

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РАМ З КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ ПІДСИЛЕНИХ КОМПОЗИТНИМИ СТРІЧКАМИ

Денис МИХАЙЛОВСЬКИЙ¹, Микола КОМАР²

^{1,2}Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037

¹ mykhailovskyi.dv@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3151-8630>

² kolya.komar0519@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-3631-8999>

Анотація. В сучасному світі будівельна галузь успішно розвивається в різних напрямках. Великогабаритні конструкції витісняються аналогами зменшеними в перерізах за допомогою різного типу підсилення.

Рами відносяться до плоских розпірних конструкцій. Сучасні клеєні рами за часту є суцільними. Наскрізні (решітчасті) конструкції цього класу застосовувалися в основному із цільної деревини. В даний час вони практично не використовуються через відсутність їхнього промислового виготовлення.

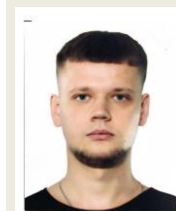
Рамні конструкції переважно складаються з прямолінійних елементів та допускають наявність жорстких (рамних) вузлів. Жорсткі вузли тришарнірних рам прийнято називати карнизними, тому що їх доводиться конструювати саме під карнизом будівлі. Ці вузли забезпечують спільну роботу ригелів та стійок, що зменшує згинальні моменти в ригелі. Крім того, легко доводиться, що найбільший згинальний момент у карнизних вузлах рам менше, ніж максимальний момент, у балках з однаковими прольотами. Їхнє співвідношення рівне співвідношенню висоти стійки рами до стрілки підйому конькового шарніру відносно опорних шарнірів. Відповідно на відміну від балок, рамами можна перекивати прольоти більшої величини.

Проте саме карнизні вузли мають найбільший поперечний переріз в рамах з клеєної деревини, що потребує значних витрат матеріалів. Тому актуальними є дослідження в сфері підсилення таких вузлів для зменшення їхнього поперечного перерізу.

Композитні матеріали є одними з провідних в підсиленні конструкцій на даний час тому, що



Денис МИХАЙЛОВСЬКИЙ
професор кафедри металевих
та дерев'яних конструкцій
д.т.н., професор



Микола КОМАР
аспірант кафедри металевих та
дерев'яних конструкцій

більшість композитних матеріалів добре опираються багатьом хімічним впливам: лугам, кислотам, хлоридам, сульфатам, нітратам та іншим. Це дозволяє їх використовувати, як в промисловому та сільськогосподарському будівництві де має місце безпосередній вплив зовнішнього середовища на конструкцію підсилену композитними матеріалами, так і в житлових будівлях без шкоди для жителів.

Після аналізу напружено-деформованого стану шляхом моделювання в програмному комплексі ЛІРА САПР ламано-клеєних тришарнірні рам з клеєної деревини з цілісно клеєними карнизними вузлами з з'єднанням ригеля із стійкою через зубчасті шипи по бісектрисі кута підсилені композитними стрічками та порівнюючи з аналогічними рамами без підсилення можемо зробити висновки, що такі матеріали можуть, чудово поєднуватись з конструкціями

з цільної та клеєної деревини, дозволяючи збільшити несучу здатність при зменшенні їхнього поперечного перерізу

Ключові слова. Дерев'яні конструкції; клеєна деревина; композитні матеріали; композитні стрічки; напружено-деформований стан; підсилення; рама.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

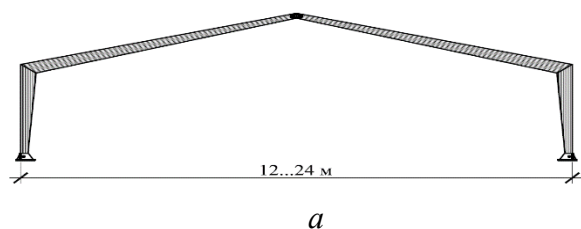
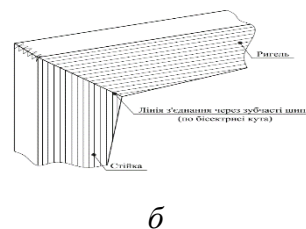


Рис.1. *a* – Ламано-клеєна тришарнірна рама; *б* – Цілісноклеєний карнизний вузол з'єднання ригеля зі стійкою через зубчасті шипи по бісектрисі кута.

