

УДК 624.011.17

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК, АРМОВАНИХ ЗОВНІШНЬОЮ СТРІЧКОВОЮ АРМАТУРОЮ

*Т. Боднарчук, к. т. н., С. Нікіфоряк, ст. викладач, М. Івчук, асистент
Львівський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Створення нових ефективних конструкцій – основна вимога сучасного будівельного виробництва. Армування дерев'яних конструкцій стрижневою арматурою періодичного профілю уже відоме і його успішно використовують у будівництві. Використання стрічкової сталі для зовнішнього армування дерев'яних конструкцій залишається маловивченим.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Глибокі наукові дослідження дерев'яних конструкцій, армованих металевою стрижневою арматурою, провели В.Ю. Щуко, С.І. Роціна, Е.С. Уточкіна, А.В. Кріцін, В.А. Репін та ін. Останніми роками роботу склопластикової та базальтопластикової арматури в поєднанні з дощатоклеєними балками ретельно досліджують науковці НУ «Львівська політехніка» Б.Г. Демчина, Т.Й. Бляхар, А.Р. Кравз, М.І. Сурмай [3]. Учені довели, що підсилення деревини арматурою зменшує впливи природних вад деревини, суттєво збільшує несучу здатність та жорсткість конструкцій за зниження їх маси й вартості.

Постановка завдання. Завдання нашого дослідження – провести експериментальні дослідження напружено-деформованого стану конструкції, дослідити зчеплення арматури з деревиною та вплив довготривалого навантаження на міцність і жорсткість.

Об'єктом дослідження були балки суцільного перерізу завдовжки 1900 мм та з поперечним перерізом 150 x 100 мм з подвійним армуванням металевою гладкою стрічкою. Арматуру прикріплювали до балки за допомогою клею у другій і третій серіях, а в четвертій – на механічних в'язях. Для порівняння результатів досліджували аналогічні балки першої серії без армування.

Для забезпечення зчеплення арматури з деревиною використовували епоксидний клей ЕД-1, який заливали в попереднього вибрані пази. Після цього зразки встановлювали під прес із витримкою 12 год. У зразків четвертої серії стрічкову арматуру закріплювали за допомогою самонарізів.

Виклад основного матеріалу. Випробування проводили у лабораторії кафедри будівельних конструкцій Львівського національного аграрного університету. Для експерименту використовували стенд

статичних випробувань балкових конструкцій. Зусилля докладали однією силою посередині прогону гідравлічним домкратом та контролювали динамометром. Прогин балки визначали трьома індикаторами годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм, два з яких вимірювали просідання опор, а третій фіксував прогин посередині балки. У найнапруженіших ділянках стиснутої та розтягнутої зон балки деформації вимірювали також мікроіндикаторами годинникового типу (рис. 1).

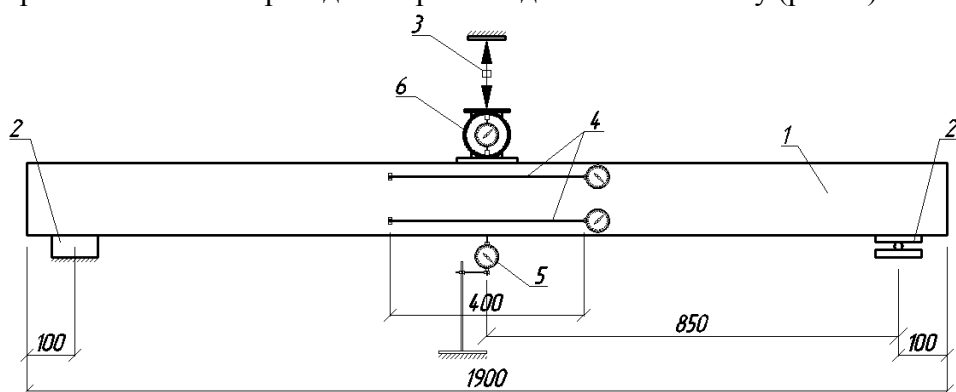


Рис. 1. Схема стенда та розміщення вимірювальних приладів на дослідних балках:
 1 – зразок, що випробовується; 2 – нерухома та рухома опори;
 3 – гідравлічний домкрат; 4 – мікроіндикатори; 5 – прогиномір на штативі;
 6 – кільцевий динамометр.

