

Відгук офіційного опонента

доктора технічних наук, професора Карпюка В.М.
на дисертаційну роботу Гасенка Антона Васильовича
«Самонапружені сталезалізобетонні конструкції»,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
з галузі знань 19 – архітектура та будівництво,
спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Ступінь актуальності обраної теми. У дисертаційній роботі Гасенка А.В. викладено розв'язання важливої науково-технічної проблеми розрахунку, проектування і виготовлення ресурсоекономних самонапружених від власної ваги, конструктивних особливостей та технології створення сталезалізобетонних конструкцій. Створення таким чином попередніх самонапружень у сталезалізобетонних конструкціях значно спрощує процес їх попереднього напруження за рахунок відсутності витрат на додаткові заходи та пристосування. Розроблення теоретичного апарату врахування попередніх напружень в початкових умовах розрахунку має теоретичне значення і практичне застосування при проектуванні несучих конструкцій будівель і споруд, таких як колон, балок, плит перекриття тощо, та при підсиленні пошкоджених аналогічних конструкцій. Таким чином, розв'язані в роботі завдання мають суттєве значення для будівельної галузі, що обґрунтовує актуальність проведених автором у своїй роботі досліджень.

Розв'язані в дисертації завдання відповідають сучасним напрямкам науково-технічної політики держави щодо, по-перше, енергоефективності та ресурсозбереження, в тому числі у будівництві, згідно розпорядження КМУ від 17.12.2008 р. № 1567-р та Закону України від 11.07.2001 р. № 2623-III із змінами від 12.01.2023 р. № 2859-IX щодозменшення споживання енергоресурсів та пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки, по-друге, розвитку питання організації оцінювання технічного стану та виконання першочергових робіт з відновлення пошкоджених внаслідок бойових дій будівель та споруд згідно

постанови КМУ від 19.04.2022 р. № 473 щодо проведення обстежень та ліквідації наслідків збройної агресії РФ, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд.

Робота виконана у Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» в рамках держбюджетних дослідних тем «Високоєфективні сталі залізобетонні 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).

Оцінка змісту дисертації. Дисертація складається із вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Робота викладена на 396 сторінках машинописного тексту, з яких 307 сторінок основного тексту, що включають 226 рисунків і 28 таблиць, 42 сторінки списку використаних джерел із 367 назв та 21 сторінки додатків.

Дисертаційна робота написана українською мовою з використанням сучасної наукової термінології. Викладення матеріалу дисертації є логічним і відповідає вимогам до наукових праць. Робота висвітлює основні результати наукових досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що **вперше**:

– проаналізовано та систематизовано інженерно-конструкторські методи і заходи створення попередніх напружень в компонентах сталезалізобетонних конструкцій, що дозволило розробити нові конструкції та методи самонапруження таких конструкцій;

– розроблено технологію самонапруження та методи розрахунку самонапружених сталезалізобетонних конструкцій, зокрема:

- сталевих балок сталезалізобетонних перекриттів та сталезалізобетонних прогонів, напружених попередніми протилежно експлуатаційним вигинами;

- нерозрізних багатопролітних сталевих конструкцій сталезалізобетонних перекриттів, напружених власною вагою монолітної залізобетонної плити;
- трикутної залізобетонної кроквяної системи аркового типу із сталевую зтяжкою, напруженої власною вагою залізобетонних плит;
- експлуатованих підсилюваних підкісною системою сталезалізобетонних перекриттів, напружених власною вагою монолітної залізобетонної плити;
 - на основі нових результатів експериментальних та натурних випробувань виявлено межі коефіцієнтів ефективності розроблених конструкцій та технологій самонапруження сталезалізобетонних конструкцій та виявлено особливості їх напружено-деформованого стану.

Набули подальшого розвитку та вдосконалені:

- дослідження ресурсощадності перерозподілу зусиль у несучих елементах будівель з метою дійового його створення самонапруженням у сталезалізобетонних конструкціях;
- метод визначення внутрішніх зусиль у шарах згинаного сталезалізобетонного стержня із врахуванням геометричної нелінійності – фактичної жорсткості зв'язків зсуву (анкерів) з уточненням крайових умов їх закріплення в бетонному шарі та жорсткостей з'єднувальних шарів;
- розрахункову модель згинаного двошарового сталезалізобетонного елемента, яка дає можливість враховувати у розрахунку генетичну нелінійність – різний напружено-деформований стан компонентів конструкції до забезпечення сумісної їх роботи;
- алгоритми чисельного скінченно-елементного моделювання роботи самонапружених сталезалізобетонних конструкцій із врахуванням фізичної, геометричної, конструктивної та генетичної нелінійностей.

