

Відгук
офіційного опонента про дисертаційну роботу
Балука Ігора Мирославовича
на тему
**«Оптимальне проектування реконструкції та підсилення
стержневих металевих конструкцій»,**
подану до спеціалізованої вченої ради Д 35.052.17
Національного університету «Львівська політехніка»

На рецензію подано дисертаційну роботу, повний обсяг якої становить 176 сторінок, у тому числі 10 таблиць та 39 рисунків. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел зі 171 найменування на 19 сторінках та двох додатків. Також представлено автореферат на 20 сторінках.

Актуальність теми роботи.

У сучасних умовах економічного розвитку нашої держави спостерігається чітка тенденція до технічного переоснащення існуючих промислових підприємств чи будівель іншого призначення більш сучасним обладнанням або взагалі до зміни технологічного чи функціонального призначення об'єктів. Все це призводить до необхідності оцінки технічного стану конструкцій, з'ясування можливості їх подальшої експлуатації і, врешті решт, до проектування реконструкції цілих промислових комплексів та підсилення окремих конструктивних елементів з можливо найменшими витратами матеріальних та технічних ресурсів.

Окрім того, необхідність реконструкції будівель і споруд та підсилення несучих конструкцій, пов'язана з їх фізичним зношенням, яке є наслідком тривалої дії навантажень та впливу агресивного середовища.

Враховуючи той факт, що значна частина несучих конструкцій виконана зі сталі, питання їх раціонального проектування, у тому числі під час реконструкції та підсилення, і, насамперед, оптимального проектування, яке дозволяє досягти бажаного результату з мінімальними витратами часу та уникнути перевитрат ресурсів, є безсумнівно актуальною на сьогодні задачею, розв'язання якої полягає у розробці та використанні обчислювальних алгоритмів та програм оптимізації, що дозволяють визначати оптимальні параметри під час проектування реконструкції та підсилення будь-яких конструкцій, у тому числі і стержневих металевих конструкцій.

Об'єктом дослідження є плоскі та просторові стержневі металеві конструкції в процесі їхньої реконструкції та підсилення.

Предметом дослідження є пошук оптимальної геометрії стержневих металевих конструкцій, розподілу внутрішніх зусиль в елементах, способу реконструкції та послідовності виконання робіт з урахуванням конструктивних, технологічних, експлуатаційних та економічних вимог.

Зв'язок з науковими програмами.

Тема дисертаційної роботи відповідає актуальним напрямам науково-технічної політики в галузі оцінювання технічного стану будівель та споруд відповідно до постанови Кабінету міністрів України від 5 травня 1997 року № 409 «Про забезпечення надійності й безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж» та рішенням міжвідомчої комісії з питань науково-технологічної безпеки при Раді національної безпеки і оборони України від 14 лютого 2002 року «Про технічний стан і залишковий ресурс конструкцій і споруд основних галузей господарства в Україні».

Робота виконувалась згідно з тематикою наукових досліджень кафедри «Будівельне виробництво» Національного університету «Львівська політехніка» «Технологія будівництва, дослідження прогресивних конструкцій і методів зведення будівель і споруд, сучасні технології енергоефективного будівництва, бетонів поліфункціонального призначення та ефективних оздоблювальних, гідроізоляційних, антикорозійних матеріалів».

Окремі дослідження виконані в межах держбюджетної науково-дослідної роботи № БВ-2 «Оптимальне проектування стержневих металевих конструкцій», виконаної на замовлення Міністерства освіти і науки України (державний реєстраційний номер 0107U009437), у якій автору належить розробка елементів підсистеми автоматизованого проектування реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій.

Метами досліджень, що використані в дисертаційній роботі, є аналіз літературних джерел; теоретичні дослідження з використанням методів класичної механіки та математичного моделювання, аналітичні та числові дослідження.

