

УДК 624.011

doi:10.31650/2707-3068-2022-26-88-96

ПРОГИНИ ПІДСИЛЕНИХ ТА НЕПІДСИЛЕНИХ БАЛОК ПРЯМОКУТНОГО ПЕРЕРІЗУ З КЛЕСНОЇ ДЕРЕВИНИ

Гомон П.С., к.т.н., доц.,

p.s.homon@nuwm.edu.ua: ORCID: 0000-0003-2080-5650

Поліщук М.В., магістр,

m.v.polishchuk@nuwm.edu.ua: ORCID: 0000-0003-1981-8008*Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне*

Анотація: Наведено методику експериментальних досліджень підсиленних (сталевою та стрічковою арматурою) та непідсиленних балок прямокутного перерізу з клеєної деревини за поперечного згину. За результатами експерименту встановлено прогини таких елементів. Також побудовано графіки залежності прогинів від граничного моменту. Встановлено, що найбільш жорсткими були зразки третьої серії з арматурою діаметром 12 мм в стиснутій зоні, а в розтягнутій – композитною стрічковою.

Ключові слова: клеєна деревина, прогин, балка, несуча здатність, сталева арматура, композитна арматура.

Постановка проблеми. Завдяки своїй міцності, красі, простоті в обробці та монтажі деревина давно користується попитом як важливий будівельний матеріал. Застосування в будівництві клеєної деревини, яка виготовляється шляхом з'єднання окремих дошок, спресованих пошарово під тиском, дозволяє звести до мінімуму вплив присутніх в ній природних вад та недоліків (сучки, косошаруватість, загнивання та ін.).

Але такі елементи мають недостатню жорсткість і тому потребують посилення.

Аналіз останніх джерел досліджень та публікацій. Деревина має достатню міцність, як на розтяг, так і на стиск, навіть у порівнянні з міцністю звичайного бетону. Проте висока міцність, як правило, супроводжується низькою жорсткістю, тому проектування, зазвичай, контролюється обмеженнями прогинів конструкцій [1-3]. Підвищення жорсткості без збільшення висоти дерев'яних елементів призводить до значної економії простору і запобігає утворенню складок в стиснутій зоні [4-6] та заощаджує матеріал. Саме армування балки з клеєної деревини сприяє цьому. Введення ж більш жорсткого матеріалу (сталевої арматури) в стиснуту зону поперечного перерізу впливає на збільшення загальної жорсткості балок, що в свою чергу приводить до зменшення прогинів.

Більш відомим та дослідженим є армування клеєних дерев'яних балок із застосуванням сталевих арматур [7-10]. Найефективнішим вважають подвійне армування, при якому арматура розташовується в стиснутій та розтягнутій зонах балок.

Протягом кількох останніх десятиліть спостерігається значний прогрес з використання композитних матеріалів у будівництві. Завдяки своїй високій міцності, високій стійкості до корозії, малій вазі, композитна арматура з легкістю конкурує, а в деяких випадках має переваги перед традиційною сталевою арматурою. Постачається вона у вигляді стержнів, прутів, тросів, стрічок, а також полотна. Призначена композитна арматура для застосування переважно в бетонних конструкціях, зокрема, досить часто при їх підсиленні, проте передбачає використання і для дерев'яних та металевих конструкцій.

У багатьох іноземних країнах використання композитних матеріалів для армування дерев'яних елементів не є новим. В Україні тільки починаємо більш ґрунтовно досліджувати сумісну роботу таких матеріалів з дерев'яними конструкціями і вже маємо деякі напрацювання у цьому напрямку [11-16].

Добре відомою є клеєна армована дерев'яна балка, що містить сталеву стержневую арматуру у пазах стиснутої та розтягнутої зони [17].

У даній роботі запропоновано варіант армування, що не потребує влаштування арматури всередині розтягнутої зони й тим самим не послаблюються найбільш навантажені розтягнуті волокна деревини внаслідок надрізання дошок з метою влаштування пазів. Натомість ззовні розтягнутої зони балки, досить просто, приклеюється високоміцна композитна стрічка з вуглеволокну й тим самим надає конструкції додаткову міцність, а сталеві арматура стиснутої зони – додаткову жорсткість [11, 15, 16].

Постановка цілей і завдань досліджень. Мета роботи – дослідження прогинів підсиленних (сталевою та стрічковою арматурою) та не підсиленних балок прямокутного перерізу з клеєної деревини за поперечного згину.

Методика експериментальних досліджень. Балки із клеєної деревини армовані, неармовані та попередньо напружені виготовлялися довжиною 3000 мм та з розмірами поперечного перерізу 100 x 150 мм. Дерев'яні згинальні елементи були випробувані за схемою дослідної установки (рис.1) в кілька серій (табл.1).

