

УДК 624.011.1

Нова концепція проектування великопрогонових конструкцій з клеєної деревини

Кліменко В.З.

Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна

Анотація. В статті викладена нова концепція щодо конструкцій з клеєної деревини. Згідно з діючим нормативним документом СНиП II-25-80 для забезпечення надійності конструкцій з суцільної деревини достатньо виконати розрахунки по міцності за нормальними і дотичними напруженням у відповідних перерізах елементів. Але технічний зміст СНиП II-25-80 не забезпечує надійності проектування конструкцій з клеєної деревини через особливості її напруженого стану в елементах і з'єднаннях. Нормативний документ потребує докорінного удосконалення на підставі нової концепції проектування конструкцій з клеєної деревини.

Аннотация. В статье изложена новая концепция относительно конструкций из клеенной древесины. Согласно действующему нормативному документу СНиП II-25-80 для обеспечения надежности конструкций из цельной древесины достаточно выполнить расчеты по прочности по нормальным и касательным напряжениям в соответствующих переченнях элементов. Но техническое содержание СНиП II-25-80 не обеспечивает надежности проектирования конструкций из клеенной древесины из-за особенностей ее напряженного состояния в элементах и соединениях. Нормативный документ нуждается в коренном усовершенствовании на основании новой концепции проектирования конструкций из клеенной древесины.

Abstract. The paper presents new conception, which deals with the structures made of wood with the use of glue. In normative document СНиП II-25-80 in force at present for reliability assurance of the structures made of one-piece wood it was sufficient to make an analysis based on strength characteristics in compliance with normal and tangential stresses, conforming to relevant list of documents. But technical content of СНиП II-25-80 does not provide reliability during design of the constructions made of wood with the use of glue as a result of peculiarities of its stressed state at elements and connection joints. The normative document requires to be radically improved on the basis of new conceptual approach to design of the constructions made of wood with the use of glue.

Ключові слова: проектування, клеєна деревина, напружений стан, міцність.

Вступ. Перш ніж викласти нову концепцію щодо конструкцій з клеєної деревини, слід згадати діючі правила проектування дерев'яних конструкцій. Згідно з нормативними документами – від першого (1929 р.) до чинного СНиП II-25-80 – для забезпечення надійності конструкцій з суцільної деревини достатньо було виконати розрахунки по міцності за нормальними і дотичними напруженням у відповідних перерізах елементів (не беручи до уваги деякі окремі розрахунки і вимоги щодо забезпечення довговічності конструкцій). Напружений стан (НС) деревини в елементах і з'єднаннях був достатньо визначеним. В діючих нормах залишились з'єд-

нання контактні, на врубках, на циліндричних нагелях. Клейові з'єднання подані декларативно.

Технічний зміст СНиП II-25-80 не забезпечує надійності проектування конструкцій з клеєної деревини через особливості її НС в елементах і з'єднаннях. Нормативний документ потребує докорінного удосконалення на підставі нової концепції проектування конструкцій з клеєної деревини. З погляду на нову концепцію як на фізичне явище, її принципова відмінність від традиційних правил проектування дерев'яних конструкцій з деревини суцільної полягає в наступному. Внаслідок своєрідного напруженого стану клеєної деревини при консолідованій дії різних напружень у конструкціях межа міцності досягається раніше ніж ці напруження, діючи сепаратно, досягають міцності матеріалу у відповідних місцях.

Конструкції з клеєної деревини. Цей матеріал завдяки можливості Туворювати з нього елементи значної довжини з великими поперечними перерізами широко використовується при створенні конструкцій великих прогонів. Цьому сприяє висока відносна міцність клеєної деревини (R/γ), яка зіставна з аналогічним показником для звичайних будівельних сталей [1]. Раціональними конструктивними формами, в яких нівелюється низький модуль пружності деревини, є арки положисті і стрільчасті, рами гнукотесні і з прямолінійних елементів, трикутні розпірні системи [2]. В світовій практиці [3] арки положисті в унікальних спорудах сягають 120...150 м, широкого застосування набули арки середніх прогонів 60...80 м, рами – до 60 м, трикутні розпірні системи – до 40 м. У вітчизняному будівництві є досвід застосування стрільчастих арок прогоном 45 м.

