

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**КОВБАСНИК АНДРІЙ БОГДАНОВИЧ**

УДК 624.012.25

**ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦІЇ МАГАЗИНУ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ З  
ДОСЛІДЖЕННЯМ ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК МЕТОДОМ  
СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль 2018

Роботу виконано на кафедрі будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

**Керівник роботи:** Кандидат технічних наук, доцент  
**Пиндус Юрій Іванович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя, доцент кафедри будівельної  
механіки

**Рецензент:**  
**Бобик Максим Петрович,**  
ТОВ "Тернопільбуд" директор технічного відділу

Захист відбудеться 21 лютого 2018 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №7 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус № 2, ауд. 35

Секретар екзаменаційної комісії №7 \_\_\_\_\_ Міщук О.І

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** В останні роки у світовій практиці проведення наукових досліджень все частіше розширюється за рахунок застосування комп'ютерного моделювання, що викликає велику зацікавленість до можливостей які можна досягти за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ). Звичайно, найбільш достовірними підходами щодо дослідження поведінки будівельних конструкцій залишаються експериментальні методи. Проте, експериментальні лабораторні дослідження є трудомісткими, довготривалими та потребують значних матеріальних затрат. Об'єм натурних експериментальних випробувань можна суттєво зменшити шляхом чисельного моделювання поведінки конструкцій МСЕ. У комплексі з лабораторних дослідженнями, чисельні розрахунки можуть врахувати широкий спектр зовнішнього навантаження, механічних та теплотехнічних властивостей матеріалів, геометричних розмірів, конструктивного виконання, врахування різного роду дефектів, аварійних ситуацій тощо.

**Мета роботи:** чисельне моделювання роботи та оцінка міцнісних характеристик повномасштабних згинальних залізобетонних елементів до та після їх підсилення композитними матеріалами (CFRP) за дії на них одноразового навантаження.

**Об'єкт, методи та джерела дослідження.** Об'єктом дослідження є згинальні залізобетонні балки до та після їх підсилення. Методи виконання роботи: графічний, порівняльний, теоретико-емпіричний. Дані дослідження є продовженням експериментально-теоретичних досліджень проведених Пиндусом Ю.І. та Конончуком О.П. на кафедрі будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

- вперше виявлено нові дані комп'ютерного моделювання роботи повномасштабних згинальних залізобетонних елементів до та після їх підсилення вуглепластиковими композитами з використанням методу скінченних елементів;
- вперше встановлено дійсний напружено-деформований стан згинальних залізобетонних елементів, підсилених вуглепластиковими композитами, з використанням методу скінченних елементів;

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані в роботі результати на даному етапі досліджень можна застосовувати при проектуванні підсилення згинальних залізобетонних елементів на практиці.

**Апробація результатів магістерської роботи.** Окремі результати роботи доповідались на VI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 16 – 17 листопада 2017 р.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 9 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 119 арк. формату А4, графічна частина – 12 аркушів формату А1.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі проаналізовано актуальність питання підсилення згинальних залізобетонних конструкцій та проблеми їх комп'ютерного моделювання.

В "Архітектурно-будівельному розділі" розроблено фасад, план будівлі і два розрізи; вузли влаштування покрівлі. Подано відомості про конструктивні і об'ємно-планувальних рішення, інженерному забезпеченні будівлі. Виконано теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій та покрівлі.

В "Розрахунково-конструктивному розділі" розраховано монолітне ребристе перекриття та монолітних каркас будівлі із застосуванням розрахункового комплексу «ЛІРА» та сучасних норм проектування (рис. 1, 2).