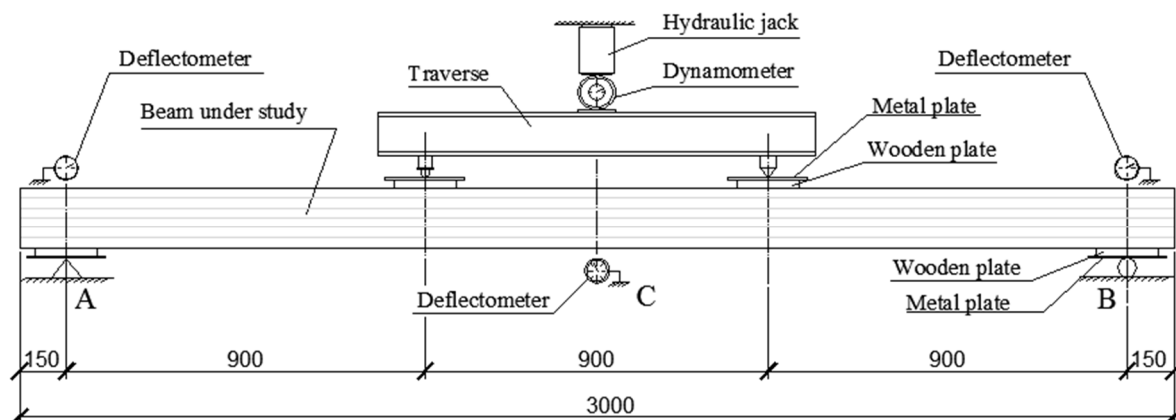


Рис. 1. Схема дослідної установки при випробуванні балок із клеєної деревини

Таблиця 1

Характеристики дослідних зразків балок

№ серії	Позначення	Армування	К-сть зразків
I	GB-A	неармована	1
	GB-B	неармована	1
II	GRB-12C	2Ø12 A500C (Стиснута зона)	1
	GRB-12D	2Ø12 A500C (Розтягнута зона)	1
III	GRB-12A	2Ø12 A500C + Sika CarboDur S-512	1
	GRB-12B	2Ø12 A500C + Sika CarboDur S-512	1
IV	GRB-16A	2Ø16 A500C + Sika CarboDur S-512	1
	GRB-16B	2Ø16 A500C + Sika CarboDur S-512	1
V	GRB-12 (Prst)	2Ø12 A500C + Sika CarboDur S-512 (Prst) (Попередньо напружена)	1

Виготовлення та випробування усіх зразків проводились у лабораторії кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд НУБГП м. Рівне. Балки виготовлялись з соснових дошок товщиною 25 мм. Кожну неармовану балку формували й склеювали за один раз, тоді, як армовані балки виготовлялись у кілька етапів.

Спочатку вклеювалась сталеві арматура у попередньо зроблені пази передостанньої дошки верхньої стиснутої зони за допомогою епоксидного клею. Далі, на спеціальному стенді під тиском склеювався пакет дошок з використанням резорцинового клею. Після повного твердіння клею, приклеювалась композитна стрічкова арматура за допомогою спеціально призначеного для неї клею Sika Dur-30 ззовні майбутньої розтягнутої зони балки.

Доставляється композитна стрічка Sika Carbo Dur S-512 товщиною 1,2 мм та шириною 50 мм. Однак у результаті своєї високої міцності було вирішено розділити її наполовину по всій довжині, отримавши таким чином ширину 25 мм.

Після приклеювання стрічки для її анкерування додатково у двох балках GRB-12B та GRB-16B клеїлось полотно Sika Wrap-230C з використанням також відповідного цьому клею Sika Dur-330. Оскільки загинати полотно під гострим кутом заборонено, то у місцях його наклеювання, у кутах балок, робились фаски радіусом не менше 20 мм. Схему армування балок сталевую та композитною арматурою показано на рис. 3.

