

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯDOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.69.333-351>

УДК 624.011

Михайловський Денис Віталійович,*доктор технічних наук, професор,**професор кафедри металевих та дерев'яних конструкцій**Київського національного університету будівництва і архітектури*mykhailovskyi.dv@knuba.edu.ua<http://orcid.org/0000-0003-3151-8630>**Матющенко Дмитро Миколайович,***кандидат технічних наук, головний конструктор ТОВ "АБП"*matyuschenko.ubp@gmail.com<https://orcid.org/0000-0003-4779-981X>**Бондарчук Богдан Русланович,***студент архітектурного факультету**Київський національний університет будівництва і архітектури*bondarchuk_br@knuba.edu.ua<https://orcid.org/0000-0002-5307-5159>**ЕВОЛЮЦІЯ РАМ З КЛЕСНОЇ ДЕРЕВИНИ**

Анотація: Будівельні конструкції з цільної та клеєної деревини давно набули широкого застосування в багатьох країнах світу. Рами – стали одним з основних видів будівельних конструкцій завдяки своїй простоті і функціональності. Рами застосовувалися людством з давніх-давен, і дотепер, що говорить про їх вічну актуальність та необхідність подальшого вдосконалення та розвитку даної конструктивної форми.

В роботі розглянуто процес становлення і розвитку рамних конструкцій з цільної та клеєної деревини, що допомагає більш точно зрозуміти процеси, які вплинули, впливають і будуть впливати на розрахунок і проектування рамних конструкцій.

Ключові слова: рами; конструкції; клеєні; деревина; конструктивна; форма; будівельні; історія; походження; застосування; розвиток.

Постановка проблеми. Будівельні конструкції з цільної та клеєної деревини давно набули широкого застосування в багатьох країнах світу. Це стосується не тільки традиційних малоповерхових будівель каркасного типу

житлового та іншого призначення, а й офісних будівель, аудиторських корпусів навчальних закладів, великопрольотних покриттів громадських і спортивних будівель різноманітного призначення.

Однією з найбільш розповсюджених конструктивних форм з цільної та клеєної деревини є рами. Саме огляду еволюції застосування рам і присвячена дана робота.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Детальний огляд появи рам як однієї з основних форм будівельних конструкцій проведено у роботі П.А. Дмитрієва [1]. Опису роботи і розрахунку рам з цільної та клеєної деревини присвячено дослідження багатьох вчених: Серова Є.М., Götz K.-H., Hoor D., Möhler K., Natter I., Дмитрієва П.А., Табунова С.Ю. та Светозарової О.І. [1-10].

Метою публікації є розкриття еволюції рамних конструкцій з клеєної деревини з позиції особливостей напружено-деформованого стану.

Основна частина. Рами є одним з найпоширеніших типів несучих конструкцій. Вони добре вписуються в поперечний переріз більшості виробничих та громадських будівель. Рамні конструкції відносяться до класу розпорних. Ра́ма (походить від німецького слова – rahmen) – геометрично незмінювана стрижнева система, елементи якої зазнають здебільшого складного згину (згин зі стиском чи розтягом). Рама – ціла конструкція або її частина, що складається з безпосередньо з'єднаних елементів, призначених для спільного сприйняття навантажень. Традиційно рамними конструкціями перекривали прольоти від 12 до 36 м, однак розвиток технологічних можливостей виготовлення рам з клеєної деревини дозволив збільшити максимальні прольоти до 60 м. Балки, оперті своїми торцями на стійки, що були просто закопані в ґрунтову основу, ймовірно, колись стали першою дерев'яною рамою. Прагнення підкріпити балку в прольоті для збільшення її несучої здатності, уникнувши суттєвого зменшення простору приміщення в подальшому призвело до введення в конструкцію підкосів, які додатково з'єднували балку зі стійками в межах їх висоти, таким чином з'явилися перші підкосні рами. Це були виключно конструкції з цільного дерев'яного бруса, з'єднані на врубках. Саме цей вид з'єднань був найбільш доступним і поширеним серед будівельників того часу. Прості підкосні рами з цільної деревини в дещо удосконаленому вигляді знаходять своє використання і в наш час (рис. 1). Зазвичай підкосними рамами на врубках перекриваються прольоти до 18,0 м. Крім того, часом рами з бруса із цільної деревини обладнують затяжками, щоб мінімізувати вплив зусиль розпору. Найбільшого удосконалення підкосні рами з бруса досягли в прольотних конструкціях мостів (рис. 2) до кінця першої половини ХХ століття. Підкосні рами з бруса із цільної деревини також застосовувались і для унікальних будівель громадського та промислового призначення. У роки другої

світової війни широкого застосування набули різноманітні дощато-цвяхові конструкції, серед яких особливу увагу слід приділити саме рамам.



Рис. 1 - Сучасні підкосні рами на врубках

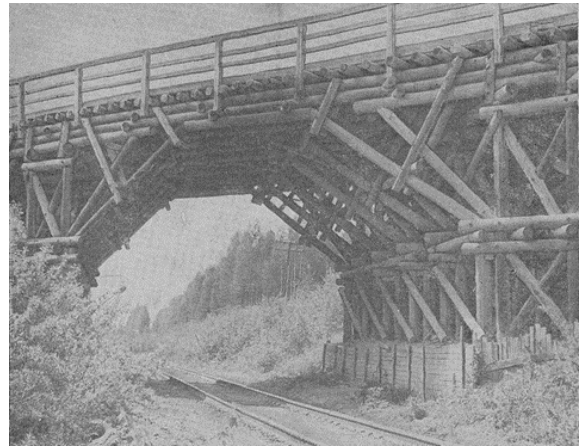


Рис. 2 - Шляхопровід з підкосною системою

Дощато-цвяхові конструкції найбільш відповідали умовам і вимогам будівництва того часу, з його масштабами, нестачею металу, бетону та дефіцитом кваліфікованої робочої сили. У будівлях з прольотами до 12 м часто використовували підкосні рами з ригелями із дощато-цвяхових балок, а при прольотах до 18 м – підкосні рами з ригелями у вигляді трикутних ферм на врубках. З початком масового виробництва конструкцій із клеєної деревини на закордонних та вітчизняних заводах стали виготовляти різноманітні рами, в тому числі і гнутоклеєні, з прольотами до 60 м. Окреме місце слід надати просторовим рамам з дошок цільної деревини зі з'єднаннями на металевих зубчастих пластинах (МЗП) (рис. 3). Такі рами почали масово виготовлятися наприкінці ХХ століття і завдяки своїй технологічності зайняли гідне місце серед рам виготовлених з цільної та клеєної деревини. Поступово рами з клеєної деревини витіснили рами з цільної деревини в будівлях з середніми прольотами. Наразі використання рам з цільної деревини обмежується прольотами від 9 до 12, дуже рідко 18 м. У цивільному будівництві рами з клеєної деревини широко використовуються при зведенні об'єктів міської інфраструктури: торгових павільйонів, виставкових та спортивних залів, надбудов мансардних поверхів житлових будівель тощо. У сільському господарстві рами з деревини використовуються для зведення споруд тваринництва та птахівництва, зерноховищ, складах мінеральних добрив, навісах та амбарах для зберігання сільськогосподарської техніки, ремонтних майстерень тощо. Конструкції рам з цільної деревини можуть бути як виготовлені на місці будівництва (брусові, дощато-цвяхові), так і повністю заводського виготовлення.

