

УДК 624.011.17

Демчина Б.Г., д.т.н., проф., Сурмай М.І., асп., Олексин Г.М., ст. викл., Кравз А.Р., студ., Бляхар Т.Й., студ. (Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ МЕТАЛЕВОЇ ТА НЕМЕТАЛЕВОЇ АРМАТУРИ З КЛЕСНОЮ ДЕРЕВИНОЮ

Описано методику дослідження анкерування арматури в дерев'яних конструкціях. Наведено результати експериментальних досліджень зчеплення металевої та неметалевої арматури з клееною деревиною.

Ключові слова: зчеплення арматури, довжина анкерування, клеєна деревина.

The research technique of anchoring fittings in wooden structures is described. The results of experimental studies of metal and nonmetal coupling valves from glued wood.

Описана методика исследования анкеровки арматуры в деревянных конструкциях. Представлены результаты экспериментальных исследований сцепления металлической и неметаллической арматуры с клееной древесиной.

Склопластикова та базальтопластикова арматури з'явилися не так давно, але вже знайшли широкий спектр застосування в будівельній промисловості. Унікальна хімічна стійкість, невіддатність корозії та важкогорючість збільшують довговічність конструкцій і значно зменшують потребу в дорожніх ремонтах [1].

Щодня процес розвитку будівельної справи супроводжується виникненням міцніших, дешевших і ефективніших конструкцій. Одними з таких конструкцій є дерев'яні дощатоклеєні балки армовані склопластиковою або базальтовою арматурою.

На сьогодні досліджено лише використання металевої арматури в дерев'яних дощатоклеєних елементах, яка порівняно зі склопластиковою та базальтовою є менш міцною, піддається корозії у вологому середовищі, а отже недостатньо ефективною для використання в таких конструкціях.

Вже давно використовують металеву арматуру в конструкціях із цілої та клеєної деревини. Основним недоліком їхньої роботи є велика різниця в модулях пружності матеріалів (для дерева $E = 1 \cdot 10^4$ МПа, для сталі $E = 20.6 \cdot 10^4$ МПа), в той час як склопластикова та базальтопластикова арматури мають значно менші від сталі модулі пружності (для склопластика $E = 5.5 \cdot 10^4$ МПа, для базальтопластика $E = 7 \cdot 10^4$ МПа), що сприяє кращій сумісній роботі її з деревом. Крім того, менша вага і більший тимчасовий опір неметалевої арматури можуть забезпечити легкість і міцність таких елементів.

Для вивчення роботи дощатоклесних балок армованих неметалевою арматурою необхідно було дослідити та порівняти зчеплення базальтопластикової, склопластикової та металеві арматури з деревиною [2].

Об'єктом досліджень були центрально вклеєні в дерев'яні призми арматурні стержні, які випробовувалися на висмикування.

Методи досліджень: аналіз опублікованих наукових праць; експериментальні дослідження зчеплення базальтопластикової, склопластикової та металеві арматури з клеєною деревиною, статистичний аналіз результатів досліджень, порівняння теоретичних і дослідних даних[3].

З метою порівняння особливостей зчеплення базальтопластикової, склопластикової та металеві арматури з клеєною деревиною прийнято за доцільне провести три серії експериментальних досліджень, відповідно до мети та задач поставлених у роботі.

Армування деревини неметалевою арматурою є тематикою, яка на сьогодні досліджується [4]. Тому виникає необхідність вивчення проблеми зчеплення цієї арматури з деревиною. В даному дослідженні необхідно було визначити силу, яку потрібно прикласти для висмикування арматури з деревини та вивчити залежність цієї сили від деревини, довжини анкерування арматури та додаткових заходів, застосованих для покращення зчеплення.

Для проведення досліджень було виготовлено 14 дослідних зразків з деревини. Зразки виготовлялися на ТОВ "Кравз і К" у смт. Великий Бичків Рахівського району Закарпатської області. Оскільки робота носила дослідницький характер з метою пошуку напрямків подальших наукових досліджень, тому було виготовлено по одному зразку з різними характеристиками. Специфікація зразків наведена у таблиці.