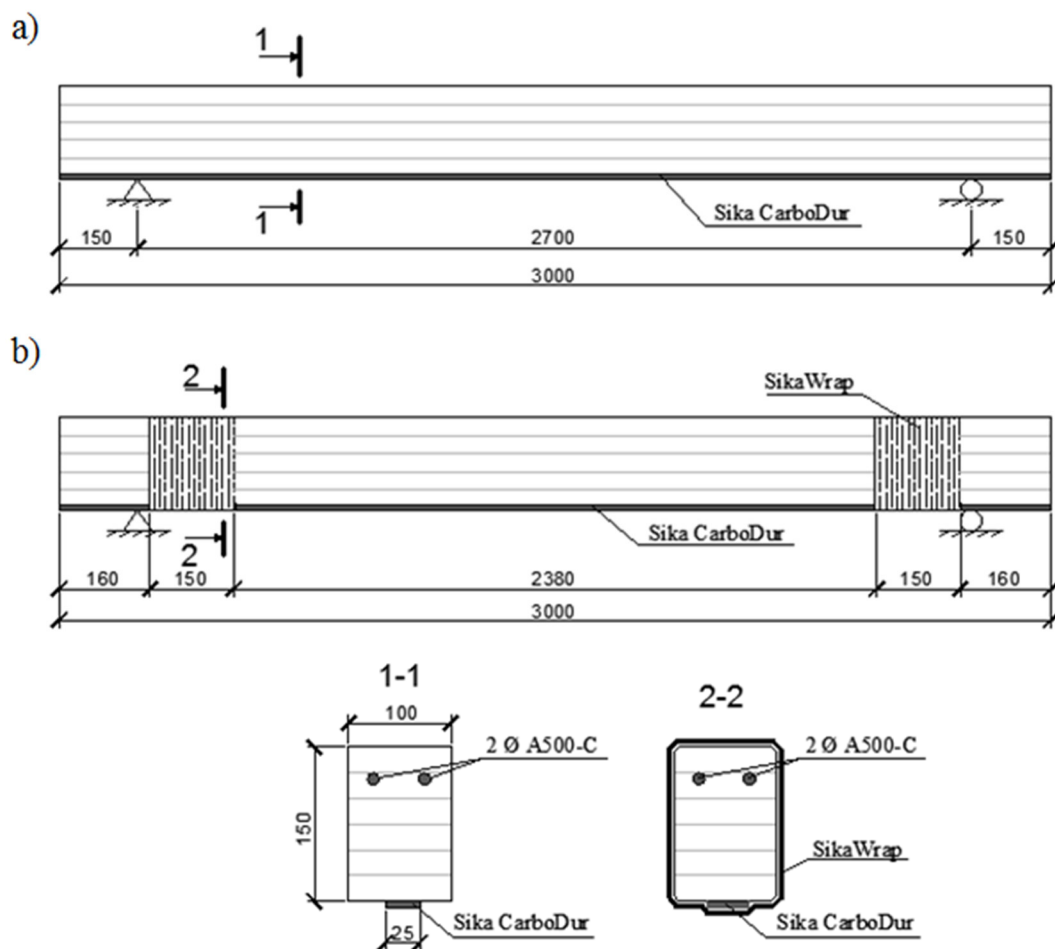


Рис. 3. Схема армування балок із клеєної деревини сталевую та композитною арматурою: а) без додаткового анкерування композитної стрічки; б) з додатковим анкеруванням стрічки

Підготовлені до випробування балки встановлювались на шарнірно рухому та нерухому опори. Навантаження до зразків прикладалось за допомогою гідравлічного домкрата, а його рівень контролювали за допомогою кільцевого динамометра. Зусилля від домкрата у вигляді двох зосереджених сил передавалось на конструкцію через металеву траверсу у третинах прольоту. Випробування здійснювалось одноразовим навантаженням ступенями 5-10 % від очікуваного руйнівного навантаження згідно вимог [18-20]. Витримка на кожному ступені становила 5-7 хв, протягом яких знімалися відліки з усіх приладів розміщених на досліджуваній балці.

У місцях передачі навантаження з траверси на балку та місцях обпирання балки на опорах встановлювались металеві й дерев'яні підкладки, які зменшували концентрацію місцевих напружень і запобігали зминанню деревини поперек волокон.

Перша серія балок із клеєної деревини GB налічувала дві балки (GB-A та GB-B), які були еталонними.

Балки другої серії були з одиночним армуванням. Балка GRB-12C армована двома стержнями діаметром 12 мм класу A500C в стиснутій зоні без армування розтягнутої зони, а балка GRB-12D двома стержнями діаметром 12 мм класу A500C в розтягнутій зоні без армування стиснутої зони.

Балки третьої серії GRB-12A та GRB-12B були армовані у стиснутій зоні сталевую арматурою у вигляді двох стержнів діаметром 12 мм класу A500C та композитною стрічкою Sika CarboDur S-512, яка була приклеєною зовні розтягнутої зони відповідно до [17]. Відрізнялися одна від одної балки третьої серії тим, що композитна стрічка в зразку GRB-12B додатково була анкерована у приопорних ділянках балки, для запобігання відриву чи проковзуванню. Для анкерування було використано полотно з вуглецевих волокон SikaWrap-230 C, яке кріпилося по периметру балки.

Армовані балки четвертої серії GRB-16A та GRB-16B були виготовлені аналогічно до третьої серії з єдиною відмінністю, що у стиснутій зоні використано 2 стержні арматури A500C діаметром 16 мм.