Fig.1. *a* - A three-hinged frame is glued together ; *b* - Integrally glued eaves unit connecting the crossbar with the rack through toothed spikes along the angle bisector.



Цілісноклеєні вузли з'єднання ригеля зі стійками на зубчастий шип під кутом дуже компактні і досить жорсткі. Передача силових потоків від ригеля до стійок відбувається у цих вузлах практично без відхилень їх траєкторій у бокових напрямках, що було у вузлах з накладками з фанери. Найбільш доцільним, з погляду збалансованої міцності, є клейове з'єднання на зубчастий шип вздовж волокон.

Проте саме карнизні вузли мають найбільший поперечний переріз в рамах з клеєної деревини, що потребує значних витрат матеріалів. Тому актуальними є дослідження в сфері підсилення таких вузлів для зменшення їхнього поперечного перерізу.

Композитні матеріали є одними з провідних в підсиленні конструкцій на даний час. В роботах «Армування конструкцій з деревини композитними матеріалами, стан і перспективи» [2] та «Аналіз досліджень застосування композитних стрічок для підсилення дерев'яних конструкцій» [3] доведена доцільність використання таких матеріалів в різних сферах будівництва. А більш детально описане поєднання композитних матеріалів з різного типу конструкціями розгля-

Розвиток дерев'яних рам безпосередньо пов'язаний з інженерними рішеннями жорстких вузлів. В посібнику [1] широко розглянуто як класифікація рам так і різновиди карнизних вузлів.

За основу досліджень обрано ламано-клеєні тришарнірні рами з клеєної деревини з цілісно клеєними карнизними вузлами з'єднання ригеля з стійкою через зубчасті шипи по бісектрисі кута (рис.1).

нуті в працях Шилина А., Рудневої І., Бірманова В., Зятюка Ю., Журавського О., Башинського О., Сурмай М., Гомона С., Метюза Ф. [4-12].

Проте використання композитних матеріалів з дерев'яними конструкціями практично не дослідженні. Виконані поодинокі дослідження підсилення дерев'яних балок композитною арматурою та композитними стрічками [13-14].

Данні дослідження аналізу напружено-деформованого стану рам з клеєної деревини підсиленних композитними стрічками виконуються для вирішення ряду проблем:

1. Аналізу підсилення карнизного вузла ламано-клеєної рами композитними стрічками.
2. Поширення використання композитних стрічок з іншими конструкціями клеєної деревини окрім балок.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

1. *Аналіз напружено-деформованого стану в ламано-клеєних рамах підсиленних композитними стрічками прольотом 12 м.*

За основу досліджень обрано порівняння ламано-клеєної тришарнірної рами прольо-

том 12 м з клеєної деревини класу міцності *GL 36h* з модулем пружності вздовж волокон $E_{0,mean} = 14700$ МПа з цілісно клеєними карнизними вузлами з'єднання ригеля з стійкою через зубчасті шипи по бісектрисі кута на та аналогічної рами з наклеюванням

на верхню та нижню грані карнизних вузлів композитних стрічок (рис.2) *Sika CarboDur S1512* з модулем пружності вздовж волкон $E_{0,mean} = 170\ 000$ МПа.

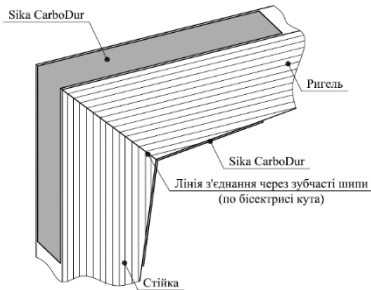


Рис.2. Цілісно клеєний карнизний вузол з'єднання ригеля з стійкою через зубчасті шипи по бісектрисі кута з наклеюванням на верхню та нижню грані композитних стрічок *Sika CarboDur S1512*
Fig.2. Fully glued eaves connection unit of the transom with the post through toothed spikes along the bisector of the corner with gluing on the upper and lower faces of *Sika CarboDur S1512* composite tapes