Для склеювання дошок використовували смерекові дошки товщиною 50 мм, вологість деревини становила 9-12 %. В призміві дерев'яні зразки була вкладена арматура з діаметром 10 мм. Довжина анкерування складала – 10d, 20d, 30d та 40d (d-діаметр арматури). Випуск арматури для захвату губками розривної машини було прийнято 150 мм.

Зчеплення арматури з деревиною здійснювалося за допомогою епоксидного клею ЕД-1, що складався з епоксидної смоли (100 г), наповнювача (100 г), пластифікатора дибутилфталату (25 г) і затверджувача (15 г). В якості наповнювача застосовувався портландцемент М400. В зразку марки ББ-1.1 вміст наповнювача складав 100г, в зразку марки ББ-1.2 – 200 г, а в зразку марки ББ-1.3 – 300 г.

Попередньо в нижній дощці балки були вирізані пази, в які заливалась суміш клею і встановлювалась арматура. Коли епоксидний клей набирив необхідної твердості, дошка з арматурою доклеювалась до іншої дошки за допомогою поліуретанового клею марки Jowarug 687-22, який наносився на клеєноносному верстаті. Після цього, зразки встановлювалися під спеціальний прес і витримувалися 12 год під навантаженням до повного висихання

клею. Загальний вигляд зразків показаний на рис. 1.

Таблиця

Специфікація дослідних зразків

№	Марка	Тип арматури	Діаметр арматури, мм	Кількість
1	ББ-1.1	базальтопластикова	10	1
2	ББ-1.2			1
3	ББ-1.3			1
4	ББ-2			1
5	ББ-3			1
6	ББ-4			1
7	БС-1	склопластикова	10	1
8	БС-2			1
9	БС-3			1
10	БС-4			1
11	БМ-1	металева	10	1
12	БМ-2			1
13	БМ-3			1
14	БМ-4			1



Рис. 1. Загальний вигляд зразків

Випробування зразків виконувалося на розривній машині марки Р-10 № 2203 (ГОСТ 7855-74) за допомогою спеціальної силової рамки 3 (рис. 2), запроектованої для аналогічних випробувань [5]. Навантаження до

стержня прикладалося ступенями по 1.0 кН. Під час навантажень вимірювалося проковзування (переміщення) вільного кінця стержня відносно торця призми годинниковим мікроіндикатором 4 з ціною поділки 0.001 мм. За його допомогою визначалося переміщення ненавантаженого кінця арматури відносно деревини. Для надійного закріплення індикатора у торці зразка до поверхні деревини приклеювався тримач 5.

За граничний стан зчеплення арматури з бетоном згідно з Британським стандартом BS 4449:1997 прийнято стан, коли проковзування (переміщення) вільного кінця стержня відносно торця призми складає $\delta u=0.2$ мм [6]. Для деревини цей параметр на сьогодні є ненормованим та нерегламентованим.

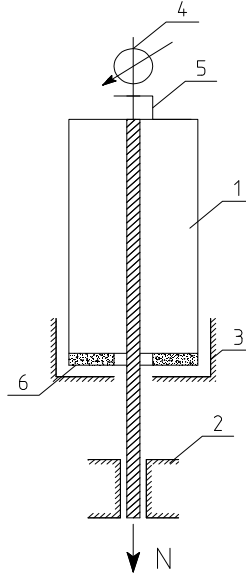


Рис. 2. Схема випробування дослідних зразків на розривній машині P-10.

1 – дослідний зразок; 2 – губки розривної машини;
3 – силова рамка; 4 – індикатор; 5 – тримач; 6 – прокладка

За викладеною вище методикою були досліджені усі 14 дослідні зразки. Провівши аналіз результатів досліджень, виконано порівняння зчеплення металеві, базальтопластикові та склопластикові арматури з клеєною деревиною при різних довжинах анкерування. Ці порівняння представлені на графіках “ σ_s - δ ” (рис. 3-7), згідно яких можна встановити наступне:

- при анкеруванні арматурних стержнів з $l_{ан}=100$ мм, зусилля, яке потрібно прикласти до арматурного стержня для його висмикування, становить для металеві арматури класу А400С 8кН, а для склопластикові, марки АКС, і для базальтопластикові, марки АКБ – 5 кН. Отже, металева арматура

