

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра будівництва та експлуатації будівель, доріг та
транспортних споруд

До захисту допускається
Завідувач кафедри
будівництва та експлуатації
будівель, доріг та транспортних
споруд

_____ О.П. Новицький

«___» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «**Використання синтетичних тканинних матеріалів для**
армування дерев'яних елементів»

Виконав (ла)

_____ (підпис)

Є.С. Єфіменко

_____ (Прізвище, ініціали)

Група

ЗБУД 2301 м

(Науковий)

керівник

_____ (підпис)

О.С. Савченко

_____ (Прізвище, ініціали)

Суми – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд

Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Єфіменко Євген Станіславович

Тема роботи: Використання синтетичних тканинних матеріалів для армування дерев'яних елементів

Затверджено наказом по університету № _____ від "___" _____ 2023р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: "___" _____ 2024 р.

Вихідні дані до роботи:

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

5. Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з вказівкою обов'язкових креслень)

Керівник :

(підпис)

О.С. Савченко

(Прізвище, ініціали)

Консультант

(підпис)

О.С. Савченко

(Прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач

(підпис)

Є.С. Єфіменко

(Прізвище, ініціали)

Анотація

Єфіменко Євген Станіславович. Використання синтетичних тканинних матеріалів для армування дерев'яних елементів – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2024.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляд досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновки за результатами МКР.

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

Результати досліджень дозволяють на основі математичного моделювання дерев'яних елементів, армованих синтетичними тканинними матеріалами, отримати уявлення про їх напружено-деформований стан при різному розташуванні армуючих шарів в перерізі елементу.

Аналіз публікацій та досліджень встановив, що полімерні композитні матеріали успішно застосовують для підсилення будівельних конструкцій. Досвід показує, що спільно з деревиною найбільш ефективно композити працюють при посиленні елементів, що зазнають згин.

В основній частині виконано опис скінченоелементної моделі дерев'яної балки при її дослідженні, описано методику врахування і моделювання шарів, що моделюють синтетичні тканинні матеріали, сформульовано алгоритм числового експерименту, виконано числовий експеримент, побудовано графіки залежності прогинів від навантаження для балок без підсилення і балок з різним розташуванням армуючих шарів тканинних матеріалів.

У **висновках** встановлено, що жорсткість дослідної балки, посиленої по гранях 4-ма шарами склотканини, збільшувалася приблизно на 9-15%, а несуча здатність більш ніж на 20%, а жорсткість балки пошарово армованої склотканиною збільшувалася приблизно на 4-8%, а несуча здатність на 8%.

Ключові слова: дерев'яні конструкції, міцність, тканинні матеріали, напружено-деформований стан.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

Савченко О. С., Савченко Л. Г., Єфіменко Є. С. Особливості використання синтетичних тканинних матеріалів для армування дерев'яних елементів. Проблеми та перспективи розвитку підприємництва : Матеріали XVIII Міжнар. науково-практ. конф., м. Харків, 29 листоп. 2024 р. Харків, 2024. С. 60–62.

В **додатках** наведено; звіт аналізу перевірки роботи на наявність запозичень, тези доповіді конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи. Робота складається з основного тексту на 35 сторінках, у тому числі 3 таблиці, 17 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 2 розділів, висновків, список з 19 використаних джерел, 3 додатків на 23 сторінках. Графічна частина складається з 17 слайдів мультимедійної презентації.

Abstract

Yevhen Stanislavovych Efimenko. Using synthetic fabric materials to reinforce wooden elements – Master's qualification work on manuscript rights.

Master's qualification work in specialty 192 "Construction and civil engineering". – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024.

The **work consists** of the content, the general characteristics of the work and its qualification features, an overview of research on the chosen topic, sections of the main part, conclusions based on the results of the MQW.

The goal, tasks, object and subject of research, methods of scientific research.

The research results allow, on the basis of mathematical modeling of wooden elements reinforced with synthetic fabric materials, to get an idea of their stress-strain state with different locations of reinforcing layers in the cross-section of the element.

The analysis of publications and studies established that polymer composite materials are successfully used to strengthen building structures. Experience shows that, together with wood, composites work most effectively in strengthening elements that undergo bending.

The main part describes the finite element model of a wooden beam during its study, describes the method of taking into account and modeling layers that simulate synthetic fabric materials, formulates the algorithm of a numerical experiment, performs a numerical experiment, and plots the dependence of deflections on the load for beams without reinforcement and beams with different arrangements of reinforcing layers of fabric materials.

The conclusions established that the stiffness of the experimental beam, reinforced along the edges with 4 layers of fiberglass, increased by approximately 9-15%, and the bearing capacity by more than 20%, while the stiffness of the beam

reinforced with fiberglass in layers increased by approximately 4-8%, and the bearing capacity by 8%.

Key words: wooden structures, strength, fabric materials, stress-strain state.

A list of the student's publications and/or speeches at conferences:

Savchenko O. S., Savchenko L. G., Yefimenko E. S. Peculiarities of using synthetic fabric materials for reinforcing wooden elements. Problems and prospects for the development of entrepreneurship: Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference, Kharkiv, November 29, 2024. Kharkiv, 2024. pp. 60–62.

In the **appendices** are given; a report of the analysis of work verification for the presence of loans, conference report abstracts, an album of multimedia presentation slides.

Structure of work. The work consists of the main text on 35 pages, including 3 tables, 17 figures. The text of the work contains a general description of the work, 2 chapters, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 19 used sources, 3 appendices on 23 pages. The graphic part consists of 17 slides of a multimedia presentation.

ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи	7
Розділ 2. Огляд досліджень	8
Розділ 3. Дослідження впливу синтетичних тканинних матеріалів на напружено-деформований стан клеєних дерев'яних балок	17
Розділ 4. Висновки	32
Література	33

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Зростання темпів індивідуального будівництва піднімає питання раціонального використання матеріалів, скорочення собівартості і підвищення експлуатаційних характеристик конструкцій. Найбільш популярним матеріалом, як для опорядження приміщень, так і зведення несучих елементів будинків і інших споруд є деревина, яка має низку незаперечних переваг. Використання деревини, як екологічного матеріалу, при скороченні матеріалоемності та збереженні міцності елементів дерев'яних конструкцій є актуальним завданням.

Клеєні дерев'яні конструкції знаходять застосування як в традиційному малоповерховому житловому будівництві, так і в будівництві великопроектних громадських будівель, включаючи спорткомплекси, басейни, аквапарки, тваринницьких комплексів, теплиць, мостів, комплексів для зберігання мінеральних добрив, руд, солей і інших споруд. Архітектурні рішення і технологічні процеси часто обмежують габарити несучих дерев'яних елементів, що обумовлює пошуки ефективного методу підвищення несучої здатності конструкції без зміни її габаритів і зовнішнього вигляду. Вимоги щодо збереження зовнішнього вигляду конструкції пред'являють також і при реконструкції будівель історичної та культурної цінності.

Одним із шляхів вирішення проблеми є підсилення конструкцій. Найбільш поширеними дерев'яними конструкціями є згинальні елементи і питання підсилення цих елементів з метою підвищення їх несучої здатності або відновлення при наявності дефектів є актуальними. Характерними дефектами для елементів, що зазнають згин є біологічні ушкодження, великі сучки в розтягнутій зоні, неякісні зубчасті шипи, позапроектні врізки, розшарування і поздовжні тріщини від усихання. У зв'язку з цим однією з актуальних завдань є розробка методів по відновленню і підвищенню несучої здатності і жорсткості дерев'яних конструкцій, що зазнають згин, сучасними матеріалами.

Мета роботи – визначення особливості напружено-деформованого стану дерев'яних елементів, армованих склотканиною.

Задачі дослідження.

Вивчення вітчизняного та зарубіжного досвіду армування дерев'яних елементів, що зазнають згин.

Теоретичне дослідження дерев'яних елементів, що зазнають згин, посилених склотканиною.

Об'єкт дослідження – дерев'яні елементи, що зазнають згин, посилені склотканиною.

Предмет дослідження – несуча здатність і деформативність дерев'яних елементів, що зазнають згин, з армуванням склотканиною.

Методи дослідження – метод скінчених елементів (програмний комплекс «Лира-САПР»).

Наукову новизну складає:

- оцінка НДС дерев'яних конструкцій, що зазнають згин, армованих склотканиною, за результатами чисельних досліджень.

Практична значимість магістерської роботи полягає в тому, що отримані результати дослідження дозволяють отримати уяву про НДС дерев'яних конструкцій, армованих склотканиною і зробити висновки про можливість її використання при реконструкції або реставрації.

Апробація роботи.

Основні результати роботи доповідалися на студентській конференції Сумського національного аграрного університету.

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

У XXI столітті все більшу популярність набирає будівництво з деревини. Деревина – унікальний поновлюваний природний ресурс, який людство використало з найдавніших часів, проте, в період активної індустріалізації, деревина, як основний матеріал несучих конструкцій, пішла на другий план, поступившись першим місцем важким металевим і залізобетонним

конструкціям. У наші дні, коли питання екології та енергоефективності відіграють вирішальну роль, будівництво із застосуванням даного природного матеріалу стає все більш актуальним, а висока стійкість конструкцій з деревини до впливу хімічно агресивних середовищ робить їх застосування пріоритетним в будівництві комплексів для зберігання різних солей і мінеральних добрив, аквапарків, басейнів, прибережних морських споруд, [5].

Поряд з конструкціями з суцільної деревини, широкого поширення набули конструкції з клеєної деревини, дерев'яні панелі з перехресним розташуванням шарів (CLT, МНМ), панелі з каркасом з деревини та багато композитних матеріалів і конструкцій, де деревина є основним компонентом [5, 3, 9].

Вітчизняний і зарубіжний досвід підтверджує необмежені можливості використання деревини в якості основного матеріалу для несучих конструкцій. У багатьох розвинених країнах з деревини зводяться багатоповерхові житлові будинки і великопрогонові будівлі і споруди будь-якої форми і призначення [7, 8] (Рис. 1).

У країнах Західної Європи популярним стало дерев'яне багатоповерхове житлове будівництво. У Фінляндії, Швеції та Норвегії існують цілі мікрорайони з подібною забудовою (Von Daehnkatu Рис. 2, Sandvika), яка включає не тільки житлові будинки, але і громадські будівлі, виконані цілком з деревини [8].

Від скандинавських країн не відстають Англія і Австрія. Першим зведеним дев'ятиповерховим будинком з деревини став житловий будинок Маррей Гров в м Лондон (Рис. 3). Висота будівлі становить 30 метрів, в ньому розмістилися 29 квартир, а перший поверх обладнаний під офіси. Проект був розроблений спільно англійськими та австрійськими інженерами. Терміни монтажу надземної частини будівлі в центрі столиці склали всього 28 днів, при цьому був задіяний тільки ручний інструмент і один кран [8].

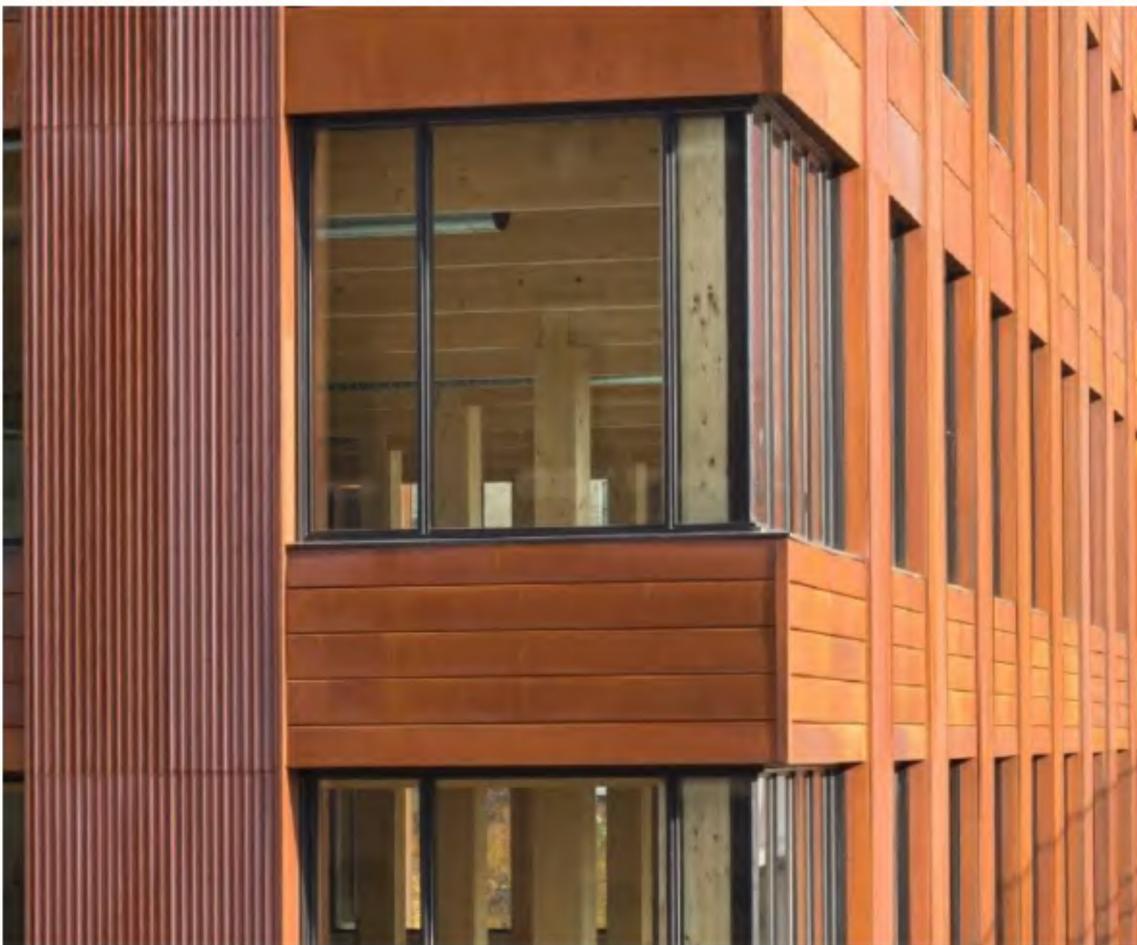
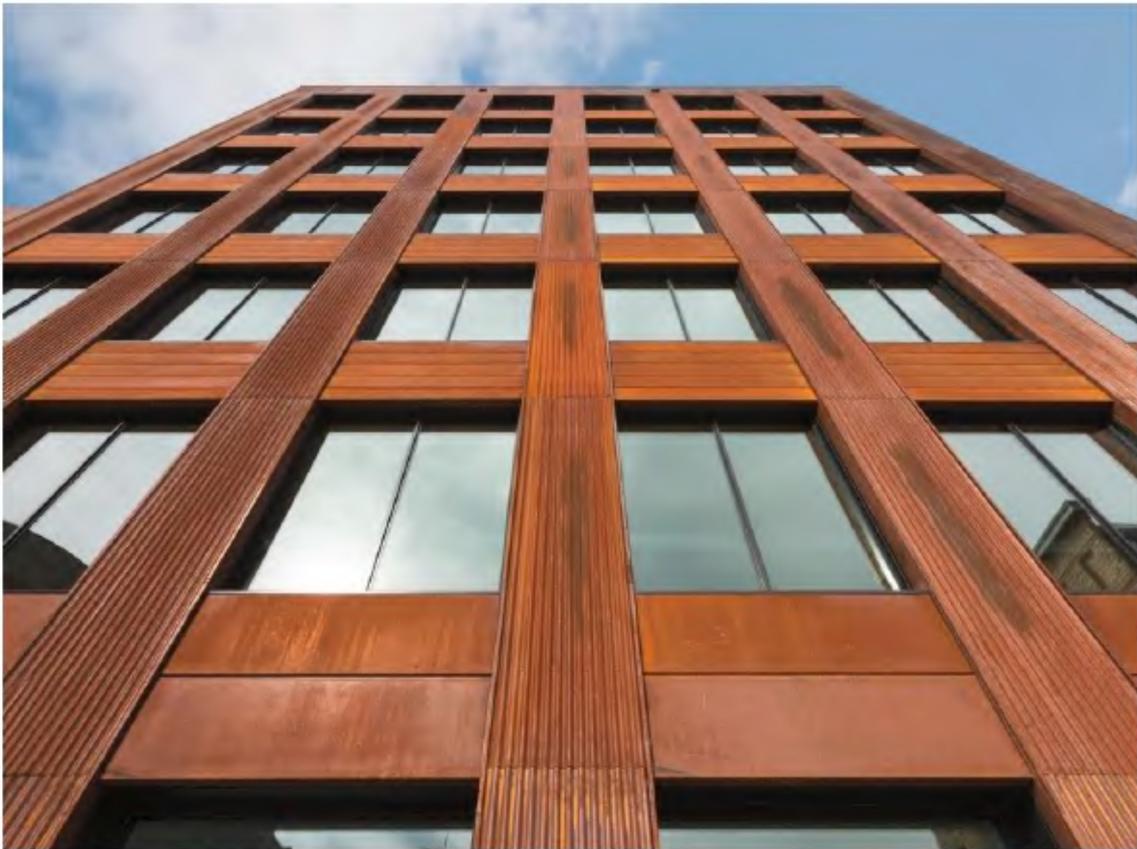