Подальший розвиток рам з клеєної деревини тісно пов'язаний з еволюцією їх карнизних вузлів і технології виготовлення.



Рис. 3 - Двошарнірна рама з дощок, з'єднаних за допомогою металевих зубчастих пластин

Так в рамах системи «Гетцер» [11] в з'єднаннях прямолінійних елементів ригеля та стійки застосовувались металеві хомути та накладки, з'єднанні між собою болтами (рис. 4). Таке з'єднання прямолінійних масивних елементів є дуже простим при використанні. Міцність та деформативність таких вузлів визначалась роботою деревини на зминання під кутом та поперек волокон.

Клеєні консольні рами з підкосами, які йдуть від ригеля до опорного вузла, були запропоновані ЦНДІБК ім. Кучеренко [12].

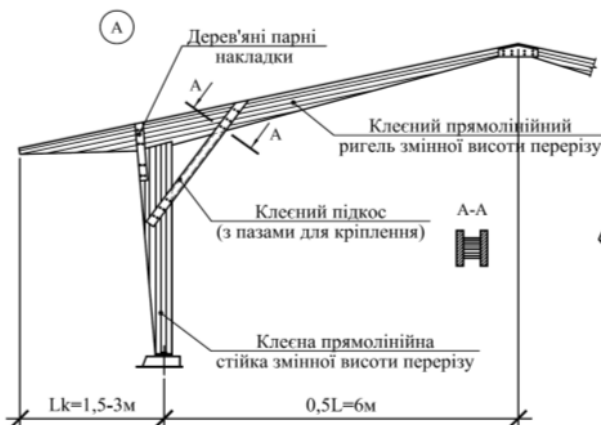


Рис. 4 - Клеєні рами системи «Гетцер» з консольною ригельною частиною

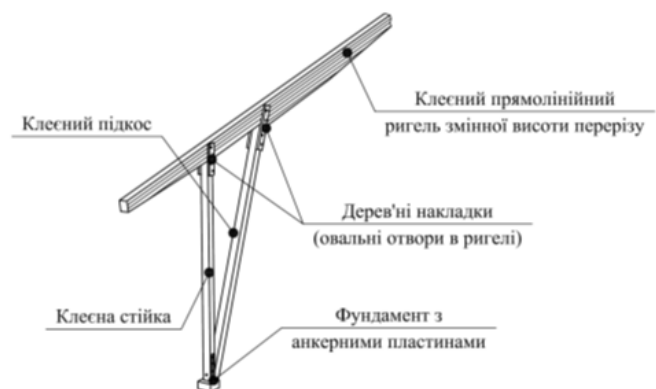


Рис. 5 - Клеєна рама з прямолінійного ригеля та двома похилими стійками

Полурама складається з трьох прямолінійних клеєних елементів: ригеля, стійки та підкоса, з'єднаних між собою болтами (рис. 5). Рекомендований прольот таких рам – до 24 м. Підкоси проєктувались як похилими всередину, так і назовні (рис. 6).

Кардинально іншими є рами з жорстким з'єднанням ригеля зі стійкою. Однією з найперших рам такого типу були рами з Г-подібних блоків, які склеювалися з тонких дощок. У таких конструкціях карнизний вузол був цілюноклеєним, це досягалось вигином дощок в криволінійній частини полурами. Полурами мали прямокутний сталій по ширині переріз, з перемінною висотою по всій довжині. Змінність висоти перерізу досягалась зменшенням кількості дощок в пакеті та обрізкою внутрішньої кромки. Обрізка зовнішньої кромки рами приводила до значної втрати міцності, яка пов'язана з виклиненням косообрізаних дощок, які розташовані в розтягнутій зоні.

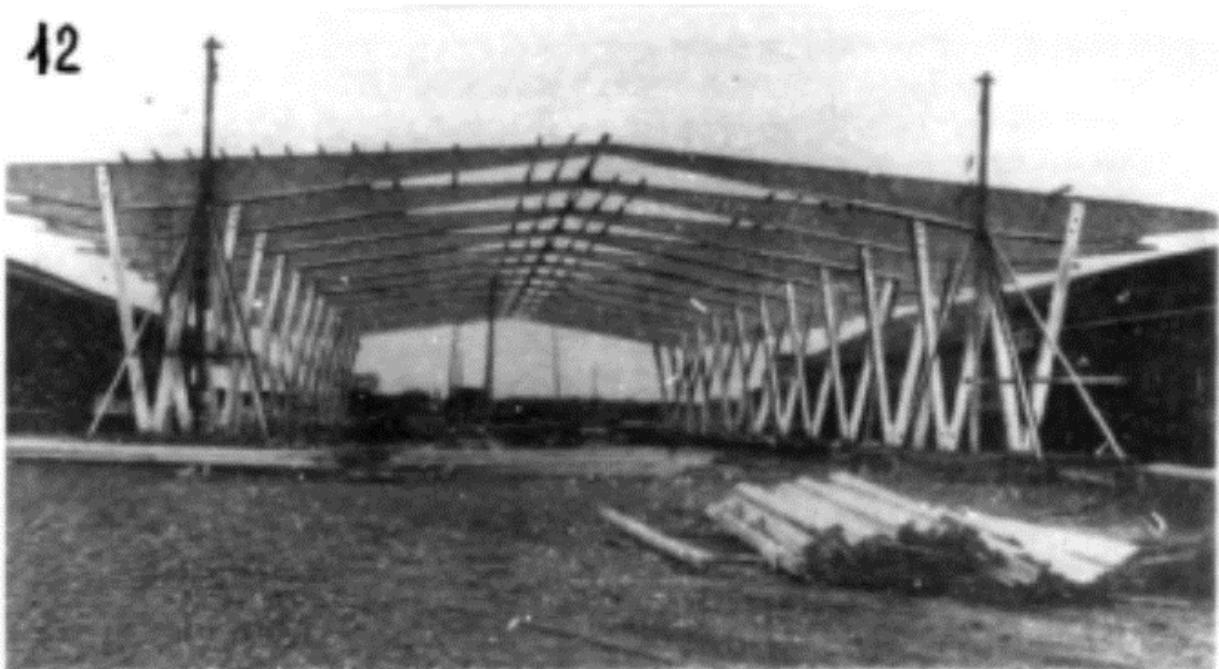


Рис. 6 - Клеєні рами з консольним ригелем та похилими на зовні підкосами (ЦНДІБК ім. Кучеренко)

Таке конструктивне рішення карнизного вузла рами принципово відрізняється від двох попередніх, де з'єднання виконувалось на піддатливих в'язях.