Особливість НС клеєної деревини в конструкціях. Особливість НС клеєної деревини обумовлена анізотропією її фізико-механічних властивостей і характеристиками, притаманними кожній зі згаданих конструктивних форм.

Завдяки роздрібленню і розсосередженню вад суцільної деревини в об'ємі шаруватої макробудови клеєної деревини покращується її якість і підвищується міцність. Однак вплив цієї макробудови на міцність клеєної деревини для різних видів її НС неоднаковий. Небезпека виникає при НС, коли діє розтяг поперек волокон як сам по собі, так і в умовах складного напруженого стану (СНС), коли одночасно діє сколювання вздовж волокон. При такому СНС міцність клеєної деревини помітно знижується. Цей об'єктивний факт щодо механічної властивості клеєної деревини слід враховувати при проектуванні конструкцій. Раніше в конструкціях із суцільної деревини він не виявлявся і не був відмічений в нормах проектування. Ця особливість НС клеєної деревини стала однією з головних

причин негативного досвіду впровадження в Україні в останній чверті минулого століття деяких конструкцій з цього матеріалу [2, 4]. Негативний досвід призвів до того, що конструкції з клеєної деревини (ККД) перестали застосовувати раніше, ніж встановили його причини. Зараз ознаки наявності ККД у будівництві відсутні. Подібного не сталося в РФ, Білорусі, прибалтійській республіках, де відбувається справжній бум у застосуванні ККД в спорудах середніх і великих прогонів різного функціонального призначення. Причини відмови конструкцій з'ясовані і почала формуватися нова концепція – нові правила – проектування ККД.

Анізотропія міцності клеєної деревини. Для усвідомлення впливу анізотропії міцності клеєної деревини тільки за наведеним в нормах розрахунковим опором згину, розтягу, стиску, а також зколюванню вздовж волокон, розтягу і стиску поперек волокон недостатньо. Необхідно знати яким чином змінюється опір матеріалу при дії напружень під довільним напрямком до волокон. Для цього мало знати формули (2) і (3) норм проектування. Слід чітко уявляти роботу і характер руйнування клеєної деревини. На думку автора, в розділі нормативного документа «Розрахункові характеристики матеріалів» недостатньо обмежуватися тільки базовими показниками міцності у формі таблиць. Треба дати наочну, візуально відчутну ілюстрацію анізотропії міцності, яка не може не викликати сумніви при застосуванні в розрахунках конструкцій тих правил норм, що розроблені на підставі досвіду проектування конструкцій з суцільної деревини.

На рис. 1 показано характер анізотропії міцності клеєної деревини під різними кутами до напрямку волокон.

При найменшому відхиленні напружень від напрямку волокон опір деревини різко знижується, а при куті в 40° і більше можна вважати, що опір практично вичерпується. Він стає дуже малим стиску (1,8МПа) і зовсім мізерним розтягу поперек волокон (0,25...0,35МПа). Більш інтенсивно в залежності від кута знижується опір розтягу – для порівняння на графіку «а» дані залежності $R_{\alpha,c}$ і $R_{\alpha,p}$ для клеєної деревини 1-го сорту, а на графіку «в» – полярна діаграма кількісного порівняння цих опорів.

Сумісна дія дотичних і поперечних напружень. У монографії [5] ретроспективно прослідковано НС деревини в різних з'єднаннях. Загальним у всіх дослідженнях було те, що автори, визнаючи факт наявності поперечних напружень, нормальних до площадок сколювання, ігнорували ними при розробленні теорії опору деревини сколюванню і методики розрахунку з'єднань.