Рис. 1. Дерев'яний адміністративно-торговельний комплекс "Т3" архітектора Майкла Гріна в м Міннеаполіс, США.



Рис. 2. Забудова мікрорайону Von Daehnickatu, Швеція.



Рис. 3. 9-поверховий житловий будинок Мюррей Гроу в м. Лондон.

При відносній легкості, конструкції з деревини мають високу несучу здатність, особливо при впливі короточасних і сейсмічних навантажень. Завдяки цьому деревина успішно використовується при будівництві в

сейсмічно небезпечних районах. Наприклад, широко поширені великопрогонові клеєні дерев'яні конструкції в Італії. Після землетрусів в місті Амастріце в 2016 та 2017 років роках, одним з уцілілих будівель був спортзал, перекритий великопролітними дерев'яними конструкціями, в якому тимчасово розміщували жителів зруйнованих будинків. Відомо, що серед перших споруд, які будуються в цьому місті після землетрусів, стануть шкільні їдальні (Рис. 4), виконані з клеєної деревини, за проектом відомого міланського архітектора Стефано Боєрі [2].



Рис. 4. Нова шкільна їдальня в Амастріце, розроблена Стефано Боєрі

Деревину з давніх-давен використовують в якості будівельного матеріалу, традиції будівництва з неї зберігаються і розвиваються в багатьох країнах. У Японії, Китаї, країнах Європи збереглася велика кількість культурних, архітектурних і історичних пам'яток з цього матеріалу. Збереження цієї спадщини є важливим завданням в даний час.

Необхідність підсилення при реконструкції будівель виникає з ряду причин:

- аварійний стан конструкцій;
- зміна призначення споруди;

- збільшення корисних навантажень.

Після численних обстежень будівель ХХ століття був зроблений висновок, що найбільш часто зустрічається причина відмови ДК пов'язана з порушенням вимог до експлуатації будівлі. Порушення температурно-вологісного режиму і відсутність належного нагляду за конструкціями часто призводять до біологічного ураження дерев'яної конструкції.

При проектуванні або обстеженні дерев'яних конструкцій часто виникає необхідність підсилення балок міжповерхових перекриттів, несучих конструкцій покрівлі як в сучасних будівлях, так і в будівлях, що представляють історичну і культурну цінність. Одним з основних вимог в таких проектах є максимальне збереження початкового вигляду деревини в інтер'єрі приміщення. При цьому не допускається зміна статичної схеми будівлі [4].

Слід зазначити, що необхідність в підсиленні дерев'яних конструкцій також виникає через зміни нормативних документів.

Пошуки ефективних рішень підвищення міцності і довговічності дерев'яних конструкцій велися завжди і залишаються актуальними в наш час. У різні роки питаннями підсилення ДК займалися багато вчених: Дайдбеков С.Д., Карлсен Г.Г., Куліш В.І., Линьков І.М., Найчук А.Я. [14], Накашідзе Б.В., Погорельцев А.А., Рощина С.І. [16], Стоянов В.В. [18-19], Турківський С.Б., Хрулев В.М., Щуко В.Ю і багато інших.

На початку ХХ століття одночасно декількома вченими (А. Клайтіла, А. Фішер) було запропоновано об'єднати переваги деревини та металу, було сформовано новий напрямок в ДК – армовані дерев'яні конструкції. Основною проблемою армування (до появи синтетичних клеїв) було забезпечення спільної роботи металу і деревини, що істотно стримувало розвиток даного напрямку.

Вперше випробування балок і арок, армованих сталевими стрижнями і смугами, були проведені Х. Гранхольмом в 1944 р [6]. Результати дозволили розробити і виготовити перші ДК з вклеєною на епоксидному клеї арматурою

періодичного профілю. Досвід застосування даних конструкцій в будівництві показав їх ефективність і сприяв розвитку досліджень в цій області.

Вельми ефективною розробкою в області армованих ДК, яка широко використовується і в даний час є посилення конструкції шляхом вклеювання в неї металевих стрижнів під різними кутами. Такий спосіб посилення був запропонований більш 50 років тому Турківським С.Б. Стрижні, вклеєні під кутом до волокон деревини, залучають до роботи велику частину шарів клеєного елемента, забезпечуючи їх спільну роботу. Цей варіант посилення отримав назву «Система ЦНДИБК» і широко застосовується в проектуванні з'єднань і для підсилення дерев'яних елементів. На його основі запроектовано і побудовано більшість збірних дерев'яних конструкцій в багатьох містах.

Паралельно з армуванням конструкцій похилими стержнями, було вдосконалено і впроваджено в будівельну практику поздовжнє армування конструкцій на етапі їх виготовлення. В цьому напрямку значний внесок був зроблений Щуко В.Ю., а згодом Рощиною С.І. [16]. Суть методу полягає в тому, що на етапі виробництва в дерев'яній конструкції влаштовуються пази, в які потім вклеюються арматурні стержні. В якості арматури використовують сталь або склопластик, частіше перевага віддається сталевим арматурних стрижнів періодичного профілю. Для вклеювання використовують епоксидні клеї з відповідними добавками.

Поздовжнє армування дозволяє підвищити характеристики міцності конструкції, знизити вплив вад, уникнути крихкого руйнування. Експериментальні дослідження показали, що, навіть після руйнування деревини розтягнутої зони, конструкція деякий час здатна нести більше 50% руйнівного навантаження. Слід зазначити, що поздовжнє армування викликає значний перерозподіл дотичних напружень по перерізу дерев'яної конструкції, для сприйняття яких необхідно використовувати похиле армування.

Досвід застосування таких конструкцій має місце в Чехії, США, країнах Скандинавії і багатьох інших. Недоліком даного методу є трудомісткість виготовлення конструкцій, а при посиленні і ремонті існуючих конструкцій

часто вибрати пази під арматуру не представляється можливим через відсутність достатнього доступу до них.

Одним з перспективних способів підвищення несучої здатності і зниження деформативності клеєних дерев'яних конструкцій можна вважати метод пошарового армування [11, 15]. Він полягає в установці в швах клеєного пакета сіток або полотен з високомодульних матеріалів на основі вугле-, скло, арамідоволокна. Ці матеріали стійкі до агресивних дій клеїв і навколишнього середовища, що повністю виключає їх руйнування від корозії.

Таким чином, найбільш ефективно посилення дерев'яних конструкцій пов'язано з їх армуванням і орієнтоване, в основному, на застосування на етапі виготовлення конструкції.

Залишається актуальним питання посилення існуючих дерев'яних конструкцій при реконструкції або відновлення, або при необхідності збільшення несучої здатності конструктивних елементів експлуатованих будівель. Завдання ускладнюються, коли конструкції будівлі відносяться до об'єктів культурної спадщини. Обов'язкова умова при цьому – максимально можлива збереження існуючих конструкцій, їх зовнішнього вигляду.

Стримуючим фактором розширення підсилення полімерними композитами можна вважати відсутність нормативної бази та спеціальних посібників з проектування, а також недостатній обсяг досліджень в цьому напрямку.

Дослідження полімерних композитів почалося по завершенню Другої світової війни. На початкових етапах розвитку цей матеріал використовували виключно у військовій і космічній галузях. За рахунок легкості і стійкості до динамічних впливів полімерні композити широко використовують в сучасному літакобудуванні. В даний час переваги композитів також сприяють їх поширенню і в автомобільній промисловості.

У будівельній галузі полімерні композити були вперше запропоновані до застосування в мостобудуванні в США (1960 р.) [1]. Передбачалося використовувати склопластикову арматуру, щоб уникнути руйнування

конструкцій через корозію сталевих стрижнів внаслідок впливу реагентів і високої вологості. Однак від застосування полімерних композитів вирішено було відмовитися, а сталеву арматуру продовжили застосовувати, попередньо захистивши її епоксидною смолою [1]. Застосування полімерних композитів в якості армуючого матеріалу було відновлено в 1983 р., Оскільки захист епоксидною смолою сталевих стрижнів виявилася малоефективною. До 2000 року на території США налічувалося 31 споруда, де застосовували склопластикову арматуру. В основному це були автодорожні мости і естакади.

В області армування дерев'яних конструкцій полімерними композитами найбільш істотний результат був отриманий в Швейцарії та Італії. У Швейцарії в 1992 р. були посилені дерев'яні балки критого моста, побудованого в 1807 р. (Рис. 5). Після проведення робіт з посилення на балках були встановлені датчики, за допомогою яких до 2006р. проводилися контрольні вимірювання. За результатами спостережень був зроблений висновок про те, що спільна робота деревини і композиту на не порушилася [10]. Значне поширення в будівництві полімерні композитні матеріали отримали в Канаді і Японії. Застосування композитів в цих країнах супроводжується глибокими дослідженнями і розробкою нормативних матеріалів у всіх сферах будівельної галузі [10].

З вищесказаного випливає, що полімерні композитні матеріали успішно застосовують для підсилення будівельних конструкцій. Досвід показує, що спільно з деревиною найбільш ефективно композити працюють при посиленні елементів, що зазнають згин.



Рис. 5. Дерев'яний міст Капельбрюкке в Люцерні, Швейцарія

Предметом цієї роботи є дослідження напружено-деформованого стану (НДС) дерев'яних конструкцій, що зазнають згин, посилені армуванням склотканиною.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СИНТЕТИЧНИХ ТКАНИННИХ МАТЕРІАЛІВ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН КЛЕСНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК

Деревина є анізотропним матеріалом, її механічні властивості значно змінюються в залежності від кута нахилу до волокон. Для зручності розрахунку конструкцій, приймається допущення про ортогональну анізотропію деревини – ортотропність. Це прийнято в якості спрощеної розрахункової схеми і засновано на гіпотезі про наявність трьох площин симетрії в елементарному об'ємі деревини, перпендикулярних тангенціальному, трансверсальному і радіальному напрямкам волокон і докладно описано в працях Ашкеназі Є.К, Глухих В.Н. і Черних А.Г.

Деревині, як конструкційному матеріалу, властиво змінювати свій напружено-деформований стан з плином часу при постійному навантаженні. У деревині розрізняють миттєві і в'язкі деформації [13]. Якщо миттєві деформації відбуваються в момент прикладання навантаження, то в'язкі розвиваються під дією навантаження. До певного рівня напружень деревина працює, як пружний матеріал, при перевищенні цієї величини в деревині починають розвиватися пластичні деформації, які при досягненні граничного значення призводять до руйнування конструкції. Для деревини, як і для залізобетону, характерний ефект релаксації - перерозподіл напружень в конструкції з плином часу при постійному навантаженні [13].

Існуючі методи розрахунку дозволяють з достатньою точністю визначати несучу здатність і жорсткість армованих дерев'яних конструкцій на всіх стадіях їх роботи. Стадії напружено-деформованого стану таких конструкцій при згині показані на Рис. 6 і, хоча розрахунок таких конструкцій ведеться з урахуванням тільки пружної роботи деревини і армуючого компонента, стадії роботи деревини включають в себе також пружно-пластичну стадію і стадію руйнування. На першій стадії роботи конструкції (Рис. 6, а) відносні деформації деревини і арматури не перевищують граничних значень пружних деформацій $\varepsilon_d(\varepsilon_k) \leq \varepsilon_{гр}$. Слід зазначити, що з ростом навантаження лінійна залежність між деформаціями і напруженнями в деревині кілька порушується, особливо це характерно при стисканні (Рис. 7), тому перша стадія НДС розглядається як умовно-пружна. На Рис. 7 зображені діаграми роботи деревини при розтягу і стисненні, де по осі ординат вказані частки від руйнівного напруження (φ_t, φ_c), а по осі абсцис – відповідні їм відносні деформації (ε).

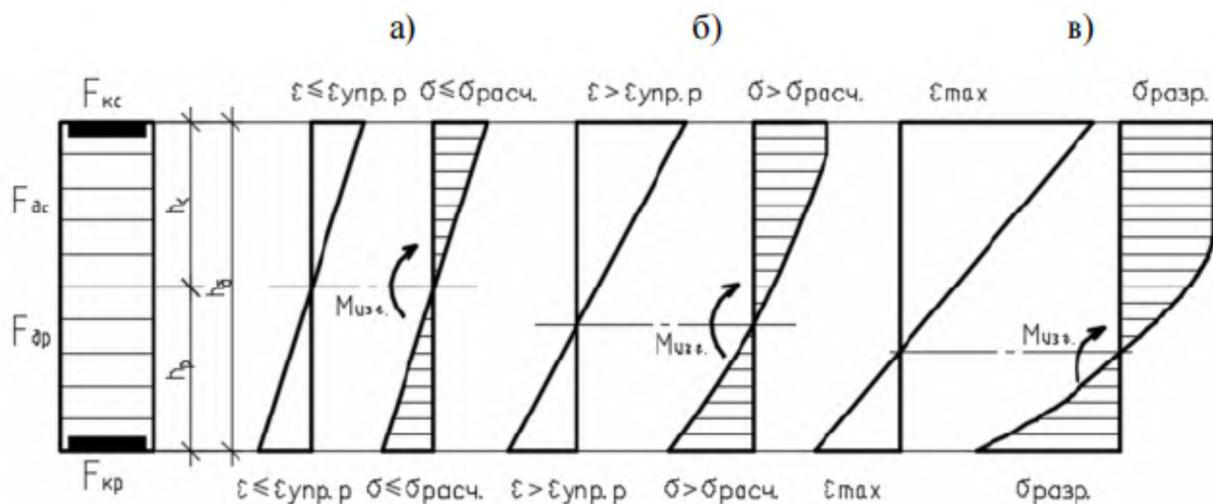


Рис. 6. Стадії НДС армованих дерев'яних конструкцій при згині.