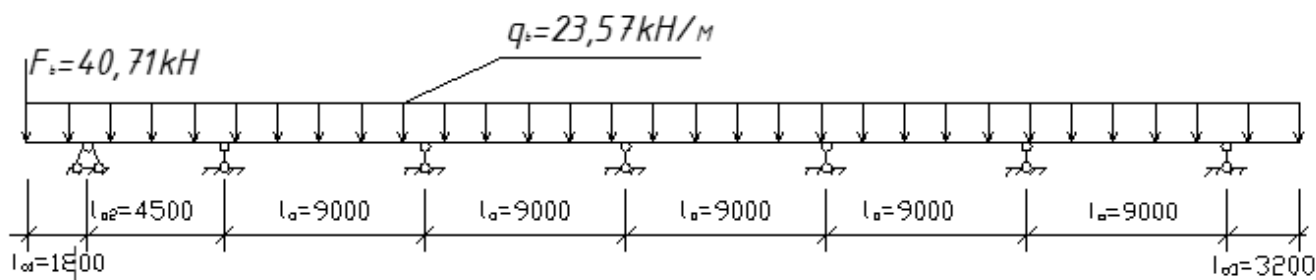


Рисунок 1 – Розрахункова схема другорядної балки

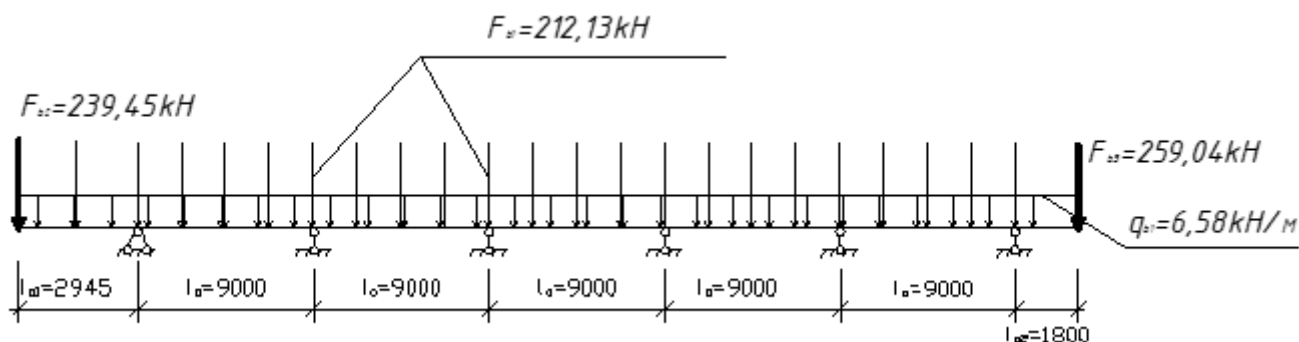


Рисунок 2 – Розрахункова схема головної балки

В розділі "Оснoв і фундаменти" наведено характеристику кожного інженерно-геологічного елемента, побудований розріз та план ділянки, виконано перевірючий розрахунок фундаментів під крайню та середню колони.

В розділі "Технологія та організація будівельного виробництва" розроблено технологічну карту на зовнішнє опорядження з утепленням. На листі графічної частини наведено схеми виконання робіт, календарний графік та потребу в трудових та матеріальних ресурсах.

В "Науково-дослідному розділі" опрацьовано експериментальні дані випробувань балок, підсилених композитними матеріалами, виконано їх моделювання МСЕ в ПК ANSYS. Отримано теоретичні дані порівняно з експериментальними та зроблено відповідні висновки (рис. 3).

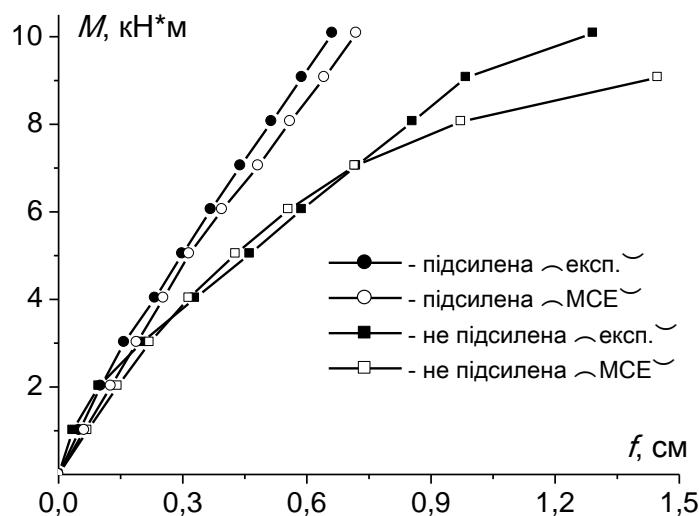


Рисунок 3 – Прогини зразків при дії одноразового навантаження

В розділі "Спеціальна частина" проведено техніко-економічне порівняння варіантів утеплення фасаду будівлі магазину. На основі проведеного порівняння встановлено найбільш вигідний варіант.