В програмному комплексі ЛІРА-САПР змодельовали плоскими скінченними елементами СЕ №44 рами з клеєної деревини прольотом 12 м. висотою 4,5 м (рис.3,а). Змінний поперечний переріз підібраний відповідно до п.13.3 ДБН В.2.6-161:2017 [15], та має такі габарити:

- гребеневий вузол $h_2 \times b = 0,12 \times 0,15$ м;
- опорний вузол $h_3 \times b = 0,24 \times 0,15$ м;

Аналогічно змодельовані рами з клеєної деревини підсилені композитними стрічками (рис.3,б) які в свою чергу моделювались стержневими скінченними елементами СЕ №10

- карнизний вузол $h_1 \times b = 0,6 \times 0,15$ м;

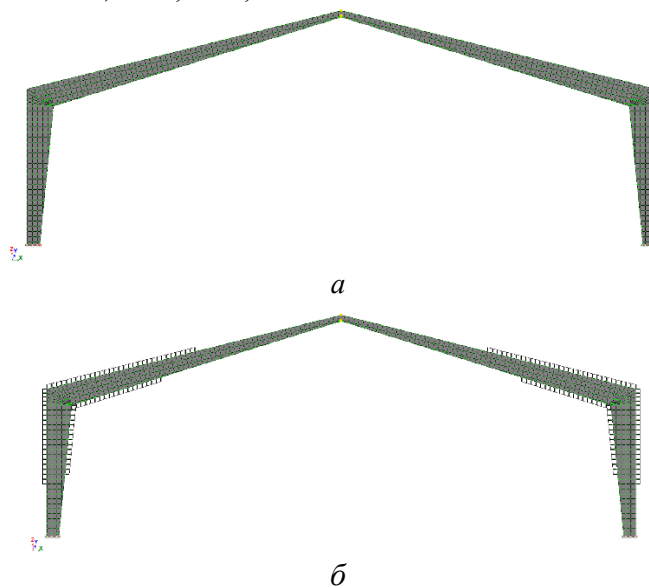


Рис.3. Рами з клеєної деревини прольотом 12 м. висотою 4,5 м:
 а- без підсилення;
 б- підсилені композитних стрічок *Sika CarboDur S1512*.

Fig.3. Frames made of glued wood with a span of 12 m and a height of 4.5 m:
 a-without reinforcement;
 b-reinforced with *Sika CarboDur S1512* composite tapes.

Для апробації результатів на досліджуваних рамах прикладені рівномірно розподілені навантаження 10 кН/м, 14 кН/м, 18

кН/м, а отримані результати для більш наглядного сприйняття зведені в табл.1.

Табл. 1. Значення прогинів та максимальних нормальних напружень для тришарнірних рам з клеєної деревини прольотом 12 м.

Table 1. Values of deflections and maximum normal stresses for three-hinged frames made of glued wood with a span of 12 m.

Тип рами	Навантаження, кН/м					
	10		14		18	
	w , мм	$\sigma_{m,d}$, кН/см ²	w , мм	$\sigma_{m,d}$, кН/см ²	w , мм	$\sigma_{m,d}$, кН/см ²
Без підсилення	35,9	1,12	50,3	1,57	64,7	2,02
Підсилена композитною стрічкою	17,4	0,386	24,3	0,541	31,3	0,695
Відсоткова різниця	52%	66%	52%	66%	52%	66%

З отриманих результатів чисельних розрахунків рам з клеєної деревини прольотом 12 м. бачимо, що наклеювання композитних стрічок на верхню та нижні грані карнизних вузлів дозволяє в середньому на 52% зменшити вертикальні деформації на 66% зменшити нормальні максимальні напруження в розтягнутій зоні ригеля.