Також було досліджено роботу ще однієї дерев'яної балки п'ятої серії GRB-12 (Prst). Балка п'ятої серії GRB-12 (Prst) була армована у стиснутій зоні сталевую арматурою у вигляді двох стержнів діаметром 12 мм класу A500C та попередньо напруженою композитною стрічкою Sika CarboDur S-512, яка була приклеєною зовні розтягнутої зони. Попереднє напруження композитної стрічки Sika CarboDur S-512 проводилося згідно рекомендацій [18].

Для визначення прогинів балок використовувались прогиноміри 6-ПАО. Вони встановлювались посередині прольоту та над опорами для визначення просідання балки на самих опорах.

Виклад основного матеріалу. В результаті проведених випробувань отримано експериментальні дані та було побудовано графік залежності прогинів балок посередині прольоту від згинального моменту (рис.4).

Значення прогинів на кожному ступені завантаження визначалось за формулою (1)

$$w = w_C - (w_A + w_B)/2, \quad (1)$$

де w_A – просідання балки на першій опорі А, мм;

w_B – просідання балки на опорі В, мм;

w_C – прогин посередині прольоту, мм.

Гранично допустимий прогин для прольоту 270 см згідно [19] становить $\frac{1}{150} l$,

де l – проліт балки.

Таким чином для наших зразків граничний прогин складатиме

$$w_{fin} = \frac{l}{150} = \frac{2700}{150} = 18 \text{ мм} \quad (2)$$

Граничний момент за другою групою граничних станів для еталонних дощатоклеєних балок GB-A та GB-B був в межах 7,5-8.0 кН•м. Армування лише стиснутої зони дощатоклеєної балки GRB-12C підвищує її жорсткість тільки вище досягнення її граничного прогину. Армування розтягнутої зони 2Ø12 A500C балки із клеєної деревини GRB-12D неефективне, бо досить значні затрати на виготовлення підвищили лише на 20% граничний момент за другою групою граничних станів.

Клеєні дерев'яні балки третьої серії, що армовані комбінованим армуванням: у стиснутій зоні сталевую арматурою у вигляді двох стержнів діаметром 12 мм класу A500C та композитною стрічкою Sika CarboDur S-512, як балки четвертої серії дали можливість збільшити несучу здатність по придатності до умов нормальної експлуатації в 1,5 рази.

В балці з клеєної деревини п'ятої серії з комбінованим армуванням, як і в балках третьої серії, але за рахунок попереднього напруження стрічки Sika CarboDur S-512, було створено вигин $f'' = 4,72$ мм, і несуча здатність збільшилася в два рази та становила 16 кН•м.