Програмою експерименту було передбачено дослідження балок чотирьох серій: I серія – балка без армування; II – балка, армована металеву смугою 40x4 мм, з'єднання яких виконували за допомогою епоксидного клею (рис. 2); III – балка, армована металеву смугою 40x4 мм, поставленою на ребро, з'єднання яких виконували за допомогою епоксидного клею; IV – балка, армована металеву смугою 40x4 мм, приєднання якої виконували за допомогою нагелів (рис. 3).

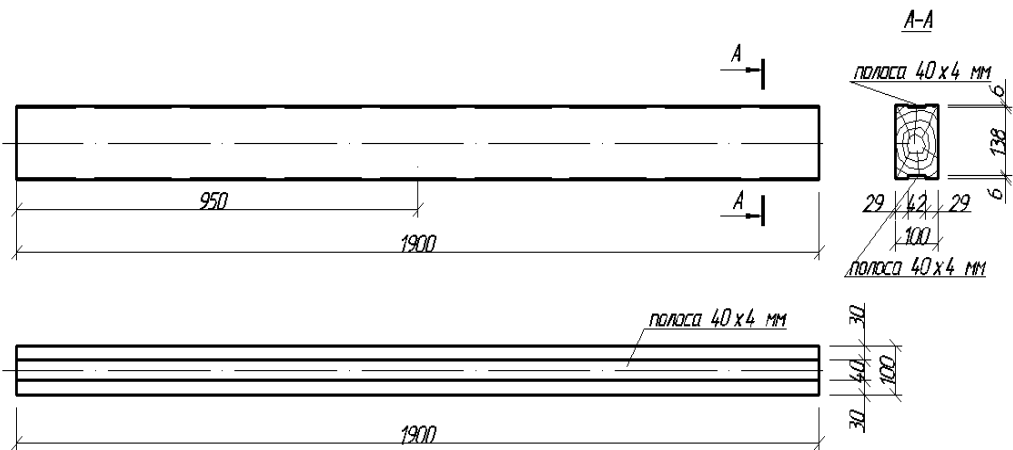


Рис. 2. Схема армування дослідних зразків серій II та IV.

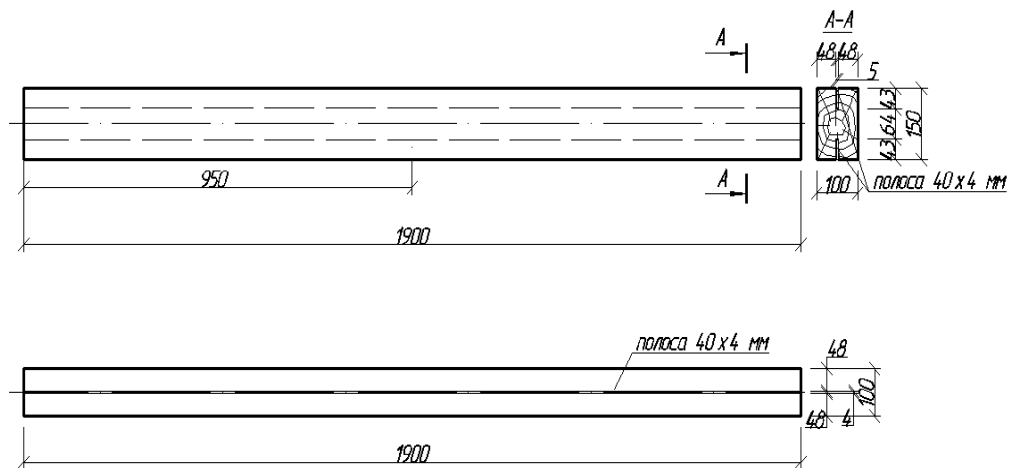


Рис. 3. Схема армування дослідних зразків серії III.

