

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри Будівельної механіки
Одеської державної академії будівництва та архітектури
Сур'янінова Миколи Георгійовича
на дисертаційну роботу **Максюти Олени Володимирівни** на тему
**«Напружено-деформований стан та несуча здатність стиснутих
залізобетонних двотаврових пошкоджених елементів»**,
призначену на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія,
галузь знань 19 Архітектура та будівництво

Актуальність теми дослідження

В умовах важкого сучасного стану країни дуже важливим є збільшення строку експлуатації будівель і споруд, оскільки нове будівництво потребує значно більше коштів. Різні типи ушкоджень, що виникають в результаті старіння конструкцій і перевищення нормативних термінів експлуатації, збільшення експлуатаційних навантажень, механічних, хімічних та інших впливів, може призвести до зниження рівня несучої здатності конструкції значно раніше проектного терміну. Проблемою визначення технічного стану пошкоджених структурних елементів будівель є достовірне визначення їх залишкової несучої здатності. Рекомендації щодо розрахунку несучої здатності позацентрово стиснутих залізобетонних елементів в чинних нормах відсутні. У зв'язку з цим виникає ряд проблем, які потребують вирішення. Однією з них є удосконалення і створення нових методів розрахунку та оцінювання залишкової несучої здатності пошкоджених залізобетонних елементів, тобто розрахунку їх міцності на основі якої приймається та чи інша схема підсилення. Дуже важливо правильно і своєчасно приймати рішення щодо реконструкції, модернізації, методів посилення пошкоджених елементів. Таким чином задача визначення залишкової несучої здатності стиснутих пошкоджених залізобетонних елементів двотаврового поперечного перерізу на підставі фактичного напружено-деформованого стану конструкції, що складає мету дисертації, є актуальною і перспективною

з точки зору застосування результатів на практиці й розвитку будівельної індустрії.

Одним із показників актуальності дисертаційної роботи є те, що вона виконана в рамках держбюджетної теми «Визначення, прогнозування та регулювання технічного стану будівельних конструкцій, будівель і споруд в цілому» і теми Міністерства освіти і науки України «Відновлення працездатності залізобетонних будівельних конструкцій, пошкоджених під час експлуатації та бойових дій» (№ державної реєстрації 0119U001208).

Склад і структура дисертаційної роботи.

Кваліфікаційна наукова праця Максюті Олени Володимирівни викладена на 184 сторінках, у тому числі 119 сторінок основної частини, складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел (182 найменування) та додатків на 7 сторінках, містить 82 рисунка і 7 таблиць.

Аналіз основного змісту роботи, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Оформлення дисертаційної роботи в основному відповідає встановленим вимогам.

Зауваження до оформлення: постановою Кабінету Міністрів України №167 від 6 березня 2019 р. рада приймає рішення про присудження ступеня доктора філософії, а не «наукового ступеня доктора філософії». Галузь знань Архітектура та будівництво включає за темою дисертації спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія.

Зміст структурований логічно і повно розкриває тему дослідження.

У **вступі** до дисертації авторка обґрунтувала вибір теми дослідження, сформулювала мету і завдання наукової роботи, новизну отриманих результатів та їх практичне значення, окреслила особистий внесок та навела дані стосовно апробації роботи.

Зауваження до вступу:

1. **Об'єктом дослідження** має бути *процес* або *явище*.

2. Багаторазово зустрічається неправильно написане слово "проектний".

У **першому розділі** роботи досить ретельно описано сучасний стан досліджень роботи стиснутих залізобетонних конструкцій. Підкреслюється, що у чинних нормативних документах немає рекомендацій щодо оцінювання залишкової несучої здатності елементів із ушкодженнями найбільш загального двотаврового поперечного перерізу, відсутні алгоритми розрахунку елементів, що зазнають складного напруженого стану, викликаного пошкодженнями бетону, а також єдина методика розрахунку пошкоджених залізобетонних елементів, що зазнають складного напруженого стану. Тобто, розрахунки не надають справжнього уявлення про напружено-деформований стан і роботу елемента в цілому. Немає також експериментальних досліджень, узагальнення яких дає можливість розробити методику розрахунку подібних елементів.

Зауваження до розділу 1:

1. Огляд робіт проведено досить ретельно, але без достатнього їх аналізу для виходу на формування задач майбутнього дослідження, про що свідчать висновки по розділу.

2. Переважна більшість згадуваних у розділі робіт пов'язана з пошкодженнями, що викликані дією агресивного середовища

У **другому розділі** авторкою наведені план експериментальних досліджень, обґрунтування вибору дослідних факторів, а також методика проведення випробувань дослідних зразків.