а – пружна стадія; пружно-пластична стадія; в – стадія руйнування

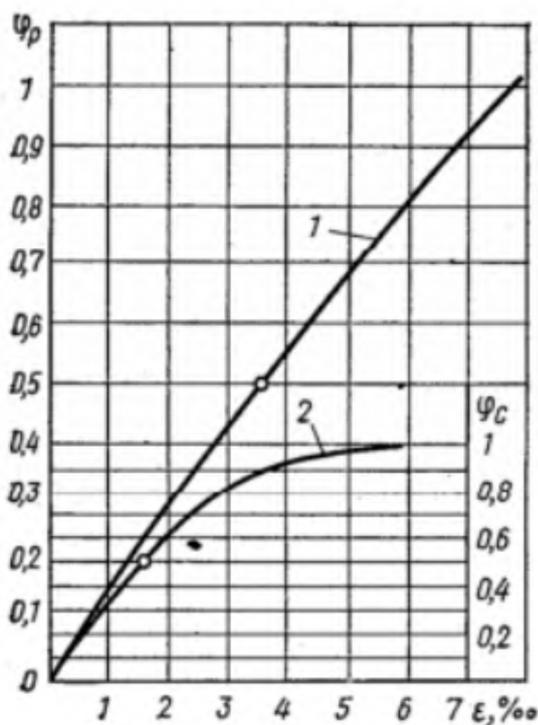


Рис. 7. Діаграма роботи деревини на розтяг і стиснення.

При пружно-пластичній роботі проявляються істотні пластичні деформації в стислій зоні балки, пластична зона від краю зміщується до середини перерізу. Це в свою чергу сприяє перерозподілу зусиль в балці і зміщення нейтральної лінії до розтягнутих волокон. Деформації розтягнутої зони зростають до межі пропорційності.

На стадії руйнування відзначається істотне зростання деформацій при незначному збільшенні навантаження. Конструкція руйнується від розриву розтягнутих волокон. Необхідно відзначити, що в балках з великою висотою поперечного перерізу, при відсутності заходів підвищення зсувної міцності, підвищується ризик руйнування балки від сколювання ще до досягнення пружно-пластичної стадії роботи.

На Рис. 8 зображені діаграми робіт стали і армуючих волокон полімерних композитів, які використовуються для підсилення дерев'яних конструкцій.

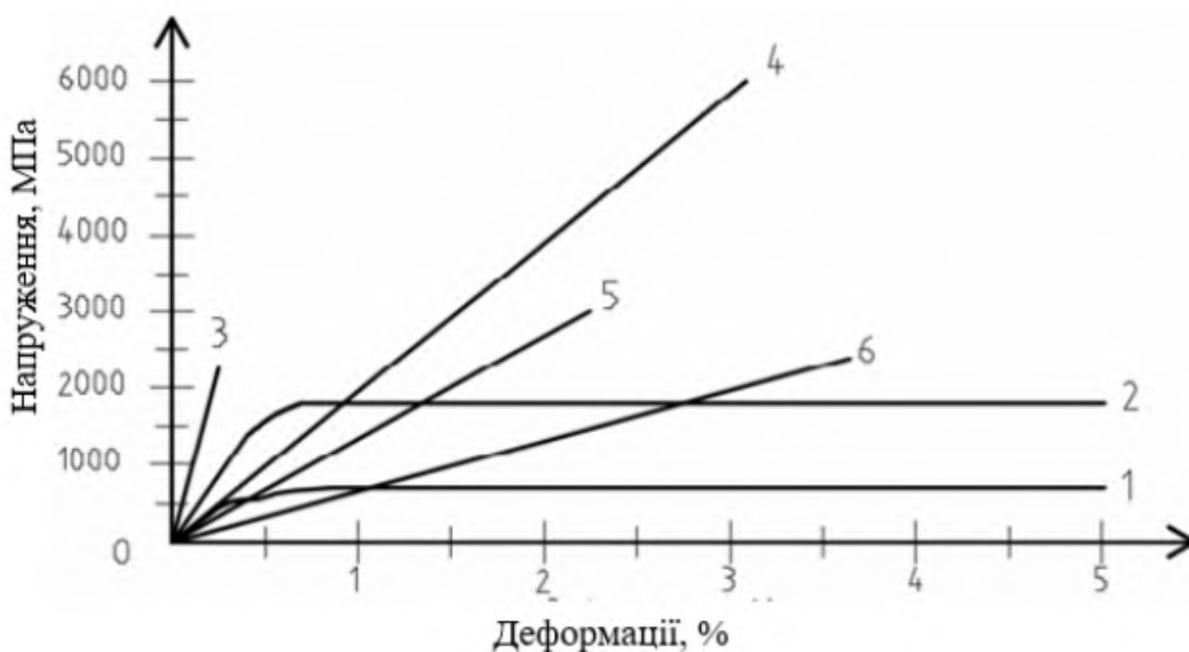


Рис. 8. Діаграма роботи армуючих матеріалів.

1 – сталь звичайна; 2- високоміцна сталь; 3 – НМ вуглеволокно;
4- HS вуглеволокно; 5 – арамідоволокно; 6 – E скловолокно

Міцність волокон істотно перевершує міцність як звичайної, так і високоміцної сталі. З діаграми на Рис. 8 також видно, що у армуючих волокон відсутня стадія плинності і протягом всього періоду навантаження зберігається лінійна залежність між напруженнями і деформаціями.

Для проектування армування конструкції використовують приведені геометричні характеристики перерізу, які приводять до найбільш напруженого

матеріалу конструкції – деревині, через коефіцієнт приведення. Розрахунок таких конструкцій ведуть за двома групами граничних станів. Приведені характеристики підсиленого перерізу слід визначати в наведеній нижче послідовності.

Визначаємо коефіцієнт приведення n :

$$n = \frac{E_k}{E_d} \quad (1)$$

де E_k – модуль пружності полімерного композиту;

E_d – модуль пружності деревини

Визначається площа приведеного перерізу A_r :

$$A_r = A_d + n \cdot \sum_{i=1}^m A_{ki} \quad (2)$$

де A_d – площа поперечного перерізу дерев'яного елемента;

A_{ki} – площа поперечного перерізу полімерного композиту;

m – кількість елементів із полімерного композиту, прийняте для підсилення.

Призначається грань перерізу, відносно якої буде обчислюватися приведений статичний момент інерції підсиленого перерізу S_r^0 . Рекомендується обчислювати його відносно нижньої грані перерізу, як показано на Рис. 9. В загальному випадку приведений статичний момент інерції визначається за формулою:

$$S_r^0 = A_d \cdot h_d + n \cdot \sum_{i=1}^m A_{ki} \cdot h_i \quad (3)$$

де h_d – відстань від обраної грані перерізу до центра ваги перерізу дерев'яного елемента;

h_i – відстань від обраної грані перерізу до центра ваги перерізу полімерного композиту.

Відстань y_0 від обраної грані до нейтральної осі підсиленого перерізу визначається за формулою (4).

$$y_0 = \frac{S_r^0}{A_r} \quad (4)$$

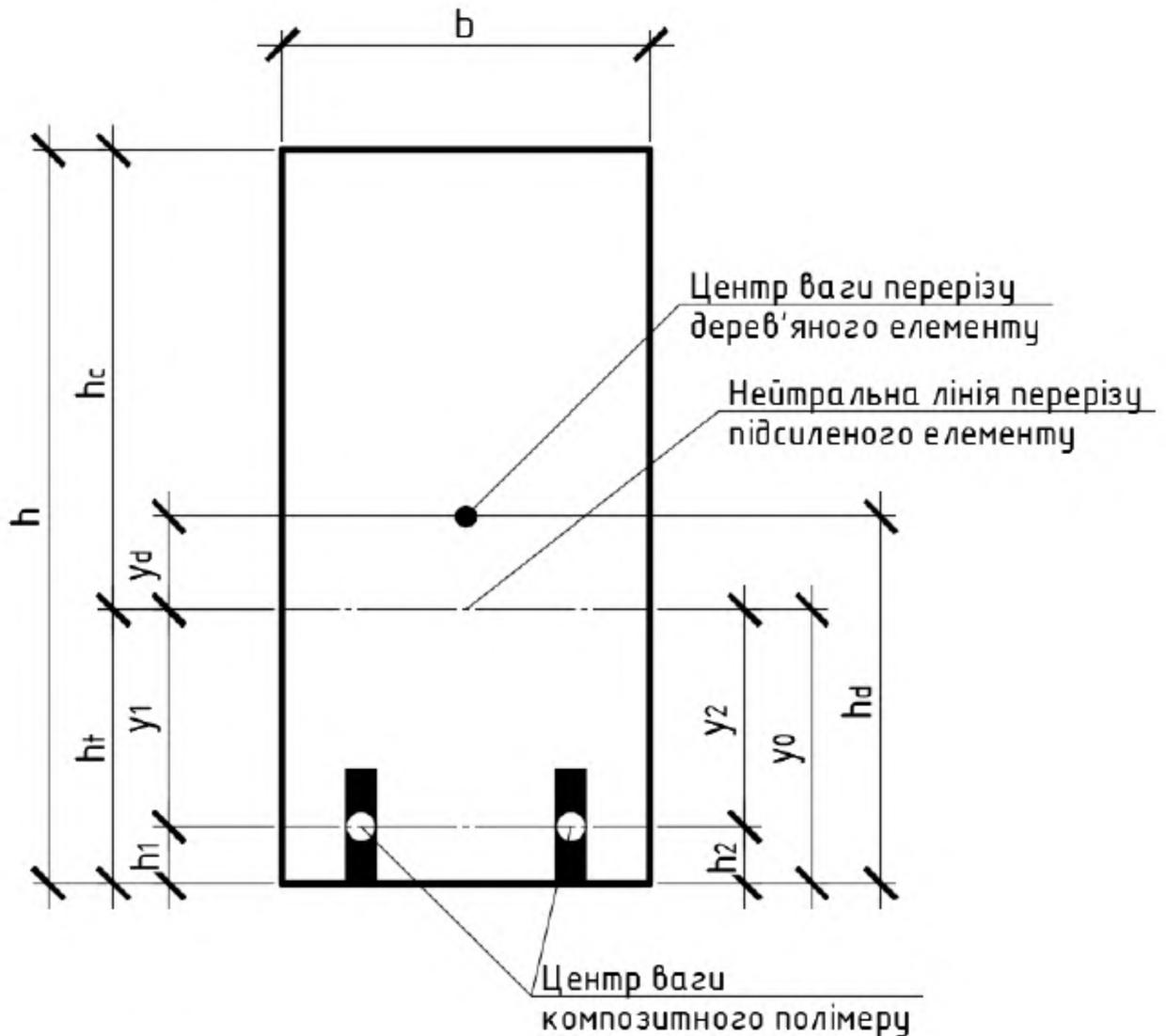


Рис. 9. Схема визначення основних параметрів для визначення приведених геометричних характеристик підсиленого перерізу.

Момент інерції приведенного перерізу I_r в загальному вигляді має вигляд:

$$I_r = I_d + n \cdot \sum_{i=1}^m I_{ki} \quad (5)$$

де I_d – момент інерції дерев'яного перерізу (6) відносно нейтральної осі перерізу;

I_{ki} – момент інерції перерізу полімерного композиту (7) відносно нейтральної осі перерізу.

$$I_d = I_{d0} + A_d \cdot y_d^2 \quad (6)$$

де I_{d0} – момент інерції дерев'яного перерізу відносно особистого центру ваги;

y_d – відстань від особистого центра ваги дерев'яного перерізу до нейтральної осі підсиленого перерізу.

$$I_{ki} = I_{k0i} + A_{ki} \cdot y_i^2 \quad (7)$$

де I_{k0i} – момент інерції перерізу полімерного композиту відносно особистого центру ваги;

y_i – відстань від особистого центра ваги перерізу полімерного композиту до нейтральної осі підсиленого перерізу.

Приведений момент опору визначається для стиснутої і розтягнутої зон перерізу за формулами (8) і (9) відповідно.

$$W_r^c = \frac{I_r}{h_c} \quad (8)$$

де h_c – висота стиснутої зони перерізу.

$$W_r^t = \frac{I_r}{h_t} \quad (9)$$

де h_t – висота розтягнутої зони перерізу.

При розрахунку також необхідно враховувати вплив умов експлуатації, які враховуються відповідними коефіцієнтами з діючих будівельних норм, і ряд таких припущень:

- однаковий модуль пружності деревини при стисненні і розтягуванні;
- перерізи конструкції плоскі до деформації залишаються плоскими і після деформації;
- деформації деревини і армуючого матеріалу сумісні і однакові.

Основне завдання підсилення – підвищення несучої здатності і зниження деформативності несучих елементів. Відомо безліч технічних рішень щодо підсилення ДК. Найбільш сучасне і перспективне з них – підсилення ДК поздовжнім армуванням полімерними композитами. Висока

вартість композитів компенсується їх достатньою ефективністю і іншими перевагами. Часто даний метод є єдиною можливістю для збереження вихідних конструкцій, їх первісного вигляду в будівлях, що представляють культурну та історичну цінність.

Після вибору схеми підсилення і обчислення приведених геометричних характеристик розрахунок підсиленої конструкції ведуть по всіх можливих видах руйнування. Необхідно відзначити, що підсилення полімерним композитом конструкцій, що зазнають згин, які перебувають під впливом деяких навантажень, буде ефективним лише для подальших завантажень, тому для досягнення максимального ефекту від підсилення рекомендується проводити роботи при повному розвантаженні конструкції. Розрахунок підсилення ненавантажених конструкцій, що зазнають згин, за першою групою граничних станів проводиться за формулами (10)-(14).

Перевірка на міцність деревини стиснутої зони елемента, що зазнає згин:

$$\sigma_{m,y,d}^c = \frac{M}{W_r^c} \leq f_{m,y,d} \quad (10)$$

де M – розрахунковий згинальний момент;

$f_{m,y,d}$ – розрахунковий опір деревини згину відносно осі Y .

Перевірка на міцність деревини розтягнутої зони елемента, що зазнає згин:

$$\sigma_{m,y,d}^t = \frac{M}{W_r^t} \leq f_{m,y,d} \quad (11)$$

Перевірка на міцність деревини на дію максимальної поперечної сили:

$$\tau_{d,v} = \frac{Q \cdot S_r}{I_r \cdot b} \leq f_{v,d} \quad (12)$$

де Q – значення поперечної сили;

S_r – приведений статичний момент частини перерізу, що зсувається;

b – розрахункова ширина перерізу дерев'яного елемента;

$f_{v,d}$ – розрахункове значення опору деревини сколюванню.

