

УДК 624.011

**Буряк А.О., асп., Михайловський Д.В.,
к.т.н., доц., КНУБА, м. Київ**

Проведено аналіз чисельних досліджень напружено-деформованого стану приопорних зон балок з клеєної деревини. Запропоновано та досліджено новий вид опорних вузлів балок з клеєної деревини. Доведено зменшення небезпечної концентрації напружень в приопорних зонах балок з застосуванням запропонованого виду опорного вузла, а також уникнення появи нерівномірного обминання деревини під металевими деталями.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: клеєна деревина, балки, напружено-деформований стан

Вступ. Деревина, як відомо, є одним з небагатьох самовідтворюваних природних матеріалів, застосовуваних у практиці сучасного будівництва. Особливо широке розповсюдження вона отримала в новій якості - у вигляді конструкцій склеєних з дощок. Висока питома міцність, незначна вага, низькі теплопровідність і коефіцієнт лінійного розширення, високі виробничі показники, роблять використання конструкцій з клеєної деревини (ККД) більш перспективними. [9] Балки є найпростішими, найбільш технологічними із всіх видів ККД. При цьому вони особливо виграють в порівнянні з традиційними матеріалами (сталлю і залізобетоном) при особливих умовах експлуатації, в агресивних середовищах, а також у спорудах, які забезпечують радіопрозорість і магнітну проникність.

Постановка проблеми. Багаторазово в різних наукових публікаціях міститься висловлювання про необхідність удосконалення методу розрахунку ККД з урахуванням анізотропії фізико-механічних властивостей та дійсного напружено-деформованого стану (НДС) матеріалу. В зонах вузлових з'єднань ККД спостерігається одночасна дія не тільки нормальних вздовж волокон та дотичних (сколюючих) напружень, а й особливо небезпечних для деревини, нормальних напружень поперек волокон.

Формулювання цілей та завдання публікації. Основна мета даної публікації полягає в аналізі НДС приопорних зон балок з клеєної деревини в яких застосовано запропонований авторами вид опорного вузла. Даний вид опорного вузла значно зменшує концентрацію окремих напружень та нерівномірне обминання деревини під металевими деталями.

Аналіз основних досліджень. Для досягнення поставленої мети вирішені наступні задачі: 1) Розглянуто традиційні варіанти опорних вузлів балок з клеєної деревини та проаналізовано їх НДС в приопорних зонах; 2) Проведено порівняльний аналіз НДС приопорних зон запропонованого виду вузла, класичної теорії обпирання і традиційного обпирання балки.

Основна частина. Клеєні балки застосовують в несучих конструкціях покриттів, перекриттів холодних і опалюваних будівель. Балки відносяться до класу безрозпірних плоских конструкцій. Сучасні клеєні балки діляться на дві основні групи: клеєдощаті масивні, що складаються з пакетів дощок, склеєних між собою в основному по пласту з плоско-паралельним розташуванням шарів та клеєфанерні тонкостінні, що складаються з дощатих поясів і приклеєних до них стінок з водостійкої фанери.

У другій половині XIX ст. в різних країнах світу уточнювалися розрахунки балок. Вітчизняні інженери та вчені багато зробили для розвитку теорії їх розрахунку і практичного застосування.

Питанню впливу анізотропії фізико-механічних властивостей деревини на її міцність, а відповідно і несучу здатність, присвячено багато наукових робіт. В роботах [2 – 5] стверджується, що анізотропія властивостей не суттєво впливає на величини напружень у головних напрямках пружної симетрії. В роботах О. К. Ашкеназі [1 – 2, 7] докладно розглянуто закономірності механічної анізотропії деревини і фанери.

Дослідження [2, 6] показали, що плоский напружений стан в сучасних клеєних балках досягає граничного значення, в першу чергу в приопорних зонах. У цих місцях одночасно діють нормальні напруження вздовж волокон, сколюючі та нормальні напруження поперек волокон.

