

Міністерство освіти і науки України
Національний університет "Львівська політехніка"



СУРМАЙ МИХАЙЛО ІГОРОВИЧ

УДК 624.011.2

**МІЦНІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ДОЩАТОКЛЕСНИХ БАЛОК
АРМОВАНИХ СКЛОПЛАСТИКОВОЮ ТА БАЗАЛЬТОВОЮ
АРМАТУРОЮ**

05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі та споруди

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів - 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті "Львівська політехніка" Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Демчина Богдан Григорович,
Національний університет "Львівська політехніка",
професор кафедри «Будівельні конструкції та мости».

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Фурсов Вадим Вікторович,
Харківський національний університет
будівництва і архітектури,
завідувач кафедри «Металеві та дерев'яні конструкції»;

кандидат технічних наук, доцент
Боднарчук Тарас Богданович,
Львівський національний аграрний університет,
доцент кафедри «Будівельні конструкції».

Захист відбудеться «31» березня 2016 року о 10:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д35.052.17 Національного університету "Львівська політехніка" за адресою: 79013, м. Львів, вул. Карпінського, 6, ауд. 212.

З дисертацією можна ознайомитися у науково-технічній бібліотеці Національного університету "Львівська політехніка" за адресою: 79013, м. Львів, вул. Професорська, 1.

Автореферат розіслано «26» лютого 2016 р.

Учений секретар

спеціалізованої вченої ради Д 35.052.17,

кандидат технічних наук, доцент



П.Ф. Холод

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Склопластикова та базальтопластикова арматура (композитна арматура) появились не так давно, але вже знайшли широкий спектр застосування в будівельній промисловості. Унікальна хімічна стійкість, невіддатливість корозії та важкогорючість збільшують довговічність конструкцій і значно зменшують неоправдані витрати на експлуатацію та потребу в дорогих ремонтах.

Високі темпи та рівень сучасного будівництва пред'являють якісно нові вимоги до будівельних матеріалів та конструкцій. При цьому велика увага приділяється виробництву клеєних дерев'яних конструкцій. Такі конструкції через ряд техніко-економічних показників домінують над металевими та залізобетонними, а саме: мають малу монтажну масу, відносно високу міцність та жорсткість при достатній надійності та довговічності. В цей же час негативні властивості деревини (залежність властивостей від її будови, вад, необхідності застосування якісного пиломатеріалу, зайвої масивності перерізу, повзучості при довготривалому навантаженні та ін.) обмежують область застосування і погіршують показники дерев'яних конструкцій.

Один із шляхів усунення вказаних недоліків та підвищення техніко-економічної ефективності є армування перерізів клеєних дерев'яних конструкцій і елементів сталевую або композитною арматурою. Це дозволяє суттєво скоротити витрати деревини, зменшити монтажну масу, підвищити якість та надійність дерев'яних конструкцій, що працюють в основному на згин та стиск зі згином.

Висока міцність композитної арматури при невеликій питомій вазі, неохильність до корозії, унікальна хімічна стійкість є основними її перевагами над сталевую. Саме тому виникла ідея армувати дерев'яні конструкції базальтопластиковою та склопластиковою арматурою.

На сьогоднішній день армування дерев'яних елементів сталевую арматурою є ґрунтовно дослідженим і широко використовується при виробництві дерев'яних конструкцій. Є розроблені методи їх розрахунку. Проте питання використання композитної арматури залишається недослідженим. Тому дослідження роботи композитної арматури в дерев'яних конструкціях є актуальним і потребує спеціальних досліджень. Робота направлена на вирішення сформульованого вище питання, чим і визначається її актуальність.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертаційної роботи є складовою частиною науково-дослідних робіт кафедри „Мости та будівельна механіка”, таких як розроблення та вдосконалення методів розрахунку конструкцій мостів, будівель та споруд та енергоощадні технології у будівництві, а також науково технічних досліджень лабораторії НДЛ-23 по госпдоговірних темах № 1645, 1986, 030.

Мета роботи. Мета дисертаційної роботи полягає в оцінюванні роботи дощатоклеєних дерев'яних балок, армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою та розробки рекомендацій з їх проектування.

Завдання дослідження:

– розробити методику та виконати експериментальні дослідження з вивчення спільної роботи арматури з дощатоклеєною деревиною за рахунок епоксидного клею;

- розробити методику дослідження фізико-механічних характеристик композитної арматури;
- розробити методику визначення фізико-механічних властивостей деревини неруйнівним методом;
- розробити методику та виконати експериментальні дослідження міцності та деформативності дощатоклеєних балок армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою;
- розробити практичні рекомендації щодо виготовлення і розрахунку міцності та деформативності дощатоклеєних балок армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою.

Об'єкт дослідження – згинані дощатоклеєні балки армовані склопластиковою та базальтопластиковою арматурою в розтягнутій зоні.

Предмет дослідження – міцність та деформативність дощатоклеєних балок армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою; міцність зчеплення композитної арматури з деревиною.

Методи дослідження: для вирішення поставлених завдань виконувались експериментальні та теоретичні дослідження міцності та деформативності з використанням розрахунково-теоретичного комплексу «ЛІРА», методи статистичної обробки даних.

Наукова новизна одержаних результатів:

- розроблено методику проведення експериментальних досліджень міцності і деформативності дощатоклеєних балок армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою;
- розроблено методику з визначення зчеплення композитної арматури з деревиною.
- вперше розроблено методику випробування композитної арматури на розтяг з допомогою цангового затискного механізму ЦЗМ-1;
- вперше розроблено методику визначення фізико-механічних властивостей деревини неруйнівним методом за допомогою спеціально сконструйованого пристрою ДБ-1.
- удосконалено методику розрахунку міцності та деформативності дощатоклеєних балок армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою;
- удосконалено методику виготовлення балок армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою.

Практичне значення роботи полягає у розробці рекомендацій з розрахунку міцності та деформативності дощатоклеєних балок армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою і розрахунку зчеплення композитної арматури з деревиною за рахунок епоксидного клею.

Впровадження результатів роботи: Результати дисертації використано для проектування заміни перекриття при реставрації будівлі на пр. Свободи 21 у м. Львові, а також при проектуванні несучих балок прольотом 10 м, дерев'яних балконів церкви свмч. Андрія Іщака парафії Пресвятої Трійці по вул. Садибній 1а у м. Львові.

Особистий внесок здобувача:

- запропоновано та реалізовано методику дослідження міцності зчеплення композитної арматури з дощатоклеєною деревиною;

- розроблено та запатентовано пристрої для анкерування композитної арматури при її випробуванні на розтяг;
- розроблено та запатентовано пристрій ДБ-1 для визначення фізико-механічних властивостей деревини неруйнівним методом;
- розроблено методика та обладнання для експериментальних досліджень міцності та деформативності дощатоклеєних балок армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою;
- досліджено напружено-деформований стан дощатоклеєних балок армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою;
- розроблено рекомендації з проектування дощатоклеєних балок армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації були повідомлені і обговорювалися на всеукраїнській науково-практичній конференції “Сучасні будівельні матеріали і конструкції та інноваційні технології зведення будівель і споруд” (м. Макіївка, 2010р.), шостій всеукраїнській науково-технічній конференції “Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону” (м. Одеса, 2011р.), 15-ому міжнародному симпозиумі «Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини» (м. Одеса, 2011р), на наукових семінарах та конференціях кафедр „Мости та будівельна механіка”, «Будівельні конструкції та мости» та «Опір матеріалів» Національного університету ”Львівська політехніка” у 2010-2015 рр.

Публікації. Основні положення та висновки дисертації викладено у 10 опублікованих працях, у яких повною мірою висвітлені результати дисертаційної роботи, з них 9 публікацій у фахових виданнях України та 1 публікація в науковому періодичному виданні іншої держави. Отримано 6 патентів України на корисні моделі.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та семи додатків. Робота викладена на 185 сторінках, в тому числі містить 148 сторінок основного тексту, з них 31 повна сторінка з рисунками і таблицями, список літератури із 163 джерел на 19 сторінках, додатки на 18 сторінках, 21 таблиця, 129 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** описуються актуальні завдання, покладені в основу роботи, дається загальна характеристика та відомості про склад дисертації, а також інформація про публікації автора, сформульовано мету роботи, наукову новизну та практичну цінність результатів.

У **розділі 1** аналізуються основні етапи розвитку та наукові досягнення в галузі проектування та експлуатації армованих дерев’яних балок. Проведено огляд та критичний аналіз науково-технічної та інструктивно-нормативної літератури; аналіз існуючих методик розрахунку армованих дерев’яних балок.

Великий вклад в експериментально-теоретичне дослідження дерев’яних конструкцій внесли вітчизняні та закордонні науковці І.М. Гринь, В.З. Кліменко, В.В. Фурсов, А.Я. Найчук, Б.Г. Демчина, В.А. Іванов, І. М. Линьков, В.Ю. Щуко, С. А. Щуко, В. А. Бондин, Ю. Б. Вилегжанін, В. Б. Касаткін, С. В. Колпаков, Л. С. Чеботарева, В. Д. Ли, Б.В. Лабудін, В. М. Соротокін, Б. В. Накашидзе, В. В.

Стоянов, Е. А. Смірнов, Я. Ф. Хлебной, С.Б. Турковський, А.А. Погорельцев, В. С. Шейкман, Н. Granholm, А. Fischer, Е. Levin, В. Bohannan та ін., які виявили високі конструктивні властивості таких конструкцій.