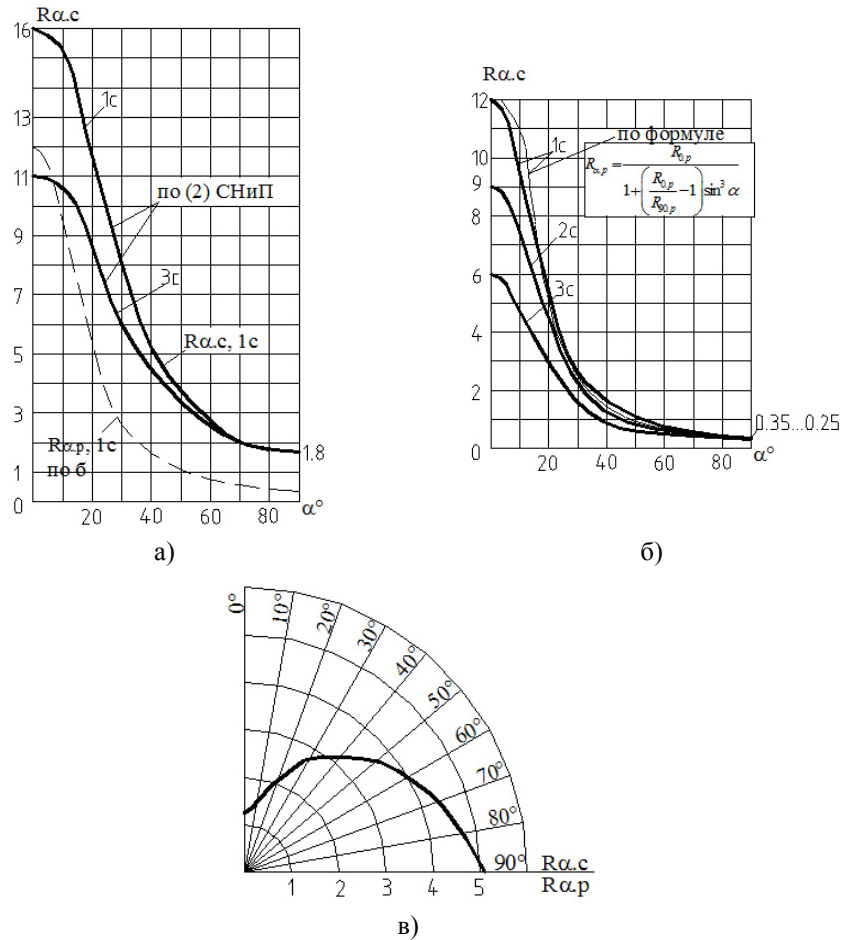


Рис. 1. Розрахункові опори клеєної деревини:
а – стиску за формулою (2) СНиП;
б – розтягу; 1с, 2с, 3с – відповідно 1-й, 2-й, 3-й сорти клеєної деревини

Автор роботи [5] Е.К. Ашкеназі ще задовго до цієї публікації визнавала спільну дію різних напружень на міцність деревини. Визнавалось, що в цих випадках по площадках руйнування діють дотичні і нормальні до них напруження розтягу чи стиску. Стверджувалось, що при розробленні теорії міцності деревини при дії зусилля під кутом до волокон неможна нехтувати жодним напруженням з позиції складного напруженого стану (СНС). Від кута залежить характер руйнування деревини: переважно від розтягу або стиску поперек волокон чи від сколювання вздовж волокон. Опір сколюванню залежить від величини поперечних напружень. На рис. 2 показані графічні залежності " $R_{\alpha} - \alpha$ " у відповідності з [5, 6], а на

рис. 3 діаграми граничних сумісно діючих дотичних і поперечних напружень, при різних кутах дії зусилля до волокон деревини¹.

На графіках рис. 2, б важко побачити анізотропію міцності по площадках, паралельних волокнам. Для встановлення анізотропії краще графіки рис. 2, б показати у вигляді полярних діаграм, як на рис. 3.

В ізотропному тілі епюра граничних кульових напружень має вигляд чверті кола, наприклад, як графік 5 при величині міцності 11МПа. Для ізотропного матеріалу цей графік симетричний відносно осі О-С.