З 50-х років минулого століття в Західній Європі широкого застосування набули і гнукотклеєні рами, для зведення складських, сільськогосподарських, будівель спортивного призначення тощо (рис. 7 - 9) [13-18]. А в 60-ті роки вперше на теренах Радянського Союзу було побудовано промислову будівлю та

спортивний зал. Також немало прикладів будівель та споруд, які побудовані на європейському континенті після 80-х років з гнуклєєних рам (рис. 10 – 13).



Рис. 7 - Гнуклєєні рами в покритті бібліотеки (Англія)



Рис. 8 - Гнуклєєні рами Г-подібної форми в споруді виставкового павільйону (Франція)



Рис. 9 - Гнуклєєні рами Г-подібної форми в споруді критого паркінгу (США)



Рис. 10 - Гнуклєєні рами кінноспортивного комплексу (Литва)



Рис. 11 - Каркас з гнуклєєних рам складської будівлі прольотом 60 м



Рис. 12 - Каркас з гнуклєєних рам надбудови мансардного поверху будинку

Для зменшення вартості виробництва та спрощення технології виготовлення, було запропоновано застосовувати рами з прямолінійних елементів з жорсткими вузлами при найбільшій товщині дошок 40 мм.



Рис. 13 - Каркас покриття з гнотоклесених рам над залом засідань парламентської Асамблеї ради Європи (Бельгія)

В одному з варіантів таких рам, карнизний вузол влаштовується за допомогою бакелізованих фанерних накладок, які кріпляться з обох боків карнизного вузла за допомогою клею [19] (рис. 14). Геометричні розміри, розміри поперечного перерізу та площа склеювання визначалися з умов сприйняття накладками діючих в карнизному вузлі внутрішніх зусиль, а саме згинального моменту, поздовжньої та поперечних сил. Елементи ригеля та стійки виготовлялися з прямолінійного клеєного бруса з постійною висотою поперечного перерізу, шляхом їх діагональної розпиловки, це дало змогу підвищити технологічність виготовлення таких рам (рис. 15).

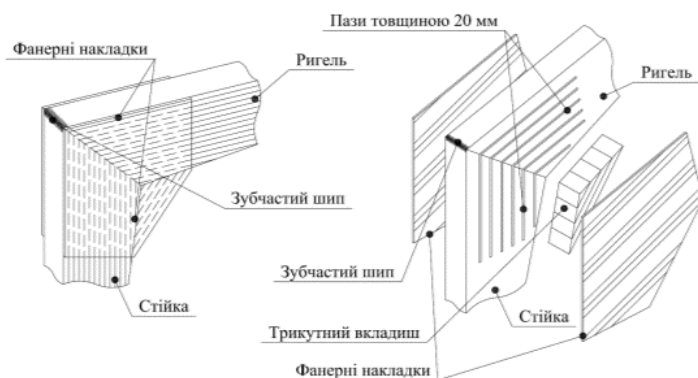


Рис. 14 - Карнизний вузол рами з клеєної деревини з використанням накладок бакелізованої фанери

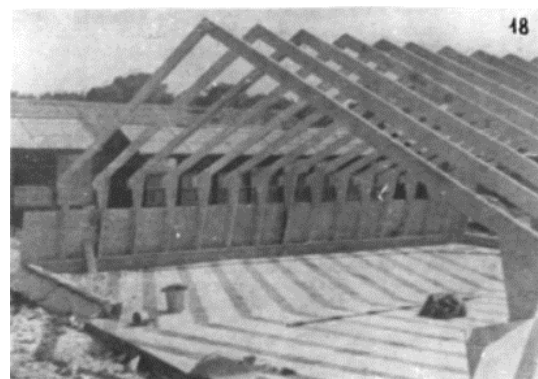


Рис. 15 - Клеєні рами з прямолінійних елементів (США)

Однак недоліком такого рішення є сумнівна міцність клеєного шва між бакелізованою фанерою й клеєдощатими брусами, особливо для приміщень з підвищеним вологістним режимом експлуатації. Враховуючи, що в залежності від орієнтації граней дошок по відношенню до річних шарів деформації розбухання та усушки деревини поперек волокон складають від 3 до 10%, а у фанери від 0,1 до 0,5%, можна стверджувати, що у вузлі виникають великі внутрішні напруження. Це підтверджується і результатами обстежень будівель з різними температурно–вологістними режимами експлуатації [20]. Будівлі, які експлуатувалися 2–3 роки, мали недостатню міцність карнизних вузлів, особливо при режимах експлуатації з підвищеною вологістю. Рами даного типу використовувались в експериментальних спорудах при невеликих навантаженнях та з прольотами не більше 12 м. Закордоном такі рами застосовувались при малих навантаженнях з кроком 650–900 мм, при прольотах до 15 м. Бакелізовані накладки кріпились за допомогою клеєцвяхового з'єднання, що дало змогу монтувати рами вручну.

В 60-х – 80-х роках минулого століття було поширене застосування легких та транспортабельних клеєних дерев'яних конструкцій у сільськогосподарському будівництві. По-перше, такі конструкції забезпечують необхідний температурно–вологісний режим експлуатації будівлі, що важливо для будівель сільськогосподарського призначення. По-друге, такі конструкції стійкі до хімічно агресивних середовищ, таких як аміак, вуглекислоти, сірководень тощо [21]. По-третє, для сільськогосподарських будівель важлива незначна висота при великому прольоті несучих конструкцій.

Починаючи з 1970–х років налагоджено типову серію випуску гнуклеєних рам [22–24]. Після вдалого застосування гнуклеєних рам, у порівнянні з традиційними на той час конструкціями з залізобетонним каркасом, дійшли висновку, що набагато зменшилась економічна складова будівництва, зменшився об'єм земляних робіт та фундаментів, зменшились транспортні витрати та витрати на монтаж [22, 23]. Після цього з'явилась нова галузь будівельної індустрії – виробництво конструкцій з клеєної деревини (ККД). Виробництво гнуклеєних рам проводилось на спеціалізованих виробництвах по типовому проєкту (ДГР серія 1.822–1 вип.2,3). З використанням гнуклеєних рам було побудовано багато сільськогосподарських будівель, які мали високу надійність експлуатації, особливо в агресивних середовищах (рис. 16 та 17), про що написано вище.

Однак, через високу матеріалоемність та велику вартість, об'єми виробництва таких рам почали знижуватись. Велика вартість гнуклеєних рам (18) була пов'язана з необхідністю вигину дошок в карнизному вузлі, де потребується застосування тонкого пиломатеріалу (товщиною 12–19 мм) на всю

довжину полурами. Внаслідок цього збільшуються витрати клею, пиломатеріалів та збільшується трудомісткість виробництва, порівняно з прямолінійними елементами.