Дослідження роботи дерев'яних армованих конструкцій представлено в працях таких дослідників: L. Cizeka, I. Campredona, P. Dutko, W. Monck, Іванова Ю.М., Лінькова И.М., Сороткіна В.М., Фурсова В.В., Стоянова В.В., Щуко В.Ю., Турковського С.Б., Арленінова Д.К., Погорельцева А.А., Рощина С.И., Боднарчука Т.Б. та багатьох інших.

На основі аналізу сучасного стану досліджень армованих дерев'яних конструкцій встановлено необхідність ґрунтовного вивчення роботи композитної арматури в згинаних дерев'яних елементах, розробки рекомендацій з інженерного розрахунку міцності та деформативності згинаних армованих дощатоклеєних конструкцій з використанням композитних арматур, та розробки практичних рекомендацій з армування дощатоклеєних конструкцій композитною арматурою.

У розділі 2 представлено обсяг та методика експериментальних досліджень. Для визначення несучої здатності згинаних дощатоклеєних елементів армованих композитною арматурою та їх напружено-деформованого стану в процесі завантаження, а також сумісної роботи арматури з деревиною було виготовлено 8 армованих та 2 неармованих зразки балок. Конструкцію балок зображено на рис. 1. Зчеплення арматури із деревиною здійснювалося за допомогою суміші епоксидного клею ЕД-1 та наповнювача. Перед використанням суміш ретельно перемішувалася і заливалася в штраби які вирізалися в нижній дощці балок.

Зразки для дослідження спільної роботи арматури з деревиною у дощатоклеєній балці виготовлялись аналогічним способом. Склеювалися дві дошки товщиною 50 мм і шириною 100 мм, в кожній з яких було вирізано штрабу розміром 6x12 мм і вклеєно арматуру діаметром 10 мм. Довжина кожного зразка була рівною довжині анкерування l_{bd} , що складала – $10d$, $20d$, $30d$ та $40d$ (де d – діаметр арматури). Випуск арматури з дослідного зразка було прийнято довжиною 150 мм для захвату губками розривної машини (рис. 2).

Для визначення фізико-механічних характеристик деревини сосни одночасно із дослідними балками з тієї ж деревини виготовили 6 зразків «вісімок» для випробувань на розтяг, 12 зразків кубиків для випробувань на стиск та 5 зразків балочок для випробувань на згин. Разом з тим було проведено випробування деревини неруйнівним методом за допомогою спеціально сконструйованого пристрою ДБ-1, на який отримано патент України. Пристрій ДБ-1 вимірював силу висмикування попередньо закрученого в тіло деревини сталевго гвинта, а за допомогою графіка кривих переходу від сили висмикування гвинта до міцності деревини на стиск та розтяг визначали міцність досліджуваної деревини.

В якості композитної арматури було використано склопластикову АКС та базальтопластикову АКБ арматуру, виготовлену на ТзОВ Технологічна група «Екіпаж» (м. Харків) відповідно до ТУ У В.2.7-25.2-34323267-001:2009.

Для випробування арматури на розтяг було виготовлено по 5-ть зразків кожного виду арматури довжиною 500 мм (А400С) та 700 мм (АКС, АКБ).

Дослідження дощатоклеєних балок. Випробування армованих дощатоклеєних балок проводилося у 2 етапи :

- 1-ий етап - випробовування дощатоклеєних неармованих балок;
 2-ий етап - випробовування дощатоклеєних балок армованих композитною та сталевую арматурами;

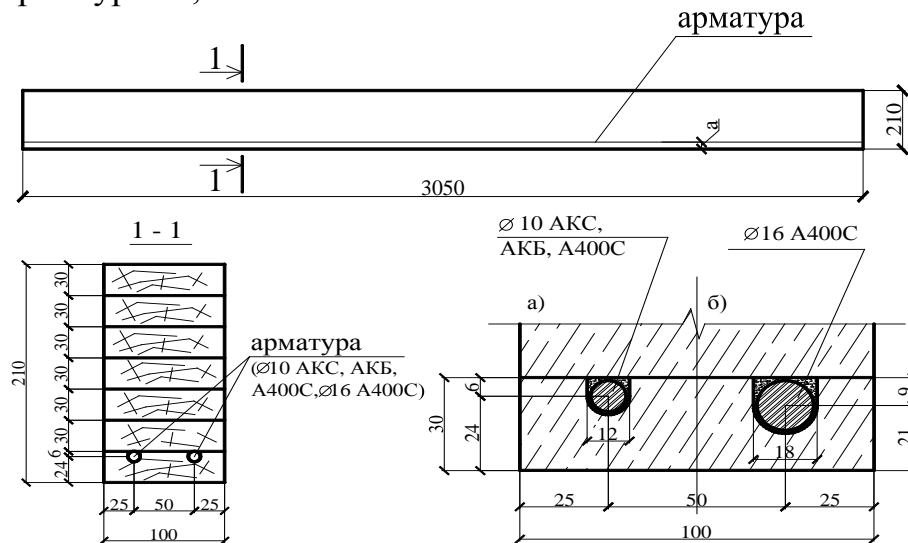


Рис. 1. Конструкція балки та схема армування перерізу: а) з арматурою $\varnothing 10$ АКС (АКБ, А400С) мм; б) з арматурою $\varnothing 16$ А400С мм.

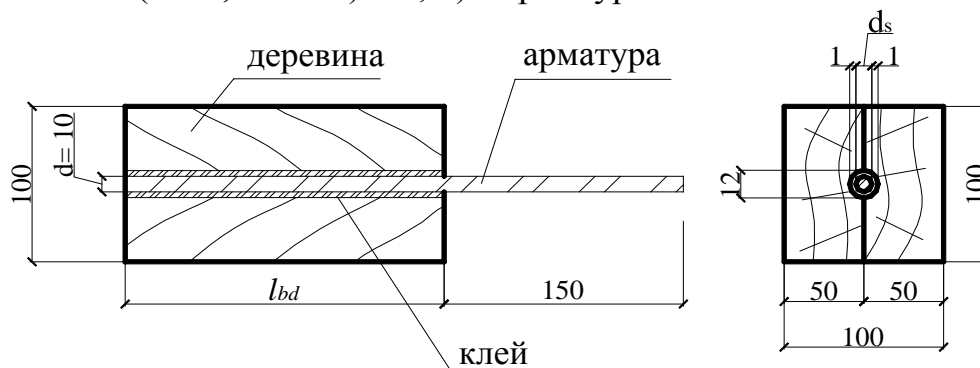


Рис. 2. Розміри дослідних зразків для досліджень спільної роботи арматури з деревиною.

Дослідні балки випробовувались як вільно оперті на двох опорах з прольотом рівним 2700 мм, навантаження прикладалось двома зосередженими силами в третинах прольоту відповідно до схеми навантажень. Схему дослідної установки та розміщення приладів зображено на рис. 3.

Методика розрахунку балок як згинаних елементів проводилася відповідно до ДБН В.2.6-161:2010. Розрахункова несуча здатність балок визначалася згідно рівняння:

$$M \leq f_{m,y,d} \cdot W_{red} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,y,k}}{\gamma_M} \cdot W_{red}, \quad (1)$$

де M – розрахунковий момент, кНсм; $f_{m,y,d}$ – міцність деревини при згині вздовж волокон, W_{red} – приведений момент опору поперечного перерізу елемента в см³. Згідно [110*] розрахунковий опір деревини визначався за формулою (3.1), де $k_{mod} = 0,9$ для короточасних навантажень, $\gamma_M = 1,25$ для клеєної деревини.

$$W_{red} = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot \beta, \quad (2)$$

де b – ширина перерізу; h – висота перерізу, β – коефіцієнт, що визначається за формулою для одиночного армування [85*]:

$$\beta = \frac{1 + 4 \cdot n \cdot \mu}{1 + n \cdot \mu}, \quad (3)$$

де $n = \frac{E_s}{E_{mean,k}} - 1$ – відношення модулів пружності арматури і дерева; μ – відсоток армування перерізу. Для неармуваних балок $\mu = 0$, відповідно $\beta = 1$.

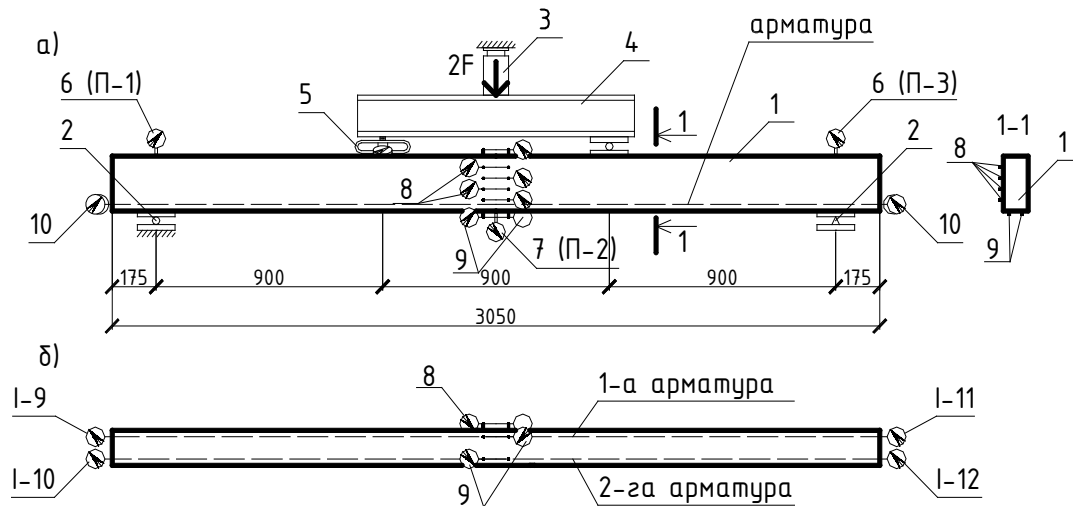


Рис.3. Схема дослідної установки та розміщення приладів:

а) збоку; б) знизу.