Відомо, що клеєній деревині, порівняно з цільною, притаманна висока ступінь анізотропії, особливо при розтязі поперек волокон. Це обумовлено підвищенням однорідності, а отже і всіх механічних характеристик матеріалу вздовж волокон, і навпаки - збереженням їх (в кращому випадку), а частіше - погіршенням в поперечному напрямку.

Дана робота присвячена дослідженню НДС приопорних зон з різними типами опорних вузлів в тому числі і запропонованого виду опорного вузла балок з клеєної деревини (рис. 1). Чисельні дослідження проведені для балок з клеєної деревини за класичною розрахунковою схемою, в якій балка задана плоскими скінченними елементами, а опирається за допомогою двох шарнірних опор, що розташовані по осі симетрії в торцях балки (балка Б-1) (рис. 2), з дійсним (реальним) обпиранням, в якому балка задана як в попередньому варіанті, однак обпирання виконано шарнірним через металеві пластини по нижній грані балки (балка Б-2) (рис. 3) та з використанням запропонованого виду опорного вузла (рис. 1) (балка Б-3). Проаналізовано НДС приопорних зон балок про-

льотами $L = 6, 8$ та 12 м, завантажені рівномірно розподіленим навантаженням $q=5$ кН/м. Розміри поперечних перерізів приймалися однаковими для відповідних прольотів балок, з умови відповідності максимальних напружень від згину відповідним розрахунковим значенням міцності.

Конструкція запропонованого виду опорного вузла виконується вирізанням отвору необхідного діаметру, що відповідає діаметру вузлової труби, з подальшим встановленням металеві труби в отвір (рис. 1). Труба в свою чергу обпирається на металеві пластини, геометричні розміри яких приймаються відповідно до діючих у вузлі розрахункових зусиль. Довжина опорної ділянки, з конструктивних міркувань становить три зовнішні діаметри труби. Переріз металеві труби підбирається з умови зминання деревини в отворі.

Дослідження НДС приопорних зон балок виконано за допомогою багатofункціонального програмного комплексу «ПК ЛІРА». В якості граничних умов приймалося шарнірно нерухоме обпирання балок з одного боку та шарнірно рухоме обпирання на другій опорі.