Були досліджені серії колон із 15 моделей двотаврового поперечного перерізу з різними типами пошкодження, у вигляді різних глибин і кутів площини пошкодження. Режим проведення експерименту був однаковий для усіх колон. Досліджені різні комбінації параметрів пошкоджень, зокрема, три різних кути пошкоджень (0° , 30° і 60°) в поєднанні з трьома типами глибини пошкодження (20, 60 і 100 мм). Усі серії дослідів виконували за

трифакторним трирівневим планом Бокса-Бенкіна. Для створення макетів пошкоджень на зразках з ушкодженнями використовувалися бруски з відповідної форми з пінополістиролу.

Армування виконувалося у вигляді просторових в'язаних каркасів з робочою арматурою А 400 С Ø 12 мм та хомутами з арматури класу А 240 Ø 6 мм. По кінцях колон встановлювалося по три сітки непрямого армування з арматури Ø 6 мм класу А 240. Бетонування виконувалося готовим промисловим бетоном класу С 25/30 на будівельному майданчику.

З метою визначення напружено-деформованого стану бетону середнього за висотою пошкодженого перерізу колон застосовано тензорезистори базою 50 мм з величиною електричного опору 120 Ом.

Випробування пошкоджених колон на короткочасну дію стискаючого навантаження проводилось на 500-тонному гідравлічному пресі в лабораторії кафедри Залізобетонних конструкцій та транспортних споруд Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Зауваження до розділу 2:

1. Наведені рисунки (рис. 2.1), до речі, дуже низької якості, вже були відображені у першому розділі.

2. Підготовка експерименту описана надмірно докладно, хоча є традиційною і не містить принципово нових рішень.

3. Зайве докладно наведено опис скінченних елементів та їх атрибутів під час використання ПК Ліра.

Третій розділ. Тут наведено аналіз отриманих експериментальних даних дослідження зразків матеріалів та колон, результати чисельного дослідження в програмному комплексі ЛІРА САПР, а також статистичне моделювання результатів експерименту за допомогою ПК COMPEX. Розглядається вплив вибраних факторів (значні деформації бетону та арматури, надмірна ширина розкриття тріщин, надмірні прогини колони,

значний спад і подальша неможливість сприймати навантаження) на залишкову несучу здатність пошкоджених стиснутих конструкцій.

Зазначається, що зменшення несучої здатності зразків, в основному, залежить від типу пошкоджень, які зі своїм ростом значно зменшують несучу здатність елемента. На зразках, що пошкоджені менше, несуча здатність суттєво менше знижується та впливає на залишкову несучу здатність. Найбільша несуча здатність пошкоджених колон у вибраному діапазоні варіювання параметрів пошкоджень спостерігалась у колоні з кутом пошкодження 60° і його глибиною 20 мм. Величина ушкоджень впливає на зміну кута нахилу нейтральної осі.

Порівняння результатів натурного експерименту з віртуальним, виконаним в ПК ЛПА САПР, дає можливість зробити висновок, що напружено-деформований стан зразків подібний з точки зору характеру їх руйнування.

Результати розрахунку залишкової несучої здатності пошкоджених двотаврових залізобетонних колон, отриманих з використанням ПК ЛПА САПР та співставлення їх з експериментальними значеннями руйнуючих зусиль не дає достатньо точного результату розрахунку (відхилення відношення розрахункового значення до теоретичного складає 44,4%).

Для аналізу експериментально-статистичних моделей в роботі застосовувалася система COMPEX. Побудовано одно-, дво- та тривимірні діаграми з ізоповерхнями, які дозволяють оцінити вплив кожного фактору, як окремо, так і спільно. Встановлено, що колони можуть витримувати максимальне руйнівне навантаження при куті нахилу фронту пошкодження 60° , мінімальній глибині пошкодження та при відсутності відносного ексцентриситету. А найменше руйнівне навантаження колони можуть витримати при відсутності кута нахилу фронту пошкодження, максимальній глибині пошкодження та максимальним відносним ексцентриситетом прикладеного навантаження.

Зауваження до розділу 3:

1. Розділ погано структурований і перевантажений рисунками (див. висновок 3), непродумана логіка викладу матеріалу.

2. Деякі величини вказані у несистемних одиницях, наприклад, нормальні напруження надаються в тс/м².

3. Ізополя напружень в колонах (рис. 3.5-3.19) займають дуже багато місця, тому було б доцільно перенести їх у додатки. Це стосується також відносних деформацій бетону у колонах (рис. 3.25-3.39).

У четвертому розділі викладені теоретичні основи та гіпотези для створення інженерної методики розрахунку залишкової несучої здатності стиснутих пошкоджених залізобетонних елементів двотаврового поперечного перерізу.