- 1 – дослідна балка; 2 – опорні шарніри (рухомий та нерухомий); 3 – гідравлічний домкрат; 4 – розподільча траверса; 5 – пружинний динамометр (Д-1); 6 – індикатори на опорах (П-1, П-3); 7 – індикатор по середині прольоту (П-2); 8, 9 – мікроіндикатори по висоті перерізу балки (I-1...I-8); 10 – мікроіндикатори по торцях арматури (I-9...I-12).

За результатами досліджень, напруження в деревині та арматурі визначалися через визначені у них експериментально відносні деформації та модулі пружності цих матеріалів за законом Гука:

Розрахунковий прогин балок визначався за формулою:

$$w = \frac{23}{648} \cdot \frac{Fl^3}{E_{mean,k} \cdot I_{red}}, \quad (4)$$

де F – сила, що прикладалася до балки; l – проліт балки; I_{red} – приведений момент інерції, що визначався за формулою:

$$I_{red} = \frac{b \cdot h^3}{12} \cdot \beta. \quad (5)$$

Дослідження спільної роботи арматури з деревиною виконувалося шляхом витягування стержня з дерев'яної призми з використанням натяжного пристрою розривної машини за допомогою спеціальної силової рамки 3, запроєктованої для даних випробувань (рис. 4).

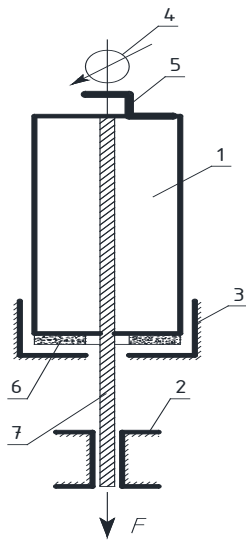


Рис. 4. Схема випробування дослідних зразків:

1 – дослідний зразок; 2 – губки розривної машини; 3 – силова рамка; 4 – мікроіндикатор; 5 – тримач; 6 – фанерна прокладка, 7 – стержень арматури.

Визначити фізико-механічні властивості композитної арматури за допомогою розривної машини без додаткових пристроїв з її анкерування у губках розривної машини було неможливо, так як зчеплення арматури із затискними губками машини було недостатнє щоб прикласти до стержня руйнівне зусилля розтягу.

Для вирішення цієї проблеми було розроблено декілька технічних варіантів рішень кріплення композитної арматури в губках розривної машини. Найефективнішим вирішенням кріплення композитної арматури в розривній машині був прийнятий варіант використання цангової муфти. Для нього було розроблено спеціальний цангово-затискний механізм ЦЗМ-1 (рис. 5), на який отримано патент України на корисну модель №73955.

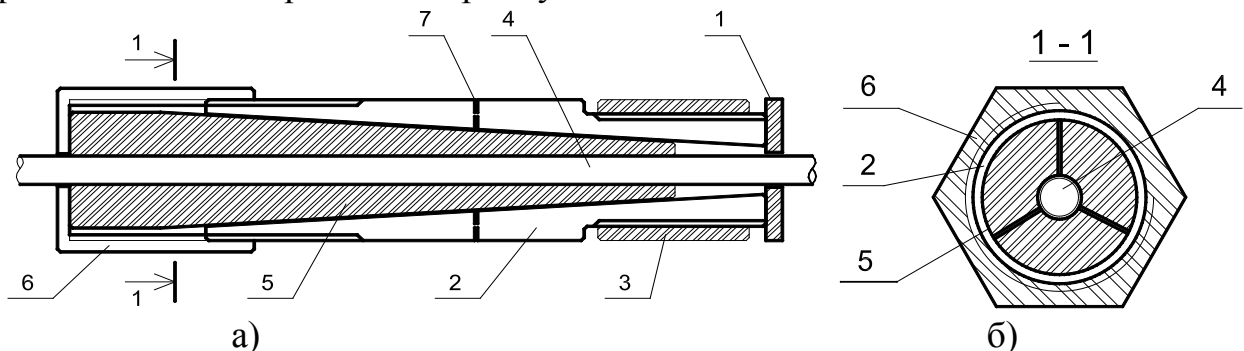


Рис. 5. Схема цангово-затискного механізму: а) поздовжній розріз;

б) поперечний розріз 1-1; в) вигляд А-А. 1 – металева прокладка; 2 - патрон;

3 - муфта, 4 - стержневий елемент (композитна арматура); 5 - конічна нероз'ємна цанга; 6 - фіксатор цанги; 7 – отвори для змащування робочих поверхонь.

У розділі 3 наведено результати експериментальних досліджень міцності та деформативності дощатоклеєних балок та сумісної роботи арматури з деревною.

Результати експериментальних досліджень дощатоклеєних балок.

Несуча здатність балок визначалася за трьома факторами, а саме коли:

- відбувалося падіння зовнішнього навантаження ($F_{ex,f}$);
- відбувалося руйнування балок за зовнішніми ознаками – руйнування в стиснутій чи розтягнутій зоні ($F_{ex,t}$);
- відбулося досягнення балками гранично допустимого прогину ($F_{cr,w}$).

Усі вимірювальні прилади були зняті після досягнення розрахункового навантаження, що відповідало граничному прогину елемента $w_{cr} = \frac{1}{250} \cdot L = 10,8 \text{ мм}$.

Результати випробувань балок наведені в табл. 1.

Результати експериментальних досліджень балок серій I - V

Серія	Марка балки	Руйнівна несуча здатність по міцності $F_{ex,f}$, кН	Розрахункова несуча здатність по міцності $F_{cr,f}$, кН	Руйнівна несуча здатність по прогинах $F_{ex,w}$, кН	Розрахункова несуча здатність по прогинах $F_{cr,w}$, кН
I	БД-1	24,50	15,3	12,4	11,6
	БД-2	23,50		11,5	
II	БС-1	25,70	16,83	13,1	12,77
	БС-2	26,90		12,1	
III	ББ-1	27,50	17,32	13,1	13,14
	ББ-2	24,60		13,0	
IV	БМ-1	29,90	21,65	16,5	16,42
	БМ-2	32,40		16,4	
V	БМ-3	30,00	27,8	19,9	21,08
	БМ-4	35,00		21,3	

Отримані дані експериментів показали, що приріст несучої здатності армованих балок прямо пропорційно залежав від модуля пружності арматури, а також від проценту армування перерізу.

Зовнішній вигляд зруйнованих зразків дощатоклеєних балок наведено на рис. 6-9. На відміну від неармованих балок, руйнування балок з вклеєною арматурою відбувалося поступово, з утворенням тріщин у деревині по всій ділянці чистого згину, а також звуковим потріскуванням. Арматура запобігала значним прогинам та раптовому характеру руйнування балки. У всіх армованих балках нейтральна вісь проходила нижче геометричної осі перерізу на 5-26мм в залежності від типу арматури.



Рис. 6. Вигляд балки БД-1 після руйнування.

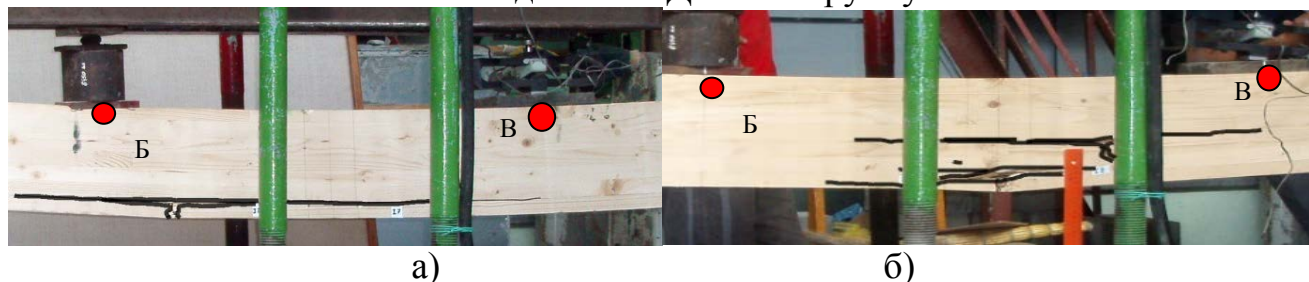


Рис. 7. Вигляд балок БС-1 (а) та ББ-1 (б) після руйнування.