2. *Аналіз напружено-деформованого стану в ламано-клеєних рамах підсиленних композитними стрічками прольотом 18 м.*

За основу досліджень обрано порівняння ламано-клеєної тришарнірної рами прольотом 18 м з клеєної деревини класу міцності $GL\ 36h$ з модулем пружності вздовж волокон $E_{0,mean} = 14700$ МПа з цілісно клеєними карнизними вузлами з'єднання ригеля з стійкою через зубчасті шипи по бісектрисі кута на та аналогічної рами з наклеюванням на верхню та нижню грані карнизних вузлів

композитних стрічок *Sika CarboDur S1512* з модулем пружності вздовж волокон $E_{0,mean} = 170\ 000$ МПа.

В програмному комплексі ЛІРА-САІР змодельовали плоскими скінченними елементами СЕ №44 рами з клеєної деревини прольотом 18 м. висотою 4,5 м (рис.4,а). Змінний поперечний переріз підібраний відповідно до п.13.3 ДБН В.2.6-161:2017 [15], та має такі габарити:

- карнизний вузол $h_1 \times b = 0,9 \times 0,23$ м;
- гребеневий вузол $h_2 \times b = 0,18 \times 0,23$ м;
- опорний вузол $h_3 \times b = 0,36 \times 0,23$ м;

Аналогічно змодельовані рами з клеєної деревини підсилені композитними стрічками (рис.4,б) які в свою чергу моделювались стержневими скінченними елементами СЕ №10.

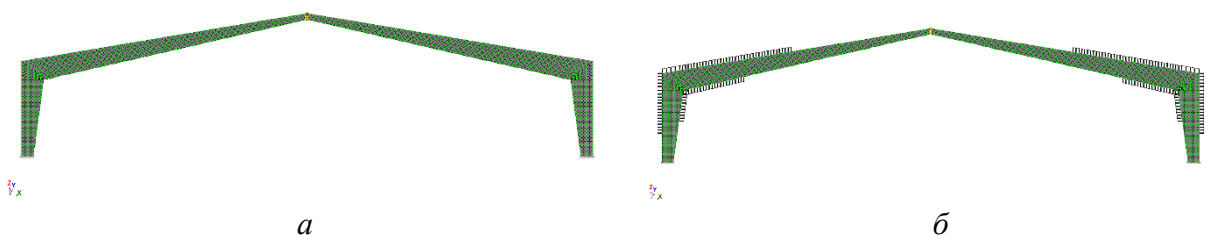


Рис.4. Рами з клеєної деревини прольотом 18 м. висотою 4,5 м:

a- без підсилення;

б- підсилені композитних стрічок *Sika CarboDur S1512*.

Fig.4. Frames made of glued wood with a span of 18 m and a height of 4.5 m:

a- without reinforcement;

b- reinforced with *Sika CarboDur S1512* composite tapes.

Для апробації результатів на досліджувані рами прикладені рівномірно розподілені навантаження 10 кН/м, 14 кН/м, 18

кН/м, а отримані результати для більш наглядного сприйняття зведені в табл.2.

Табл. 2. Значення прогинів та максимальних нормальних напружень для тришарнірних рам з клеєної деревини прольотом 18 м.

Table 2. Values of deflections and maximum normal stresses for three-hinged frames made of glued wood with a span of 18 m.

Тип рами	Навантаження, кН/м					
	10		14		18	
	w , мм	$\sigma_{m,d}$, кН/см ²	w , мм	$\sigma_{m,d}$, кН/см ²	w , мм	$\sigma_{m,d}$, кН/см ²
Без підсилення	27,1	0,74	38,0	0,986	48,8	1,27
Підсилена композитною стрічкою	17,3	0,313	24,2	0,439	31,1	0,564
Відсоткова різниця	36%	58%	36%	55%	36%	56%

З отриманих результатів чисельних розрахунків рам з клеєної деревини прольотом 18 м. бачимо, що наклеювання композитних стрічок на верхню та нижні грані карнизних вузлів дозволяє в середньому на 36% зменшити вертикальні деформації на 56% зменшити нормальні максимальні напруження в розтягнутій зоні ригеля.

3. Аналіз напружено-деформованого стану в ламано-клеєних рамах підсилені композитними стрічками прольотом 24 м.