Рис. 16 - Пташник з каркасом з рам ДГР-12 (Україна)

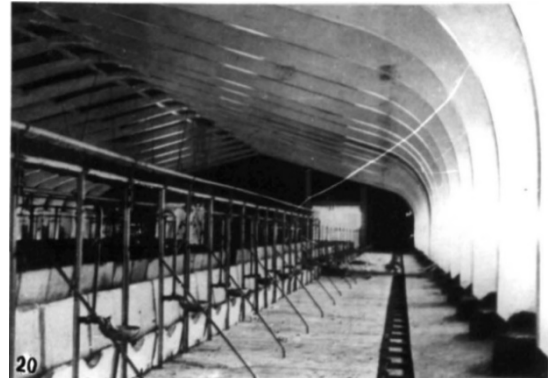


Рис. 17 - Корівник з каркасом з рам ДГР-18 (Україна)

З метою зниження матеріалоемності було запропоновано ригель робити з уступами (рис. 16, 19), але влаштування уступів приводило до появи локальної концентрації напружень. Таке конструктивне рішення приводило до непоодиноких випадків появи тріщин, від уступу до підрізки опорного шарніра. Це підтвердилось аналізом напруженого стану за допомогою методу скінченних елементів в межах уступу, про що детально написано в роботі проф. Серова Є.М. [2].

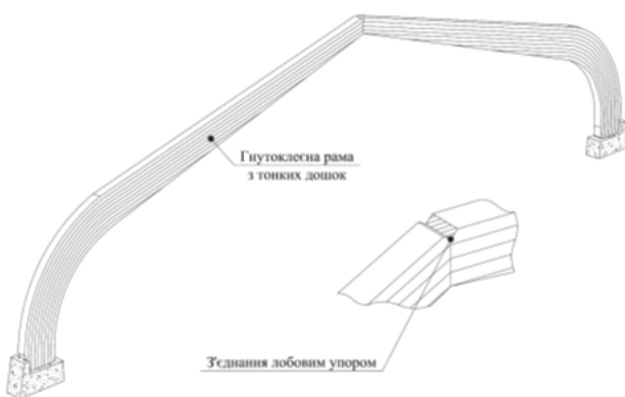


Рис. 18 - Гнутоклеєні рами типу ДГР з тонких дошок по всій довжині полурами без уступів в ригельній частині

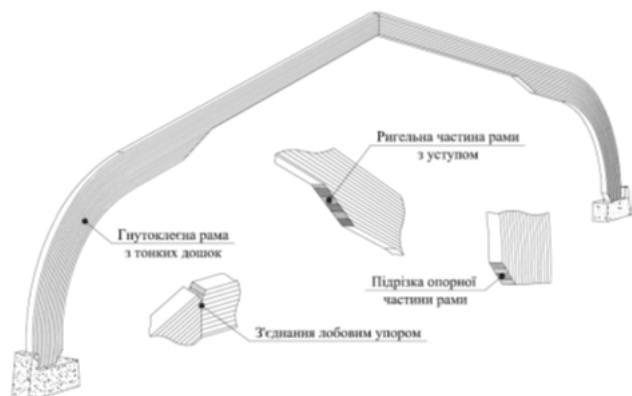


Рис. 19 - Гнутоклеєні рами типу ДГР з тонких дошок по всій довжині полурами з уступам в ригельній частині

Питання найбільш раціонального конструктивного рішення карнизного вузла рами хвилювало науковців постійно. Після досліджень по вдосконаленню рамних карнизних вузлів проведених в Новосибірському державному архітектурно-будівельному університеті було запропоновано зону карнизного вузла армувати металевими стержнями (рис. 20) [1, 25]. При цьому переріз рами

підбирається по розрахункових значеннях внутрішніх зусиль у прямолінійній частині ригеля, а згинальний момент сприймається металевими стержнями, які розміщені в каналах поблизу нижньої та верхньої граней перерізу. Але економічна доцільність такого рішення визиває сумніви, бо з'являються витрати металу, застосовується дорогий епоксидний компаунд та зростає трудомісткість виготовлення.

Більшу технологічну привабливість мають рами з прямолінійних елементів, з'єднаних по бісектрисі кута (РДП серія 1.822–4 вип.0,1) (рис. 21 та 22) [4]. Основною перевагою такого конструктивного рішення є висока технологічність виготовлення рам.

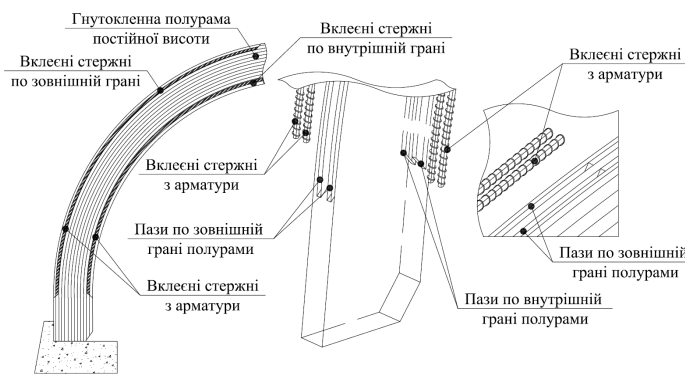


Рис. 20 - Конструкція жорстких карнизних вузлів з застосуванням металевих стержнів



Рис. 21 - Рами типу РДП в будівлі сільськогосподарського призначення

Але такі рами мають суттєвий конструктивний недолік – безпосереднє з'єднання елементів з анізотропного матеріалу під кутом, що призводить до значної втрати міцності клеєної деревини, особливо в розтягнутій зоні перерізу. Таким чином, міцність вузла залежить від кута нахилу ригелю та від величини згинального моменту, що значно змінює напружений стан вузла. Як показали дослідження Светозарової Е.І., Серова Є.М., Павлова А.П та ін. [4, 25], міцність з'єднання зменшується в 1,5–2 рази, а напруження розтягу в верхній зоні призводять до розтріскування деревини.

Визначним фактором при підборі перерізу стає міцність стику. Це призводить до значних витрат матеріалу в інших перерізах рами. Ще одним недоліком є те, що з'являється небезпечна локальна концентрація напружень, яка виникає у зв'язку з ослабленням перерізу, що з'являється при склеюванні під кутом. Такі рами застосовувались при невеликих та середніх навантаженнях, прольотом 12–18 м. Застосування п'ятикутної вставки (рис. 23) в карнизних вузлах, дало змогу зменшити кут стикування з елементами рами. Однак, в такому випадку косообрізані дошки, виходять на розтягнуту грань п'ятикутної вставки, що небажано.