Аналізуючи експериментальні дані, отримані за випробовування металодерев'яних балок, можна дійти таких висновків:

1. За навантажень $0,25N_{\max}$ металодерев'яна балка працює у пружній стадії.
2. Граничних прогинів у армованих балках досягали за навантажень, що втричі перевищували навантаження в неармованих балках.
3. Наявність арматури збільшує несучу здатність дерев'яних балок та зменшує прогини.
4. Практично всі балки зруйнувалися від розриву волокон деревини у розтягнутій зоні.

5. Наявність арматури запобігає раптовому фізичному руйнуванню балок у момент розриву нижніх волокон деревини.

Одним із провідних науковців у галузі армованих дерев'яних конструкцій є В.Ю. Щуко [1]. Згідно з його методикою момент інерції згинаних армованих конструкцій визначають за залежністю $I_{пр} = b h^3 / 12 + n F_a (h_0/2)^2$ (де $I_{пр}$ – приведений момент інерції; b – ширина перерізу; h – висота перерізу; n – співвідношення модулів пружності арматури та деревини; F_a – площа поперечного перерізу арматури; h_0 – відстань від центру ваги арматури до центру ваги балки. Момент опору визначають за формулою $W_{пр} = 2 \cdot I_{пр} / h_0$. Результати, які були отримані за теоретичного розрахунку, порівнювали з результатами експериментальних досліджень (табл. 1).

Таблиця 1

Балка	$N_{за.мет.Щуко}$ кН	$N_{експеримнт}$ кН	%
Б-1 (серія I)	5,41	17,7	70
БА-2 (серія II)	10,35	35,5	71
БА-3 (серія III)	12,55	47,7	74
БА-4 (серія IV)	10,48	35,5	71

Порівнюючи експериментальні дані з теоретичними розрахунками за методикою В.Ю. Щуко, розбіжність складає $\approx 72\%$.

Під час розрахунку за рекомендаціями відомого науковця В.З. Клименка розрахункові характеристики перерізу для балок із подвійним симетричним армуванням визначають за формулами: $I_{пр} = \frac{bh^3}{12} \left(1 + 3 \frac{E_a}{E_d} \mu \right)$; $W_{пр} = \frac{2I_{пр}}{h}$, де E_a , E_d – модулі пружності арматури й деревини; $\mu = F_a / bh$ – коефіцієнт армування перерізу; F_a – площа арматури; b та h – висота та ширина) [2].

Порівняння результатів теоретичних розрахунків дослідних балок за методикою, запропонованою В.З. Клименком з експериментальними даними, показують розбіжність $\approx 74\%$ (табл. 2).

Таблиця 2

Балка	$N_{Клименко}$ кН	$N_{експеримент}$ кН	%
Б-1 (серія I)	5,41	17,7	70
БА-2 (серія II)	10,35	35,4	71
БА-3 (серія III)	8,38	47,7	83
БА-4 (серія IV)	10,35	35,4	71

З метою збільшення точності оцінки несучої здатності армованих балок спробуємо використати розрахунковий апарат, що базується на

визначенні геометричних характеристик складеного перерізу металодерев'яної балки з урахуванням способу з'єднання арматури з деревиною. Оскільки переріз симетричний, то момент інерції та момент опору матимуть вигляд:

$$I_{\text{пр}} = \frac{bh^3}{12} + \frac{t \cdot c^3}{12} * \frac{E_a}{E_d} * \xi + 2t * c * (a)^2 * \frac{t \cdot c^3}{12} * \frac{E_a}{E_d} \xi \quad \text{см}^4;$$

$$W_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot I_{\text{пр}}}{h} \text{см}^3,$$

де $\frac{bh^3}{12}$ момент інерції дерев'яної балки; $\frac{t \cdot c^3}{12}$ момент інерції арматури; $\frac{E_a}{E_d}$ – приведений модуль пружності арматури до деревини; a – відстань від центру ваги арматури до центру ваги балки; ξ – коефіцієнт, що враховує спосіб з'єднання арматури з деревиною. Величину прогину визначаємо за формулою: $f_0 = \frac{P \cdot l^3}{32EI} \leq [f]$ см; $f = f_0 \times \xi$ см. Результати розрахунків подано в табл. 3.