Перевірка на міцність полімерного композита:

$$\sigma_k = n \cdot \frac{M}{W_r} \leq f_k \quad (13)$$

де f_k – розрахунковий опір полімерного композита розтягу.

Перевірка на міцність по сколювання клейового шва «деревина - полімерний композит»:

$$\tau_{k,v} = \frac{Q \cdot S_r^k}{I_r \cdot b_k} \leq f_{ng,0,d} \quad (14)$$

де S_r^k – приведений статичний момент полімерного композиту відносно нейтральної осі;

b_k – ширина клейового шва «деревина – композит», що сприймає зусилля зсуву;

$f_{ng,0,d}$ – розрахунковий опір деревини місцевому сколюванню вздовж волокон для клейового з'єднання.

Розрахунок за другою групою граничних станів зводиться до обчислення максимальних прогинів w_{fin} конструкції від прикладеного навантаження і порівняння їх з граничними допустимими f_u , які регламентовані будівельними нормами [17].

$$w_{fin} \leq f_u \quad (15)$$

Для визначення ефективності підсилення поздовжнім армуванням був проведений розрахунок вертикальних деформацій дерев'яної балки перекриття прольотом 3,2 м з поперечним перерізом 100×330 мм (для виконання порівняльного аналізу з експериментальними даними і рішеннями за методом скінчених елементів), модулем пружності $E = 10000$ МПа [12] і завантаженої двома зосередженими силами, розташованими на відстані $1/3 l$ від кожної з опор, величиною P , яку будемо змінювати від 0 до 30 кН з кроком 5 кН.

З метою дослідження впливу армування склотканиною визначмо деформації прогинів в середині прольоту балки без підсилення і балок: з армуванням по краях дерев'яної балки (симетрично по 4 шари склотканини по

верхньому і нижньому краю балки) (Рис. 10, а) і пошаровим армуванням склотканинами за виключенням середнього шару (Рис. 10, б). Для армування приймаємо конструкційні склотканини фірми “Krosglass S.A.” виробництва Польща марки STR 022-250 з наступними характеристиками: товщина – 0,3 мм, щільність – 400 г/м², міцності при розтягу – 1600 МПа, модулем пружності при розтягуванні – $E = 65000$ МПа.

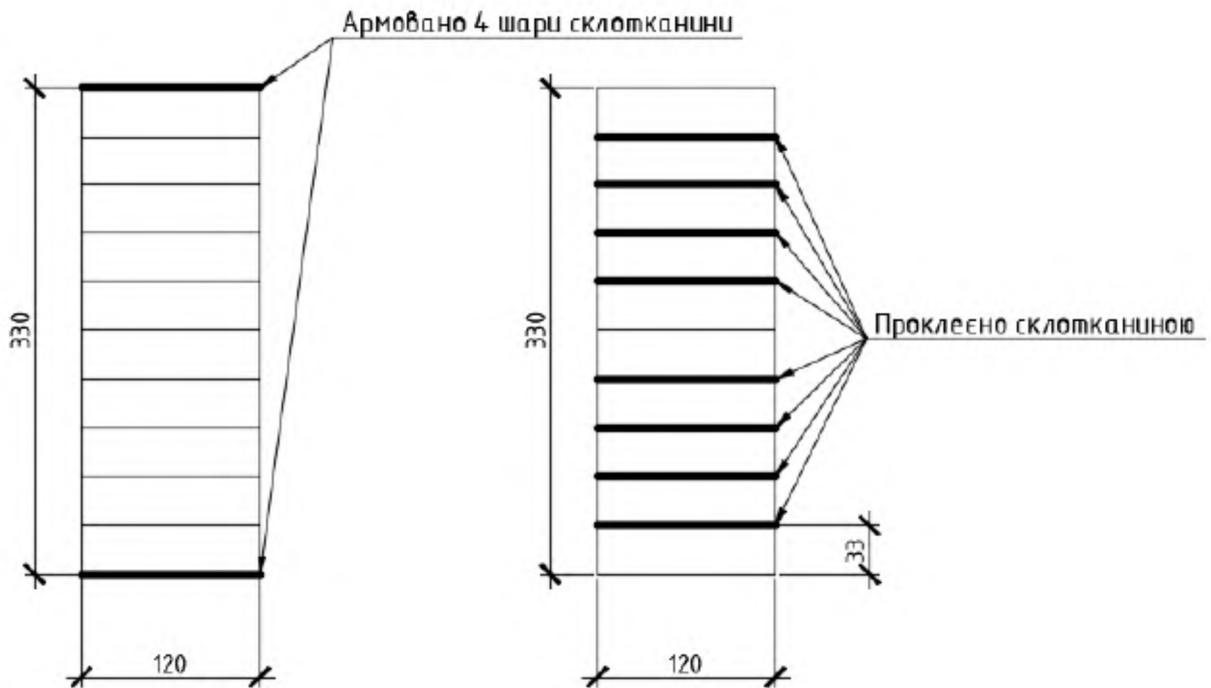


Рис. 10. Поздовжнє армування балки склотканиною.

а – 4 шари склотканини по верхньому і нижньому краю балки;

б – пошарове армуванням склотканинами.

На Рис. 11 наведені графіки залежності прогинів від навантаження для балки без підсилення, для балки, підсиленої з двох боків, і для балки з пошаровим армуванням склотканиною. З графіків випливає, що прогин конструкції, підсиленої в 4 шари склотканини з двох боків дощатоклеєної балки зменшився на 13% в порівнянні з прогином балки без підсилення. При такому самому відсотку армування, балка, з пошаровим підсиленням, показує більший прогин, ніж підсилена в 4 шари склотканини з двох боків. Виходячи з результатів розрахунку, можна зробити висновок: при підсиленні ДК

склотканиною ефективність армування прямо пропорційна відстані армувальної склотканини від центра ваги балки.

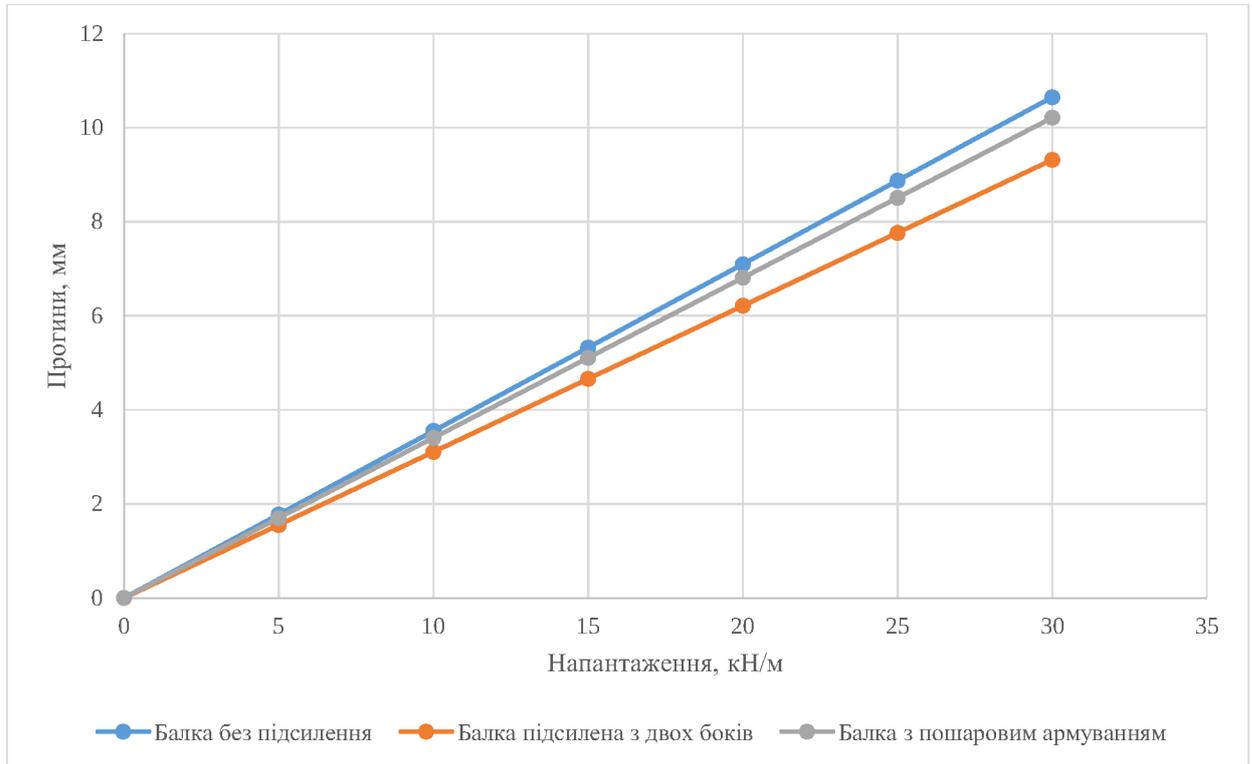


Рис. 11. Порівняльний графік залежності прогинів від навантаження при різних варіантах підсилення.

Моделювання та аналіз роботи конструкції в розрахункових програмних комплексах в більшості випадків дозволяє уникнути численних дорогих випробувань, обмежуючись лише вибірковими випробуваннями оптимізованого об'єкта дослідження.

Числові дослідження в даній роботі виконані в універсальному програмному комплексі Лира-САПР

Мета чисельних досліджень в даній роботі – вивчення напружено-деформованого стану дерев'яних конструкцій при їх спільній роботі зі склотканиною.

На початковому етапі задавалися фізичні характеристики та жорсткість матеріалів з урахуванням їх ортотропності, напрямом головних осей яких показано на Рис. 12. Для деревини характеристики наведені в Таблиця 1 і прийняті згідно з діючими нормами [12]. Відсутні значення коефіцієнта

Пуассона ν_{xy} для деревини прийнятий з наукової роботи Глухих В.Н. і Черних А.Г.. Характеристики для композитних матеріалів, використовуваних в розрахунку, прийняті за діючими нормативами і наведені в Таблиця 2.

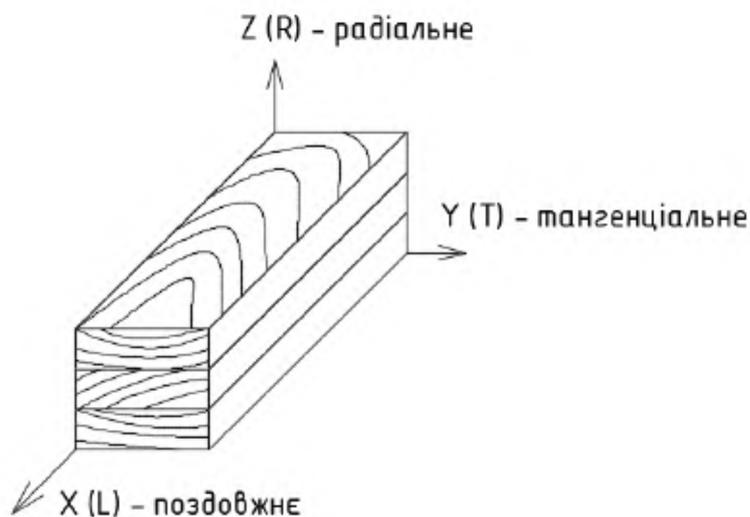


Рис. 12. Напрямок головних осей в дерев'яному елементі.

Таблиця 1. Характеристики деревини, що використовуються при розрахунку.

Назва характеристики	Позначення	Одиниці виміру	Значення
Щільність	ρ	кг/м ³	500
Модуль пружності X	E_x	кН/см ²	1000
Модуль пружності Y	E_y	кН/см ²	400
Модуль пружності Z	E_z	кН/см ²	400
Коефіцієнт Пуассона XY	ν_{xy}	-	0.018
Коефіцієнт Пуассона YZ	ν_{yz}	-	0.3
Коефіцієнт Пуассона XZ	ν_{xz}	-	0.018
Модуль зсуву XY	G_{xy}	кН/см ²	50
Модуль зсуву YZ	G_{yz}	кН/см ²	8
Модуль зсуву XZ	G_{xz}	кН/см ²	50

Таблиця 2. Характеристики склотканини

Назва характеристики	Позначення	Одиниці виміру	Значення
Ламелі із вуглепластику			
Щільність	ρ	кг/м ³	1333
Модуль пружності X	E_x	кН/см ²	6500
Модуль пружності Y	E_y	кН/см ²	6500
Модуль пружності Z	E_z	кН/см ²	6500
Коефіцієнт Пуассона XY	ν_{xy}	-	0,24
Коефіцієнт Пуассона YZ	ν_{yz}	-	0,4
Коефіцієнт Пуассона XZ	ν_{xz}	-	0,24
Модуль зсуву XY	G_{xy}	кН/см ²	2620
Модуль зсуву YZ	G_{yz}	кН/см ²	2320
Модуль зсуву XZ	G_{xz}	кН/см ²	2620

Досліджувані моделі прийняті розмірами 120×330×3300 мм

Моделювання конструкції виконуємо об'ємними скінченими елементами. Розмір елемента приймемо 10×10×10 мм. Жорсткість об'ємних елементів задаємо з урахуванням ортотропії матеріалу різним в трьох напрямках дії зусиль. Завантажимо двома зосередженими силами на відстані $1/3 l$ від опори. Навантаження прикладаємо у вузлах елемента. Інтенсивність навантаження повинна бути еквівалентною прикладеній зосередженій силі. Оскільки ширина балки прийнята 120 мм, а відстань між вузлами 10 мм, то по ширині балки розташовано 13 вузлів, однак на крайні вузли прикладається зусилля в 2 рази менше ніж в середні, в такому випадку зусилля у вузлі, еквівалентне прикладеному навантаженню наведено в Таблиця 3. Схема прикладення навантаження наведена на Рис. 13.

Таблиця 3. Навантаження на розрахункову схему.

Навантаження на балку	Зусилля в середньому вузлі	Зусилля в крайньому вузлі
6	0.5	0.25
12	1	0.5
18	1.5	0.75
24	2	1
30	2.5	1.25

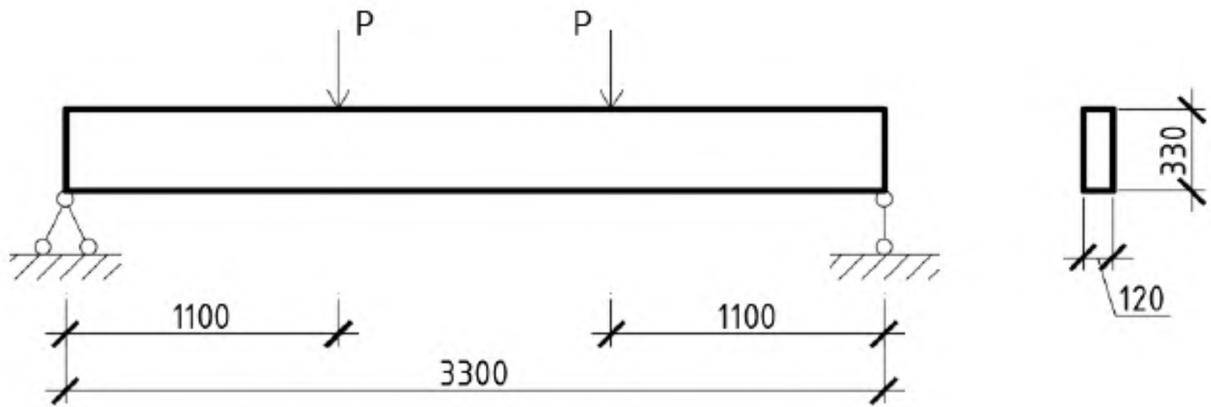
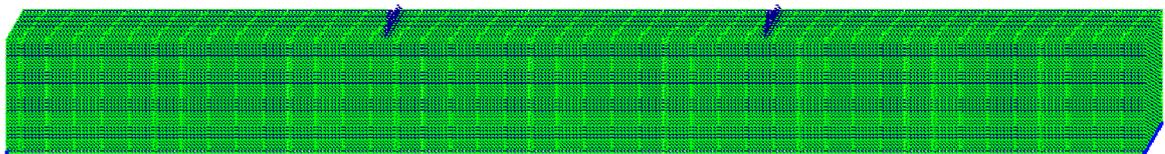


Рис. 13. Схема прикладення навантаження.