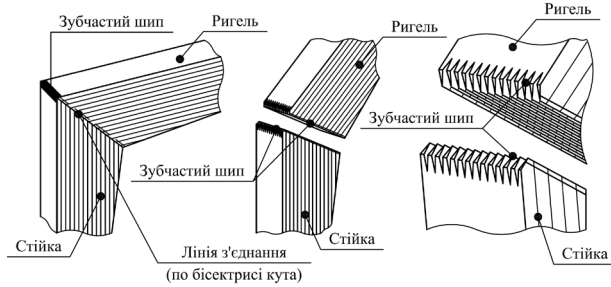


Рис. 22 - Конструкція жорстких карнизних вузлів рам з прямолінійних елементів із з'єднанням на зубчастий шип по бісектрисі кута

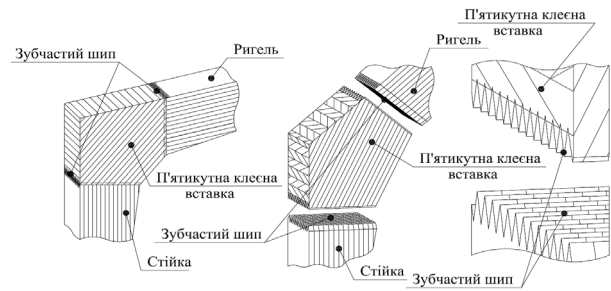


Рис. 23 - Конструкція жорстких карнизних вузлів рам з прямолінійних елементів із з'єднанням на зубчастий шип за допомогою п'ятикутної вставки.

Було доцільно замінити конструкції з ламаних обрисів карнизного вузла на плавні криволінійні. Даний конструктивний прийом дозволив дав змогу дотриматись принципів спрямованої орієнтації і збалансованої міцності, тобто погодження поля діючих напружень з полем опору матеріалів.

В Санкт–Петербурзькому державному архітектурно-будівельному університеті було запропоноване нове рішення карнизного вузла – за допомогою гнукоткесної вставки, яка з'єднувалася з прямолінійним ригелем та стійкою на зубчастий шип вздовж волокон (рис. 24), що відмічено в роботах Светозарової Е.І., Серова Є.М., Попова В.Д [2, 26].

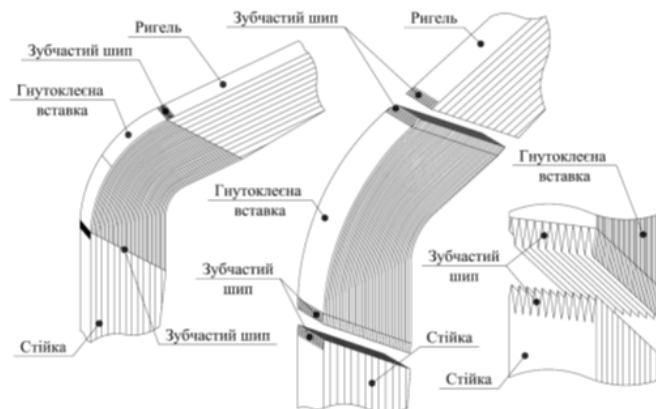


Рис. 24 - Конструкція жорстких карнизних вузлів рам з гнукоткесною вставкою

Застосування такого рішення змінює характер роботи деревини в порівнянні з безпосереднім стикуванням під кутом (тип РДП). Таке рішення має ряд суттєвих переваг: з'єднання ригеля та стійки зубчастим шипом вздовж волокон, тобто в напрямку найбільшої міцності деревини; зміщення стику з'єднання ригеля та стійки з зони максимального згинального моменту, внаслідок цього покращується робота зубчастого шипу та карнизного вузла загалом; плавна передача силових потоків з ригеля на стійку, без небезпечних концентрацій

напружень; підвищення в 1,5–2 рази міцності всієї рами в порівнянні з рамами, які мають стикування елементів на зубчастий шип під кутом (тип РДП) [2, 26].

У 1985 році у Німеччині [6] було запропоновано збірну раму з прямолінійних елементів із з'єднанням ригелю та стійки за допомогою нагелів (рис. 25 та 27).



Рис. 25 - Прямолінійні рами з жорстких карнизним вузлом, який з'єднується за допомогою нагелів

Ригель та стійка виготовлялися з прямолінійних елементів прямокутного перерізу зі змінною по довжині висотою. Технологія виготовлення аналогічна рамам типу РДП. Стійка влаштовувалась з двох гілок, а ригель з одної гілки. Укрупнений монтаж проводився безпосередньо на будівельному майданчику за допомогою нагелів, які встановлювались у попередньо просвердлені отвори. Основними перевагами такого рішення є: висока технологічність виготовлення та транспортабельність конструкції.



Рис. 26 - Рами з гнутоклеєним ригелем та жорсткими карнизними вузлами на нагелях

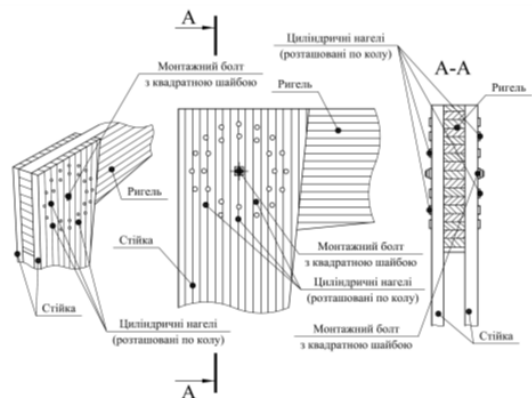


Рис. 27 - Конструкція жорстких карнизних вузлів рам з нагелями

Після теоретично-експериментальних досліджень було виявлено основний недолік таких рам – велика нерівномірність розподілу зусиль між нагельми. Тобто, несуча здатність вузла в цілому, залежала від міцності найбільш навантаженого нагеля.

Після ряду досліджень раціонального карнизного вузла в Санкт-Петербурзькому державному архітектурно-будівельному університеті була розроблена нова конструкція, запропонована проф. Серовим Є.М., яка одержала назву тип ДГРП (дощатоклеєна гнукотклеєна рама зі стійко–карнизним блоком) [5]. Новизна її полягала у стійко-карнизному блоці який з'єднаний на зубчастий шип з прямолінійним ригелем (рис. 28). При малій висоті стійки було раціонально об'єднати стійку з криволінійною ділянкою рами. Таким чином полурама являє собою поєднання гнукотклеєного стійко-карнизного блоку з прямолінійним ригелем, з'єднаним на зубчастий шип вздовж волокон.