Таблиця 3

Балка	$N_{\text{склад. метод}}$	$N_{\text{експеримент.}}$	%
Б-1 (серія I)	5,4	17,7	70
БА-2 (серія II)	19,44	35,4	45
БА-3 (серія III)	24,47	47,7	49
БА-4 (серія IV)	15,93	35,4	55

Отже, найточнішою з-поміж перелічених методик розрахунку є оцінка несучої здатності за запропонованою методикою. Оскільки коефіцієнт ξ був прийнятий на основі незначної кількості експериментальних даних, його необхідно уточнити, що забезпечить ще більшу точність теоретичних розрахунків. Розбіжність результатів за такої методики розрахунку складає $\approx 54\%$.

Висновки

1. Розбіжність між теоретичними розрахунками та результатами експериментальних досліджень склала для методики В.Ю. Щуко $\approx 72\%$, для методики, запропонованої В.З. Клименко, – 74% , а для методики, запропонованої авторами, $\approx 54\%$ (зважаючи на неоднорідність будови деревини, ці результати є цілком прийнятними). Під час оцінки прогинів за запропонованою методикою розбіжність становила 37% , а за методикою В.Ю. Щуко – 45% . Отже, запропонований метод можна використовувати для оцінки несучої здатності та жорсткості армованих дерев'яних конструкцій.

2. Армвання дерев'яних балок дає змогу майже удвічі збільшити їх несучу здатність.

3. Найефективнішим способом армування дерев'яних балок стрічковою арматурою є встановлення її вертикально у площині дії згинального моменту (серія III).

4. Кріплення стрічкової сталі до дерев'яних балок за допомогою клею (серія II) та шурупів (серія IV) показало однаково високу їх надійність у забезпеченні спільної роботи матеріалів у конструкції.

5. Використання стрічкової сталі доцільне за реконструкції та підсилення дерев'яних конструкцій, оскільки кріплення її шурупами просте й недороге.

Бібліографічний список

1. Щуко В. Ю. Деревянные конструкции с рациональным армированием / В.Ю. Щуко, С.И. Рощина, В.А. Репин // Деревянные конструкции в современном строительстве : материалы Междунар. научн.-техн. конф. – М. : ЦНИИСК, 2000. – С. 4 - 5.

Клименко В. З. Расчет деревянных конструкций по деформациям и на прочность по деформированной схеме / В. З. Клименко // Строительная механика и расчет сооружений / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – 2012. – № 6. – С. 69-73.

Проектування дерев'яних конструкцій. Єврокод 5 : ДСТУ-Н Б EN 1995-1-1:2010. Офіц.вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 244 с.

Досвід виготовлення дощатоклеєних балок, армованих неметалевою арматурою / Б. Г. Демчина, М. І. Сурмай, А. Р. Кравз, Т. Й. Бляхар // Вісник ДонНАБА. – 2010. – № 5(85), т. 2. – С. 193-197.

Степанюк Ю. В. Напружено-деформований стан дерев'яних балок армованих зовнішньою стрічковою арматурою : магістерська робота / Ю. В. Степанюк. – Львів-Дубляни, 2012. – 92 с.

Боднарчук Т., Нікіфоряк С., Івчук М. Дослідження несучої здатності дерев'яних балок, армованих зовнішньою стрічковою арматурою

Подано результати експериментальних досліджень дерев'яних балок, армованих металевою стрічковою арматурою, та запропоновану методику оцінки їх несучої здатності.

Ключові слова: дерев'яні конструкції, металева стрічкова арматура, несуча здатність, деформації, з'єднання, розрахунок несучої здатності.

Bodnarchuk T., Nikiforyak S., Ivchuk M. Investigation of the bearing capacity of wooden beams reinforced outer reinforcement tape

The results of experimental studies of wooden beams reinforced with metal tape reinforcement and the method of evaluation of their carrying capacity.

Key words: wood structure, metal band fitting, bearing capacity, deformation, a compound bearing capacity calculation.

Боднарчук Т., Никифоряк С., Івчук М. Исследование несущей способности деревянных балок, армированных внешней ленточной арматурой

Приведены результаты экспериментальных исследований деревянных балок, армированных металлической ленточной арматурой, и предложенную методику оценки их несущей способности.

Ключевые слова: деревянные конструкции, металлическая ленточная арматура, несущая способность, деформации, соединения, расчет несущей способности.