Так, авторкою приймається гіпотеза плоских перерізів; рівномірний розподіл напруження в стиснутій зоні; напруження в арматурі приймаються залежно від висоти стиснутої зони бетону; зусилля у розтягнутій зоні сприймаються арматурою і не перевищують розрахунковий опір розтягненню; робота розтягнутого бетону не враховується. Вводяться поняття прямого пошкодження та пошкодження під кутом, які відповідають випадкам розрахунку, фронт пошкодження має прямолінійну форму. Запропонований спосіб врахування впливу оголених арматурних стрижнів.

Створено алгоритм розрахунку пошкоджених стиснутих і косостиснутих елементів, завдяки якому можна знайти невідомі величини.

Розглянуто покроковий метод розрахунку пошкоджених двотаврових елементів, двотаврові елементи з прямими пошкодженнями та двотаврові елементи з пошкодженнями під кутом.

За запропонованою методикою виконано розрахунки пошкоджених елементів. Аналіз отриманих результатів показав, що середньоквадратичне відхилення склало 0,115%, а коефіцієнт варіації – 0,122. Це свідчить про те, що запропонована методика є достатньо точною і може бути використана для повірочних розрахунків пошкоджених двотаврових колон.

Зауваження до розділу 4 відсутні.

В **п'ятому розділі** дисертації наведено приклад розрахунку однієї з випробуваних колон. Результати співставлення свідчать про задовільний збіг теоретичних даних з експериментальними (розбіжність не перевищує 12,2%). На цій підставі авторка робить висновок, що метод може бути застосований в будівельній практиці.

Зауваження до розділу 5:

1. Вважаю розділ зайвим; розглянутий приклад доцільно перенести до розділу 4.

2. Впровадження результатів досліджень повинно бути в додатках.

Наукова новизна роботи полягає у тому, що вперше запропонований комплексний підхід до експериментального вивчення роботи пошкоджених в процесі експлуатації залізобетонних колон двотаврового поперечного перерізу, отримані дані про вплив параметрів пошкодження і відносного ексцентриситету на залишкову несучу здатність; розроблено модель визначення залишкової несучої здатності пошкоджених залізобетонних колон двотаврового поперечного перерізу.

Удосконалено методика визначення залишкової несучої здатності залізобетонних стиснутих елементів, пошкоджених в процесі експлуатації.

Отримали подальший розвиток методика розрахунку пошкоджених двотаврових залізобетонних колон на основі основних положень чинних нормативних документів.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується значним експериментальним матеріалом, отриманим у лабораторних умовах за допомогою сучасних методів дослідження як натурних конструкцій так і стандартних досліджень фізико-механічних характеристик матеріалів з використанням контрольно-вимірювальної апаратури високого класу. Особливо слід відмітити ретельний і широкий чисельний експеримент із застосуванням апробованого комп'ютерного забезпечення. Вибір та встановлення ступеню впливу різних факторів на

напружено-деформований стан та несучу здатність стиснутих залізобетонних двотаврових пошкоджених елементів виконувалися із застосуванням методів експериментально-статистичного моделювання та математичної теорії планування.

Відповідність умовам академічної доброчесності.

У дисертації не виявлені порушення академічної доброчесності. Використання наукового продукту інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

Повнота викладання результатів у опублікованих працях.

Основні положення дисертації висвітлені у 15 друкованих роботах (4 – в фахових збірниках наукових праць, 1 – за кордоном, що індексується в наукометричній базі Scopus, та 10 тезах доповідей у збірниках наукових конференцій). Таким чином, повноту публікацій та апробацію роботи можна вважати достатньою.

Загальна оцінка дисертаційної роботи.

Вказані недоліки не зменшують значимість дисертаційної роботи, а отримані результати рекомендуються до використання при розрахунках пошкоджених в процесі експлуатації залізобетонних колон двотаврового поперечного перерізу.

Дисертаційна робота Максюті Олени Володимирівни є закінченою науково-дослідною роботою і в ній отримано нові науково-обґрунтовані результати в напрямку визначення напружено-деформованого стану та несучої здатності стиснутих залізобетонних двотаврових пошкоджених елементів.

Загальні висновки.

Дисертаційна робота Максюті Олени Володимирівни на тему «Напружено-деформований стан та несуча здатність стиснутих залізобетонних двотаврових пошкоджених елементів» за актуальністю, обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичним значенням, повнотою викладу результатів

досліджень у фахових наукових виданнях є завершеною науковою працею, відповідає спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 Архітектура та будівництво) та вимогам, передбаченим пунктом 10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №167 від 6 березня 2019 р. Враховуючи належний науковий рівень виконання дисертаційної роботи вважаю, що її автор, Максюта О.В., заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 Архітектура та будівництво.

Рецензент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри будівельної механіки
Одеської державної академії
будівництва та архітектури



Микола СУР'ЯНИНОВ

ПІДПИС д.т.н., професора Миколи СУР'ЯНИНОВА ЗАСВІДЧУЮ:

Проректор з наукової роботи ОДАБА



Сергій КРОВЯКОВ