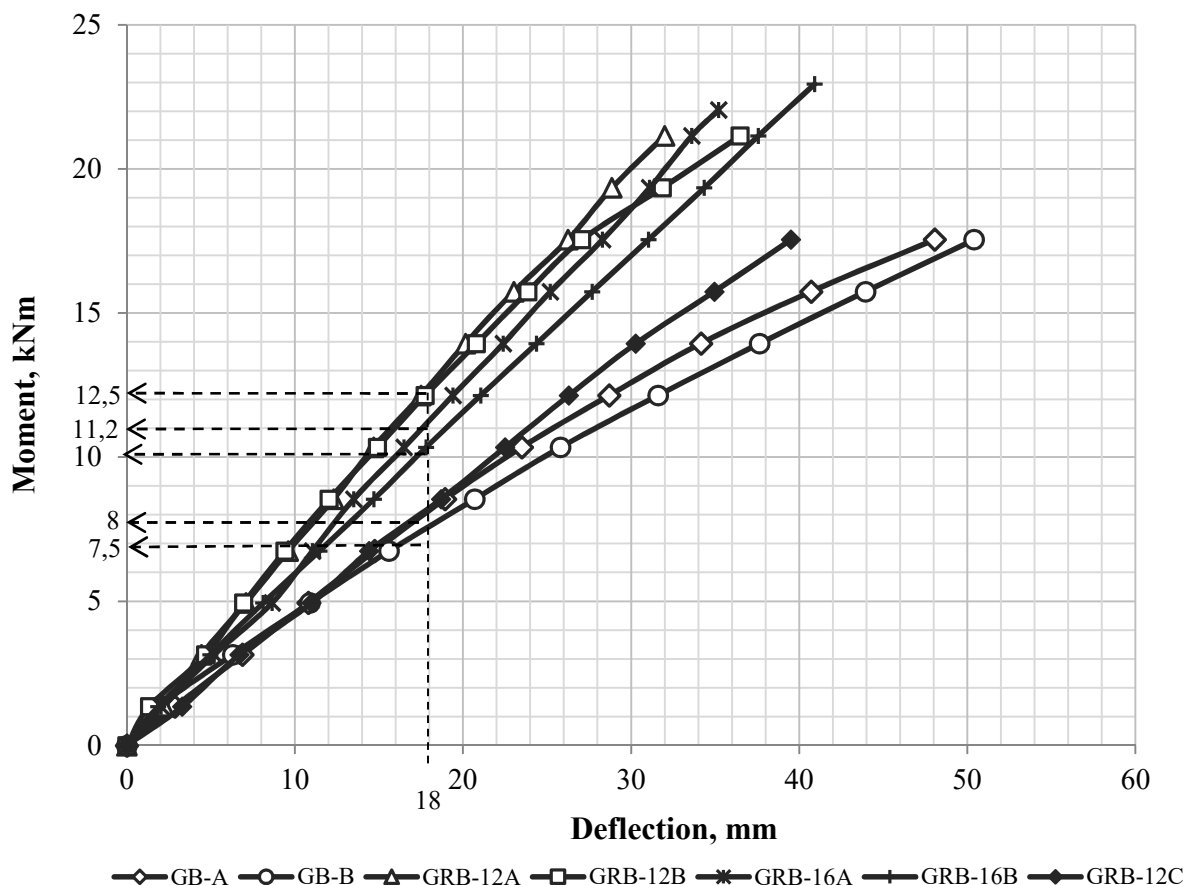


Рис. 4. Графік прогинів досліджуваних балок

Подальше зменшення граничних значень прогину за більших значень згинального моменту може досягатися за рахунок застосування попереднього напруження карбонової стрічки Sika Carbo DurS-512 в розтягнутій зоні клеєної балки [21], що зумовлює початковий вигин елемента перед початком експлуатації.

Висновки. В результаті проведених досліджень були отримані дані щодо зміни жорсткості балок із клеєної деревини за рахунок використання комбінованого армування. Порівняно прогини балок неармованих та армованих сталеву стержневою арматурою, вклеєною у пази стиснутої зони, і композитною стрічкою із вуглеволокна, приклеєною ззовні розтягнутої зони. Було встановлено, як змінюється жорсткість із збільшенням діаметру сталеву арматури у стиснутій зоні та у зразку, що містить арматуру лише в цій зоні.

Встановлено, що армування лише стиснутої зони балок не суттєво впливає на підвищення жорсткості, адже граничного прогину було досягнуто при тих же значеннях навантаження, що й для неармованих зразків з клеєної деревини. У той же час армування стиснутої та розтягнутої зони дає помітні результати. Відтак для зразків GRB-16A, GRB-16B з діаметром арматури 16 мм у стиснутій зоні значення граничного прогину було досягнуто при навантаженні, у середньому, на 39 % більшому ніж для неармованих балок. Проте, слід відмітити, що загальна несуча здатність саме цих зразків була найбільшою. Найбільшу жорсткість проявили зразки з арматурою 12 мм у стиснутій зоні. Для них граничний прогин був досягнутий при навантаженні, що є на 61 % більше ніж середнє значення для зразків неармованих.

Отримані результати дають змогу стверджувати, що запропоноване армування дозволяє суттєво підвищити показники жорсткості та несучої здатності балок з клеєної деревини.