За основу досліджень обрано порівняння ламано-клеєної тришарнірної рами прольотом 24 м з клеєної деревини класу міцності $GL\ 36h$ з модулем пружності вздовж волокон $E_{0,mean} = 14700$ МПа з цілісно клеєними карнизними вузлами з'єднання ригеля з стійкою через зубчасті шипи по бісектрисі кута на та аналогічної рами з наклеюванням на верхню та нижню грані карнизних вузлів

композитних стрічок *Sika CarboDur S1512* з модулем пружності вздовж волокон $E_{0,mean} = 170\ 000$ МПа.

В програмному комплексі ЛІРА-САПР змодельовали плоскими скінченними елементами СЕ №44 рами з клеєної деревини прольотом 24 м. висотою 4,5 м (рис.5,а). Змінний поперечний переріз підібраний відповідно до п.13.3 ДБН В.2.6-161:2017 [15], та має такі габарити:

- карнизний вузол $h_1 \times b = 1,2 \times 0,3$ м;
- гребеневий вузол $h_2 \times b = 0,24 \times 0,3$ м;
- опорний вузол $h_3 \times b = 0,48 \times 0,3$ м;

Аналогічно змодельовані рами з клеєної деревини підсилені композитними стрічками (рис.5,б) які в свою чергу модельовались стержневими скінченними елементами СЕ №10

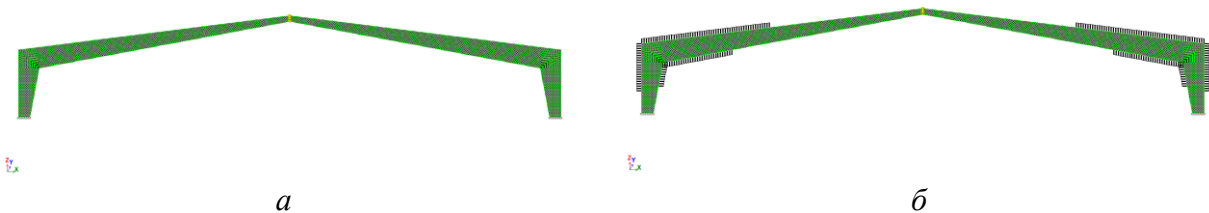


Рис.5. Рами з клеєної деревини прольотом 24 м. висотою 4,5 м:

a- без підсилення;

б- підсилені композитних стрічок *Sika CarboDur S1512*.

Fig.5. Frames made of glued wood with a span of 24 m and a height of 4.5 m:

a- without reinforcement;

b- reinforced with *Sika CarboDur S1512* composite tapes.

Для апробації результатів на досліджувані рами прикладені рівномірно розподілені навантаження 10 кН/м, 14 кН/м, 18

кН/м, а отримані результати для більш наглядного сприйняття зведені в табл.3.

Табл. 3. Значення прогинів та максимальних нормальних напружень для тришарнірних рам з клеєної деревини прольотом 24 м.

Table 3. Values of deflections and maximum normal stresses for three-hinged frames made of glued wood with a span of 24 m.

Тип рами	Навантаження, кН/м					
	10		14		18	
	w, мм	$\sigma_{m,d}$, кН/см ²	w, мм	$\sigma_{m,d}$, кН/см ²	w, мм	$\sigma_{m,d}$, кН/см ²
Без підсилення	24,8	0,541	34,6	0,757	44,6	0,974
Підсилена композитною стрічкою	17,4	0,276	24,3	0,386	31,3	0,497
Відсоткова різниця	30%	49%	30%	49%	30%	49%

З отриманих результатів чисельних розрахунків рам з клеєної деревини прольотом 24 м. бачимо, що наклеювання композитних стрічок на верхню та нижні грані карнизних вузлів дозволяє в середньому на 30% зменшити вертикальні деформації на 49% зменшити нормальні максимальні напруження в розтягнутій зоні ригеля.

ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Провівши аналіз напружено-деформованого стану шляхом моделювання в програмному комплексі ЛІРА САПР ламано-клеєних тришарнірні рам з клеєної деревини з цілісно клеєними карнизними вузлами з з'єднанням ригеля із стійкою через зубчасті шипи по бісектрисі кута підсилення композитними стрічками та порівнюючи з аналогічними рамами без підсилення можемо зробити висновки:

1. Підсилення карнизних вузлів в середньому зменшують вертикальні деформації в досліджуваних рамах на 39% та в середньому на 57% максимальні нормальні напруження в розтягнутій зоні ригелів, що дозволяє зменшити витрати деревини на виготовлення карнизних вузлів таких рам.