Враховуючи вище наведені фактори отримаємо розрахункову схему, наведену на Рис. 14

Завантаження 1



Зу
Зх

Рис. 14. Розрахункова схема шарнірно опертій балки, змодельованої об'ємними скінченими елементами.

За результатами розрахунку отримаємо напруження (Рис. 16) і деформації (Рис. 15) балки, причому розрахунок проведемо для трьох варіантів балки: суцільна балка, симетрично армована балка по гранях балки і пошарово армована балка.

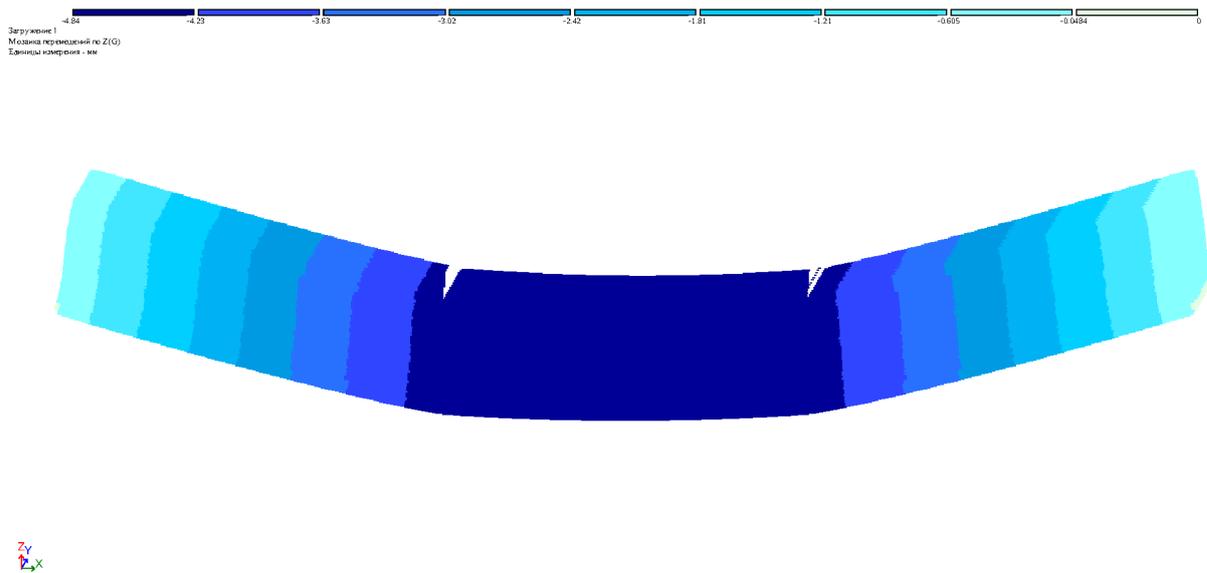


Рис. 15. Деформована схема балки з мозаїкою деформацій.

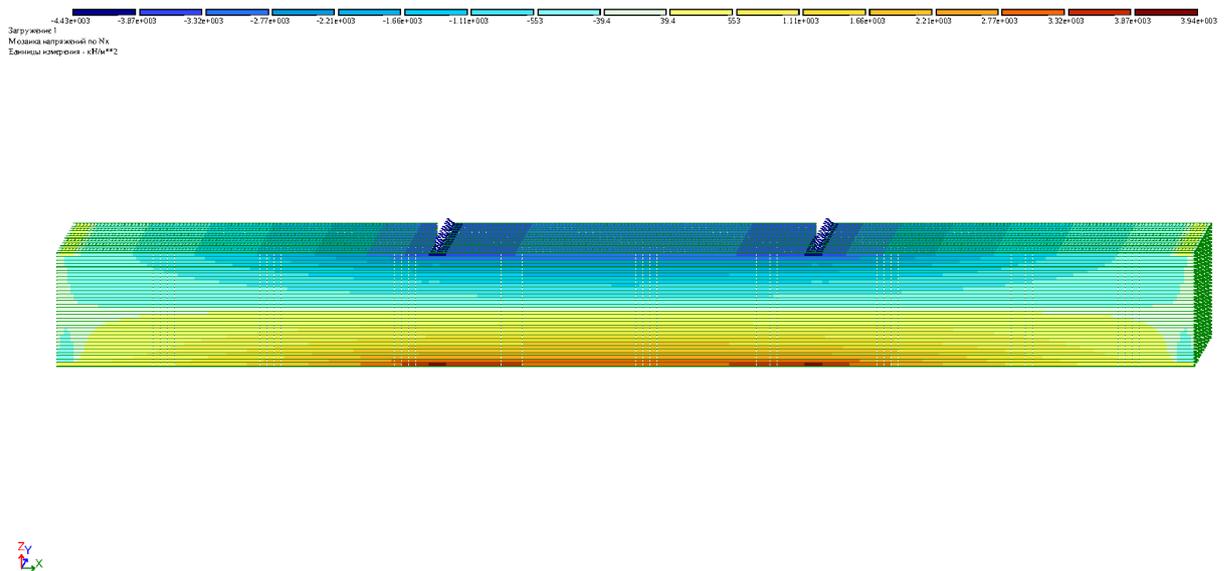


Рис. 16. Ізополя напружень в дерев'яній клеєній балці.

Результати розрахунку для виконання порівняння нанесемо на графік (Рис. 17).

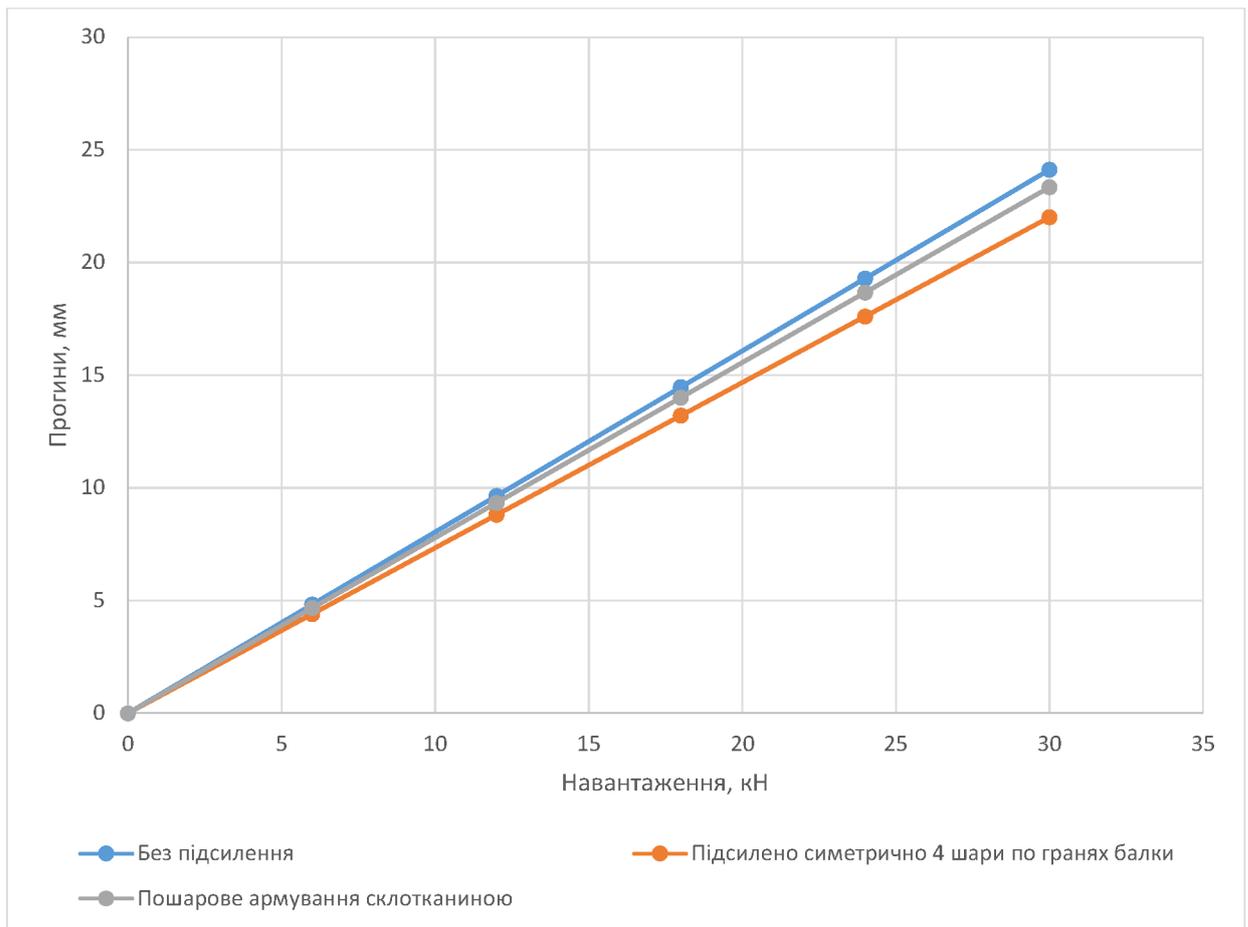


Рис. 17. Графік залежності прогинів від навантаження при розрахунку за методом скінчених елементів.

РОЗДІЛ 4. ВИСНОВКИ

Проведено аналіз та встановлено фізико-механічні характеристики деревини і склотканини, необхідні для завдання в розрахунковій моделі.

Чисельні дослідження посилених ДК підтвердили правильність прийнятих теоретичних передумов. В ході досліджень встановлено, що жорсткість дослідної балки, посиленої по гранях 4-ма шарами склотканини, збільшувалася приблизно на 9-15%, а несуча здатність більш ніж на 20%, а жорсткість балки пошарово армованої склотканиною збільшувалася приблизно на 4-8%, а несуча здатність на 8%.

ЛІТЕРАТУРА

1. ACI 440R-96 State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Plastic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures, Reported by ACI Committee 440, 2006. – 68p.
2. Boeri: «Let's start again from wood» URL: <http://www.abitare.it/en/habitat-en/urban-design-en/2017/03/12/stefano-boeri-amatricewood/>
3. Brandner R. Cross laminated timber (CLT): overview and development / R. Brandner, G. Flatscher, A. Ringhofer, G. Schickhofer, A. Thiel // HOLZ ALS ROHUND WERKSTOFF №3, 2016. – P. 331-351.
4. CNR-DT 201 Guidelines for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures. Timber structures, Advisory Committee on Technical Recommendations for Construction. - Italy, 2005. – 58 p.
5. Gintoff, V. CLT and the future of wood: The timber revolution comes to industrial architecture / V. Gintoff URL: <https://www.archdaily.com/782264/clt-crosslaminated-timber-and-the-future-of-wood-the-timber-revolution-comes-to-industrialarchitecture>
6. Granholm, H. Armerat Tra Reinforced Timber / H. Granholm. Göteborg, 1954. – 98 p.
7. Robarts, S. Largest «mass timber» building in the US opens its doors. URL: <http://newatlas.com/t3-minneapolis-timber-building/46731/>
8. Walford, G.B. Multistorey timber building in UK and Sweden / G.B. Walford // NZ Timber design journal, Issue 2, Volume 10, 2001. – P.6-13.
9. Watts A., Helm L. Cross-laminated timber: the future of building? URL: <http://www.seattlebusinessmag.com/article/cross-laminated-timber-future-building>

10. Апостолова, А.К. Изменение на механичните и деформационни свойства на дървесината чрез приложение на композитни материали: дисертационен труд / Албена Красимилова Апостолова. – София, 2016. – 123с.
11. Горгола, О.М. Изгибаемые деревянные конструкции с послойным усилением высокомолекулярными материалами: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Горгола Ольга Магомедовна. – Одесса, 2006. – 139с.
12. Дерев'яні конструкції. Основні положення. ДБН В.2.6-161:2017. – [Чинний від 2018-02-01]. – К.:Мінрегіон України, 2017 – 111 с.
13. Иванов, В.А. Конструкции из дерева и пластмасс. / В.А. Иванов, В.З. Клименко. – Киев: Вища школа, 1983. – 392с.
14. Найчук, А.Я. Численные исследования прочности деревянных балок со сквозными трещинами, усиленных наклонно вклеенными стержнями / А.Я. Найчук, В.С. Чернолоз, А.Н. Иванюк // Сб. научн. трудов Ресурсосберегающие материалы, конструкции, здания и сооружения вып.16, ч.2, Ровно: НУВХП, 2008. С.278-281.
15. Окунь, И.В. Прочность и деформативность клеодошчатых балочных конструкций с послойным армированием: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Окунь Ирина Викторовна. – Одесса, 2014. – 193с.
16. Рощина, С.И. Восстановление деревянной балки импрегнирование полимерной композицией на основе эпоксидной смолы / С.И. Рощина, М.В. Лукин, А.В. Лукина, М.С. Лисятников // Лесотехнический журнал вып.№3, 2015. – С.183-190.
17. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. – [Чинний від 2007-01-01]. – К.:Мінбуд України, 2006 – 11 с

- 18.Стоянов, В.В. Исследование трехслойных панелей покрытий с обшивками из усиленных плит ЦСП / В.В. Стоянов, Е.В. Масляненко, Р.А. Острый, Ю.В. Купченко // Современные конструкции из металла и древесины: сб. науч. тр. – Одесса, 2006. – С.209-214.
- 19.Стоянов, В.В. Модифицированная древесина в зоне послойного армирования деревянных конструкций / В.В. Стоянов // Совр. строительные конструкции из металла и древесины: сб. науч. трудов. – Одесса: Из-во ОГАСА, 2004. – С. 11-14.

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: ЄФІМЕНКО Євген Станіславович

Співавтор:

Назва: Використання синтетичних тканинних матеріалів для армування дерев'яних елементів

Науковий керівник: Савченко О.С.