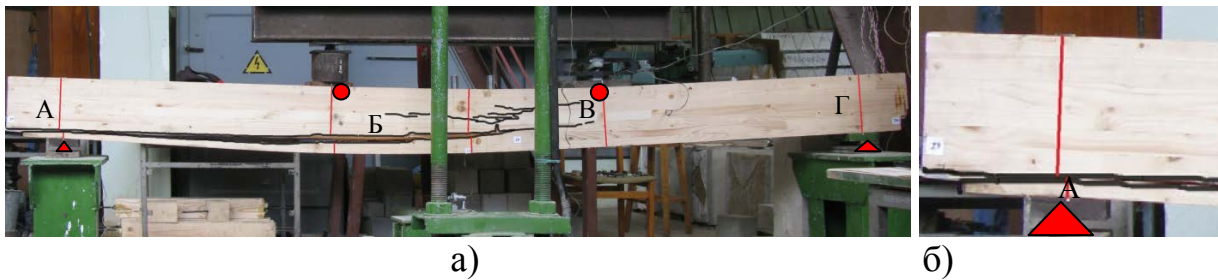


Рис. 8. Характер руйнування балки БМ-1: а) після руйнування; б) зміщення нижньої дошки в торці.

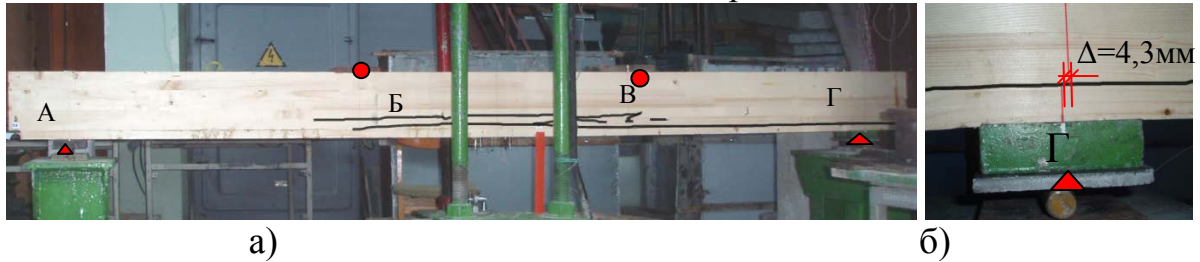


Рис. 9. Характер руйнування балки марки БМ-3.

а) вигляд збоку; б) зсув нижньої дошки в т.Г.

Аналіз показів мікроіндикаторів, що були розташовані в торцях балок, свідчив про надійне зчеплення композитної та сталеві арматури з деревиною. Зміщення торця стержня відносно балки не перевищувало 0,02мм. Абсолютні деформації, які визначались за допомогою мікроіндикаторів І7, І8 (див. рис. 3) в арматурі зростали рівномірно, пропорційно до зовнішнього навантаження. В момент руйнування армованих зразків напруження в арматурних стержнях не досягали ні межі текучості ні граничних значень міцності, що свідчило про значне недовикористання арматури.

Прогини балок збільшувались рівномірно відповідно до росту навантаження аж до руйнування. Розходження експериментальних і теоретичних прогинів при розрахунковому навантаженні знаходилося в межах 1-8% (рис. 10).

Результати досліджень спільної роботи арматури з клеєною деревиною.

Для визначення параметрів зчеплення деревини із арматурними стержнями марки АКС, АКБ та А400С було випробувано на висмикування дослідні зразки з довжиною анкерування стержня 10, 20, 30 та 40 см.

Для спільної роботи композитної арматури з деревиною через епоксидний клей відсутній критерій граничного стану зчеплення. За критерій граничного стану зчеплення зразків прийнято критичне зміщення вільного торця арматури відносно деревини $\delta_{ст}$, що знаходилося в точці перегину графіків залежностей між напруженням в стержні арматури до зміщення її вільного торця “ $\sigma_s - \delta$ ” (рис. 11). Точка перегину «В» знаходилася за допомогою ліній «х» та «у» дотичних до кривих “ $\sigma_s - \delta$ ” в місці їх перегину, і з точки їх перетину опускалася бісектриса «z» до кривої. В місці перегину кривої та бісектриси «z» знаходилася точка перегину «В».

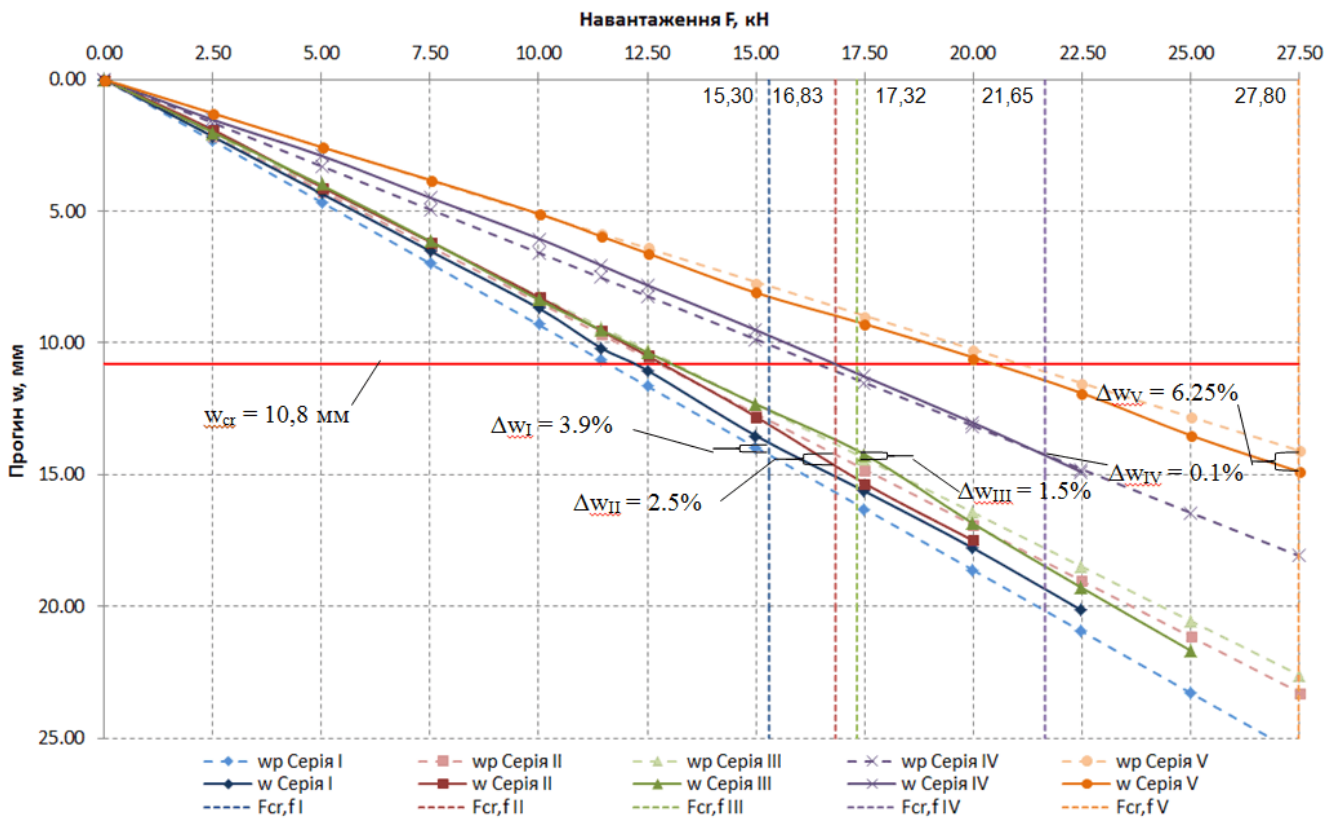
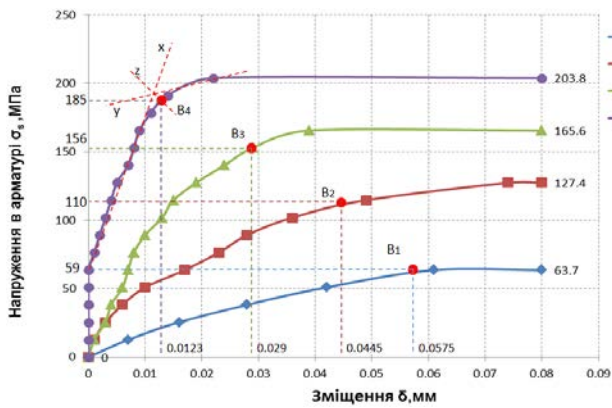
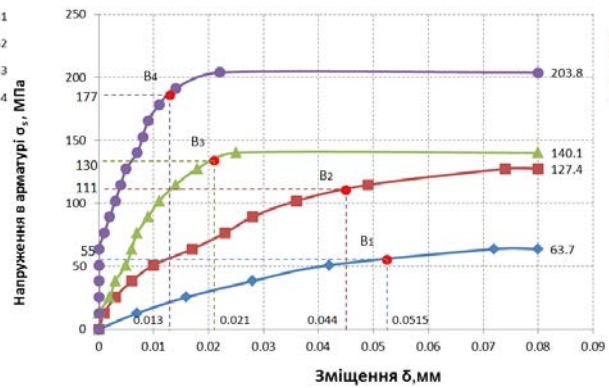


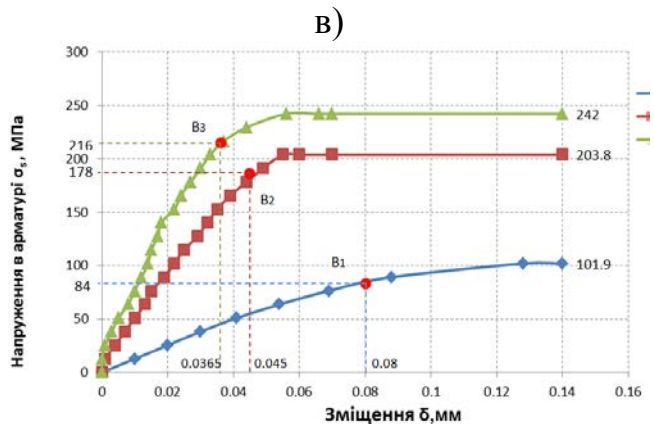
Рис. 10. Порівняння прогинів балок серій I-V.



