено 4 серії зразків, що склалися із 6-ти балок прольотом 1.5 м і 2 м; 6-ти балок стінових прогонів прольотом 3 м та 3-х балок сталезалізобетонного перекриття прольотом 8.7 м.

У п'ятому розділі запропоновано конструкцію нерозрізних сталезалізобетонних плит, експериментально досліджено та доведено ефективність двостадійної технології їх виготовлення. Випробувано два зразки нерозрізних трипролітних плит довжиною 6 м, виконаних по незнімній опалубці із профільованого настилу. Зразки відрізнялися довжинами захваток бетонування, що дало можливість дослідити розвиток прогинів у крайніх і середньому прольотах за рахунок зміни жорсткості перерізу на опорах. Визначено раціональну технологію бетонування за рахунок застосування якої, відбувається вичерпання несучої здатності, досягнення межі деформативності та руйнування в трьох прольотах при однаковому рівні зовнішнього навантаження. Розглянуто алгоритми числового скінченно-елементного моделювання роботи самонапружених СЗБК із врахуванням генетичної, конструктивної, фізичної та геометричної нелінійностей, що дають уточнення значень експлуатаційних напружень в перерізах досліджуваних конструкцій.

У шостому розділі розроблено конструкцію, робочі креслення і технологію самонапруження трикутної залізобетонної кроквяної системи аркового типу із сталеву затяжкою, виготовленої з типових ребристих залізобетонних плит. Розвантажувальні опорні моменти, що дозволяють подвоювати проліт кроквяної системи, запропоновано створювати від власної ваги плит, а саме: у карнизних вузлах – за рахунок збільшення плеча пари сил від зтяжки до нейтральної вісі стиснутої зони бетону, а у гребеневому вузлі – за рахунок влаштування

гребеневого шарніру нижче нейтральної вісі стиснутої зони бетону та оптимального кута ухилу покрівлі. Конструктивну нелінійність під час створення самонапружених СЗБК досліджено під час включення в роботу із сталевими фермами збірно-монолітного перекриття, влаштованого по арковій схемі. Після набору міцності, розпірне аркове збірно-монолітне перекриття сприймає корисне навантаження, розвантажуючи при цьому сталеву ферму.

Сьомий розділ присвячено опису експлуатаційних самонапружень у СЗБК каркасів експлуатованих будівель із врахуванням їх конструктивно-нелінійної роботи. Розглянуто вплив встановлення підкосів між сталевими балками, деформованими від власної ваги сталезалізобетонного перекриття та колонами на врівноваження пролітних та опорних згинальних моментів у балках. Також досліджено роботу сталезалізобетонного перекриття при нерівномірних просіданнях основ суміжних колон. Запропоновано конструктивні заходи самонапруження створених СЗБК під час підсилення пошкоджених елементів, а саме під час підсилення сталевих колон бетонуванням та залізобетонних колон підсиленних сталеву обіймою

Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується використанням при теоретичних дослідженнях фундаментальних закономірностей будівельної механіки, опору матеріалів, методів розрахунку сталезалізобетонних конструкцій із врахуванням початкових напружень, співставленням отриманих даних з експериментальними результатами, як власними, так й інших дослідників, у тому числі закордонних, даними числового дослідження роботи тривимірних моделей конструкцій, а також статистичною обробкою отриманих результатів.

Наукова новизна дисертації полягає в тому, що: *вперше проаналізовано та систематизовано* інженерно-конструкторські методи і заходи створення попередніх напружень у сталезалізобетонних конструкціях, що дозволило розробити нові конструкції і методи їх самонапруження; *дістали подальшого розвитку* дослідження ресурсоощадності перерозподілу зусиль у несучих елементах будівель з метою ефективного його створення самонапруженням у сталезалізобетонних конструкціях; *набув подальшого розвитку* метод визначення внутрішніх зусиль у шарах сталезалізобетонного стержня із врахуванням фактичної жорсткості анкерів, уточненням крайових умов їх закріплення в бетонному шарі та жорсткостей з'єднувальних шарів;

вдосконалено розрахункову модель двошарового сталезалізобетонного елемента, що працює на згин, яка дає можливість враховувати у розрахунку генетичну нелінійність; *набули подальшого розвитку* алгоритми чисельного скінченно-елементного моделювання роботи самонапружених сталезалізобетонних конструкцій із врахуванням фізичної, геометричної, конструктивної та генетичної нелінійностей; *вперше розроблено* технологію самонапруження та методи розрахунку сталезалізобетонних конструкцій, зокрема: сталевих балок сталезалізобетонних перекриттів та сталезалізобетонних прогонів, трикутної залізобетонної кроквяної системи аркового типу із сталеву зтяжкою; *вперше* на основі нових результатів лабораторних та натурних випробувань виявлено межі коефіцієнтів ефективності розроблених конструкцій та технологій самонапруження сталезалізобетонних конструкцій.

Наукове та практичне значення результатів дисертації. Отримані науково-обґрунтовані результати в сукупності вирішують важливу проблему створення попередніх самонапружень у сталезалізобетонних конструкціях (СЗБК) та розроблення теоретичного апарату їх врахування в вихідних умовах розрахунку. Результати досліджень дозволили запропонувати практичні інженерні методики розрахунку, конструювання і визначення раціональних параметрів самонапружених сталезалізобетонних конструкцій, що сприяє ширшому їх використанню. Доведено ефективність, технологічну та економічну доцільність використання самонапружених сталезалізобетонних конструкцій шляхом їх впровадження в об'єктах нового будівництва та під час реконструкції існуючих будівель.