Література

1. Гомон С.С. Напружено-деформований стан і розрахунок за деформаційною методикою елементів з деревини при одноразових та повторних навантаженнях: монографія. Рівне: Волинські обереги, 2019. 288с.
2. Гомон С.С., Павлюк А.П. Робота балок з клеєної деревини в умовах косого згину. Вісник Львівського національного аграрного університету. Архітектура і сільськогосподарське будівництво, №19. Львів, 2018. С. 84-89.
[https://DOI: 10.31734/architecture2018.19.084](https://doi.org/10.31734/architecture2018.19.084).
3. Gomon S., Gomon S., Pavluk A., Gomon P., Sobczak-Piastka J. Completed deflections of glued beams in the conditions of oblique bend for the effects of low cycle loads. AIP Conference Proceedings 2077, 020021 (2019). <https://doi.org/10.1063/1.5091882>.
4. Бабич Є.М., Гомон С.С. Особливості розрахунку елементів з деревини при прямому поперечному згині за деформаційною методикою. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Збірник наукових праць. Луцьк, 2019. Випуск 12. С. 21-30.
[https://DOI: 10.36910/6775-2410-6208-2019-2\(12\)-03](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2019-2(12)-03).
5. Гомон С.С. Стадії напружено-деформованого стану нормальних перерізів роботи деревини на згин. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне, 2011. Випуск 21. С. 176-180.
6. Гомон С.С. Передумови до запобігання прогресуючому руйнуванню конструкцій з деревини при дії різних видів навантажень. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне, 2014. Випуск 29. С. 108-116.
7. Бондарчук Т. Б., Башинський О.І., Пелешко М.З. Несуча здатність та вогнестійкість дерев'яних балок армованих зовнішньою стрічковою арматурою. Вісник ЛДУБЖД, 2014. №9. С. 184-189.
8. Турковский С. Б., Погорельцев А.А. Деревянные конструкции на основе наклонно вклеенных стержней. Система ЦНИИСК. Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. №6. С. 26-28.
9. Репин В. А. Деревянные балки с рациональным армированием: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Владимир, 2000. 158 с.
10. Щуко В.Ю., Рощина С.И. Армированные деревянные конструкции в строительстве: учебное пособие. Владимир, 2002. 68 с.
11. Гомон С. С., Поліщук М.В. Влаштування комбінованого армування балок із клеєної деревини. Міжнародна науково-практична конференція «Ефективні технології і конструкції в будівництві та архітектура села. Розробка інноваційних моделей екопоселень Прикарпаття та Карпат». Тези доповідей. Дубляни, 2019. – с. 99-100.
12. Демчина Б. Г., Сурмай М.І., Кравз А.Р., Бляхар Т.Й. Досвід виготовлення дощатоклеєних балок армованих неметалевою арматурою // Сучасні будівельні матеріали, конструкції та інноваційні технології зведення будівель і споруд: Вісник ДонНАБА. Вип. 5 (85): т. II. Макіївка: ДонНАБА, 2010. С. 193-197.
13. Стоянов В. В. Усиление балочных конструкций методом послойного армирования. Известия вузов «Строительство», 2013. №11. С. 44-47.
14. Єрмоленко Д.А., Іщенко М.С. Міцність та деформативність клеєних дерев'яних балок, армованих полімерною сіткою. ACADEMIC JOURNAL Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. Полтава: ПНТУ, 2017. Т. 2 (47). С. 140-147.
15. Патент на корисну модель № 135229 Україна, МПК E04C 3/12 (2006.01). Клеєна дерев'яна балка / Гомон С.С., Поліщук М.В.; заявники і власники Національний університет водного господарства та природокористування, Гомон С.С., Поліщук М.В. -№ у 201900104; заяв. 03.01.2019; опубл. 25.06.2019, Бюл. №12.
16. Sobczak-Piastka J., Gomon S.S., Polishchuk M., Homon S. Gomon P., Karavan V. Deformability of Glued Laminated Beams with Combined Reinforcement. Buildings 2020, 10(5), 92. doi:10.3390/buildings10050092.

17. Иванов В.А. Конструкции из дерева и пластмасс. Примеры расчета и конструирования: Учеб. Пособие для вузов. Киев: Вища школа, 1981.
18. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. М.: Стройиздат, 1976. 28 с.
19. ДСТУ EN 380-2008 Лісоматеріали конструкційні. Загальні настанови щодо методів випробування на статичне навантаження. 2008. 8 с.
20. ДБН В.2.6-161:2017. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. Київ: ДП Укрархбудінформ, 2017. 111с.
21. Патент на корисну модель № 143340 Україна, МПК E04C 3/26 (2006.01). Спосіб напруження зовнішньої стрічкової арматури балок з клеєної деревини. / Гомон С.С., Гомон П.С., Поліщук М.В.; заявники і власники Національний університет водного господарства та природокористування-№ u2020 00431; заяв. 27.01.2020; опубл. 27.07.2020, Бюл. №14.