2. Дані дослідження дозволяють розширити сферу застосування композитних стрічок як для нових рам так і для підсилення вже існуючих.

Проте, важливо зазначити, що моделювання композитних стрічок в програмному комплексі ЛІРА САПР потребує

більш детальних досліджень для одержання точних результатів при їх сумісній роботі з дерев'яними конструкціями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Серов Е. Н. Санников Ю. Д. Серов А. Е. Проектирование деревянных конструкций: // учеб. пособие.: М.: Издательство АСВ, 2011. 536 с.
2. Михайловский Д., Комар М. Армування конструкцій з деревини композитними матеріалами, стан і перспективи. //3б.наук. праць Будівельні конструкції. Теорія і практика Київ: КНУБА.-2021.- №9. - С. 72 – 80. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.72-80>.
3. Михайловський Д. В. Комар М. А. Аналіз досліджень застосування композитних стрічок для підсилення дерев'яних конструкцій / Михайловський Д. В., Комар М. А. // Будівельні конструкції, теорія і практика №10 КНУБА, 2022. [DOI: 10.32347/2522-4182.10.2022.4-10](https://doi.org/10.32347/2522-4182.10.2022.4-10). - С. 4 -10.
4. Шилин А. Л., Картузов Д. В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами. Москва: Стройиздат, 2007. 184 с.
5. Руднєва І. Технологічні особливості підсилення металевих конструкцій методом наклеювання високоміцних фіброармованих систем при реконструкції. // 3б. наук. праць Будівельні конструкції Теорія і практика.- Київ: КНУБА.-2021.- №8. С. 32 - 43. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.8.2021.32-43>
6. Birman V., Huang X., Nanni A., Tunis G. Properties and Potential for Application of Steel Reinforced Polymer (SRP) and Steel Reinforced Grout (SRG) Composites. Internet. University, of Missouri-Rolla, 2003, 27 p.
7. Зятюк Ю. Ю. Операційність технології виконання робіт при підсиленні дослідних

залізобетонних зразків (матеріалами фірми Sika). //Зб.наук. праць Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди Рівне, 2016. С. 466-475

8. **Журавський О. Д., Панченко О. В.** Оцінка міцності закріплення і обґрунтування способу наклеювання та анкерування композитної стрічки на бетон // Зб. наук. Праць Будівельні конструкції. Теорія і практика : Київ. нац. ун-т буд-ва і архит. - Київ : КНУБА, 2018. - Вип. 2. - С. 209-218.
9. **Башинський О. І., Боднарчук Т.Б., Пелешко М.З.** Несуча здатність та вогнестійкість дерев'яних балок армованих зовнішньою стрічковою арматурою // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. - 2014. - № 9. - С. 184-189.
10. **Сурмай М.І.** Міцність та деформативність дощатоклеєних балок армованих склопластиковою та базальтовою арматурою. // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук // Національний університет «Львівська Політехніка» // на правах рукопису. Львів. 2015. – 185 с.
11. **Гомон С., Поліщук М.,** Влаштування комбінованого армування балок із клеєної деревини. // Вісник Львівського Національного Аграрного Університету Архітектура і сільськогосподарське будівництво № 20 - 2019 р. ст. 44-49.
12. **Мэттьюз Ф., Ролингс Р.** Композитные материалы. Механика и технология. М.: Техносфера, 2004. 400 с.
13. **Михайловський Д. В., Комар М. А.** Аналіз напружено-деформованого стану балок з клеєної деревини, підсилених композитними стрічками: / Михайловський Д. В., Комар М. А. // Збірник наукових праць. Галузеве машинобудування, будівництво. – 2 (57)' 2021, 2021.
[DOI: 10.26906/znp.2021.57.2590- С. 90 - 97.](https://doi.org/10.26906/znp.2021.57.2590-С.90-97)
14. **Михайловський, Д. В., Комар М. А.** Інженерна методика розрахунку елементів з клеєної деревини, армованої композитною арматурою / Михайловський Д. В., Комар М. А. // Будівельні конструкції, теорія і практика №7 КНУБА, 2020. с.93-100
[DOI: 10.32347/2522-4182.6.2020.93-100 - С. 93 - 100.](https://doi.org/10.32347/2522-4182.6.2020.93-100-С.93-100)
15. **ДБН В.2.6-161:2017** «Дерев'яні конструкції. Основні положення.» //Київ, "Укрархбудінформ" 2017. – 125 с.