Підрозділ: SNAU

Коефіцієнт подібності 1:4.2%

Коефіцієнт подібності 2:2.4%

Мікропробіли: 18

Заміна букв: 0

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2024-12-02 19:22:41.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2024-12-03

Надія Бараннік

Дата

експерт

Міністерство освіти і науки України
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
(м. Харків, Україна)
УНІВЕРСИТЕТ МИКОЛАСА РОМЕРИСА
(м. Вільнюс, Литва)
РИЗЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(м. Рига, Латвія)
УНІВЕРСИТЕТ ФІНАНСІВ І СТРАХУВАННЯ
(м. Софія, Болгарія)
КАЗАХСЬКИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
ІНСТИТУТ ІМЕНІ Л.Б. ГОНЧАРОВА
(м. Алмати, Казахстан)
МІНГЯЧЕВІРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(м. Мінгячевір, Азербайджан)



МАТЕРІАЛИ
XVIII Міжнародної науково-практичної конференції
«ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
ПІДПРИЄМНИЦТВА»

29 листопада 2024 р.

Харків
2024

<i>Редько А.О., Іващенко О.Г., Деділова Т.В.</i> ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕПЛОЇ ПІДЛОГИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОПАЛЕННЯ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ.....	50
<i>Редько А.О., Машиковський Я.О.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВЕНТИЛЯЦІЇ НА МІКРОКЛІМАТ В ПРИМІЩЕННІ: ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПАРАМЕТРИ.....	52
<i>Редько А.О., Остапенко О.А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ.....	53
<i>Редько А.О., Шевченко Ю.В.</i> ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ ВИКОРИСТАННЯ ШЛАКОВИХ ЗАПОВНЮВАЧІВ У БУДІВНИЦТВІ.....	54
<i>Роговий С.І., Коблюк В.М.</i> ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ: ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АСПЕКТ.....	55
<i>Савченко О.С., Савченко Л.Г.</i> ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ КРОКВЯНОЇ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ ЇЇ ПРОСТОРОВОЇ РОБОТИ.....	56
<i>Савченко О.С., Савченко Л.Г., Артамошина Н.М.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗБІРНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО НАСТИЛУ З РЕБРИСТИХ ПЛИТ НА РОБОТУ ГРАТЧАСТИХ ДВОСХИЛИХ БАЛОК ЗА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ.....	58
<i>Савченко О.С., Савченко Л.Г., Єфіменко Є.С.</i> ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИЧНИХ ТКАНИННИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АРМУВАННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	60
<i>Савченко О.С., Савченко Л.Г., Колодненко В.М.</i> ПОСИЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОКРИТТЯ ПАРКІНГУ БУДІВЛІ НА ВУЛ. ВАСИЛЯ СТУСА, 35-37 В СВЯТОШИНСЬКОМУ РАЙОНІ М. КИЄВА (ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ).....	62
<i>Сопов В.П., Бесараб С.Ю.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ УТЕПЛЮВАЧІВ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ: ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АСПЕКТ.....	64
<i>Сопов В.П., Сопін С.Ю., Деділова Т.В.</i> ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	65
<i>Сопов В.П., Сотник І.</i> ОСОБЛИВОСТІ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ В М. ОХТИРКА.....	66
<i>Сопов В.П., Тимчук А.О., Деділова Т.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТИ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ НА ОПАЛЕННЯ.....	68
<i>Сопов В.П., Токар Д.А.</i> ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	69
<i>Сопов В.П., Фесенко Є.О.</i> ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ НА ПРИКЛАДІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ.....	70

Розглянемо для прикладу двосхилу гратчасту залізобетонну балку покриття. У відповідності до серії 1.462.1-3/89, за якою підбирають і виготовляють зазначену конструкцію, витрати попередньо напруженої арматури в залежності від класу навантаження коливається для балок прольотом 12 м в межах 53,2 до 215,5 кг на одну балку, а для балок прольотом 18 м – від 140 до 536,4 кг на одну балку, при цьому клас бетону для виготовлення таких балок також буде коліватися в межах від С20/25 до С40/50.

Методика розрахунку таких балок у відповідності до діючих нормативних документів полягає у визначенні навантажень на конструкцію, наступному визначенні внутрішніх зусиль, що виникають в конструкції і наступному підборі необхідного класу бетону і необхідній кількості арматури. При цьому сама конструкція розглядається як окрема, шарнірно обперта.

В реальних умовах же плити перекриття, що спираються на залізобетонну балку впливають на зусилля, що виникають в ній. Чисельному дослідженню цього впливу і присвячена сама робота.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИЧНИХ ТКАНИННИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АРМУВАННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Савченко О.С., к.т.н., доцент

Савченко Л.Г., ст. викладач

Єфіменко Є.С., студент групи ЗПЦБ 2301м

Сумський національний аграрний університет

XXI столітті все більшу популярність набирає будівництво з деревини. Деревина – унікальний поновлюваний природний ресурс, який людство використало з найдавніших часів, проте, в період активної індустріалізації, деревина, як основний матеріал несучих конструкцій, пішла на другий план, поступившись першим місцем важким металевим і залізобетонним конструкціям. У наші дні, коли питання екології та енергоефективності відіграють вирішальну роль, будівництво із застосуванням даного природного матеріалу стає все більш актуальною, а висока стійкість конструкцій з деревини до впливу хімічно агресивних середовищ робить їх застосування пріоритетним в будівництві комплексів для зберігання різних солей і мінеральних добрив, аквапарків, басейнів, прибережних морських споруд.

Поряд з конструкціями з цільної деревини, широкого поширення набули конструкції з клеєної деревини, дерев'яні панелі з перехресним розташуванням шарів (CLT, МНМ), панелі з каркасом з деревини та багато композитні матеріали і конструкції, де деревина є основним компонентом.

Вітчизняний і зарубіжний досвід підтверджує необмежені можливості використання деревини в якості основного матеріалу для несучих конструкцій. У багатьох розвинених країнах з деревини зводяться багатопверхові житлові будинки і великопрогонові будівлі і споруди будь-якої форми і призначення.

Деревину з давніх-давен використовують в якості будівельного матеріалу, традиції будівництва з неї зберігаються і розвиваються в багатьох країнах. В Україні, Росії, Японії, Китаї, країнах Європи зберіглася велика кількість культурних, архітектурних і історичних пам'яток з цього матеріалу. Збереження цієї спадщини є важливим завданням в даний час.

Необхідність в посилення при реконструкції будівель виникає з ряду причин:

- аварійний стан конструкцій;
- зміна призначення споруди;
- збільшення корисних навантажень.

При проектуванні дерев'яних конструкцій часто виникає необхідність посилення балок міжповерхових перекриттів як в сучасних будівлях, так і в будівлях, що представляють історичну і культурну цінність. Одною з основних вимог в таких проектах є максимальне збереження початкового вигляду деревини в інтер'єрі приміщення. При цьому не допускається зміна статичної схеми будівлі.

Поширеним дефектом клеєних конструкцій є порушення вимог технології зрощування ламелей на «зубчастий шип», недотримання яких веде до зниження несучої здатності конструкції в розтягнутих зонах. Випробування елементів КДК з відхиленнями параметрів зрощування, проведені в лабораторії дерев'яних конструкцій ЦНДБК ім. В.А. Кучеренко, показали, що в таких випадках руйнування настає при досягненні навантаження 60-70% від розрахункових значень.

Найпростіші рішення щодо посилення КДК полягали в основному в збільшенні геометричних розмірів поперечного перерізу. Це стосувалося переважно конструкцій з цільної деревини, де з брусів набиралося складене перетин на піддатливих зв'язках. Такі методи використовуються при посиленні балок в малоповерховому будівництві, а також клеєних конструкцій середніх прольотів (6 ... 12) м.

До традиційних способів посилення відноситься посилення дерев'яними накладками, сталевими хомутами і обіймами, протезами системи Дайдбекова С.Д. Ефективним методом підсилення, який широко застосовується в даний час, є посилення шляхом зміни статичної схеми конструкцій. Наприклад, установка затяжок для компенсації розпірних зусиль в арках, перетворення сегментних ферм в тришарнірні арки, установка шпренгелів на балки - все це дозволяє перерозподілити зусилля в конструкції і підвищити її несучу здатність. Недоліками даних методів є трудомісткість робіт, а також зміна зовнішнього вигляду конструкції, збільшення габаритів, що не завжди допускається при проведенні реконструкції об'єктів культурної спадщини. Крім того, в даному випадку неминуче зменшення корисного простору приміщення, що також відноситься до недоліків даного методу.

Одним з перспективних способів підвищення несучої здатності і зниження деформативності клеєних дерев'яних конструкцій можна вважати метод пошарового армування. Він полягає в установці в швах клеєного пакета сіток з

високомодульних матеріалів на основі вугле-, скло-, арамідоволокна. Ці матеріали стійкі до агресивних дій клеїв і навколишнього середовища, що повністю виключає їх руйнування від корозії.

Перевага даного методу полягає в використанні сучасних високоміцних матеріалів, які за своїми характеристиками значно перевершують традиційну сталь. До переваг методу також слід віднести простоту технологічного процесу виробництва клеєних дерев'яних конструкцій. Головний недолік методу – це висока вартість армуючих матеріалів в даний час.

ПОСИЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОКРИТТЯ ПАРКІНГУ БУДІВЛІ НА ВУЛ. ВАСИЛЯ СТУСА, 35-37 В СВЯТОШИНСЬКОМУ РАЙОНІ М. КИЄВА (ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ)

Савченко О.С., к.т.н., доцент

Савченко Л.Г., ст. викладач

Колодненко В.М., студ. гр. ПЦБ 2301-1м

Сумський національний аграрний університет

Реконструкція до сьогодні є однією із найбільш дискусивних тем при прийнятті рішення про подальшу експлуатацію будівлі. При прийнятті рішення необхідно ретельно зважувати усі «за» і «проти». Однак, якщо справа стосується виключно відновлення працездатності одного із конструктивних несучих елементів, то питання вже не є таким протирічним і зазвичай всі рішення, які базуються на обґрунтуванні економічної доцільності, складності технічних рішень і т.п. схиляються у бік реконструкції для подальшої експлуатації будівлі.

В даному конкретному випадку справа стосувалася питання посилення металевих конструкцій покриття паркінгу на вул. Василя Стуса, 35-37 в Святошинському районі м. Києва.

Проект розроблявся на підставі висновків «Обстеження технічного стану металевих конструкцій покриття паркінгу будівлі на вул. Василя Стуса, 35-37 в Святошинському районі м. Києва з визначенням можливості їх подальшої безпечної експлуатації»

Об'єкт являє собою одноповерхову споруду, з габаритними розмірами в плані 37×11,1 м, що одним боком примикає до цокольного поверху шестиповерхової будівлі. З інших боків паркінг огорожений монолітними залізобетонними стінами та має виїзд на поверхню. Перекриття паркінгу використовується як дворова територія будинку переважно для паркування автомобілів. В осях «1» «2» влаштовані сходи.

Основними конструкціями будівлі є сталевий каркас. Каркас складається з: колон, пристінних стійок, головних та другорядних балок.

Фундаменти будівлі не обстежувались. Необхідність їх підсилення ба необхідність підсилення баз колон визначалася при виконанні робіт в ході авторського нагляду.

ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИЧНИХ ТКАНИННИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АРМУВАННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Виконав: гр. ЗПЦБ 2301м Єфіменко Євген Станіславович

Керівник: к.т.н., доцент Савченко Олександр Сергійович

Мета роботи – визначення особливості напружено-деформованого стану дерев'яних елементів, армованих склотканиною.

Задачі дослідження.

Вивчення вітчизняного та зарубіжного досвіду армування дерев'яних елементів, що зазнають згин.

Теоретичне дослідження дерев'яних елементів, що зазнають згин, посилені склотканиною.

Об'єкт дослідження – дерев'яні елементи, що зазнають згин, посилені склотканиною.

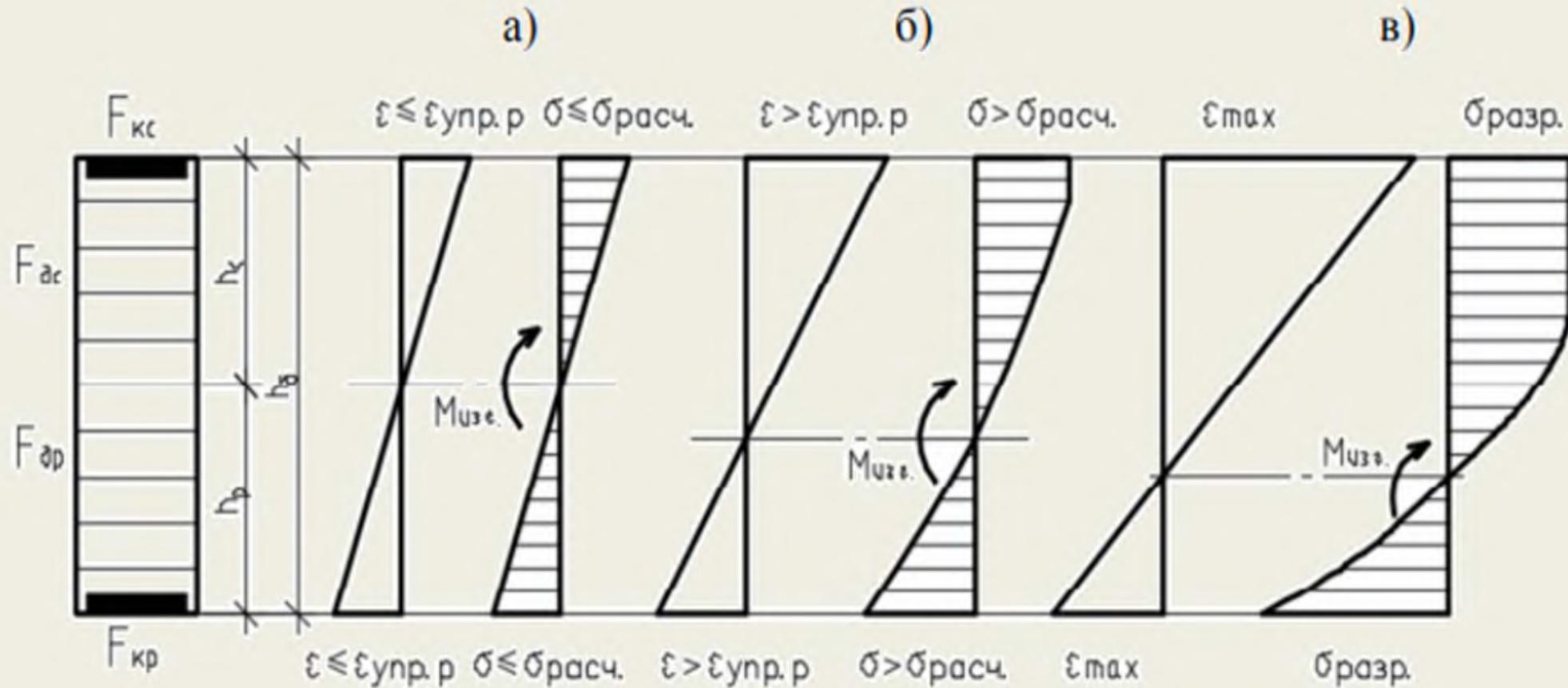
Предмет дослідження – несуча здатність і деформативність дерев'яних елементів, що зазнають згин, з армуванням склотканиною.