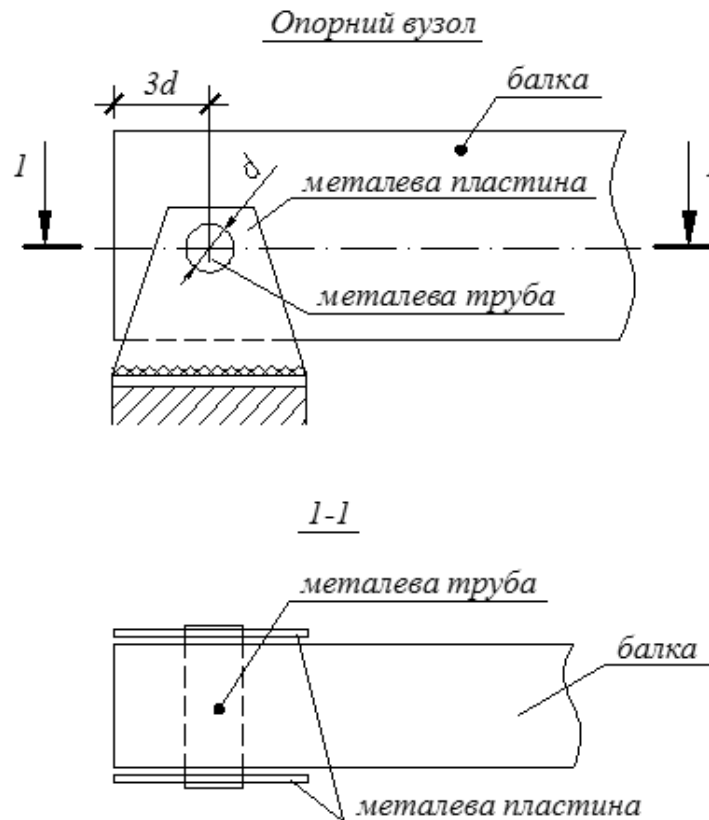


Рис. 1 Запропонований вид опорного вузла балок з клеєної деревини

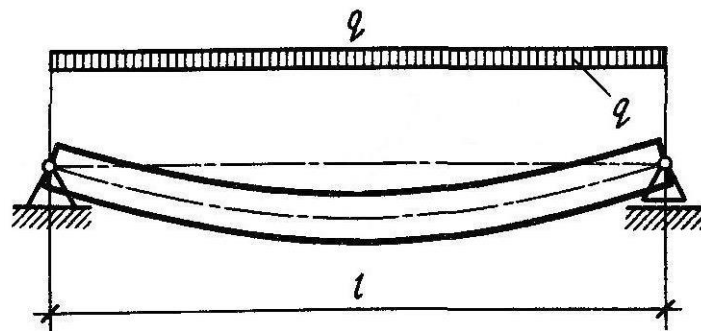


Рис. 2 Класична розрахункова схема балки, яка працює на згин

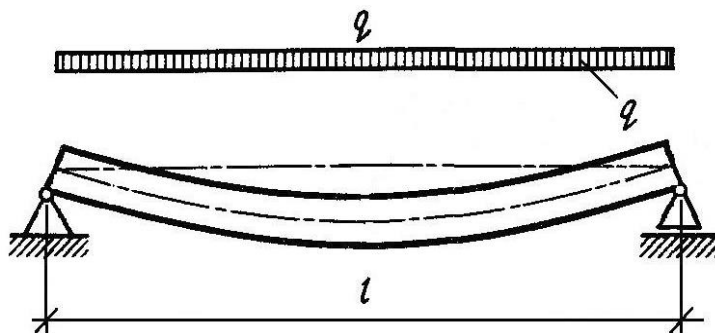


Рис. 3 Розрахункова схема балки, яка працює на згин, при класичному обпиранні

На рис. 4 наведені поля напружень (нормальних вздовж волокон - σ_x , нормальних поперек волокон - σ_y , сколюючих - τ_{xy}) при закріпленні балки за умовами класичного закріплення балки по нейтральній осі. На рис. 5, 6 наведені ізополя напружень (σ_x , σ_y , τ_{xy}) при обпиранні балок в реальній конструкції через опорні подушки та за допомогою запропонованого виду опорного вузла відповідно.

На рис. 7, 8 та 9 наведено графіки напружень σ_y та τ_{xy} в приопорних зонах за 3-ма варіантами досліджених балок довжиною 6, 8 та 12 метрів. Параметр "а" на графіках відображає відстань від грані балки до

місця де визначались напруження.

Аналізуючи наведені графіки (рис. 7, 8), можна зробити висновок, що запропонований вид опорного вузла максимально наближений до класичної розрахункової схеми. Концентрація небезпечних напружень в запропонованому вузлі фактично зникає, тож він значно краще традиційного рішення. Наприклад, для балок довжиною 6 м з традиційним обпиранням різниця напружень σ_y в розрахунковому перерізі на відстань "а" = 30 см від грані балки становить до 93 % від напружень на тій самій відстані при використанні запропонованого виду опорного вузла, а різниця напружень τ_{xy} до 70 %.