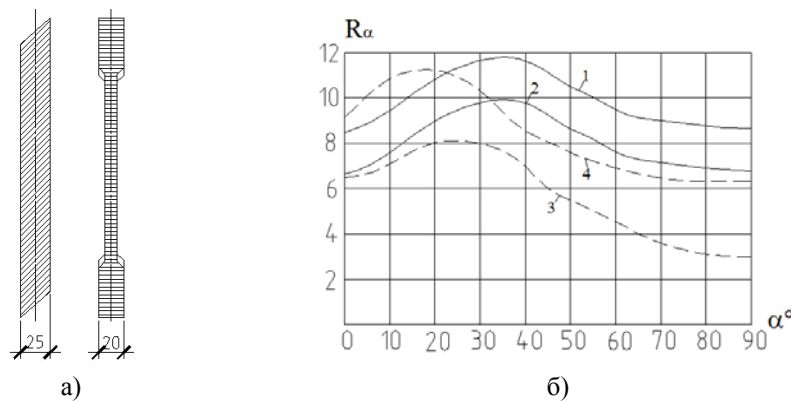


Рис. 2. Міцність деревини по площадках, паралельних волокнам, від величини кута:
а – зразки для випробовування; б – залежності міцності деревини;
1 – експериментальна при розтягу; 2 – експериментальна при стиску

В тілі з анізотропного матеріалу, яким є деревина, графіки граничних напружень викривлюються (графіки 1, 2, 3, 4). Межа, яка розподіляє площину напружень $\sigma_{90} - \tau$, зміщується у відповідності з анізотропією механічних властивостей. «Піки» графіків 1, 2 добре співпадають на діаграмах і відповідають куту $\alpha = 35^\circ$. У графіків 4 і 5 «піки» лежать в інтервалі кутів $20^\circ - 25^\circ$. На полярних діаграмах в кожній бік межі (ОР – при зусиллях розтягу, ОС – при зусиллях стиску) наочно показується «міра відповідальності» в напруженому стані чи дотичних, чи поперечних напружень при

¹ Порівнювати залежності " $R_\alpha - \alpha$ ", наведені на рис. 1 і 2, б не можна. По-перше, тому, що досліджувалася різна деревина, по-друге, на рис. 1 дані розрахункові опори з урахуванням масштабного фактора, а на рис. 2, б міцність чистої деревини малих зразків. Дещо незвична в роботах [5, 6] дана геометрична інтерпретація залежностей " $R_\alpha - \alpha$ ". В залежності від кута α на одному графіку суміщена міцність, яка визначається переважно чи опором сколюванню вздовж волокон, чи опором поперечним напруженням.

спільній їхній дії: наприклад, за графіком 1 знаходимо, що при $\alpha = 60^\circ$ напруження $\sigma_{90} = 8,4\text{МПа}$ і $\tau = 5,3\text{МПа}$; при $\alpha = 30^\circ$ – $\sigma_{90} = 5,7\text{МПа}$ і $\tau = 10\text{МПа}$.

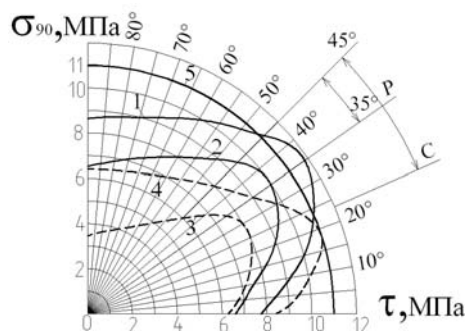


Рис. 3. Діаграми граничних сумісно діючих дотичних і поперечних напружень:
1 – максимальні, 2 – середні, відповідно до залежностей 1 і 2 рис. 1, б;
3, 4 – при стиску за [5] відповідно в тангенціальній і радіальній площинах

Враховуючи анізотропію міцності матеріалу і застосовуючи нову концепцію проектування, можна проектувати не тільки великопрогонові конструкції, а навіть звичайні.