Практичне значення отриманих результатів носить загальнонаціональне значення, оскільки підтверджується впровадженням результатів роботи при розробці нормативних документів (додатку А «Граничні значення деформацій основ і фундаментів споруд при новому будівництві» ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення»), а також:

– результати досліджень дозволили викласти практичні інженерні методики розрахунку, проектування та визначення раціональних параметрів самонапружених сталезалізобетонних конструкцій, що сприяє ширшому їх використанню;

– на основі вивчення закономірностей роботи і впливу різноманітних факторів конструювання, виготовлення та експлуатації самонапружених сталезалізобетонних конструкцій, запропоновані їх нові конструктивні рішення, що забезпечують рівномірність системи, три з яких захищені патентами України на корисну модель №№ 67776, 75554 і 112604;

– доведена ефективність, технологічна та економічна доцільність використання самонапружених сталезалізобетонних конструкцій шляхом їх впровадження в об'єктах нового будівництва та під час реконструкції існуючих будівель, а саме: під час влаштування вбудованих самонапружених сталезалізобетонних перекриттів житлової будівлі у м. Харків; під час влаштування самонапруженого за двостадійною технологією бетонування сталезалізобетонного перекриття будівлі у м. Пологи; під час встановлення підкосів під деформоване сталезалізобетонне перекриття реконструйованої промислової будівлі у м. Полтава; під час визначення технічного стану сталевих ферм з розташованим по нижньому поясу збірним бетонним перекриттям будівлі Полтавського краєзнавчого музею; під час виконання перевірочних розрахунків комбінованих сталезалізобетонних перекриттів підвальних приміщень громадської будівлі у м. Пирятин;

– результати роботи впроваджено у навчальні дисципліни освітньо-наукової програми другого рівня вищої освіти та з підготовки доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Особистий внесок автора. Наукові положення, формули, практичні результати, що викладені в дисертації, одержані дисертантом самостійно. Участь автора у публікаціях у співавторстві відображена у вступі у пункті особистий внесок здобувача із посиланнями на відповідні праці у списку публікацій.

Достовірність та обґрунтованість результатів забезпечено використанням під час теоретичних досліджень 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 чисельного дослідження роботи тривимірних моделей конструкцій, а також статистичною обробкою отриманих результатів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у докторській дисертації, доцільно розглянути по кожному розділу дисертації окремо.

У **вступі** на 11 сторінках обґрунтовано актуальність проблеми, що вирішується, сформульовано мету, завдання дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів роботи, наведено відомості про особистий внесок та апробацію матеріалів дисертації, представлено її загальну структуру та обсяг.

У **першому розділі** дисертації на 60 сторінках проаналізовано і систематизовано інженерно-конструкторські методи й заходи створення попередніх напружень у компонентах сталезалізобетонних конструкцій, виявлено методи самонапруження та оптимізації робочих схем, що дозволило розробити нові конструкції та методи їх самонапруження. Під самонапруженням маються на увазі попередні напруження, створені за допомогою конструктивних заходів чи технологій будівництва без застосування енерговитратних методів процесу напруження. Методи самонапруження сталезалізобетонних конструкцій поділено на групи в залежності від виду деформованого стану та форми поперечного перерізу. Показано, що під час багатостадійної технології створення та експлуатації попередньо напружених сталезалізобетонних конструкцій виникають такі види нелінійностей як генетична, геометрична, конструктивна та фізична. На основі проведеного аналізу результатів опублікованих робіт як вітчизняних, так і закордонних дослідників по обраній науково-технічній проблемі, сформульовано завдання досліджень.

У **другому розділі** на 45 сторінках дістали подальшого розвитку дослідження ресурсощадності перерозподілу зусиль у несучих елементах будівель, на основі нових результатів експериментальних випробувань та чисельного моделювання, з метою дійового його створення самонапруженням у сталезалізобетонних конструкціях. Доведено, що в процесі регулювання зусиль у сталезалізобетонних конструкціях незначне додаткове підвищення коефіцієнту армування значно збільшує їх несучу здатність та жорсткість. Аргументовано, що збільшити несучу здатність конструкцій можливо без збільшення коефіцієнту армування, а лише змінюючи їх розрахункову схему або оптимізуючи поперечний переріз шляхом заміни стиснутої сталевий полицки на бетонну. Показано, 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.