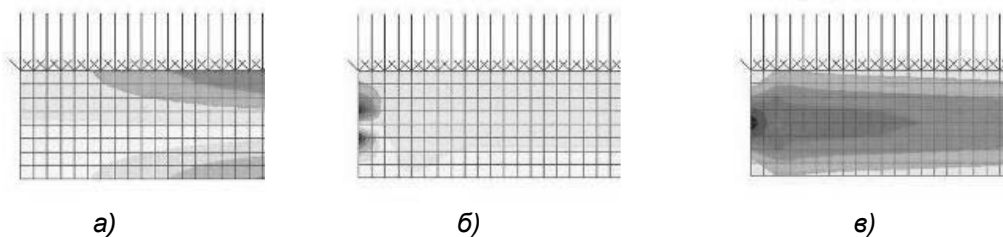


Рис. 4 Поля напружень в приопорній зоні балки Б-1: а) σ_x ; б) σ_y ; в) τ_{xy}

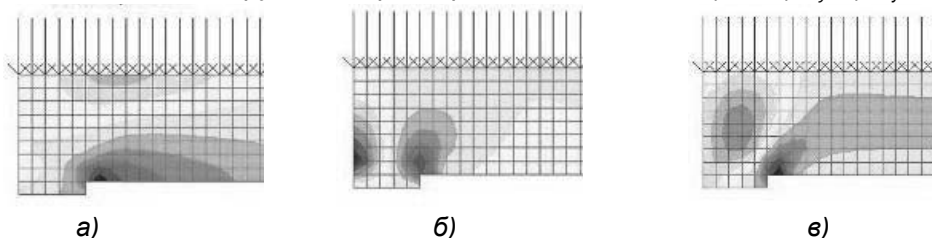


Рис. 5 Поля напружень в приопорній зоні балки Б-2: а) σ_x ; б) σ_y ; в) τ_{xy}

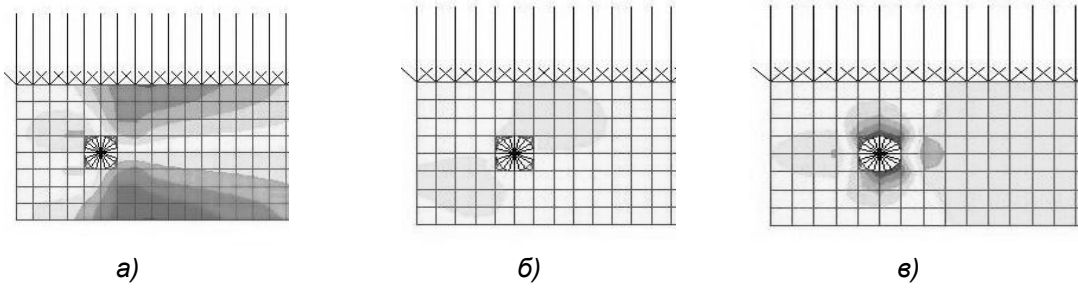


Рис. 6 Поля напружень в приопорній зоні балки Б-3: а) σ_x ; б) σ_y ; в) τ_{xy}

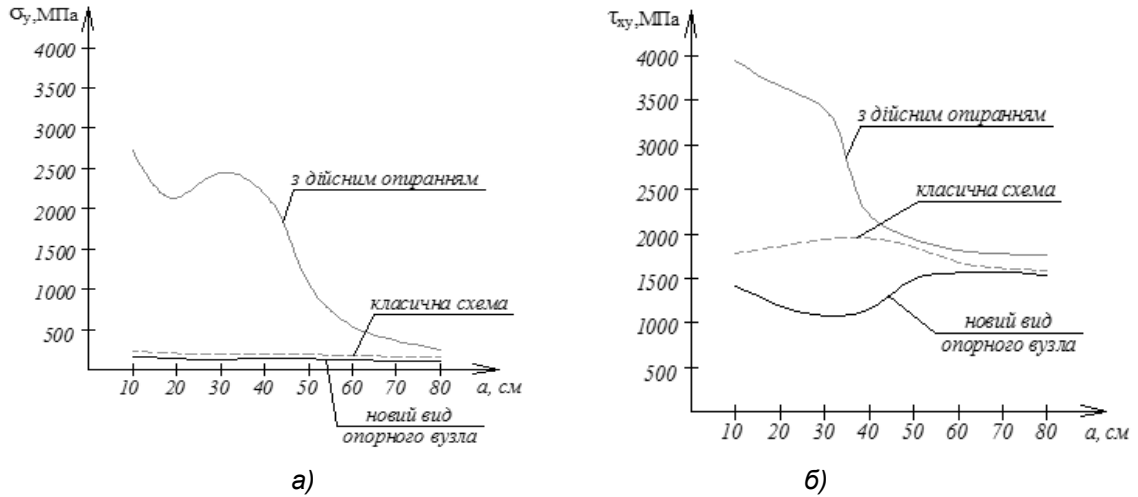


Рис. 7. Довжина балок – 6 м: а) напруження σ_y в приопорних зонах; б) напруження τ_{xy} в приопорних зонах