Публікації. Зміст дисертації досить повно викладено в 74 наукових працях, з яких: 1 монографія; 35 статей у фахових виданнях України; 10 публікацій у виданнях інших держав, 6 з яких у виданнях, проіндексованих НМБД Scopus; 3 патенти України на корисну модель та 25 публікацій апробаційного характеру за матеріалами конференції.

Зауваження щодо змісту дисертації.

1. При визначенні раціональних параметрів рамно-підкісного каркасу будівлі (розділ 2.2.1) автором зазначено, що на кроці 1 та 3 визначаються оптимальні кут нахилу підкосів та здійснюється вибір оптимальних прольотів поперечної рами будівлі. В роботі слід було навести критерії

оптимальності використані автором. Для підтвердження твердження автора (стор. 114) щодо економічної ефективності використання рамно-підкісного каркасу у порівнянні з типовим каркасом (заданих прольотів) з вертикальними в'язями, слід було навести відповідні розрахунки.

2. Враховуючи, що запропонована структурна схема пошуку раціональних параметрів рамно-підкісного сталевих каркасу будівлі на основі перерозподілу зусиль (рис. 2.7), була прийнята при розробці комплексу робочих креслень КМ каркасу будівлі магазину будматеріалів у м. Гадяч, автору слід було навести відповідні розрахунки у додатках дисертації, не обмежуючись наведенням лише довідки про впровадження.
3. При вивченні впливу зміни фізико-механічних властивостей (ФМВ) матеріалів на перерозподіл зусиль за рахунок зміни жорсткості несучих елементів експлуатованих будівель (підрозділ 2.3.2.1), автором проведено випробування двох серій зразків з сталей марок G-105 та S-135 для оцінки впливу мікрокристалічної корозії сталевих елементів на зміну їх ФМВ. При описі досліджень (стор. 125), автору слід було навести дані щодо: терміну роботи сталевих труб, з яких було відібрано зразки-стрічки, в умовах агресивного середовища; яке саме агресивне середовище розглядалось та яким чином отримані результати слугують вирішенню задач дисертаційного дослідження.
4. При вивченні впливу величин пошкоджень бетонної частини перерізу на перерозподіл зусиль в несучих елементах будівлі, автором проведено скінченно-елементне моделювання (СЕМ) напружено-деформованого стану (НДС) залізобетонної прямокутної колони та ребристої плити покриття та аналітичний розрахунок за формулами 2.5-2.8. Для підтвердження адекватності проведеного СЕМ, автору слід було навести результати порівняння аналітичного і числового розрахунку, не обмежуючись лише фіксацією факту їх задовільної збіжності (стор. 132), враховуючи подальше використання отриманих СЕ моделей для оцінки впливу пошкоджень на несучу здатність конструкцій.
5. При визначенні зусиль у зв'язках зсуву в однопролітних СТЗБ (стор.164) не зрозуміло з яких міркувань автором обрано кількість зразків-близнюків для кожної серії? Також додаткового обґрунтування, на погляд опонента, потребує величина збільшення висоти бетонного осердя в зразках серії ПСБ2 у порівнянні з зразками серії ПСБ1.

6. Для визначення значень q_z , T_z та Δ_{zc} , дослідних балок серії СБ2, автором проведено розрахунок за аналітичними формулами (підрозділ 3.3.2) та з використанням СЕМ в програмному комплексі Femap 2020.2 with NX Nastran. Чи проводилось порівняння даних аналітичного розрахунку з результатами експериментів для зразків цієї серії, враховуючи наявні розбіжності результатів числового моделювання та аналітичного розрахунку (коефіцієнт варіації відхилень - 24.9%, стор. 173)?
7. Автором зазначено, що використання запропонованих перерізів балок серії ПСБ1 та ПСБ2, дозволяє зменшити витрати сталі на 38.5% у порівнянні з балками, виконаними зі сталеві труби 80x3мм (стор. 214). На жаль в роботі відсутні відповідні розрахунки, як і підтвердження економії сталі для варіантів виконання балок серії ПСБ3 (стор. 223).

Висновок. Розглянута дисертація в цілому є закінченою науково-дослідною роботою. В ній отримані нові науково-обґрунтовані результати, які в сукупності дозволили вирішити актуальну науково-практичну проблему створення попередніх самонапружень у сталезалізобетонних конструкціях (СЗБК) та розроблення теоретичного апарату їх врахування в вихідних умовах розрахунку. Наведені зауваження не впливають на загальну схвальну оцінку роботи. Вони можуть бути враховані при подальших дослідженнях автора.

Автореферат відповідає змісту дисертації. Оформлення дисертації виконано у відповідності до вимог пунктів 7, 8 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17.11.21 р. №1197. Автор дисертації Гасенко Антон Васильович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент,
заступник директора з наукової роботи
навчально-наукового інституту будівельної
та цивільної інженерії
Харківського національного університету
міського господарства ім. О.М. Бекетова
д.т.н., професор