Фізична суть нової концепції. При з'ясуванні причин відмови конструкцій з клеєної деревини в експериментальних дослідженнях відмічався несподіваний характер руйнувань. Всі перевірки міцності у відповідності з діючими правилами виконувалися, а руйнування відбувалися при навантаженнях, значно менших порівняно з теоретично граничними. Ці результати експериментів автор статті охарактеризував як їхні парадокси з традиційного на конструкції з деревини погляду щодо міцності елементів і з'єднань. Це стосувалося таких елементів і з'єднань, в яких НС клеєної деревини не відповідав звичному, установленому уявленню про міцність суцільної деревини. В елементах і їх з'єднаннях з клеєної деревини небезпечними виявляються не максимальні напруження вздовж волокон, навіть не максимальні напруження сколювання вздовж волокон чи напружень поперек волокон при надзвичайно низькій міцності матеріалу. Майже в усіх експериментах перевірки, виконані щодо напружень, виконувалися. А руйнування відбувалося в інших місцях, які не співпадали з тими, де діяли окремі максимальні напруження.

В клеєній деревині елементів і з'єднань, коли в ній реалізується особливий НС, що визначається одночасною дією різних напружень, можуть з'явитися такі місця, в яких при їхній спільній дії міцність деревини буде вичерпана раніше, ніж окремі напруження у відповідних розрахункових перерізах з традиційного на них погляду сягнуть міцності клеєної деревини.

Норми проектування містили розрахунок на спільну дію тільки двох напружень в елементах, за так званою формулою складного опору.

Фізичним процесам, внаслідок яких відбувалося руйнування клеєної деревини при їхній загальній подібності в елементах і з'єднаннях, притаманні свої особливості. В елементах, частіше за все, СНС був результатом сумісної дії напружень від згинального моменту, повздожнього зусилля, поперечної сили: $\sigma_{зг}$, $\pm\sigma_N$; τ і $\pm\sigma_{90}$ в криволінійних елементах. В з'єднаннях СНС з'являється, коли відбувається викривлення потоків внутрішніх зусиль відносно напрямку волокон деревини. В результаті розкладання нормальних напружень з'являються паралельні і ортогональні до напрямку волокон напруження: дотичні і стиску чи розтягу поперек волокон. Таке фізичне явище визначене як неспівпадання полів діючих напружень з полем опору матеріалу. Це дуже небезпечне для клеєної деревини внутрішнє явище. Воно стало приводом для формулювання дуже важливого, можливо головного, при проектуванні ККД принципу – *спрямованої орієнтації*. Під його впливом сформулювався новий погляд на відомий *принцип дрібності* в з'єднаннях внаслідок того, що передача зусиль від одного елемента на інший більшою кількістю менш міцних в'язей себе виправдовує. ККД «змусили» сформулювати для них *принцип збалансованої міцності* – рівномірність окремих частин конструкції не за рахунок збільшення в деяких з них матеріалоемності².

Математична формалізація СНС. У клеєній деревині, як в матеріалі з надзвичайною анізотропією, оцінку її міцності слід виконувати з урахуванням всіх компонентів НС не за абсолютними величинами напружень, а за їхнім співвідношенням до відповідних розрахункових опорів $-\sigma_i/R_i$. Цю оцінку слід виконувати за критерієм, який відповідає фізичній суті плоского напруженого стану анізотропічного матеріалу, який визначається як складний напружений стан. Врахування СНС матеріалу є суттю нової концепції при проектуванні ККД.

Умови міцності при СНС. ККД, що масово застосовувалися наприкінці минулого століття, запроектовані без врахування СНС матеріалу в елементах і з'єднаннях. Це загальна помилка і інженерів, і науковців. В огляді норм проектування дерев'яних конструкцій Європейських країн, США і Канади, виконаних ЦНДІБК ім. Кучеренка (1982 р.), як загальний недолік їхніх норм, а також СНиП II-25-80 відмічається відсутність розрахунків ККД із урахуванням СНС.