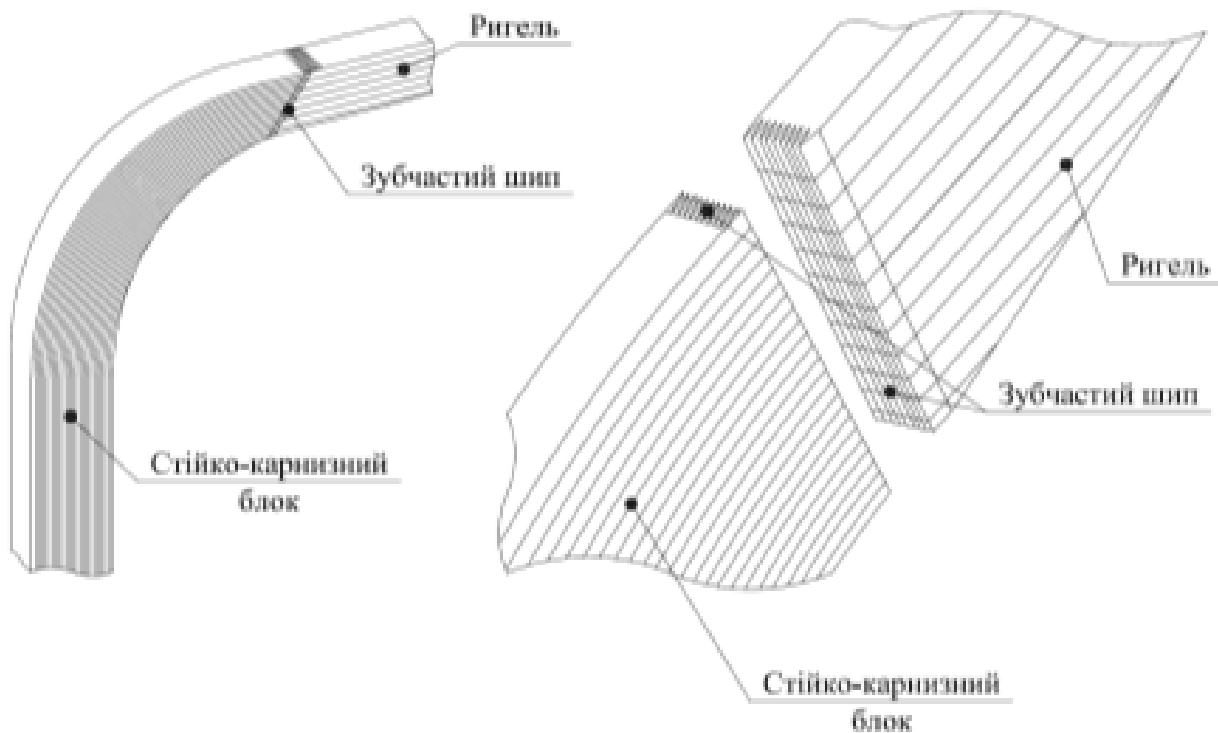


Рис. 28 - Конструкція жорстких карнизних вузлів рам з гнукотклеєним стійко–карнизним блоком (тип ДГРП)

Дослідний зразок рами типу ДГРП (рис. 29). виготовлений на Коростишівському деревообробному заводі, який підтвердив високу надійність гнукотклеєних рам типу ДГРП [3, 5]. Основними перевагами такого рішення є підвищення економічності виробництва в порівнянні з іншими рамами типу ДГР та РДП і зменшення в 1,5–2 рази витрат тонкого пиломатеріалу при однакових з рамою ДГР загальних об'ємах деревини.

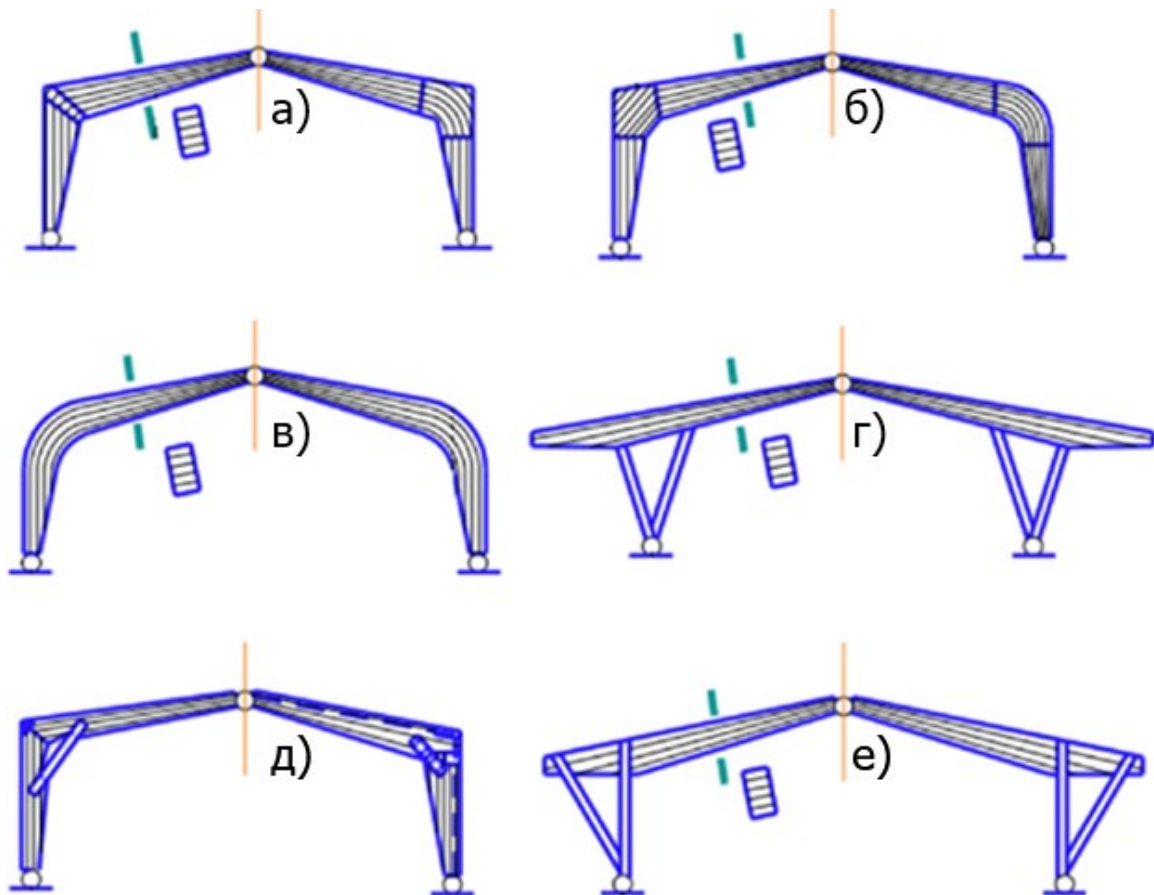


Рис. 29 - Трьохшарнірні рами з клеєної деревини:

- а) з прямолінійних блоків ригеля і стійки зі змінною висотою поперечного перерізу; б) з прямолінійних блоків ригеля і стійки зі змінною висотою поперечного перерізу зі вставками в карнизному вузлі; в) гнукклеєні; г) ригельно-підкосного типу з зовнішньою консоллю; д) зі збірно-розбірним карнизним вузлом; е) ригельно-підкосного типу.

Висновки. Підбиваючи підсумки можна сміливо сказати, що рама це вдалий приклад поєднання естетичного і практичного використання матеріалу в будівельних конструкціях. Рамні конструкції дозволяють створювати цікаві і неповторні архітектурні форми та найбільш раціонально використовувати матеріал. Саме тому будь-які дослідження, присвячені удосконаленню рамних конструкцій, є дуже важливими.