має краще зчеплення з деревиною в порівнянні з неметалевою, крім того, базальтопластикова та склопластикова арматури працюють на висмикування однаково (рис. 3);

- як при анкеруванні арматурних стержнів з $l_{ан}=200, 300$ мм, так і при $l_{ан}=100$ мм зчеплення металевої арматури є кращим в порівнянні із зчепленням неметалевої арматури, результати зображено на графіках (рис. 4, 5);

- при анкеруванні арматурних стержнів з $l_{ан}=400$ мм, не вдалося порівняти зчеплення неметалевої арматури з металевою, оскільки зразок із металевою арматурою БМ-4 був вилучений з експерименту, через неякісне його виготовлення. Але з отриманих результатів можна зробити висновок, що базальтопластикова і склопластикова арматури однаково працюють з деревиною на зчеплення (рис. 6);

- в дослідних зразках неметалева арматура значно більше недовикористовується за міцністю ніж металева(рис.7). Очевидно, це пов'язано з недостатнім її зчепленням з деревиною за рахунок значно менших рифів по поверхні від металевої арматури;

- рекомендуємо прийняти за граничний стан зчеплення арматури з клеєною деревиною момент, коли $\sigma_s=0,95 \cdot \sigma_{max}$, що і відображено на рис. 3-6.

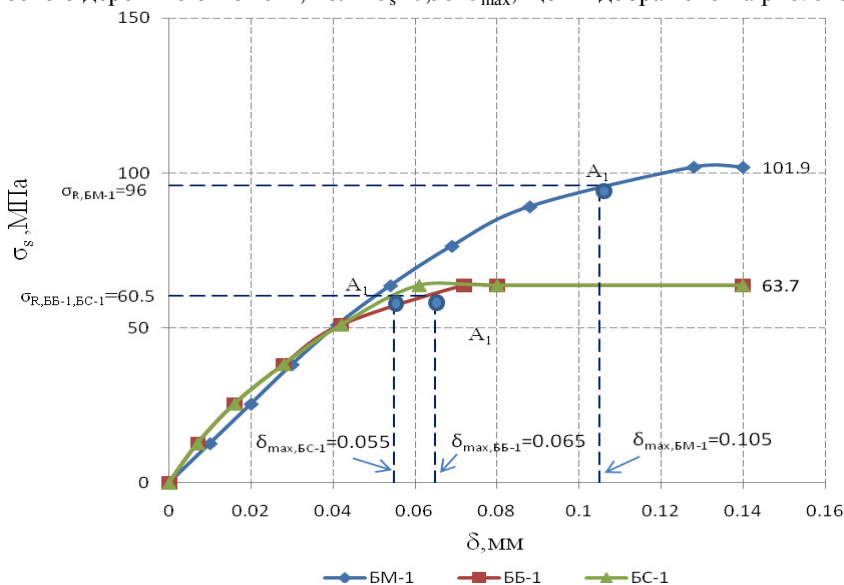


Рис. 3. Проквзування арматури δ залежно від від напруження в арматурі σ_s , при анкеруванні 100мм: БМ-1,ББ-1,БС-1 – відповідно зразки з металевої, базальтопластикової та склопластикової арматури

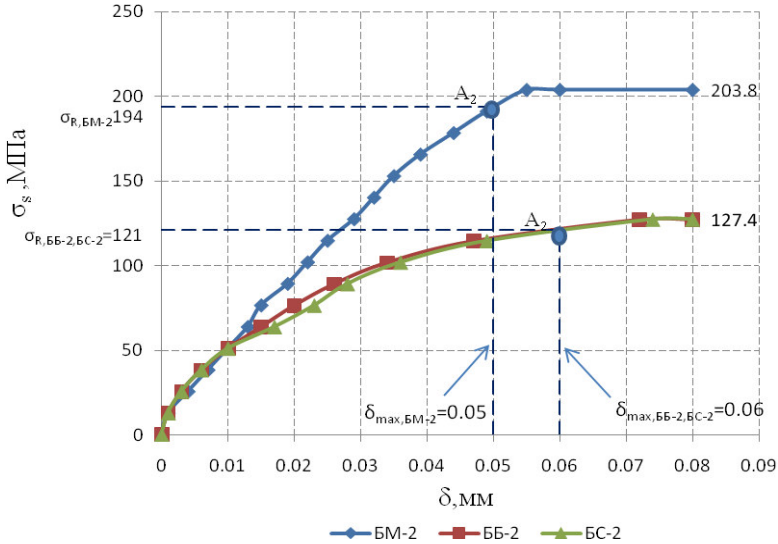


Рис. 4. Прокковзування арматури δ залежно від напруження в арматурі σ_s , при анкеруванні 200мм: БМ-2, ББ-2, БС-2 – відповідно зразки з металевої, базальтопластикової та склопластикової арматури