² Докладно ці принципи розглянуто автором в публікаціях, присвячених реалізації нової концепції проектування різних конструкцій з клеєної деревини, погоджуючись з І.Ньютоном: *При вивченні наук приклади корисніші за правила.*

У згаданому огляді норм проектування [7] Знаменським Е.М. запропоновано умова міцності такого типу:

$$\frac{\sigma_x}{R_x} + \frac{\sigma_y}{R_y} + \frac{\tau}{R_{\tau}} \leq 1, \quad (1)$$

Вона не нова, ще в першій половині ХХ ст. Папковичем П.Ф. була запропонована аналогічна умова для перевірки міцності при плоскому напруженому стані металевих конструкцій суден. До моменту огляду [7] вже були відомі критерії міцності при СНС для різних анізотропних матеріалів і для деревини (бібліографія з цього питання відома). До того ж у 1974 р. було видано переклад «Wood. Handbook» [8], в якому приведено критерій міцності Норріса для перевірки клеєної деревини в двоскатних балках у зоні скатів:

$$\frac{\sigma_x^2}{R_x^2} + \frac{\sigma_y^2}{R_y^2} + \frac{\tau_{xy}^2}{R_{\tau_{xy}}^2} \leq 1, \quad (2)$$

Жоден із критеріїв міцності для анізотропних матеріалів, докладний аналіз яких дано в капітальній монографії Писаренка Г.С. і Лебедева А.А. [9], не знайшов практичного застосування для розрахунку конструкцій з клеєної деревини. Більше того, в публікаціях, присвячених, по суті, дослідженню СНС клеєної деревини, автори ніби уникали (за різними винятками) фіксування такого НС³. Однією з перших публікацій, в яких звертається увага на СНС клеєної деревини наприкінці минулого століття, були роботи проф. Фурсова В.В. і автора цієї статті.

Проф. Серовим Е.М. (Росія, С.Пб) врахування усіх компонентів плоского напруженого стану пропонується за формулою для зведених напружень⁴

$$\sigma_\alpha = 0,5 \left[\sigma_x + \sigma_y \pm \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \right] \leq R_\alpha, \quad (3)$$

де σ_α – головне напруження розтягу, R_α – розрахунковий опір деревини розтягу під кутом до напрямку волокон.

³ Цей факт цікавий не тільки з технічного погляду, а й з психологічного. Чому так? Пояснення міститься в короткій репліці стосовно менталітету фахівців у заключній частині цієї статті.

⁴ Аналогічна пропозиція міститься в підручнику «Металлические конструкции» проф.Е.И. Беленя навіть для такого ізотропного матеріалу як сталь, в тих місцях конструкцій, де реалізується СНС.

У цій формулі не відображено анізотропію фізико-механічних властивостей клеєної деревини, не проаналізована можливість її застосування при різних сполученнях компонентів у просторі напружень.

Актуальність врахування СНС клеєної деревини в конструкціях є змістом багатьох публікацій проф. Серова Е.М. Одна з останніх [10] має символічну назву і в ній підкреслюється позиція щодо нових поглядів на оцінку міцності клеєної деревини в умовах плоского напруженого стану.

Українськими фахівцями, проф. Фурсовим В.В. і автором цієї статті запропоновані умови міцності клеєної деревини у вигляді квадратичних кри-

теріїв типу $\sum_{i=n} \left(\frac{\sigma_i}{R_i} \right)^2 \leq 1$, в яких індекс "i" означає вид окремого напру-

ження в тензорі СНС і відповідний розрахунковий опір клеєної деревини. Відрізняються критерії врахуванням у них анізотропії фізико-механічних властивостей: в одному об'ємними коефіцієнтами поперечних деформацій, в іншому коефіцієнтами μ у площинах структурної симетрії деревини і співвідношеннями розрахункових опорів.

Проф. Фурсовим В.В. запропоновано критерій міцності у виді [11]:

$$\frac{\sigma_c^2}{R_c^2} + \frac{\sigma_{c,90}^2}{R_{c,90}^2} K_1 - \frac{\sigma_c^2 \cdot \sigma_{c,90}^2}{R_c^2 \cdot R_{c,90}^2} K_2 + \frac{\tau_{ck}^2}{R_{ck}^2} K_3 \leq 1, \quad (4)$$

де K_i – відображають компоненти модуля об'ємної деформації. В цьому критерії міститься новий підхід для врахування анізотропії деревини. З прийняттям в якості державного стандарту методики визначення модуля об'ємної деформації критерій (...) з поширенням його на різні сполучення напружень в умовах СНС може стати зручним методом розрахунку.