Наукова повизна роботи полягає у розробці математичної моделі процесу реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій, яка відображає можливі поєднання змін розрахункової схеми, поперечних перерізів стержнів та навантажень; в удосконаленні методики визначення напружено-деформованого стану стержневих металевих конструкцій, що враховує зміни розрахункової схеми у процесі реконструкції та підсилення; у розробці математичної моделі задачі оптимізації реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій, що при заданих параметрах існуючої стержневої металеві конструкції дозволяє розраховувати оптимальні параметри конструкції підсилення, елементів підсилення, регулювання зусиль і навантажень, а також параметрів, що задають способи підсилення і послідовність виконання будівельно-монтажних робіт.

Практична цінність роботи полягає у розробці програмного забезпечення, призначеного для автоматизованого проектування та оптимізації реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій.

Основні результати дисертаційної роботи, а саме програмне забезпечення та результати оптимізації реконструкції стержневих металевих конструкцій, впроваджено під час проектування реконструкції будівлі пакувального відділення ВАТ «Миколаївцемент» в с. Розвадів

Миколаївського району Львівської області; під час розробки робочого проекту «Реконструкція надземного переходу нафтопроводу і газопроводу через ріку Стрий на Стиновській ділянці Стрийського району Львівської області».

Окремі результати впроваджено у навчальний процес на кафедрі «Будівельне виробництво» Національного університету «Львівська політехніка» під час викладання дисципліни «Розрахункові методи в технології зведення будівель та споруд» для студентів спеціальності «Міське будівництво та господарство».

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи у повному обсязі відображають отримані автором наукові результати, обґрунтовані комплексом теоретичних досліджень та підтверджуються досить близьким збігом результатів власних теоретичних досліджень здобувача з окремими дослідженнями інших науковців, а також використанням вихідних даних, що отримані на реальних об'єктах.

Основні положення та результати досліджень у повній мірі відображені у 14 наукових працях, у тому числі у 7 статтях у фахових науково-технічних збірниках України та у 2 статтях у виданнях України, які включені до міжнародної наукометричної бази ICONDA.

Окрім того, матеріали дисертаційної роботи неодноразово доповідались, обговорювались та отримали позитивну оцінку на науково-технічних конференціях у Києві, Львові, Макіївці, Одесі, Скадовську та Бресті у період з 2009 до 2013 року.

Структура і аналіз змісту дисертації.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, наведено зв'язок виконаних досліджень з науковими програмами і темами, сформульовано мету і задачі досліджень, наведено дані про наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення. Окрім того, наведено інформацію про особистий внесок здобувача у проведених дослідженнях оптимального проектування реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій, а також дані про апробацію результатів дисертаційних досліджень та публікації.

У **першому розділі** виконано детальний аналіз вітчизняних та закордонних літературних джерел, присвячених проектуванню реконструкції та підсилення металевих конструкцій; виконано аналітичний огляд теоретичних досліджень провідних науковців у цій галузі, у тому числі розглянуто існуючі методи та способи підсилення стержневих металевих конструкцій, розрахункові схеми та їх зміни у процесі реконструкції, навантаження та їх комбінації, математичний апарат для проведення процесу оптимізації.

На основі представленого аналізу сучасного стану досліджень реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій зроблено висновок про необхідність розробки математичної моделі процесу реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій будівель і

споруд; удосконалення методики визначення напружено-деформованого стану стержневих металевих конструкцій та оптимізації параметрів конструкції підсилення та регулювання зусиль з урахуванням змін розрахункової схеми, способів і послідовності реконструкції та підсилення; розробки програмного забезпечення для оптимального проектування реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій; виконання числових досліджень для виявлення техніко-економічної ефективності використання розробленої методики оптимального проектування реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій.

У другому розділі розроблено математичну модель реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій, яка дозволяє враховувати різноманітні параметри, що впливають на розподіл зусиль в них; виконано аналіз та формалізацію основних способів реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій; проведено формування етапів реконструкції; виконано формалізацію процесу реконструкції, змін розрахункових схем і навантажень; запропоновано математичну модель реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій. В результаті автором запропоновано представляти процес реконструкції стержневих металевих конструкцій як послідовність простих змін розрахункової схеми, що є наслідком послідовності виконання робіт та використовувати розрахункову схему, яка має всі стержні конструкції і яка є різною на різних етапах реконструкції внаслідок наявності різних жорсткісних характеристик стержнів, що підсилюються, та кількістю і типом накладених внутрішніх в'язей.