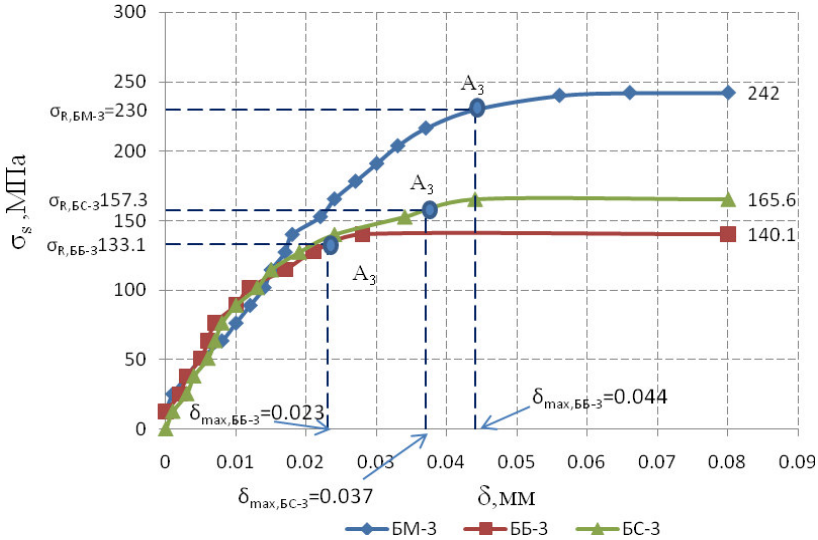


Рис. 5. Прокковзування арматури δ залежно від напруження в арматурі σ_s , при анкеруванні 300 мм: БМ-3, ББ-3, БС-3 – відповідно зразки з металевої, базальтопластикової та склопластикової арматури

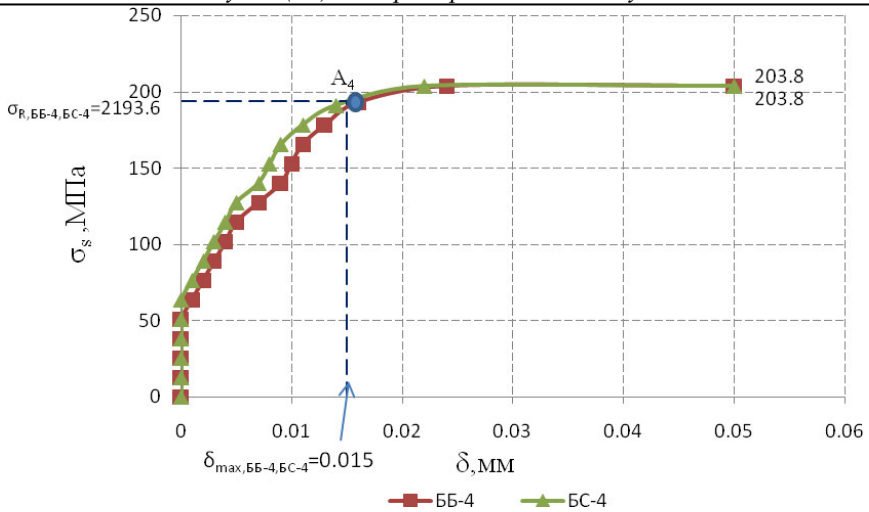


Рис. 6. Прокковзування арматури δ залежно від напруження в арматурі σ_s , при анкеруванні 400 мм: ББ-4, БС-4 – відповідно зразки базальтопластикової та склопластикової арматури. Зразок БМ-4 був виключений з експерименту, через неякісний епоксидний клей