В розділі "Обґрунтування економічної ефективності" виконано обґрунтування економічної ефективності на реконструкцію магазину. Отримано локальні, зведені та об'єктні кошториси.

В розділі "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" запропоновано заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

В розділі "Екологія" запропоновано заходи екологічного характеру щодо зменшення впливу забруднення в будівельному виробництві.

### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблено методику чисельного моделювання роботи згинальних залізобетонних балок, підсилених вуглепластиковими композитами з використанням скінченноелементного розрахункового комплексу ANSYS.

2. Методом скінченних елементів встановлений дійсний напружено-деформований стан нормальних перерізів згинальних залізобетонних балок, підсилених вуглепластиковими композитами при одноразовому навантаженні.

3. Виконано порівняльний аналіз отриманих МСЕ даних (прогину балки, відносних деформацій внутрішньої сталевий та зовнішньої композитної арматури, крайньої стиснутої фібри бетону) з експериментальними.

4. При програмному скінченно-елементному моделюванні, враховано експериментальні нелінійні діаграми деформування бетону та матеріалу внутрішньої сталевий арматури, а також характеристики міцності бетону за умов розтягу.

5. Задовільне узгодження експериментальних даних з теоретичними свідчить про можливість використання МСЕ для моделювання роботи згинальних залізобетонних конструкцій до та після їх підсилення при зміні міцнісних характеристик бетону, арматури, силових впливів, конструкційних факторів та ін.

6. Програмне моделювання з використанням МСЕ є інструментом, який може ефективно використовуватись як при проектуванні залізобетонних конструкцій, так і для аналізу поведінки реальних конструкцій тривалої експлуатації, з метою оцінки їх міцності, надійності, залишкового ресурсу, а також можливості підсилення та продовження їх використання.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Застосування сучасних програмних комплексів при вивченні роботи підсилених залізобетонних конструкцій / Ю.І. Пиндус, О.П. Конончук, А.Б. Ковбасник, І.В. Кузик, А.І. Красовський // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 16-17 листопада 2017 року — Т. : ТНТУ, 2017 — Том I. — С. 123-124. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).

## ОСНОВНІ ЛІТЕРАТУРНІ ДАНІ ВИКОРИСТАНІ ПРИ ВИКОНАННІ РОБОТИ

1. Пиндус Ю.І. Скінченноелементне моделювання підсилення згинальних залізобетонних конструкцій вуглепластиковою стрічкою / Ю.І. Пиндус, О.П. Конончук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2014. – Вип. 29. – С. 621 – 629.

2. Пиндус Ю.І. Дослідження підсилених вуглецевим полотном згинальних залізобетонних конструкцій із застосуванням методу скінченних елементів / Ю.І. Пиндус, О.П. Конончук // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник – К., КНУБА, 2014. – Вип. 54. – С. 282 – 290.

## АНОТАЦІЯ

**Ковбасник А. Б. Реконструкція магазину будівельних матеріалів з дослідженням підсилених згинальних залізобетонних балок методом скінченних елементів.** Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю: 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2018.

В дипломній роботі виконано проект реконструкції магазину будівельних матеріалів в м. Тернополі. Проведено чисельне моделювання роботи до та після підсилення композитними матеріалами згинальних залізобетонних елементів при дії одноразового навантаження. Отримані результати моделювання методом скінченних елементів роботи дослідних зразків порівняно з експериментальними даними.

**Ключові слова:** залізобетон, метод скінченних елементів, моделювання, підсилення

## **ANNOTATION**

Kovbasnyk A. Reconstruction of the store of building materials with the research of reinforced bending reinforced concrete beams by the finite element method. Diploma thesis for acquisition of "master" educational degree for the specialty: 192 – "Construction and civil engineering" – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University. – Ternopil, 2018.

In the thesis the project of reconstruction of a store of building materials in Ternopil city was executed. Numerical modeling of work before and after reinforcement with composite materials of bending reinforced concrete elements under the action of one-time load is carried out. The obtained results of modeling by the finite element method of the experimental samples compared with the experimental data.

**Keywords:** concrete, concrete element method, modeling, strength