У третьому розділі автором розглянуто основні положення та запропоновано алгоритм визначення напружено-деформованого стану стержневих металевих конструкцій під час реконструкції та підсилення; сформовано систему рівнянь, що використовуються для його визначення, і, як наслідок, розроблено методику визначення напружено-деформованого стану стержневих металевих конструкцій під час реконструкції та підсилення. Зокрема, наведено особливості формування системи рівнянь залежно від типу зміни розрахункової схеми, особливостей навантажень і їх прикладання до конструкції; розроблено алгоритм та методику визначення зусиль у стержнях до і після зміни їх перерізів; наведено удосконалену схему математичної моделі реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій.

У четвертому розділі на основі вибору змінних проектування, формулювання системи обмежень, обґрунтування критеріїв оптимальності реконструкції та підсилення та удосконалення мови для запису задач оптимізації розроблено методику оптимального проектування реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій, яка представляє собою низку послідовних кроків, на яких здійснюється вибір варіантів зміни конструктивної схеми, навантажень, способів і послідовностей підсилення; задається базова розрахункова схема, множина внутрішніх в'язей, множина усіх навантажень і впливів, сполучення навантажень, етапи реконструкції;

задаються елементи математичної моделі реконструкції та підсилення, тобто, вихідні дані; задаються елементи математичної моделі задачі оптимізації, тобто, змінні проектування, і, врешті решт, сформульована задача оптимізації реконструкції та підсилення розв'язується одним з методів оптимізації залежно від типів змінних проектування. Базуючись на вищевикладеному, приймаються конкретні проектні рішення.

У п'ятому розділі розроблено підсистему автоматизованого проектування реконструкції та підсилення, яка базується на розробленій в роботі методиці оптимального проектування і в якій задаються:

1) базова розрахункова схема, що включає нові дані про:

– додаткові елементи системи (вузли, стержні, типи жорсткості, опори, шарніри, матеріали, обмеження);

– навантаження, що прикладаються до конструкції під час реконструкції, підсилення і подальшої експлуатації, та їх сполучення;

2) елементи математичної моделі задачі оптимізації реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій:

– типи жорсткості;

– етапи реконструкції тощо.

З метою перевірки правильності і достовірності роботи підсистеми автоматизованого проектування реконструкції та підсилення стержневих металевих конструкцій виконано її аналіз та розв'язано конкретні задачі на прикладі консольної десятиелементної ферми.

Окрім того, в розділі представлено приклади практичного застосування розробленої методики під час виявлення резервів несучої здатності стержневої конструкції покриття торгово-розважального комплексу «Екватор» у м. Рівне та під час проектування реконструкції надземного переходу нафтогазопроводів через р. Стрий.

Зауваження до роботи.

1. В огляді літературних джерел варто було б розглянути і експериментальні дослідження підсилення окремих конструктивних елементів, проведені, у тому числі, і на основі оптимізації певних параметрів (навантажень та їх комбінацій, зусиль в елементах, форми і розмірів поперечних перерізів тощо). З цієї точки зору наявність власних експериментальних досліджень дозволила б з більшою впевненістю говорити про придатність розробленої методики до визначення напружено-деформованого стану стержневих металевих конструкцій.

2. Проведені в дисертаційній роботі дослідження стосуються лише пружної стадії роботи матеріалу за дії статичних навантажень і для постійних по довжині елемента перерізів. Як відомо, експлуатація елементів металевих конструкцій можлива і після досягнення напруженнями значень розрахункового опору за межею текучості R_p , тобто в пружно-пластичній стадії роботи матеріалу. Окремі елементи стержневих металевих конструкцій, а саме розтягнуті елементи, за певних умов (якщо матеріалом

для них є сталі, у яких $R_u/\gamma_u > R_y$, де $\gamma_u = 1,3$ – коефіцієнт надійності в розрахунках з використанням розрахункового опору сталі розтягу, стиску та згину за межею міцності R_u) можуть експлуатуватися і за напружень, що більші за R_y , але не перевищують розрахункового опору за межею міцності R_u . Розроблена автором методика не дозволяє врахувати таку роботу і тому дещо обмежує область її застосування.