Наукову новизну складає:

- оцінка НДС ДК, що зазнають згин, армованих склотканиною, за результатами чисельних досліджень.

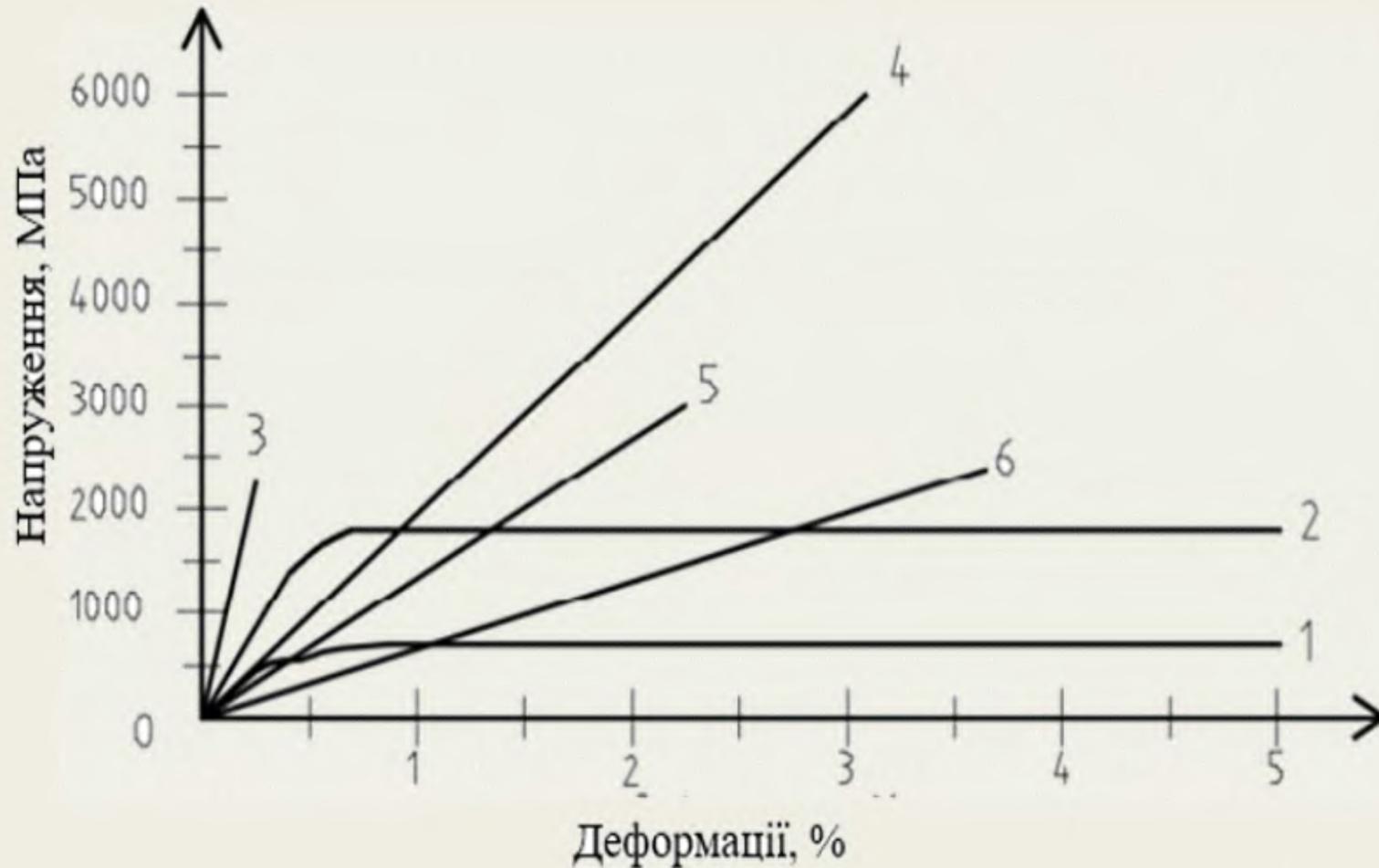
Практична значимість магістерської роботи полягає в тому, що отримані результати дослідження дозволяють отримати уяву про НДС ДК, армованих склотканиною і зробити висновки про можливість її використання при реконструкції або реставрації.

Існуючі методи розрахунку дозволяють з достатньою точністю визначати несучу здатність і жорсткість армованих ДК на всіх стадіях їх роботи. Стадії напружено-деформованого стану таких конструкцій при згині показані на рисунку



а - пружна стадія; б - пружно-пластична стадія; в – стадія руйнування

діаграми робіт стали і армуючих волокон полімерних композитів, які використовуються для підсилення ДК



Міцність волокон істотно перевершує міцність як звичайної, так і високоміцної сталі. З діаграми на рисунку 12 також видно, що у армуючих волокон відсутня стадія плинності і протягом всього періоду навантаження зберігається лінійна залежність між напруженнями і деформаціями.

1 – сталь звичайна; 2- високоміцна сталь; 3 – HM вуглеволокно;

4- HS вуглеволокно; 5 – арамідоволокно; 6 – E скловолокно

Для проектування армування конструкції використовують приведені геометричні характеристики перерізу, які приводять до найбільш напруженого матеріалу конструкції – деревині, через коефіцієнт приведення

коефіцієнт приведення n :

$$n = \frac{E_k}{E_d}$$

де E_k – модуль пружності полімерного композиту;

E_d – модуль пружності деревини

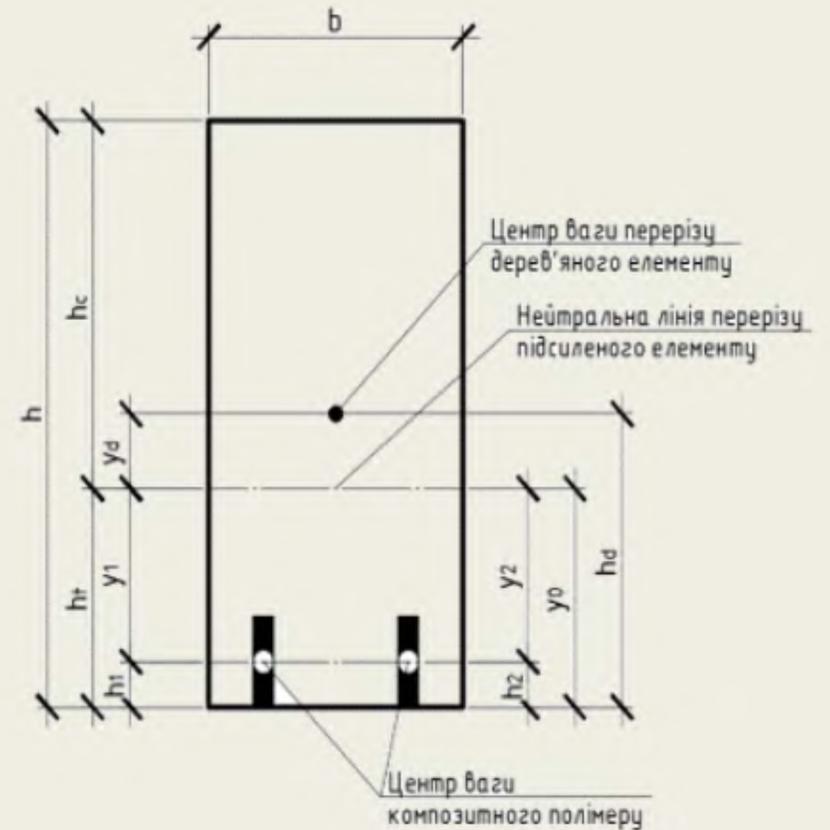
площа приведенного перерізу A_r

$$A_r = A_d + n \cdot \sum_{i=1}^m A_{ki}$$

де A_d – площа поперечного перерізу дерев'яного елемента;

A_{ki} – площа поперечного перерізу полімерного композиту;

m – кількість елементів із полімерного композиту, прийняте для підсилення.



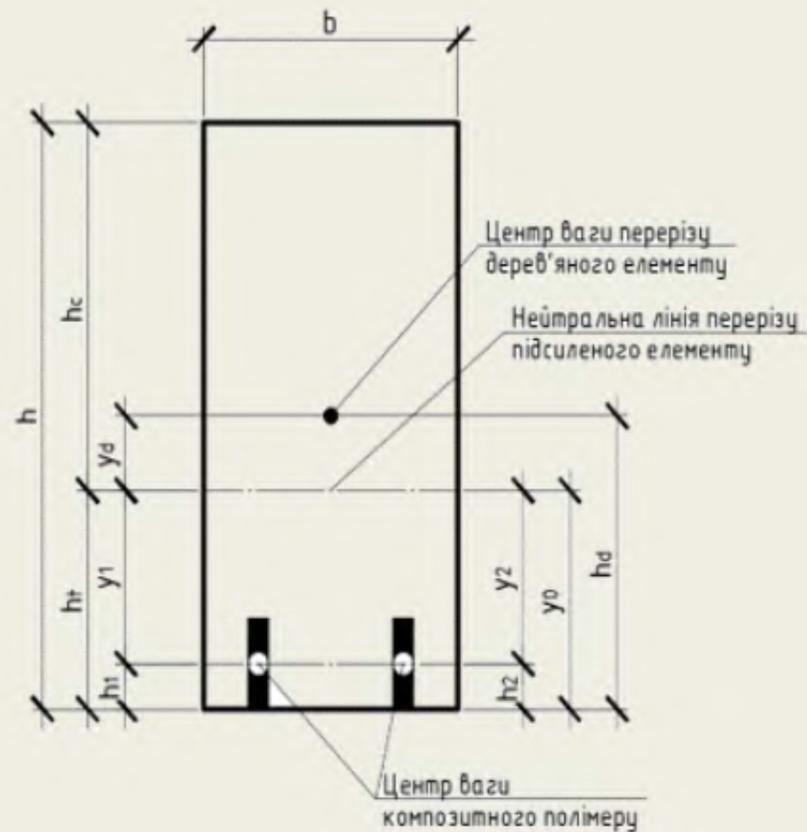
Приведений момент опору визначається для стиснутої і розтягнутої зон перерізу

$$W_r^c = \frac{I_r}{h_c}$$

де h_c – висота стиснутої зони перерізу.

$$W_r^t = \frac{I_r}{h_t}$$

де h_t – висота розтягнутої зони перерізу.



Перевірка на міцність деревини стиснутої зони елемента, що зазнає згин:

$$\sigma_{m,y,d}^c = \frac{M}{W_r^c} \leq f_{m,y,d}$$

де M – розрахунковий згинальний момент;

$f_{m,y,d}$ – розрахунковий опір деревини згину відносно осі Y .

Перевірка на міцність деревини розтягнутої зони елемента, що зазнає згин:

$$\sigma_{m,y,d}^t = \frac{M}{W_r^t} \leq f_{m,y,d}$$

Перевірка на міцність деревини на дію максимальної поперечної сили:

$$\tau_{d,v} = \frac{Q \cdot S_r}{I_r \cdot b} \leq f_{v,d}$$

де Q – значення поперечної сили;

S_r – приведений статичний момент частини перерізу, що зсувається;

b – розрахункова ширина перерізу дерев'яного елемента;

$f_{v,d}$ – розрахункове значення опору деревини сколюванню.

Перевірка на міцність полімерного композита:

$$\sigma_k = n \cdot \frac{M}{W_r} \leq f_k$$

де f_k – розрахунковий опір полімерного композита розтягу.

Перевірка на міцність по сколювання клейового шва «деревина - полімерний композит»:

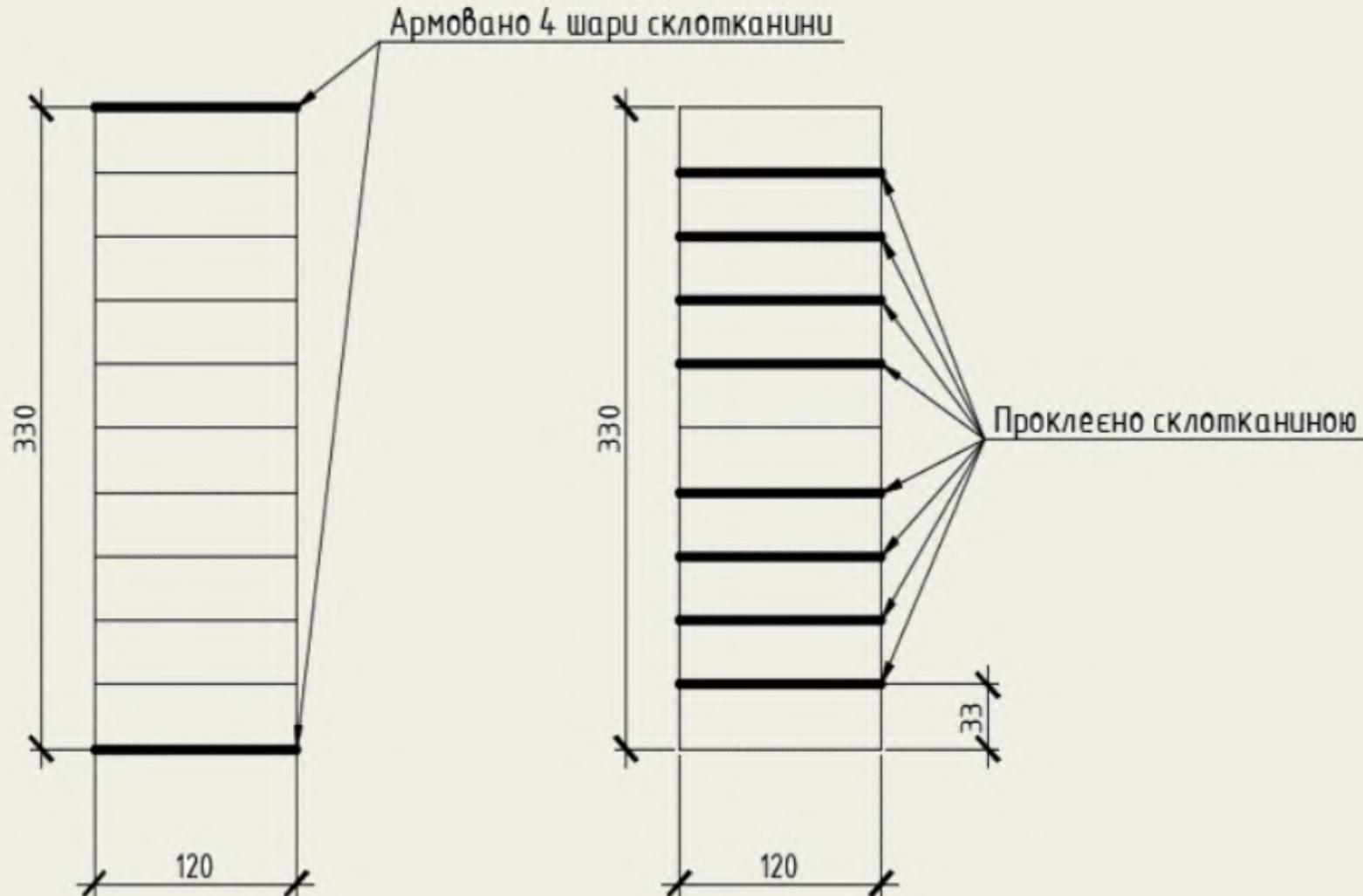
$$\tau_{k,v} = \frac{Q \cdot S_r^k}{I_r \cdot b_k} \leq f_{ng,0,d}$$