а)



б)



в)

Рис.11. Зміщення вільного торця арматури δ в залежності від напруження σ_s в арматурі: а) марки АКС; б) марки АКБ; в) марки А400С.

Розділ 4 присвячено аналізу та теоретичному опрацюванню отриманих результатів досліджень.

Аналіз досліджень зчеплення арматури з деревиною. В результаті експериментальних досліджень зчеплення сталеві та композитної арматури з

деревиною через епоксидний клей були отримані дані по зміні нормальних напружень в арматурі σ_s та дотичних напружень τ_{um} на межі «арматура-деревина». В жодному випробуванні не відбулося руйнування через розрив арматури. Це підтвердило недовикористання міцності кожного типу арматури (рис. 12) для прийнятих варіантів довжини її анкерування за рахунок руйнування зчеплення з деревиною через епоксидний клей ЕД – 1.

На момент руйнування зчеплення у зразках марки БС з довжиною анкерування 400 мм міцність склопластикової арматури використовувалася лише на 30,9 %, в зразках марки ББ з аналогічною довжиною анкерування базальтопластикової арматури використовувалася на 22,1 %, а в зразках марки БМ при довжині анкерування 300 мм напруження сталевих арматур становило 41,3% від її межі текучості.

Аналіз експериментальних досліджень дав можливість стверджувати, що напруження в стержнях, які виникають в граничному стані зчеплення, лінійно залежать від довжини анкерування і можуть бути визначені за емпіричною формулою:

$$\sigma_u = k_M \times l_{bd} \quad (9)$$

де σ_u – граничне напруження в арматурі, МПа;

k_M – коефіцієнт, який визначається експериментальним шляхом, МПа/см;

l_{bd} – довжина анкерування стержнів, см.

Для кожного типу арматури були побудовані графіки залежності між довжиною анкерування стержня та максимальними напруженнями в арматурі (рис. 13), які виникали на момент руйнування зчеплення між арматурою та деревиною. Після цього були побудовані апроксимуючі криві за лінійними функціями, тангенси кутів нахилу яких до осі абсцис являлися емпіричними коефіцієнтами k_M .

$$k_M = \operatorname{tg} \alpha. \quad (10)$$

Залежність максимального напруження зчеплення в стержнях в граничному стані зчеплення від довжини анкерування показано кривими БС, ББ та БМ на рис. 13.

Апроксимації цих кривих лінійними функціями (прямі ОС, ОВ, ОА) показали розходження з експериментальними кривими до 13%, що в межах допустимого. Для кожного типу арматури виведено коефіцієнт k_M та визначено необхідну довжину анкерування l_{bd} . Для склопластикової арматури $k_M = 5.4$ МПа/см, максимальна довжина буде складати $l_{bd, \min} = 145$ см, при $\sigma_u = 782$ МПа, для базальтопластикової арматури $k_M = 5.2$ МПа/см, $l_{bd, \min} = 177$ см, при $\sigma_u = 919,3$ МПа, а для сталевих арматур $k_M = 8,8$ МПа/см, $l_{bd, \min} = 60$ см, при $\sigma_u = 528,6$ МПа.

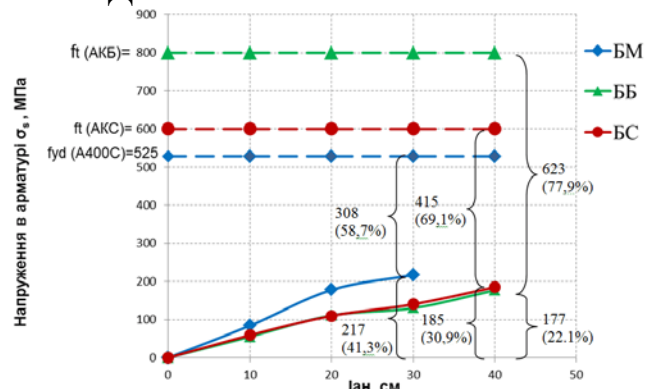


Рис.12. Залежність напруження в арматурних стержнях у граничному стані зчеплення від довжини анкерування.

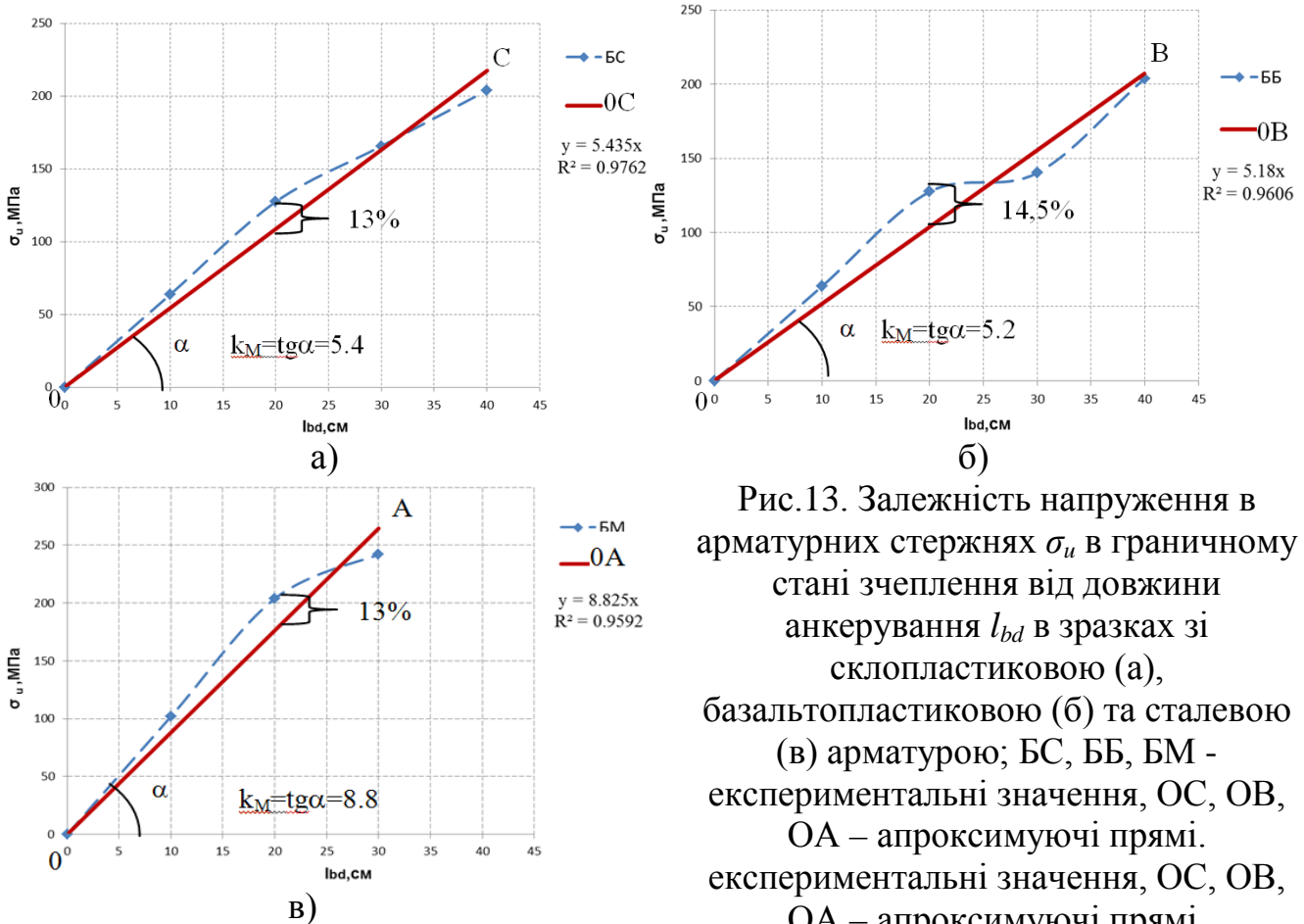


Рис.13. Залежність напруження в арматурних стержнях σ_u в граничному стані зчеплення від довжини анкерування l_{bd} в зразках зі склопластиковою (а), базальтопластиковою (б) та сталевую (в) арматурою; БС, ББ, БМ - експериментальні значення, ОС, ОВ, ОА - апроксимуючі прямі.

Проаналізувавши графіки залежностей зміщення торця арматури δ від напруження в її перерізі σ_s встановлено точки критичного зміщення для кожного типу арматури та довжини анкерування (рис. 14). Залежність між співвідношенням σ_s/δ та довжиною анкерування l_{bd} зображено на рис. 15. З цього графіка прослідкувалась експоненціальна функція кривої. Провівши математичний аналіз графіка на рис. 15 встановлено формулу для даної функції:

$$\frac{\sigma_s}{\delta} = 1050 \cdot \xi, \quad (11)$$

де δ - зміщення вільного торця арматури; ξ - коефіцієнт, що знаходився за формулою

$$\xi = 1.077^{(l_{bd}-4.54)} - 0.5. \quad (12)$$

Порівнявши експериментальні дані зі значеннями отриманими за формулою (11) встановлено достатню збіжність (рис. 15). Розходження графіків становило всього 4,6%.