References

1. Napruzhenno-deformovanyy stan i rozrakhunok za deformatsiynoyu metodykoyu elementiv z derevyny pry odnorazovykh ta povtornykh navantazhennyakh: monohrafiya. Rivne: Volyns'ki oberehy, 2019. 288s.
2. Gomon S.S., Pavlyuk A.P. Robota balok z kleyenoyi derevyny v umovakh kosoho z'hynu. Visnyk L'vivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Arkhitektura i sil's'kohospodars'ke budivnytstvo, №19. L'viv, 2018. S. 84-89.
3. Gomon S., Gomon S., Pavluk A., Gomon P., Sobczak-Piastka J. Completed eflections of glued beams in the conditions of oblique bend for the effects of low cycle loads. AIP Conference Proceedings 2077, 020021 (2019).
4. Babych YE.M., Homon S.S. Osoblyvosti rozrakhunku elementiv z derevyny pry pryamomu poperechnomu z'hyni za deformatsiynoyu metodykoyu. Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. Zbirnyk naukovykh prats'. Luts'k, 2019. Vypusk 12. S. 21-30.
5. Gomon S.S. Stadiyi napruzhenno-deformovanoho stanu normal'nykh pereriziv roboty derevyny na z'hyn. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Rivne, 2011. Vypusk 21. S. 176-180.
6. Gomon S.S. Peredumovy do zapobihannya prohresuyuchomu ruynuvannyu konstruktsiy z derevyny pry diyi riznykh vydiv navantazhen'. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Rivne, 2014. Vypusk 29. S. 108-116.
7. Bondarchuk T. B., Bashyns'kyi O.I., Peleshko M.Z. Nesucha zdatnist' ta vohnestiykist' derev'yanykh balok armovanykh zovnishn'oyu strichkovoyu armaturoyu. Visnyk LDUBZHD, 2014. №9. S. 184-189.
8. Turkovskiy S. B., Pogorel'tsev A.A. Derevyannyye konstruktsii na osnove naklonno vkleyennykh sterzhney. Sistema TSNIISK. Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii KHKHÍ veka. 2008. №6. S. 26-28.
9. Repin V. A. Derevyannyye balki s ratsional'nym armiroyaniyem: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.01. Vladimir, 2000. 158 s.
10. Shchuko V.YU., Roshchina S.I. Armirovannyye derevyannyye konstruktsii v sroitel'stve: uchebnoye posobiye. Vladimir, 2002. 68 s.
11. Gomon S. S., Polishchuk M.V. Vlashtuvannya kombinovanoho armuvannya balok iz kleyenoyi derevyny. Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya «Efektyvni tekhnolohiyi i konstruktsiyi v budivnytstvi ta arkhitektura sela. Rozrobka innovatsiynykh modeley ekoposelen' Prykarpattya ta Karpat». Tezy dopovidey. Dublyany, 2019. – s. 99-100.
12. Demchyna B. H., Surmay M.I., Kravz A.R., Blyakhar T.Y. Dosvid vyhotovlennya doshchatokleyenykh balok armovanykh nemetalevoyu armaturoyu // Suchasni budivel'ni materialy, konstruktsiyi ta innovatsiyni tekhnolohiyi zvedennya budivel' i sporud: Visnyk DonNABA. Vyp. 5 (85): t. II. Makiyivka: DonNABA, 2010. S. 193-197.
13. Stoyanov V. V. Usylenye balochnykh konstruktsiy metodom posloynoho armyrovannya. Yzvestyya vuzov «Stroytel'stvo», 2013. №11. S. 44-47.

14. Yermolenko D.A., Ishchenko M.S. Mitsnist' ta deformatyvnist' kleyenykh derev'yanykh balok, armovanykh polimernoyu sitkoyu. ACADEMIC JOURNAL Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. Poltava: PNTU, 2017. T. 2 (47). S. 140-147.
15. Patent na korysnu model' № 135229 Ukrayina, MPK E04S 3/12 (2006.01). Kleyena derev'yana balka / Homon S.S., Polishchuk M.V.; zayavnyky i vlasnyky Natsional'nyy universytet vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya, Homon S.S., Polishchuk M.V. -№ u 201900104; zayav. 03.01.2019; opubl. 25.06.2019, Byul. №12.
16. Sobczak-Piąstka J., Gomon S.S., Polishchuk M., Homon S. Gomon P., Karavan V. Deformability of Glued Laminated Beams with Combined Reinforcement. Buildings 2020, 10(5), 92.
17. Ivanov V.A. Konstruktsii iz dereva i plastmass. Primery rascheta i konstruirovaniya: Ucheb. Posobiye dlya vuzov. Kiyev: Vishcha shkola, 1981.
18. Rekomendatsii po ispytaniyu derevyannykh konstruktsiy. TSNIISK im. V.A. Kucherenko. M.: Stroyizdat, 1976. 28 s.
19. DSTU EN 380-2008 Lisomaterialy konstruktsiy. Zahal'ni nastanovy shchodo metodiv vprobuvannya na statychne navantazhennya. 2008. 8 s.
20. DBN V.2.6-161:2017. Konstruktsiyi budynkiv i sporud. Derev'yani konstruktsiyi. Osnovni polozhennya. Kyiv: DP Ukrarkhbudinform, 2017. 111s.
21. Patent na korysnu model' № 143340 Ukrayina, MPK E04S 3/26 (2006.01). Sposib napruzhennya zovnishn'oyi strichkovoyi armatury balok z kleyenoyi derevyny. / Gomon S.S., Gomon P.S., Polishchuk M.V.; zayavnyky i vlasnyky Natsional'nyy universytet vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya-№ u2020 00431; zayav. 27.01.2020; opubl. 27.07.2020, Byul. №14.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГИБОВ УСИЛЕННЫХ И НЕУСИЛЕННЫХ БАЛОК ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ИЗ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Гомон Петр, к.т.н., доц.,