де S_r^k – приведений статичний момент полімерного композиту відносно нейтральної осі;

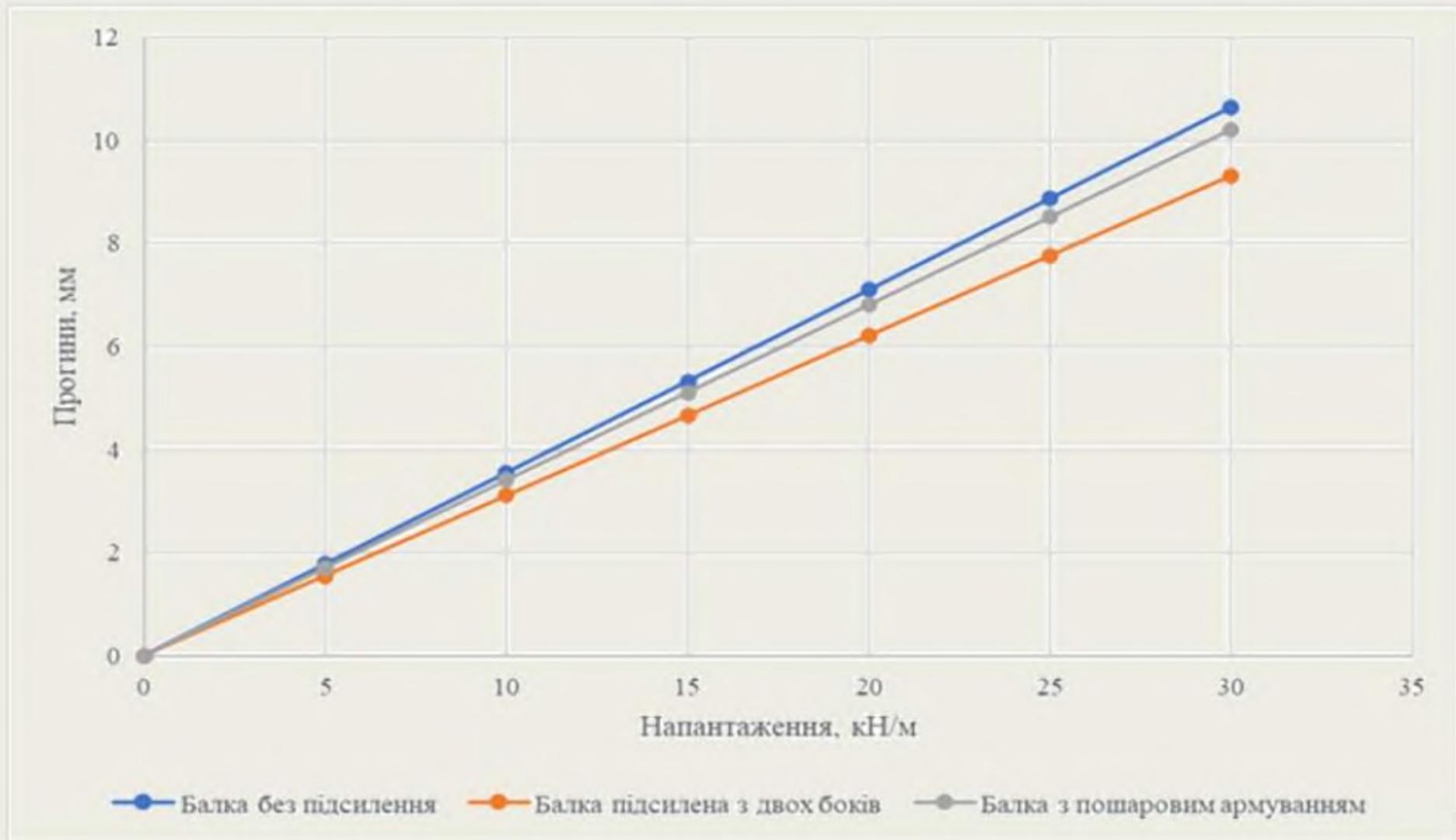
b_k – ширина клейового шва «деревина – композит», що сприймає зусилля зсуву;

$f_{ng,0,d}$ – розрахунковий опір деревини місцевому сколюванню вздовж волокон для клейового з'єднання.

З метою дослідження впливу армування склотканиною визначмо деформації прогинів в середині прольоту балки без підсилення і балок: з армуванням по краях дерев'яної балки (симетрично по 4 шари склотканини по верхньому і нижньому краю балки) і пошаровим армуванням склотканинами за виключенням середнього шару



Порівняльний графік залежності прогинів від навантаження при різних варіантах підсилення при розрахунку за аналітичною методикою



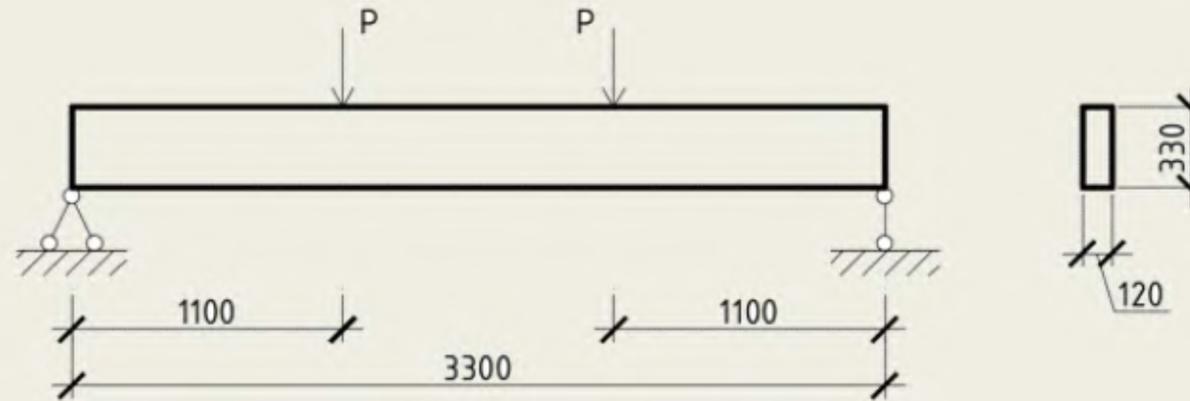
Характеристики деревини, що використовуються при розрахунку за методом скінчених елементів

Назва характеристики	Позначення	Одиниці виміру	Значення
Щільність	ρ	кг/м ³	500
Модуль пружності X	E_x	кН/см ²	1000
Модуль пружності Y	E_y	кН/см ²	400
Модуль пружності Z	E_z	кН/см ²	400
Коефіцієнт Пуассона XY	ν_{xy}	-	0.018
Коефіцієнт Пуассона YZ	ν_{yz}	-	0.3
Коефіцієнт Пуассона XZ	ν_{xz}	-	0.018
Модуль зсуву XY	G_{xy}	кН/см ²	50
Модуль зсуву YZ	G_{yz}	кН/см ²	8
Модуль зсуву XZ	G_{xz}	кН/см ²	50

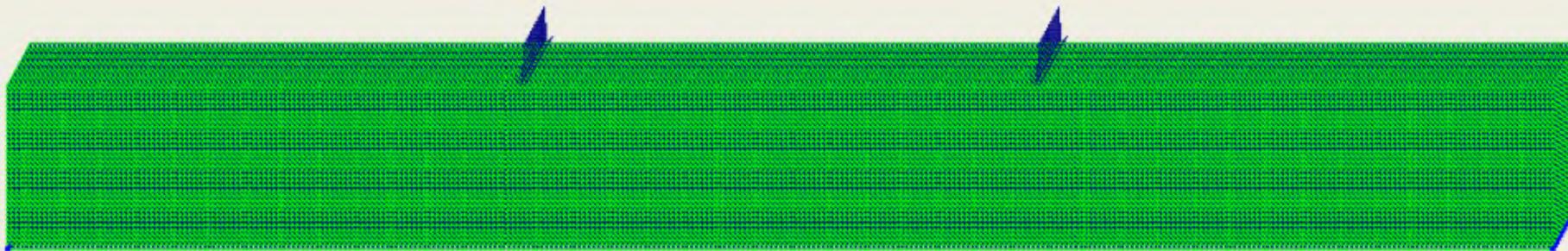
Характеристики склотканини при розрахунку за методом скінчених елементів

Назва характеристики	Позначення	Одиниці виміру	Значення
Ламелі із вуглепластику			
Щільність	ρ	кг/м ³	1333
Модуль пружності X	E_x	кН/см ²	6500
Модуль пружності Y	E_y	кН/см ²	6500
Модуль пружності Z	E_z	кН/см ²	6500
Коефіцієнт Пуассона XY	ν_{xy}	-	0,24
Коефіцієнт Пуассона YZ	ν_{yz}	-	0,4
Коефіцієнт Пуассона XZ	ν_{xz}	-	0,24
Модуль зсуву XY	G_{xy}	кН/см ²	2620
Модуль зсуву YZ	G_{yz}	кН/см ²	2320
Модуль зсуву XZ	G_{xz}	кН/см ²	2620

Схема прикладення навантаження



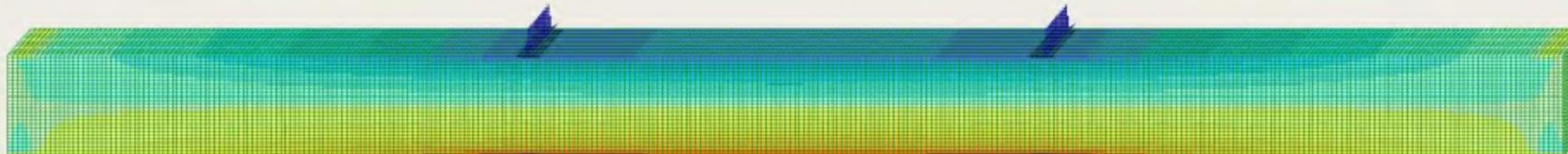
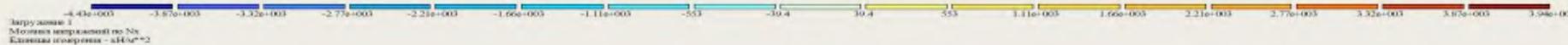
Розрахункова схема шарнірно обпертої балки, змодельованої об'ємними скінченими елементами



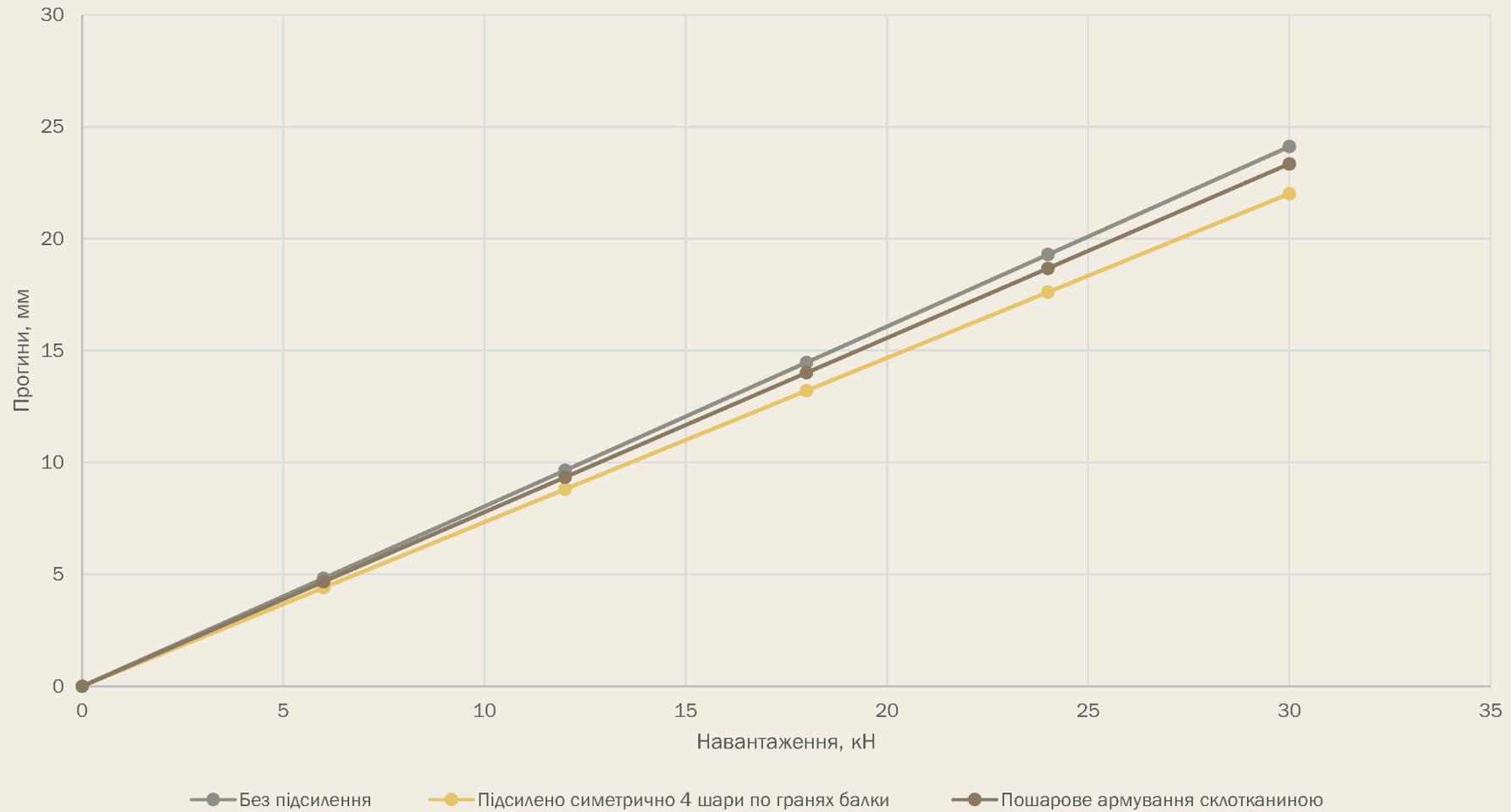
Деформована схема балки з мозаїкою деформацій



Изополя напряжений в дерев'яній клеєній балці



Графік залежності прогинів від навантаження при розрахунку за методом скінчених елементів



Висновки

Проведено аналіз та встановлено фізико-механічні характеристики деревини і склотканини, необхідні для завдання в розрахунковій моделі.

Чисельні дослідження посилених ДК підтвердили правильність прийнятих теоретичних передумов. В ході досліджень встановлено, що жорсткість дослідної балки, посиленої по гранях 4-ма шарами склотканини, збільшувалася приблизно на 9-15%, а несуча здатність більш ніж на 20%, а жорсткість балки пошарово армованої склотканиною збільшувалася приблизно на 4-8%, а несуча здатність на 8%.