З рівняння (11) знайдено рівняння (13) для визначення необхідної довжини анкерування в залежності від напруження в арматурі σ_s , а за пропозицією Накашидзе Б.В. прийнято рівняння (14), що враховує міцність деревини на сколювання $f_{v,k}$:

$$l_{bd} = \max \left\{ \begin{array}{l} 4,56 + \log_{1.077} \left(\frac{\sigma_s}{1050 \cdot \delta} + 0.5 \right) \\ \frac{\sigma_s d}{2f_{v,k}} \end{array} \right. \quad (13)$$

$$(14)$$

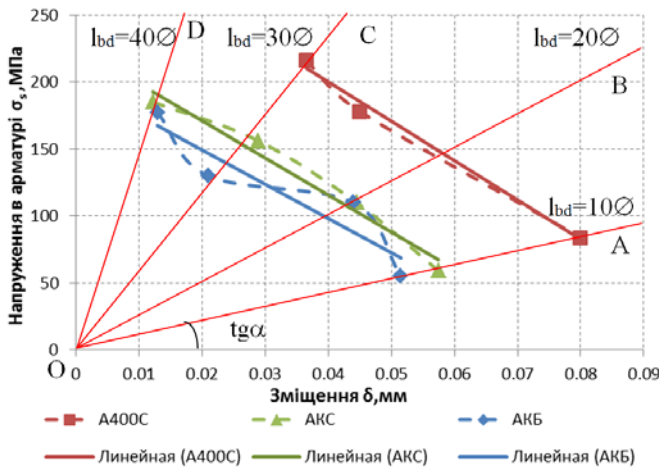


Рис. 14. Графік залежності зміщень ненавантажених торців кожного типу арматури від довжини анкерування та напруження в перерізі σ_s .

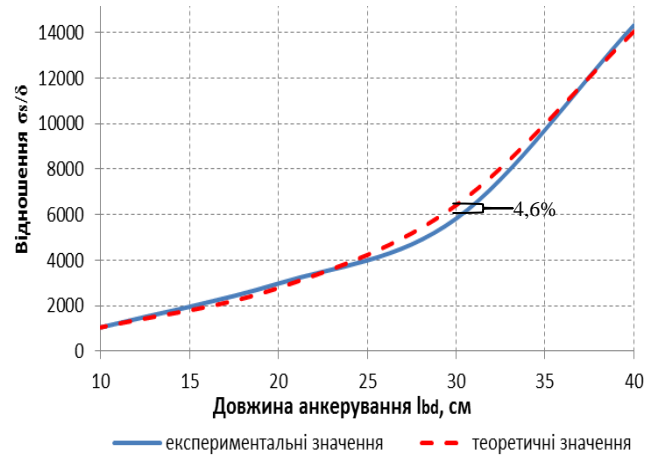


Рис. 15. Порівняння експериментальних значень залежності між співвідношенням σ_s/δ та довжиною анкерування l_{bd} із теоретичними.

Аналіз результатів дослідження армованих дерев'яних балок. Порівняння експериментальних несучих здатностей балок кожної серії ($F_{ex,fi}$) та співставлення їх з розрахунковим значенням, виходячи з граничної міцності ($F_{cr,f}$) зображено на рис. 16. Як бачимо з діаграми, руйнівне навантаження $F_{ex,fi}$ перевищило розрахункове значення несучої здатності $F_{cr,f}$ у середньому приблизно на 35%.

За результатами експериментальних досліджень були визначені розрахункові та експериментальні коефіцієнти приросту несучої здатності балок за рахунок армування (рис. 17). Ці коефіцієнти знаходились за формулою (14) як відношення несучої здатності армованих балок до несучої здатності балок без армування, це давало можливість оцінити на скільки ефективним був кожен з прийнятих видів армування.

$$k_{II} = \frac{F_i}{F_I}, \quad (14)$$

де F_i – експериментальна або розрахункова несуча здатність балок серій II...V, F_I – експериментальна або розрахункова несуча здатність балок серії I.

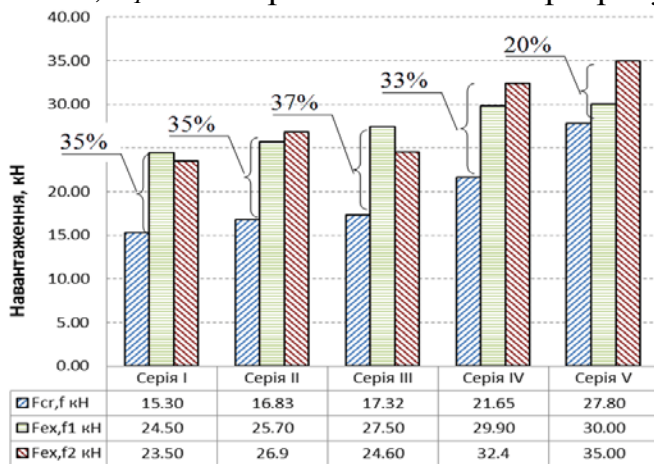


Рис. 16. Порівняння розрахункових та експериментальних несучих здатностей для балок серій I-V.

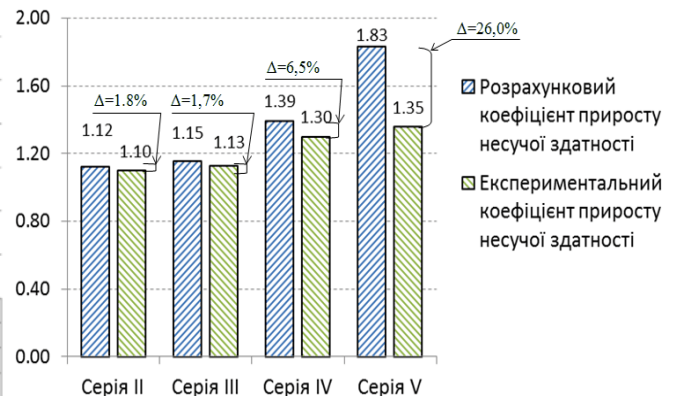


Рис. 17. Порівняння коефіцієнтів приросту несучої здатності випробуваних балок.

Оскільки розходження розрахункових та експериментальних значень приростів несучої здатності армованих балок серій I-IV знаходилося в межах до 7%, то можна стверджувати, що методика розрахунку армування дощатоклеєних балок армованих сталеву арматурою, що представлена на рис. 18, може використовуватись і у випадку армування балок композитною арматурою.

Для порівняння експериментальних та теоретичних значень прогинів балок було проведено розрахунки за допомогою ПК «ЛІРА». Процент розходження розрахункових та експериментальних даних приймався в точці досягнення балками граничнодопустимого прогину (w_{cr}). Для балок серій I, II та III розрахунок прогинів у ПК «ЛІРА» показав задовільну збіжність із теоретичними та експериментальними значеннями прогинів для балок цих серій.

Прогини балок VI та V серій обчислені в ПК «ЛІРА» значно перевищували значення експериментальних та теоретичних прогинів для цих балок. Розбіжність значень в момент навантаження балок критичним розрахунковим навантаженням $F_{cr,w}$ становила 26,5% та 28,2% відповідно.

Проаналізувавши графіки прогинів балок VI та V серій рекомендовано враховувати коефіцієнт k_w при обчисленні прогинів w за допомогою ПК «ЛІРА» за наступною формулою

$$w = k_w \cdot w' \quad (15)$$

де w' – прогин балки армованої сталеву арматурою, обчислений за допомогою ПК «ЛІРА», k_w – коефіцієнт зменшення прогину.

При значенні коефіцієнта $k_w = 0,82$ для балок серії IV зі стержнями арматури $\varnothing 10$ мм розбіжність отриманих даних з теоретичними при досягненні граничного розрахункового прогину становила 0,2%. Також було проведено розрахунки порівняння прогинів обчислених теоретично та з допомогою ПК «ЛІРА» для дощатоклеєних балок з арматурою $\varnothing 6, 8, 14, 16$ та 20 мм. Розходження графіків прогинів визначених теоретично і за допомогою ПК «ЛІРА» знаходились в межах 0,1-5,0%. Це дало підстави рекомендувати використання коефіцієнта зменшення прогину $k_w = 0,82$ при розрахунку у ПК «ЛІРА» прогинів для балок армованих сталеву арматурою, а для розрахунку балок з композитною арматурою коефіцієнт приймати рівним $k_w = 1,0$.