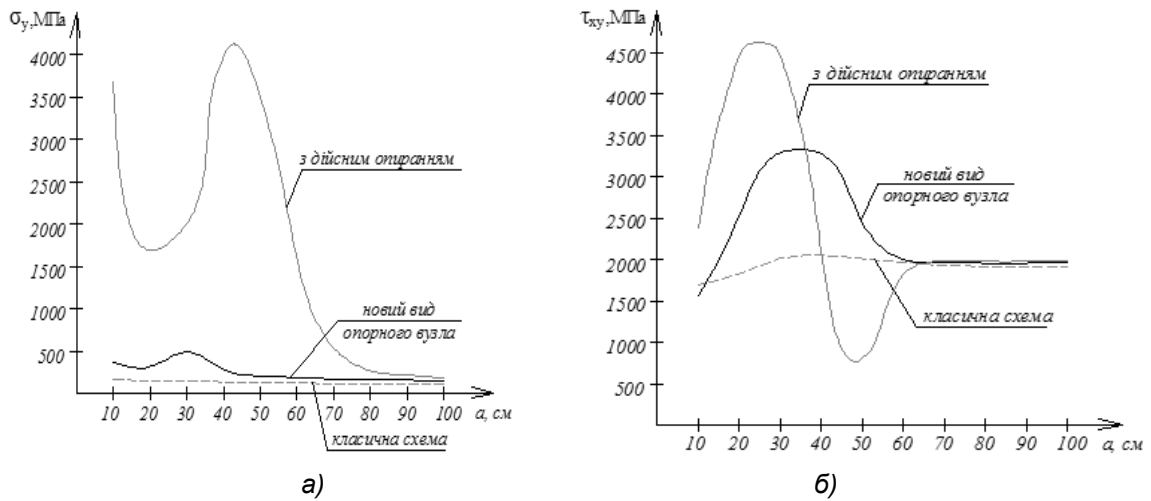


Рис. 8. Довжина балок – 8 м: а) напруження σ_y в приопорних зонах; б) напруження τ_{xy} в приопорних зонах

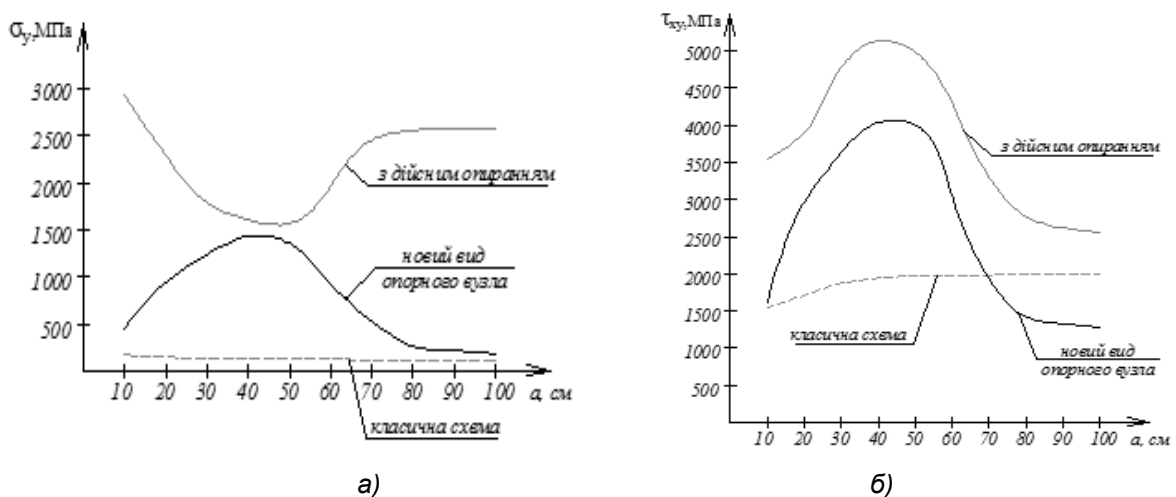


Рис. 9. Довжина балок – 12 м: а) напруження σ_y в приопорних зонах; б) напруження τ_{xy} в приопорних зонах