3. У розділі 2 варто було б навести приклад та блок-схему процесу оптимізації для якогось конкретного випадку з конкретними елементами і їх геометричними та жорсткісними параметрами і навести схеми конструкції та схеми дії навантажень з урахуванням їх зміни у процесі реконструкції, тобто, до реконструкції, під час реконструкції та після реконструкції (іншими словами, під час експлуатації). Взагалі, на мій погляд, в дисертаційній роботі не вистачає рисунків, на яких би відображалась трансформація розрахункових схем і прикладених навантажень під час реконструкції та підсилення, а також інформація про зусилля, які виникають в елементах на різних етапах реконструкції. Для деяких елементів розрахунковим може виявитися варіант завантаження саме монтажними навантаженнями, за дії яких в них виникають більші зусилля, ніж за дії навантажень та їх комбінацій під час експлуатації. Тому отримані у розділі 5 відсотки економії маси відповідних конструкцій без наведення конкретної інформації щодо їх розрахунку потребують більш ретельного обґрунтування.

4. Під час формулювання системи обмежень (п. 4.2) нічого не говориться про обмеження міцності вузлових з'єднань, які найчастіше проектуються так, щоб їх несуча здатність була близькою до несучої здатності елементів конструкції. Тому підсилення окремих стержнів конструкцій без підсилення вузлових з'єднань може виявитися неефективним з точки зору можливості збільшення зовнішнього навантаження. Підсилення ж і вузлів, як заводських, так і монтажних, може звести нанівець усю економію і матеріалів, і ресурсів, яку планувалося отримати під час реконструкції. Окрім того, не наведено існуючі обмеження стосовно співвідношення розмірів поперечних перерізів елементів решітки і поясів для стержневих конструкцій, виготовлених з круглих труб або з гнутих замкнених зварних прямокутних чи квадратних профілів.

5. У п'ятому розділі автором по суті виконано числовий експеримент на конкретних прикладах стержневої конструкції покриття торгово-розважального комплексу «Екватор» у м. Рівне та несучих конструкцій надземного переходу нафтогазопроводів через р. Стрий. Але наведена в роботі інформація, на жаль, є неповною, оскільки не дає уявлення про те, які саме елементи розглянутих систем були недовантажені, які мали запас несучої здатності і на підставі чого, врешті решт, зроблено відповідні висновки про можливість збільшення зовнішнього навантаження на покриття у першому випадку і про необхідність влаштування додаткових опор у другому випадку саме на зазначених відстанях.

Загальна оцінка дисертаційної роботи.

Наукові положення дисертації в цілому достатньо чітко і логічно обґрунтовані і сформульовані на підставі власних досліджень автора, а також порівняні з дослідженнями як вітчизняних, так і закордонних науковців. Роботу оформлено відповідно до вимог, матеріал викладено логічно і послідовно. Зміст дисертації у повній мірі відповідає паспорту спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Автореферат дисертації ідентичний рукопису і повністю відображає її основні положення.

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, основний зміст якої достатньо повно відображений у наукових статтях, а також апробований на науково-технічних конференціях. В дисертації «Оптимальне проектування реконструкції та підсилення стрижневих металевих конструкцій» отримані нові науково обґрунтовані результати, вона має практичне значення та у повній мірі відповідає вимогам ДАК Міністерства освіти і науки України та пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., а її автор **Балук Ігор Мирославович** заслуговує на присудження йому наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент

професор кафедри промислового, цивільного
будівництва та інженерних споруд
Національного університету водного
господарства та природокористування,
кандидат технічних наук, доцент

 В. В. Романюк

Особистий підпис професора кафедри промислового, цивільного
будівництва та інженерних споруд Національного університету водного
господарства та природокористування, кандидата технічних наук, доцента
В. В. Романюка засвідчую

Вчений секретар НУВГП



 В.І. Давидчук