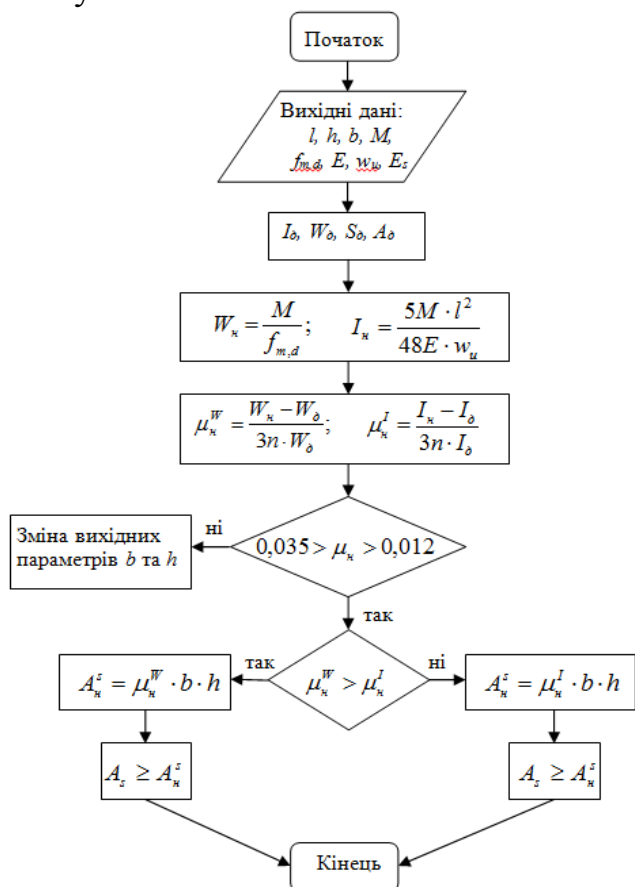


Рис. 18. Узагальнена блок-схема розрахунку армування згинаних дерев'яних елементів.

Також було проведено техніко-економічне порівняння балок з різними типами арматури і виведено коефіцієнт економічної ефективності виду армування (рис. 19).

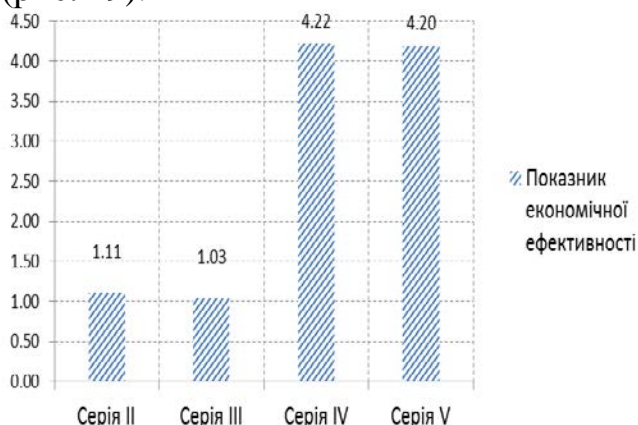


Рис. 19. Показник економічної ефективності армування балок.

Рекомендації щодо виготовлення та розрахунку несучої здатності згинаних дощатоклеєних елементів з композитною арматурою.

При виготовленні дощатоклеєних елементів армованих композитною арматурою рекомендовано дотримуватись наступних положень:

- для ефективнішого вклеювання арматури в пази використовувати епоксидний клей із співвідношенням смола/наповнювач як 1/3;
- для запобігання змішування епоксидного клею з поліуретановим необхідно склеювати армовану дошку з пакетом інших дощок після повного висихання епоксидного клею, перед цим необхідно зашліфувати поверхню дошки зі сторони вкладання арматури;
- з умов збереження цілісності деревини під час пресування пакету дощок, максимальна глибина штраби під арматуру повинна бути менша за половину товщини дошки;
- не рекомендовано вклеювати арматурні стержні в крайні дошки пакету балки, доцільніше вклеювати їх в передостанні дошки;
- для збереження проектного розміщення арматури по висоті та ширині перерізу елемента, а також для отримання проектних розмірів балок необхідно контролювати глибину ножів гемблювального верстату;
- для виготовлення армованих балок використовувати деревину I сорту.

Розрахунок дощатоклеєних конструкцій армованих композитною арматурою.

Оскільки розходження розрахункових та експериментальних значень приростів несучої здатності балок армованих композитною арматурою знаходилося в межах 7%, то це дає підстави стверджувати, що існуюча методика розрахунку несучої здатності балок армованих сталевую арматурою може використовуватись для розрахунку елементів зі склопластиковою та базальтовою арматурою. Узагальнена блок-схема розрахунку армування згинаних дерев'яних елементів наведена на рис. 18. При розрахунку дощатоклеєних балок армованих сталевую арматурою в ПК «ЛІРА» рекомендовано використовувати коефіцієнт зменшення прогину $k_w = 0,82$.

Проведений аналіз розрахункових показників економічної ефективності дав змогу стверджувати про доцільність використання склопластикової та базальтопластикової арматури в дерев'яних конструкціях, яка збільшує їх ефективність у порівнянні з неармованими дерев'яними балками в 1,03...1,11 рази.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті досліджень спільної роботи сталеві та композитної арматури з деревиною, а також армованих ними дощатоклеєних згинаних балок можна зробити наступні висновки:

1. Розроблено та реалізовано методику експериментального дослідження міцності зчеплення сталеві та композитної арматури з дощатоклеєною деревиною та розроблені рекомендації із забезпечення спільної роботи з деревиною.

2. Розроблено та запатентовано спеціальний цангово-затискний пристрій ЦЗМ-1 для анкерування композитної арматури, за допомогою якого отримано результати випробування композитної арматури на розтяг та експериментальні дані її фізико-механічних характеристик.

3. Вперше розроблено методику визначення фізико-механічних властивостей деревини неруйнівним методом за допомогою спеціально сконструйованого пристрою ДБ-1, який працює за принципом заміру зусилля висмикування гвинта (шурупа) з деревини.

4. Розроблено методику і обладнання для експериментальних досліджень міцності та деформативності дощатоклеєних балок армованих склопластиковою і базальтопластиковою арматурою, досліджено характер сумісної роботи такої арматури та деревини в балках та їх напружено-деформований стан. За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено, що приріст несучої здатності в балках армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою становив 12% та 15% відповідно у порівнянні з дощатоклеєними балками такого ж перерізу без армування.

5. Рекомендовано застосовувати для розрахунку прогинів дощатоклеєних балок армованих сталеві арматурою при використанні ПК «ЛІРА» коефіцієнт зменшення прогинів $k_w = 0,82$. Для розрахунку прогинів дощатоклеєних балок армованих композитною арматурою приймати цей коефіцієнт $k_w = 1,0$.

6. Розроблено рекомендації щодо виготовлення та проектування дощатоклеєних балок армованих склопластиковою та базальтопластиковою арматурою, які пройшли апробацію при проектуванні реальних дощатоклеєних конструкцій у ПП «КБ Конструктив» та ТМ ПГ «БудТім».

7. На основі проведеного аналізу розрахункових показників економічної ефективності встановлено доцільність використання склопластикові та базальтопластикові арматури в дерев'яних конструкціях, які експлуатуються в спорудах з агресивним середовищем або зі специфічними умовами роботи технологічного обладнання, що забезпечує їхню корозійну стійкість, довший термін експлуатації, безперешкодне проникнення радіо- та електро-магнітних хвиль до обладнання.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Демчина Б.Г. Досвід виготовлення дощатоклеєних балок армованих неметалевою арматурою / Б.Г. Демчина, М.І. Сурмай, А.Р. Кравз, Т.Й. Бляхар //

Сучасні будівельні матеріали, конструкції та інноваційні технології зведення будівель і споруд: Вісник ДонНАБА. – Вип. 5 (85): т. II. – Макіївка, ДонНАБА, 2010. – С.193-197. (*Особистий внесок*: виготовлено дослідні зразки, наведено рекомендації щодо їх виготовлення).

2. Демчина Б.Г. Експериментальне дослідження роботи дощатоклеєних балок армованих металевою та неметалевою арматурою / / Б.Г. Демчина, Д.О. Орешкин, М.І. Сурмай, А.Р. Кравз, Т.Й. Бляхар // Вісник НУЛП: Теорія і практика будівництва. - №697. – Львів, НУЛП, 2010. – С. 87-92. (*Особистий внесок*: розроблено методику випробування армованих дощатоклеєних балок, отримано результати експериментального дослідження дощатоклеєних балок армованих металевою та неметалевою арматурою).

3. Демчина Б.Г. Експериментальне дослідження зчеплення металевої та неметалевої арматури з клеєною деревиною / Б.Г. Демчина, М.І. Сурмай, Г.М. Олексин, А.Р. Кравз, Т.Й. Бляхар // Вісник НУВГП: Збірник наукових праць. – Вип. 4 (52): Серія «Технічні науки». – Рівне, НУВГП, 2010. – С. 112-119. (*Особистий внесок*: розроблено методику випробування зчеплення металевої та неметалевої арматури з клеєною деревиною, досліджено роботу зчеплення арматури із деревиною).

4. Демчина Б.Г. Встановлення залежності руйнівного напруження зчеплення стержнів металевої та неметалевої арматури від довжини анкерування в дощатоклеєних призмах / Б.Г. Демчина, М.І. Сурмай, Г.М. Олексин, А.Р. Кравз, Т.Й. Бляхар // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку та будівництва України. – Вип. 74: В 2-х кн.: Книга 1. – Київ, ДП НДІБК, 2011. – С. 277-284. (*Особистий внесок*: проаналізовано результати досліджень зчеплення металевої та неметалевої арматури з клеєною деревиною).

5. Демчина Б.Г. Визначення максимальних дотичних напружень металевої та неметалевої арматури в дощатоклеєних призмах / / Б.Г. Демчина, М.І. Сурмай, А.Б. Пелех, Т.Й. Бляхар, П.І. Країнський // Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сборник научных трудов / Одесская государственная академия строительства и архитектуры. – № 15: В 3-х част.: Часть 3. – Одесса, ООО «Внешрекламсервис», 2011. – С. 34-39. (*Особистий внесок*: виконано аналіз результатів досліджень зчеплення металевої та неметалевої арматури з клеєною деревиною).