REFERENCES

1. **Serov E. N. Sannykov Yu. D. Serov A. E.** Proektyrovanye dereviannykh konstruktsyi: // ucheb. posobie.: М.: Yzdatelstvo ASV, 2011. 536 s.
2. **Mykhailovskyi D., Komar M.** Armuvannia konstrukttsii z derevyny kompozytnymy materialamy, stan i perspektyvy. //Zb.nauk. prats Budivelni konstrukttsii. Teoriia i praktyka Kyiv: KNUBA.-2021.- №9. - S. 72 – 80.
[https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.72-80.](https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.72-80)
3. **Mykhailovskyi D. V. Komar M. A.** Analiz doslidzhen zastosuvannia kompozytnykh strichok dlia pidsylennia dereviannykh konstrukttsii / Mykhailovskyi D. V., Komar M. A. // Budivelni konstrukttsii, teoriia i praktyka №10 KNUBA, 2022.
[DOI: 10.32347/2522-4182.10.2022.4-10- С. 4 -10.](https://doi.org/10.32347/2522-4182.10.2022.4-10-С.4-10)
4. **Shylyn A. L., Kartuzov D. V.** Vneshnee armyrovanye zhelezobetonnykh konstruktsyi kompozytsyonnyy materialamy. Moskva: Stroiyzdat, 2007. 184 s.
5. **Rudnieva I.** Tekhnolohichni osoblyvosti pidsylennia metalevykh konstrukttsii metodom nakleiuvannia vysokomitsnykh fibroarmovanykh system pry rekonstrukttsii. // Zb. nauk. prats Budivelni konstrukttsiiu Teoriia i praktyka. - Kyiv: KNUBA.-2021.- №8. S. 32 - 43.
<https://doi.org/10.32347/2522-4182.8.2021.32-43>
6. **Birman V., Huang X., Nanni A., Tunis G.** Properties and Potential for Application of Steel Reinforced Polymer (SRP) and Steel Reinforced Grout (SRG) Composites. Internet. University, of Missouri-Rolla, 2003, 27 p.
7. **Ziatiuk Yu. Yu.** Operatsiunist tekhnolohii vykonannia robit pry pidsylenni doslidnykh zalizobetonnykh zrazkiv (materialamy firmy Sika). // Zb.nauk. prats Resursoekonomni materialy, konstrukttsii, budivli ta sporudy Rivne, 2016. S. 466-475
8. **Zhuravskiy O. D., Panchenko O. V.,** Otsinka mitsnosti zakriplennia i obhruntuvannia sposobu nakleiuvannia ta ankeruvannia kompozytnoi strichky na beton // Zb. nauk. Prats Budivelni konstrukttsii. Teoriia i praktyka : Kyiv. nats. un-t bud-va i arkhit. - Kyiv : KNUBA, 2018. - Vyp. 2. - S. 209-218.
9. **Bashynskiy O. I., Bodnarchuk T.B., Peleshko M.Z.** Nesucha zdatnist ta vohnestiikist dereviannykh balok armovanykh zovnishnoiu strichkovoiou armaturoiu // Visnyk Lvivskoho derzhavnoho universytetu bezpeky zhyttiediialnosti. - 2014. - № 9. - S. 184-189.
10. **Surmai M.I.** Mitsnist ta deformatyvnist

doshchatokleienykh balok armovanykh skloplastykovoio ta bazaltovoio armaturoio. // Dysertatsiia na zdobuttia naukovooho stu-penia kandydata tekhnichnykh nauk // *Natsionalnyi universytet «Lvivska Politekhnikha» // na pravakh rukopysu. Lviv. 2015. – 185 s.*