Список джерел

1. Дмитриев П. А. Актуальные вопросы совершенствования деревянных конструкций. Известия вузов: Строительство и архитектура. Новосибирск, 1980, №7, С. 15-21.
2. Серов Е. Н. Рациональное использование анизотропии прочности материалов в клееных деревянных конструкциях массового изготовления. Дис. доктора технических наук. Ленинград, 1988, 521 с.
3. Серов Е. Н., Табунов С. Ю. Новое в конструкции и методе расчета клееных рам для сельскохозяйственного строительства. В книге: Экспериментальные и

теоретические исследования клееных деревянных конструкций для сельского строительства. Москва: ЦНИИЭПсельстрой, 1983, С. 86-90.

4. Светозарова Е. И., Серов Е. Н., Гнубкин В. П., Дребезков Е. А. О несущей способности и технологичности клееных рам для каркасных деревянных зданий. В книге: Совершенствование технологии и техники производства клееных деревянных рам. Ленинград: ЛДНТП, 1975, С. 92-99.

5. Светозарова Е. И., Серов Е. Н. Перспективы использования прогрессивных конструкций на сельских стройках. Строительство и архитектура Ленинграда, 1977, №9, с. 31-33.

6. Götz K.-H. Hoor D., Möhler K., Natter I. Holzbau Atlas / Institute für internationale Architektur-Dokumentation, München, 1978, P. 283.

7. Михайловский Д. В., Матющенко Д. Н. Особенности расчета гнутоклееных рам из клееной древесины. Научно-технічний збірник: Містобудування та територіальне планування. Київ: КНУБА, 2014, Вип. 52, С. 249-255.

8. Михайловський Д. В. Застосування деревини та деревинних матеріалів у будівництві. Международный информационно-технический журнал: Оборудование и инструмент для профессионалов (деревообработка), №4/199, Харків, 2017, С. 40-44.

9. Михайловський Д. В., Матющенко Д. М. Еволюція карнизних вузлів рам з клеєної деревини. Всеукраїнський науково-технічний і виробничий журнал: Строительные материалы и изделия, №3 (74), Киев, 2012, С. 27-29

10. Михайловський Д. В., Комар М. А. Аналіз напружено-деформованого стану рам з клеєної деревини підсилених композитними стрічками. Будівельні конструкції, теорія і практика, №11, КНУБА, 2022, С. 53-60. DOI: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.11.2022.53-60>

11. Хрулев В. М., Фрейдин А. С., Белозеров А. С., Аксенов В. В. Склеивание древесины за рубежом. Москва: Гослесбумиздат, 1961, 301 с.

12. Губенко А. Б. Клееные деревянные конструкции в строительстве. Москва: Госстройиздат, 1957, 240 с.

13. Клятис Г. Я. Современное состояние и перспективы развития строительных конструкций за рубежом. Москва: ЦНИИС Госстроя СССР, 1969, 85 с.

14. Справочное руководство по древесине. Лаборатория лесных продуктов США: Москва: Лесная промышленность, 1979, 544 с.

15. Chugg W. A. The laminated Lamanated timber industry in Switzeland. Wood, 1963, №1, P. 43-46.

16. Fairhurst R. F. Design for a library with laminated timber arches. Wood, №10, P. 28-32.

17. Mellinger L. Portal Frames for Restaurant. Wood, 1963, №9, P. 57-60.

18. Selbo M. S., Knauss A. C. Glied Laminated Wood constructions in Europe. *Journal of the Structural Division*, 1968, №11, P. 79-85.
19. Штейнберг С. Е. Опыт производства деревянных конструкций и перспективы его развития. В книге: Повышение эффективности конструкционного использования древесины в строительстве: Материалы Всесоюзного совещания. Москва: Стройиздат, 1968, С. 202-207.
20. Преображенский Н. П., Турковский С. Б., Баранов Г. Р., Кувшинов А. П. Обследование клееных деревянных конструкций. В книге: Развитие производства клееных деревянных конструкций в Сибири. Тезисы докладов зональной науч.-техн. конференции. Новосибирск, 1975, С. 97-105.
21. Мартинец Д. В. Индустриальные конструкции из дерева и пластмасс для сельскохозяйственного строительства. Москва: Стройиздат, 1973, 166 с.
22. Павлов А. П. Чебоксарский эксперимент. *Сельское строительство*, 1971, №7, С. 16-18.
23. Павлов Н. Г. Перспективы развития и организации производства клееных деревянных конструкций на деревообрабатывающих заводах Минсельстроя РСФСР. Материалы Всесоюзного совещания. Москва: Стройиздат, 1972, С. 32-35.
24. Могильный А. П. Усилить внедрение деревоклееных конструкций в сельское строительство. *Сельское строительство*, 1971, №7, С. 1-2.
25. Светозарова Е. И., Душечкин С. А., Серов Е. Н. Конструкции из клееной древесины и водостойкой фанеры. Примеры проектирования. Ленинград: ЛИСИ, 1974, 133 с.
26. Попов В. Д. Влияние расположения зубчатого соединения в клеодощатых рамах на их несущую способность. В книге: Исследование конструкций из клееной древесины и пластмасс. Ленинград: ЛИСИ, 1977, С. 93-99.

References

1. Dmitriev P. A. Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya derevyannykh konstruksii. [Current issues in improving timber structures] *Izv. Vuzov: Str-vo i arkh. Novosibirsk*, 1980, №7, 15-21. (in Russian)
2. Serov E. N. Ratsional'noe ispol'zovanie anizotropii prochnosti materialov v kleenykh derevyannykh konstruksiyakh massovogo izgotovleniya. [Rational use of material strength anisotropy in mass-produced laminated timber structures]: dys. ... of Doctor of Technical Sciences. Leningrad, 1988, 521. (in Russian)
3. Serov E. N., Tabunov S. Yu. Novoe v konstruksii i metode rascheta kleenykh ram dlya selskokhozyaistvennogo stroitel'stva. [New in the design and calculation method of glued frames for agricultural construction] V knige: Eksperimental'nye i

teoreticheskie issledovaniya kleenykh derevyannykh konstruksii dlya selskogo stroitel'stva. M.: TsNIIEPsel'stroi, 1983, 86-90. (in Russian)

4. Svetozarova E.I., Serov E.N., Gnyubkin V.P., Drebezkov E.A. O nessushchei sposobnosti i tekhnologichnosti kleenykh ram dlya karkasnykh derevyannykh zdaniy. [On the load-bearing capacity and technologicality of glued frames for frame timber buildings] V knige: Sovershenstvovanie tekhnologii i tekhniki proizvodstva kleenykh derevyannykh ram. L.: LDNTP, 1975, 92-99. (in Russian)

5. Svetozarova E. I., Serov E. N. Perspektivy ispol'zovaniya progressivnykh konstruksii na selskikh stroikakh. [Prospects for the use of progressive structures in rural construction] Stroitel'stvo i arkhitektura Leningrada, 1977, №9, 31-33. (in Russian)