На основі виконаного аналізу ресурсощадності доведено, що перерозподіл зусиль між компонентами будівельних конструкцій можливий тільки в тому випадку, якщо між ними забезпечена сумісна робота. Цим пояснюється актуальність досліджень форми та розмірів анкерних засобів поєднання сталевий та бетонної частин в згинаних сталезалізобетонних конструкцій.

У **третьому розділі**, викладеному на 41 сторінці, геометричну нелінійність, що виникає при згині двошарового сталезалізобетонного стержня, враховано зсувним зусиллям у контактному шві між залізобетонною і сталевий прокатною частинами. 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. У трьох серіях анкерні засоби виконувалися гнучкими, а у четвертій – жорсткими. Балки мали однопролітну шарнірну схему обпирання. Зовнішнє навантаження прикладене у вигляді однієї чи двох

симетрично розташованих сил або рівномірно розподіленого навантаження. Достовірність виконаних теоретичних розрахунків, отриманих на основі запропонованої методики аналізу напружено-деформованого стану, підтверджується задовільним збігом з результатами фізичного експерименту.

У четвертому розділі на 40 сторінках викладено удосконалену шляхом врахування у вихідних даних до розрахунку генетичної не лінійності розрахункову модель згинаного двошарового сталезалізобетонного елемента, що застосовано для визначення внутрішніх зусиль, деформацій та напружень у шарах згинаних сталезалізобетонних конструкцій із врахуванням визначених зсувних зусиль. Достовірність отриманих автором залежностей та формул, необхідних для аналізу напружено-деформованого стану самонапружених сталезалізобетонних конструкцій, забезпечена їх перевіркою дослідями над власними експериментальними зразками. Досліджено чотири 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 прольотом 8,7 м сталезалізобетонного перекриття. Серед всіх серій випробуваних зразків середній коефіцієнт варіації відношення теоретичних значень деформацій на експериментальні рівний 12,5%.

У п'ятому розділі на 37 сторінках розроблено конструкцію, експериментально досліджено та доведено ефективність двостадійної технології виготовлення нерозрізних сталезалізобетонних плит. Попередні вигини більш деформованих крайніх прольотів запропоновано створювати власною вагою плит. 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. Розглянуто алгоритми чисельного скінченно-елементного моделювання роботи самонапружених сталезалізобетонних конструкцій із врахуванням генетичної, конструктивної, фізичної та геометричної нелінійностей, що дають уточнення значень експлуатаційних напружень в перерізах досліджуваних конструкцій.

У шостому розділі на 33 сторінках розглянуто ресурсоощадне використання конструктивної нелінійності для самонапруження сталезалізобетонних конструкцій під час укрупнювальної збірки. Розроблено конструкцію, робочі креслення і технологію самонапруження трикутної залізобетонної кроквяної системи аркового типу із сталевою затяжкою, виготовленої з типових ребристих залізобетонних плит. До новизни розробки конструкцій трикутної залізобетонної кроквяної системи із сталевою затяжкою відносяться дослідження, по-перше, створення за рахунок ексцентричного поєднання конструктивних елементів розвантажувальних опорних моментів у гребеневому та карнизних вузлах, по-друге, впливу форми та розмірів розрахункових перерізів залізобетонних покрівельних та стінових панелей на зміну внутрішніх зусиль в них та, по-третє, можливості виготовлення залізобетонних плит кроквяної системи в типовій опалубці, призначеній для виготовлення серійних ребристих залізобетонних плит покриття.

Конструктивну нелінійність під час створення самонапружених сталезалізобетонних конструкцій також досліджено під час включення в роботу влаштованого по нижньому поясу сталевих ферм збірно-монолітного перекриття.

У сьомому розділі на 35 сторінках досліджено створення експлуатаційних самонапружень у сталезалізобетонних конструкціях каркасів експлуатованих будівель із врахуванням конструктивно нелінійної їх роботи. Розглянуто вплив встановлення підкосів між деформованими від власної ваги сталезалізобетонного перекриття сталевими балками та колонами на врівноваження пролітних та опорних згинальних моментів у балках. Досліджено конструктивно нелінійну роботу сталезалізобетонного перекриття при нерівномірних просіданнях основ суміжних колон. Також розроблено конструктивні заходи самонапруження створених сталезалізобетонних конструкцій під час підсилення пошкоджених елементів, що захищені отриманим патентом на корисну модель.

Загальні висновки по дисертаційній роботі в цілому відображають її наукове значення та практичну реалізацію із зазначенням числових показників.

Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень опубліковані у 74 наукових працях, у тому числі 1 монографії, 35 статтях у фахових виданнях України, 10 – у виданнях інших держав (6 з яких у виданнях, проіндексованих НМБД Scopus), 3 патентах України на корисну модель, 25 друкованих тезах за матеріалами наукових конференцій. Основні результати досліджень апробовані на більш як 25 міжнародних та всеукраїнських конференціях, серед яких дві закордонні.

Опубліковані наукові праці Гасенка А.В., які зараховані за темою дисертації, відповідають вимогам наказу МОН України від 23 вересня 2019 року №1220 «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук» (з наступними змінами).

Відсутність академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. За результатами перевірки дисертаційної роботи Гасенка А.В. на наявність ознак академічного плагіату, встановлено коректність посилань на першоджерела для текстових та ілюстрованих запозичень. Навмисних спотворень не виявлено. Тому порушення академічної доброчесності відсутні.

Зауваження та дискусійні питання стосовно положень докторської дисертації. Позитивно оцінюючи здобутки Гасенка А.В., вважаю за необхідне зазначити такі зауваження до поданої дисертаційної роботи:

1. Вимагає пояснення відповідності тематиці досліджень зазначений об'єкт впровадження у м. Гадяч, де виконано оптимізацію розрахункової схеми та конструктивних рішень рамно-підкісного каркасу трипролітної будівлі під час її реконструкції.

2. У висновках до першого розділу відсутня узагальнююча інформація щодо розглянутого у п. 1.3.1 стану питання розрахунку згинаних сталезалізобетонних конструкцій із врахуванням багатостадійності їх виготовлення.

3. Слід пояснити доцільність наведених у п. 2.3.2 проведених досліджень впливу зміни фізико-механічних властивостей матеріалів на перерозподіл зусиль у несучих елементах експлуатованих будівель.

4. Відсутнє пояснення щодо визначення коефіцієнту жорсткості з'єднувального шва λ у формулі (3.2).

5. Не зрозуміло, відносно якої вісі (див. рис. 4.9) необхідно визначати власні моменти інерції бетонної I_c та сталеві I_s частин перерізу сталезалізобетонного стержня під час знаходження за виразами (4.15) і (4.16) згинальних моментів, що діють на його шари.

6. Варто було б конкретизувати мету проведених експериментальних випробувань однопротітних сталезалізобетонних балок серії СБ4, результати яких наведені у п. 4.4.1.

7. Цікаво було б детальніше пояснити причину стрибків на розподілах деформацій нормальних перерізівзразків сталезалізобетонних плит, показаних на рисунку 5.36, особливо у перерізах 2-2 і 4-4 при максимальних навантаженнях для зразка 1,7-2,3-1,7 СЗБП 0,53×6,0.

8. Слід було пояснити, чому саме найбільше розтягувальне зусилля у сталевій зтяжці комбінованої кроквяної системи аркового типу, зміна значення якого досліджено у п. 6.5, виникає у випадку роботи всіх елементів рами без полиць, як зазначено у рядку 16 таблиці 6.3. Цікаво було б визначити відсоток збільшення витрат сталі при цьому.

Зазначені зауваження не знижують наукову та практичну цінність дисертаційної роботи, а підтверджують її актуальність та новизну.

Загальний висновок. Дисертаційна робота Гасенка Антона Васильовича «Самонапружені сталезалізобетонні конструкції» є самостійною, завершеною науковою працею, у якій вирішено важливу науково-технічну проблему розробки теоретичних основ розрахунку, проектування і виготовлення ресурсощадних само напружених сталезалізобетонних конструкцій з урахуванням їх нелінійних властивостей.

Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладання, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, обсягом, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам наказу МОН України від 12 січня 2017 року №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та

постанові Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року №1197 «Порядок присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук».

Оцінюючи роботу в цілому, вважаю, що за актуальністю і новизною, обсягом проведених досліджень та їх науковим рівнем, теоретичною та прикладною значущістю отриманих результатів, повнотою їх опублікування у фахових виданнях дисертація «Самонапружені сталезалізобетонні конструкції» відповідає всім вимогам до докторських дисертацій, а її автор, Гасенко Антон Васильович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент, доктор технічних наук,
професор кафедри залізобетонних конструкцій
та транспортних споруд
Одеської державної академії будівництва
та архітектури

Василь КАРПЮК

Підпис засвідчую:

Проректор з наукової роботи ОДАБА



Сергій КРОВЯКОВ