6. Демчина Б.Г. Попередньо напружені дерев'яні конструкції з неметалевою арматурою / Б.Г. Демчина, Г.М. Олексин, М.І. Сурмай // Вісник НУЛП: Теорія і практика будівництва. - №737. – Львів, НУЛП, 2012. – С. 84-88. (*Особистий внесок*: розроблено цангово-затискний механізм ЦЗМ-1, аналіз ефективності попередньо напружених дерев'яних конструкцій з неметалевою арматурою).

7. Демчина Б.Г. Дослідження несучої здатності дощатих двотаврових балок з OSB-стілкою / Демчина Б.Г., Сурмай М.І., Олексин Г.М. // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку та будівництва України. – Вип. 78: В 2-х кн.: Книга 1. – Київ, ДП НДІБК, 2013. – С. 190-196. (*Особистий*

внесок: отримано результати випробувань та досліджено зчеплення стінки балки з поясами).

8. Сурмай М.І. Дослідження дощатих балок на нагельних та зубчатих з'єднаннях / М.І. Сурмай // Вісник НУЛП: Теорія і практика будівництва. - №755. – Львів, НУЛП, 2013. – С. 411-416. (*Особистий внесок*: отримано результати випробувань та досліджено роботу зубчастих з'єднань балки).

9. Демчина Б.Г. Дослідження міцності та деформативності дерев'яних двотаврових балок рами з OSB-стінкою / Б.Г. Демчина, М.І. Сурмай, А.Б. Пелех // Вісник ЛНАУ: Архітектура і сільськогосподарське будівництво. - №15. – Львів, ЛНАУ, 2014. – С. 45-51. (*Особистий внесок*: отримано результати випробувань та досліджено міцність та деформативність балки).

10. Демчина Б.Г. Исследование работы армированных дощатоклееных балок / Б.Г. Демчина, М.И. Сурмай, А.Б. Пелех // Вестник БрГТУ. – 2015. - №1(91): Строительство и архитектура. – С. 32-36. (*Особистий внесок*: отримано результати випробувань та досліджено міцність та деформативність армованих балок, наведено рекомендації щодо їх розрахунку).

Опубліковані праці апробаційного характеру:

1. Сурмай М.І. Методика досліджень зчеплення неметалевої арматури з клеєною деревиною / М.І. Сурмай, А.Р. Кравз, Т.Й. Бляхар // Матеріали III Міжнародної конференції молодих вчених GAC-2010. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – С. 72-73.

2. Сурмай М.І. Результати дослідження зчеплення металевої, базальтопластикової та склопластикової арматури з клеєною деревиною / М.І. Сурмай, Б.І. Сурмай, А.Р. Кравз, Т.Й. Бляхар, Ю.А. Іленков // Матеріали IV Міжнародної конференції молодих вчених GAC-2011. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – С. 90-91.

3. Сурмай М.І. Клеєні дерев'яні конструкції з попередньою неметалевою арматурою / М.І. Сурмай // Матеріали V Міжнародної конференції молодих вчених GAC-2013. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM) С. 90-91.

Наукові праці, в яких додатково опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Пат. 64102 Україна, МПК G01N 3/08, G01N 33/46. Пристрій для визначення питомого опору висмикуванню сталевих нагелів з деревини. / Демчина Б.Г., Демчина Х.Б., Пелех А.Б., Сурмай М.І.; заявник і патентовласник НУЛП. – u 2011 04827; заявл. 19.04.11; опубл. 25.10.11, Бюл. № 20.

2. Пат. 64192 Україна, МПК G01N 3/08. Пристрій для визначення фізико-механічних характеристик арматури. / Демчина Б.Г., Сурмай М.І., Сурмай Б.І.; заявник і патентовласник НУЛП. – u 2011 06535; заявл. 24.05.11; опубл. 25.10.11, Бюл. № 20.

3. Пат. 73955 Україна, МПК B23B 31/20, E04G 21/00, G01N 3/08. Цангово-затискний механізм. / Демчина Б.Г., Сурмай М.І., Бляхар Т.Й.; заявник і патентовласник НУЛП. – u 2011 04397; заявл. 09.04.12; опубл. 10.10.12, Бюл. № 19.

4. Пат. 100804 Україна, МПК E04C 2/14, E04C 3/02, E04C 3/12. Дерев'яна балка. / Демчина Б.Г., Сурмай М.І.; заявник і патентовласник НУЛП. – u 2015 01757; заявл. 27.02.15; опубл. 10.08.15, Бюл. № 15.

АНОТАЦІЯ

Сурмай М.І. Міцність та деформативність дощатоклеєних балок армованих склопластиковою та базальтовою арматурою. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 - «Будівельні конструкції, будівлі та споруди». – Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, Львів, 2015.

Дисертація присвячена дослідженню міцності та деформативності дощатоклеєних балок армованих композитною арматурою. Досліджено сумісну роботу деревини та композитної арматури через епоксидний клей. Отримано формули для визначення необхідної довжини анкерування арматури в балках. Уточнено інженерну методіку розрахунку дощатоклеєних балок армованих композитною арматурою. Проведено експериментальні та числові дослідження напружено-деформованого стану армованих дощатоклеєних балок при роботі на згин і визначено коефіцієнт зменшення прогину k_w для розрахунку балок у ПК «ЛИРА». Розроблено рекомендації для проектування та виготовлення армованих дощатоклеєних конструкцій.

Ключові слова: *склопластикова арматура, базальтова арматура, армовані дощатоклеєні балки, зчеплення арматури з деревиною.*

АННОТАЦИЯ

Сурмай М.И. Прочность и деформативность дощатоклеенных балок армированных стеклопластиковой и базальтовой арматурой. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения. - Национальный университет «Львовська політехніка» Министерства образования и науки Украины, Львов, 2015.

Диссертация посвящена исследованию прочности и деформативности дощатоклеенных балок армированных композитной арматурой. На сегодняшний день армирования деревянных элементов стальной арматурой является основательно исследованным и широко используется при производстве деревянных конструкций. Есть разработаны методы их расчета. Однако вопрос использования композитной арматуры остается неисследованным. Вопросы работы композитной арматуры в деревянных конструкциях является актуальными и требуют специальных исследований. Работа направлена на решение сформулированного выше вопроса, чем и определяется ее актуальность.

Разработана методика проведения экспериментальных исследований прочности и деформативности дощатоклеенных балок армированных стеклопластиковой и базальтовой арматурой и методика определения сцепления композитной арматуры с древесиной. Для определения физико-механических характеристик композитной арматуры впервые разработана методика испытания композитной арматуры на растяжение с помощью цангового-зажимного механизма ЦЗМ-1.

Проведены экспериментальные исследования по определению прочности и деформативности дощатоклеенных балок армированных стеклопластиковой и базальтовой арматурой. Полученные данные экспериментов показали, что прирост

несущей способности армированных балок прямо пропорционально зависел от модуля упругости арматуры, а также от процента армирования сечения. Арматура предотвращала значительные прогибы и внезапный характер разрушения балки. Во всех армированных балках нейтральная ось проходила ниже геометрической оси сечения в зависимости от типа арматуры. Прогибы балок увеличивались равномерно в соответствии с ростом нагрузки до разрушения. Различие экспериментальных и теоретических прогибов при расчетной нагрузке не превышало допустимого значения.

По результатам экспериментальных исследований были определены расчетные и экспериментальные коэффициенты прироста несущей способности балок за счет армирования. Эти различия находились в пределах до 7%, поэтому можно утверждать, что методика расчета несущей способности дощатоклееных балок армированных стальной арматурой может использоваться и в случае армирования балок композитной арматурой.

Рекомендовано при исчислении прогибов w с помощью ПК «ЛИРА» учитывать коэффициент уменьшения прогиба $k_w = 0,82$.

Исследовано совместную работу арматуры с клееной древесиной. Получены данные по изменению нормальных напряжений в арматуре σ_s и касательных напряжений τ_{um} на грани «арматура-древесина». Для каждого типа арматуры было определено необходимую длину анкерования l_{bd} .

Анализ зависимостей смещения ненагруженного торца арматуры δ от напряжения в ее сечении σ_s позволил получить формулу для определения необходимой длины анкерования в зависимости от напряжения в арматуре σ_s .

Ключевые слова: *стеклопластиковая арматура, базальтовая арматура, армированные дощатоклееные балки, сцепления арматуры с древесиной.*

ABSTRACT

Surmay M.I. Strength and deformability reinforced plankglued beams with fiberglass and fiberbasalt reinforcement. – Of the right of manuscript.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.23.01 - "Building constructions, buildings and structures." - Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2015.

This research focuses on strength and deformability plankglued beams reinforced composite reinforcement. Investigated a joint working wood and composite reinforcement by epoxy glue. Received formulas for determining the required length of anchoring reinforcement in beams. Specified engineering method for calculating plankglued beams reinforced composite reinforcement. Experimental and numerical study of stress-strain state of reinforced plankglued beams at work bending and deflection determined reduction factor k_w to calculate beams in the PC "LYRA". Recommendations for the design and manufacture of reinforced plankglued constructions.

Keywords: *fiberglass fittings fiberbasalt fittings, reinforced plankglued beams, couplings fittings with wood.*