p.s.homon@nuwm.edu.ua; ORCID: 0000-0002-5312-0351

Полищук Н.В., магистр,

m.v.polishchuk@nuwm.edu.ua; ORCID: 0000-0003-1981-8008

Національний університет водного господарства та природоиспользования, Ровно

Аннотация. Динамичное развитие и распространение конструкций из клееного бруса в строительстве определяют их всестороннее изучение. Также актуален вопрос увеличения несущей способности таких конструкций с помощью армирования. Армирование деревянных элементов с использованием стальной арматуры более изучено, но недавние исследования показали хорошее использование композитов на основе синтетических волокон в качестве армирования деревянных конструкций. Нашей целью было объединить эти два вида армирования и исследовать изменение жесткости образцов в виде клееных деревянных балок. Для исследований было подготовлено несколько серий балок с размерами поперечного сечения 100x150 мм и длиной 3000 мм. Первая серия состояла из двух клееных неармированных балок. Они были испытаны для определения разрушающей нагрузки, установления контрольных прогибов и сравнения их с соответствующими прогибами армированных балок. Вторая серия состояла из двух клееных деревянных балок, армированных двумя стальными стержнями диаметром 12 мм в сжатой зоне и армирующей лентой из углеродного волокна Sika Carbo Dur S-512 в растянутой зоне. Третья серия включала две балки, которые были армированы стальной арматурой диаметром 16 мм в сжатой зоне и армирующей лентой из углеродного волокна Sika Carbo Dur S-512 в растянутой зоне. Четвертая серия включала одну балку, которая в сжатой зоне армировалась только стальной арматурой в виде двух стержней диаметром 12 мм. Испытуемые образцы нагружались с помощью домкрата двумя сосредоточенными нагрузками. Прогибы всех балок измерялись с помощью индикаторов прогиба. В результате экспериментальных исследований построены сравнительные графики изменения прогибов в зависимости от изгибающего момента.

Наиболее жесткими оказались образцы второй серии с арматурой диаметром 12 мм в сжатой зоне. Предельный прогиб для них был достигнут при нагрузке, что на 61 % больше среднего значения для неармированных образцов. Величина предельного прогиба для третьей серии балок достигалась при нагрузке в среднем на 39 % выше, чем для неармированных балок. Однако следует отметить, что грузоподъемность этих образцов была самой высокой. Армирование балки четвертой серии не привело к увеличению жесткости, так как предельный прогиб достигался при тех же значениях нагрузки, что и для неармированных образцов клееного бруса.

Ключевые слова: клееная древесина, прогиб, балка, несущая способность, стальная арматура, композитная арматура.

DEFLECTIONS OF REINFORCED AND NON-REINFORCED BEAMS OF RECTANGULAR SECTION OF GLUED WOOD

Gomon Petro, Ph.D, Assistant Professor,

p.s.homon@nuwm.edu.ua; ORCID: 0000-0002-5312-0351

Polishchuk Mykola, master,

m.v.polishchuk@nuwm.edu.ua; ORCID: 0000-0003-1981-8008

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne

Annotation: The dynamic development and distribution of glued timber structures in construction predetermine their comprehensive study. The issue of increasing the load capacity of such structures using reinforcement is also relevant. The reinforcing of timber elements using steel reinforcement is more researched, but recent studies have shown good use of synthetic fiber-based composites as reinforcement for timber structures. Our purpose was to combine these two types of reinforcement and to investigate the stiffness change of the specimens in the form of glued timber beams. Several series of beams with cross-sectional dimensions of 100x150 mm and 3000 mm length were prepared for the research. The first series consisted of two glued unreinforced beams. They were tested to determine the fracture load, to establish control deflections and to compare them with the corresponding deflections of reinforced beams. The second series consisted of two glued timber beams, which were reinforced with two 12 mm diameter steel rods in the compressed zone and with Sika Carbo Dur S-512 carbon fiber tape reinforcement in the stretched zone. The third series included two beams, which were reinforced with 16 mm diameter steel reinforcement in the compressed zone and the Sika Carbo Dur S-512 carbon fiber tape reinforcement in the stretched zone. The fourth series included one beam, which was reinforced with only steel reinforcement in the shape of two 12 mm diameter rods in the compressed zone. The test specimens were loaded using a jack by two concentrated loads. The deflections of all beams were measured using the deflection indicators. As a result of experimental studies, comparative graphs of the variation of deflections versus bending moment were constructed. The specimens of the second series with reinforcement of 12 mm diameter in the compressed zone were the most rigid. The ultimate deflection for them was achieved at load, which is 61% more than the average value for unreinforced samples. The ultimate deflection value for the third series of beams was achieved at loading, on average, 39% higher than for unreinforced beams. However, it should be noted that the carrying capacity of these samples was the highest. The reinforcing of the beam of the fourth series did not increase the rigidity, since the ultimate deflection was achieved at the same load values, as for the unreinforced glued timber samples.

Key words: glued wood, deflection, beam, bearing capacity, steel reinforcement, composite reinforcement.