11. **Homon S., Polishchuk M.**, Vlashtuvannia kombinovanoho armuvannia balok iz kleienoi derevyny. // *Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu Arkhitektura i silskohospodarske budivnytstvo № 20 - 2019 r. st. 44-49.*
12. **Mettiuz F., Rolyynhs R.** Kompozytne materyaly. Mekhanyka y tekhnolohyia. M.: *Tekhnosfera, 2004. 400 s.*
13. **Mykhailovskyi D. V., Komar M. A.** Analiz napruzhenno-deformovanoho stanu balok z kleienoi derevyny, pidsylenykh kompozytnymy strichkamy: / Mykhailovskyi D. V., Komar M. A. // *Zbirnyk naukovykh prats. Haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo. – 2 (57) 2021, 2021.*

[DOI: 10.26906/znp.2021.57.2590-S.90-97](https://doi.org/10.26906/znp.2021.57.2590-S.90-97).

14. **Mykhailovskyi, D. V., Komar M. A.** Inzhenerna metodyka rozrakhunku elementiv z kleienoi derevyny, armovanoi kompozytnoiu armaturoio / Mykhailovskyi D. V., Komar M. A. // *Budivelni konstruktsii, teoriia i praktyka №7 KNUBA, 2020. C 93-100*

[DOI: 10.32347/2522-4182.6.2020.93-100 - S. 93 - 100.](https://doi.org/10.32347/2522-4182.6.2020.93-100-S.93-100)

15. **DBN V.2.6-161:2017** «Dereviani konstruktsii. Osnovni polozhennia.» //Kyiv, "Ukrarkh-budininform" 2017. – 125 s.

ANALYSIS OF THE STATE OF STRESS AND DEFORMATION OF GLAMINATED WOOD FRAMES REINFORCED WITH COMPOSITE TAPES

*Denis MYKHAYLOVSKYI,
Mykola KOMAR*

Summary. In the modern world, the construction industry is successfully developing in various directions. Large-sized structures are replaced by analogues reduced in cross-section with the help of various types of reinforcement.

Frames refer to flat spacer structures. Modern glued frames are often solid. Cross-section (lattice)

Стаття надійшла до редакції 3.11.22

structures of this class were used mainly from solid wood. Currently, they are practically not used due to the lack of their industrial production.

Frame structures mainly consist of rectilinear elements and allow the presence of rigid (frame) nodes. Rigid nodes of three-hinged frames are usually called eaves, because they have to be constructed exactly under the eaves of the building. These units ensure joint operation of crossbars and racks, which reduces bending moments in the crossbar. In addition, it is easily proven that the maximum bending moment in the cornice nodes of the frames is less than the maximum moment in the beams with the same spans. Their ratio is equal to the ratio of the height of the frame strut to the arrow of the rise of the ridge joint relative to the support joints. Accordingly, unlike beams, frames can cover larger spans.

However, it is the eaves units that have the largest cross-section in frames made of glued wood, which requires significant material consumption. Therefore, research in the field of strengthening such nodes to reduce their cross-section is relevant.

Composite materials are currently one of the leaders in strengthening structures because most composite materials are well resistant to many chemical influences: alkalis, acids, chlorides, sulfates, nitrates, and others. This allows them to be used both in industrial and agricultural construction, where there is a direct impact of the external environment on the structure reinforced with composite materials, and in residential buildings without harm to residents.

After analyzing the stress-strain state by modeling in the LIRA CAD software complex of broken-glued three-hinged frames made of glued wood with integrally glued eaves nodes with a crossbar connection with a rack through toothed spikes along the bisector of the corner reinforced with composite tapes and comparing with similar frames without reinforcement, we can conclude that such materials can be perfectly combined with structures made of solid and glued wood, allowing to increase the load-bearing capacity while reducing their cross-section.

Keywords. Wooden constructions; glued wood; composite materials; composite tapes; elastic-deformed state; reinforcement; frame.