6. Gotz K.-H. Hoor D., Mokhler K., Natter I. Holzbau Atlas / Institute fur internationale Architektur-Dokumentation, Munchen, 1978 r.283. (in English)

7. Mikhailovskii D. V., Matyushchenko D. N. Osobennosti rascheta gnutokleenykh ram iz kleenoi drevesiny. [Features of calculation of curved glued frames from glued timber] Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: Nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv, KNUBA, 2014, Vyp. 52, 249-255. (in Ukrainian)

8. Mikhailovskii D. V. Zastosuvannia derevini ta derevinnykh materialiv u budivnitsvi. [Application of timber and timber materials in construction] Mezhdunarodnyi informatsionno-tekhnicheskii zhurnal: Oborudovanie i instrument dlia professionalov (derevoobrabotka), №4/199, Kharkiv, 2017, 40 - 44. (in Ukrainian)

9. Mikhailovskii D. V., Matyushchenko D. M. Evoliutsiia karniznykh vuzliv ram z kleenoi derevini. [Evolution of cornice nodes of frames from glued timber] Vseukrainskii nauchno-tekhnicheskii i proizvodstvennyi zhurnal: Stroitel'nye materialy i izdeliia. №3 (74), Kiev, 2012, 27-29. (in Ukrainian)

10. Mikhailovskii D. V., Komar M. A.. Analiz napruzhenno-deformovanogo stanu ram z kleenoi derevini pidsilenikh kompozitnimi strichkami [Analysis of the stress-strain state of frames from glued timber reinforced with composite strips] Budivelni konstruksii, teoriia i praktyka, №11, KNUBA, 2022, 53 - 60. (in Ukrainian) DOI: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.11.2022.53-60>

11. Khrulev V. M., Freidin A. S., Belozarov A. S., Aksenov V. V. Skleivanie drevesiny za rubezhom. [Gluing timber abroad] M., L.: Goslesbumizdat, 1961, 301. (in Russian)

12. Gubenko A. B. Kleenyie derevyannye konstruksii v stroitel'stve. [Glued timber structures in construction] M.: Gosstroyizdat, 1957, 240. (in Russian)

13. Klyatis G. Ya. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya stroitel'nykh konstruksii za rubezhom: [Current state and prospects of development of construction structures abroad] Obzor. M.: TsINIS Gosstroya SSSR, 1969, 85. (in Russian)

14. Spravochnoe rukovodstvo po drevesine. [Reference manual on wood] Laboratory of Forest Products USA: M.: Lesnaya promyshlennost', 1979, 544. (in Russian)
15. Chugg W. A. The laminated Lamanated timber industry in Switzeland. Wood, 1963, №1, 43-46. (in English)
16. Fairhurst R. F. Design for a library with laminated timber arches. Wood, №10, 28-32. (in English)
17. Mellinger L. Portal Frames for Restaurant. Wood, 1963, №9, 57-60. (in English)
18. Selbo M. S., Knauss A. C. Glied Laminated Wood constructions in Europe.- Jormal of the Structural Division, 1968, №11, 79-85. (in English)
19. Shteynberg S. E. Opyt proizvodstva derevyannykh konstruksii i perspektivy ego razvitiya. [Experience in the production of wooden structures and prospects for its development] V knige: Povyshenie effektivnosti konstruksionnogo ispol'zovaniya drevesiny v stroitel'stve: Materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya. M.: Stroyizdat, 1968, 202-207. (in Russian)
20. Preobrazhenskii N. P., Turkovskii S. B., Baranov G. R., Kuvshinov A. P. Obsledovanie kleenykh derevynnykh konstruksii. [Examination of glued wooden structures] V knige: Razvitie proizvodstva kleenykh derevyannykh konstruksii v Sibiri. Tezisy dokladov zonal'noi nauch.-tekhn. konf. Novosibirsk, 1975, 97-105. (in Russian)
21. Martinets D. V. Industrial'nye konstruksii iz dereva i plastmass dlya selskokhozyaistvennogo stroitel'stva. [Industrial structures made of wood and plastics for agricultural construction] M.: Stroyizdat, 1973, 166. (in Russian)
22. Pavlov A. P. Cheboksarskii eksperiment. [Cheboksary experiment] Selskoe stroitel'stvo, 1971, №7, 16-18. (in Russian)
23. Pavlov N. G. Perspektivy razvitiya i organizatsii proizvodstva kleenykh derevyannykh konstruksii na derevoobrabatyvayushchikh zavodakh Minsel'stroia RSFSR. [Prospects for the development and organization of production of glued timber structures at the woodworking plants of Minsel'stroia RSFSR] Materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya. M.: Stroyizdat, 1972, 32-35. (in Russian)
24. Mogil'nyi A. P. Usilit' vnedrenie derevokleenykh konstruksii v selskoe stroitel'stvo. [Strengthening the implementation of glued timber structures in rural construction] Selskoe stroitel'stvo, 1971, №7, 1-2. (in Russian)
25. Svetozarova E. I., Dushechkin S. A., Serov E. N. Konstruksii iz kleenoi drevesiny i vodostoikoi fanery. Primery proektirovaniya. [Structures made of glued timber and water-resistant plywood. Design examples] L.: LISI, 1974, 133. (in Russian)

26. Popov V. D. Vliyanie raspolozheniya zubchatogo soedineniya v kleedoschatykh ramakh na nikh nessushchuyu sposobnost'. [Influence of the location of the toothed connection in glued frames on their load-bearing capacity] V knige: Issledovanie konstruktsii iz kleenoi drevesiny i plastmass. L.: LISI, 1977, 93-99. (in Russian)

Annotation

Denys Mykhailovskyi, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Wooden and Metal Structures, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Dmitro Matyushchenko, Candidate of Technical Sciences, chief designer of “ABP” LLC.

Bogdan Bondarchuk, student of the Faculty of Architecture, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Evolution of frames made of laminated timber

Structural constructions made of solid and laminated timber have been widely used in many countries around the world. The emergence of constructions made of laminated timber is due to the fact that obtaining a sufficient cross-section size from natural wood is quite difficult due to limitations. Laminating boards together allowed for larger dimensions of cross-section elements while preserving the positive properties of timber.

With the advent of efficient laminating technologies, it became possible to manufacture a wide variety of timber constructions, including curved ones, opening up more possibilities for design using timber.

Frames have become one of the main types of building structures due to their simplicity and functionality. Frames have been used by humanity since ancient times and continue to be one of the main constructive forms, which speaks to their eternal relevance and the need for further improvement and development of this constructive form.

The study examines the process of the formation and development of frame constructions made of solid and laminated timber, which helps to better understand the processes that have influenced, are influencing, and will influence the calculation and design of frame constructions, thereby helping to formulate a more informed approach to designing and modifying this constructive form.

The benefits of designing with laminated timber, its best application in construction and architecture, and the direct advantages of using frame constructions are once again revealed.

Keywords: frames; constructions; glued; timber; constructive; form; structural; history; origin; application; development.