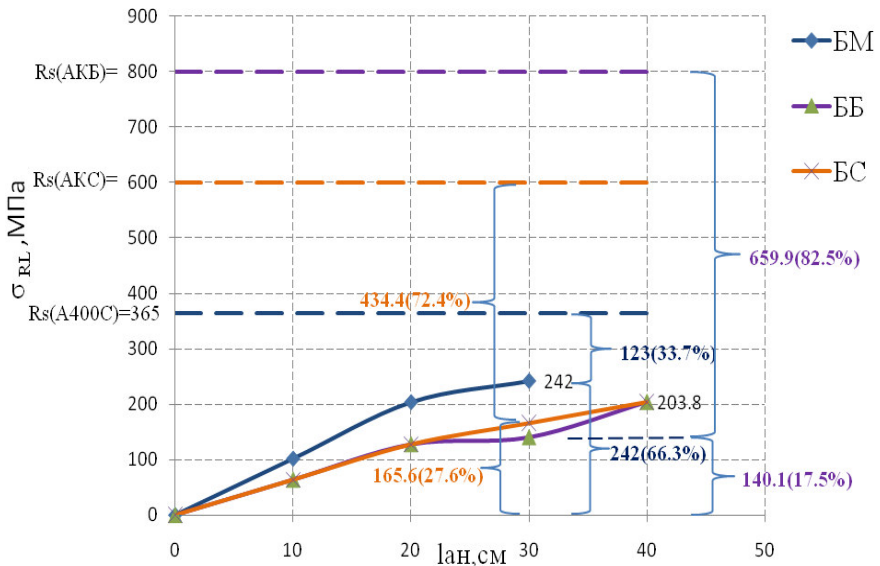


Рис. 7. Залежність напруження в арматурних стержнях в граничному стані зчеплення від довжини анкерування. БМ, ББ, БС – відповідно зразки з металевої, базальтопластикової та склопластикової арматури

Висновки

1. Розроблено дослідне обладнання та методику експериментального дослідження анкерування арматури в клеєній деревині.
 2. Встановлено, що металева арматура класу А400С має краще зчеплення в порівнянні з неметалевою арматурою марки АКБ і АКС за рахунок вищих рифів. Для арматури марки АКБ і АКС необхідно збільшити висоту рифів або застосовувати анкерні пристрої.
 3. Встановлено значення граничного зміщення арматури відносно деревини δ_u , яке приймається в момент, коли $\sigma_s = 0,95 \cdot \sigma_{\max}$ і становить:
 - для металевої арматури $\delta_u = 0.044\text{мм}$;
 - для базальтопластикової арматури $\delta_u = 0.015\text{мм}$;
 - для склопластикової арматури $\delta_u = 0.015\text{мм}$.
 4. Довжини анкерування 10d, 20d, 30d, 40d арматури в деревині як металевої, так і неметалевої недостатньо.
 5. За результатами досліджень виявлено, що неметалева арматура практично дуже мало включається в спільну роботу з деревиною. Максимальне напруження у ній при руйнуванні зразків з неметалевою арматурою склало 17,5...27,6% від розрахункового опору цієї арматури.
1. ТУ У В.2.7-26.8-34323267-002:2009 "Ровінг з базальтових волокон. Технічні вимоги" п. 3.1.6. 2. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 66 с. 3. Клееные армированные деревянные конструкции : учебное пособие / В.Ю. Шуко, С.И. Рощина – СПб.: ГИОРД, 2009. – 128с. 4. Демчина Б.Г., Сурмай М.І., Кравз А.Р., Бляхар Т.Й. Досвід виготовлення дощатоклеєних балок, армованих неметалевою арматурою // Вісник ДонНАБА. – 2010. – №5(85), том II. – С. 193- 197. 5. Демчина Б.Г., Верба В.Б., Демчина Х.Б. Експериментальні дослідження зчеплення арматури з пінобетоном // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – № 545. "Теорія і практика будівництва". – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2005. – С.41-45. 6. EN 1995-1-2-2004. Eurocode 5 – Design of timber structures – Part 1.1: General rules and rules for buildings. – 102 p.

Рецензент: к.т.н., доцент Шналь Т.М. (НУ «Львівська політехніка»)