Зі збільшенням довжини прольоту балки різниця значень напружень зменшується. Але дивлячись на графіки (рис. 8, 9) все одно видно, що варіант з використанням запропонованого виду опорного вузла є більш практичним і вигідним. Також можна сказати про те, що зі збільшенням прольоту балки значення напружень τ_{xy} також збільшуються, але більш плавно і рівномірно.

Як видно особливістю розробленого вузла є утворення «чистого шарніру» за допомогою уніфікованих деталей з сталевих круглих труб та листів, що зменшує небезпечні зони концентрації напружень σ_y , τ_{xy} та нерівномірне обминання деревини під опорними металевими деталями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Ашкенази Е. К. Анизотропия конструкционных материалов: Справочник / Е. К. Ашкенази, Э. В. Ганов. - Л.: Машиностроение, 1980.-247 с.
2. Серов Е. Н. Рациональное использование анизотропии прочности материалов в клееных деревянных конструкциях массового изготовления: дис. ... д-р техн. наук / Е. Н. Серов. - Л., 1988.-521 с.
3. Космодамианский А. С. Изгиб анизотропной балки под действием равномерной нагрузки / А. С. Космодамианский // Учен. зап. Ростовского гос. ун-та, 1955. Вып. 32, № 4. - С. 75-94.
4. Серов Е. Н. Проблемы совершенствования методов оценки прочности клееных деревянных конструкций / Е. Н. Серов // Расчет и компьютерное проектирование деревянных конструкций. Матер. Всесоюзного семинара. - Владимир-Суздаль, 1991. - С. 17-19.
5. Хапин А. В. О разрушении клеодошчатых балок увеличенной высоты / А. В. Хапин // Конструкции из клеёной древесины и пластмасс: межвуз. темат. сборник трудов ЛИСИ. - Л., 1979 - С. 19-25.
6. Светозарова Е. И. Некоторые вопросы совершенствования клееных деревянных конструкций в процессе изготовления / Е. И. Светозарова, Е. Н. Серов, Б. В. Лабудин // Изв. вузов. Лесной журнал. - Архангельск. - 1985. - №2. - С. 65-68.
7. Ашкенази Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов / Е. К. Ашкенази. - М.: Лесная промышленность, 1978. - 224 с.

8. Серов Е.Н. Прочность деревянных конструкций в сложном напряженном состоянии / Е. Н. Серов, Л. Мелешко, Р. Орлович// Дерево и древесные материалы в строительных конструкциях: матер. международной научн. конференции. - Щецын, 1999. - С. 83-89.

9. Перспективи застосування деревини як будівельного матеріалу. / Михайловський Д.В. // Науковий журнал «Вісник Сумського національного аграрного університету» Серія «Будівництво» Випуск 10 (18), 2014; Суми: СумНАУ, 2014. – 293 с. – С. 100-105.

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ численных исследований напряженно-деформированного состояния балок из клееной древесины по классической расчетной схеме и при реальной работе в конструкциях. Предложен и исследован новый вид опорных узлов балок из клееной древесины. Доказано уменьшение опасной концентрации напряжений в приопорных зонах балок с использованием предложенного вида опорного узла, а также избежание возникновения появления неравномерного обмывания древесины под металлическими деталями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: клееная древесина, балки, напряженно-деформированное состояние.

ANNOTATION

The analysis of numerical investigations of stress-strain state of laminated wood beams of the classic design scheme and the actual work in constructions. Proposed and investigated a new type of support assemblies of beams of laminated wood. It is proven to decrease the danger of stress concentration in the areas priopornyh beams using the proposed type of support unit and avoid the appearance of uneven washing timber for metal parts.

Keywords: laminated wood, beams, complex state of stress, support zone.