Автором статті з урахуванням спільної дії в різних місцях клеєної деревини напружень:

$\sigma_{0,c,p}$ – стиску чи розтягу вздовж волокон або сумарних у зонах поперечного перерізу елементів, що працюють на згин і дію повздовжнього зусилля; $\sigma_{зг}$ – згину в криволінійних і прямолінійних балках змінної по довжині висоти перерізу; τ – дотичні; $\sigma_{90,c,p}$ – радіальних у криволінійних балках або поперечних у балках (елементах) зі змінною висотою перерізів по довжині, запропоновано квадратичний критерій, який в загальному випадку СНС має вид:

$$\left(\frac{\sigma_{0;c,p}}{R_{0;c,p}} \text{ або } \frac{\sigma_{зг}}{R_{зг}} \right)^2 + A_i \left(\frac{\tau}{R_{ск}} \right)^2 + B_i \left(\frac{\sigma_{90;c,p}}{R_{90;c,p}} \right)^2 \leq 1^{5,6}, \quad (5)$$

в якому в знаменниках приймаються розрахункові опори відповідно до сорту клеєної деревини.

З нього одержуються детерміновані умови міцності клеєної деревини при СНС для різних конструкцій: балок криволінійних із лінійно змінною висотою; арок положистих і стрільчастих; рам гнутоклеєних і прямолінійних у з'єднаннях, де виникає СНС матеріалу.

Більш ніж півстоліття тому Белянкін Ф.П. в роботі [12] писав: «опасное место элемента, для которого составляется уравнение прочности, не всегда может быть точно определено, и поэтому уравнение прочности составляется обычно для ряда мест, которые можно принять за опасные».

Сучасна обчислювана техніка дозволяє реалізувати надзвичайно важливе для СНС клеєної деревини передбачення Белянкіна Ф.П.

Методологія пошуку небезпечного місця. Методологію пошуку і кількісної оцінки СНС клеєної деревини продемонстровано на простому прикладі.

Розрахунок однопрогонової вигнутої балки (рис. 4).

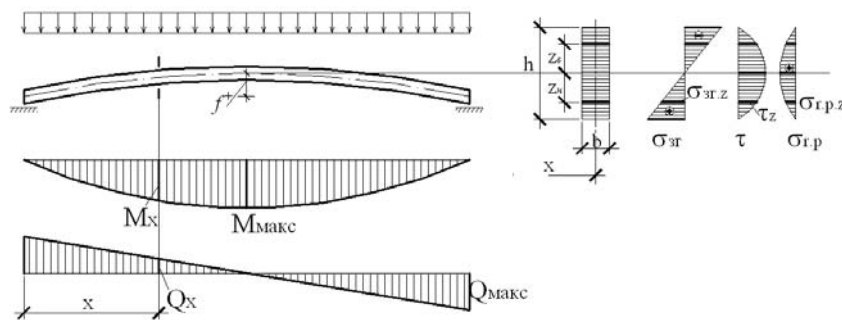


Рис. 4. До методології перевірки міцності за СНС

⁵ Параметри A_i та B_i , що враховують анізотропію фізико-механічних властивостей деревини, встановлені Д.В. Михайловським.

⁶ Докладніше про загальний критерій міцності деревини і детерміновані умови міцності викладено в [13].

Вигін балки (не будівельний підйом) такий, що можна нехтувати незначним горизонтальним розпором. У відповідності з СНиП II-25-80 підібрано переріз балки $b \times h$ з дотриманням умов міцності:

— в середині прогону $\sigma_{кр.макс} \leq R_{зг}$ та $\sigma_{г.р.макс} \leq R_{р.90}$;

— на опорах $\tau_{макс} \leq R_{ск}$.

У довільному перерізі x реалізується СНС клеєної деревини, який в будь-якому місці по висоті балки складається з напружень $\sigma_{зг.z}$, τ_z , $\sigma_{г.р.z}$. В цьому прикладі при дуже невеликому вигині f^+ переміщенням нейтральної площини, що відбуваються згідно з теорією згину кривого бруса, можна нехтувати і вважати епюри напружень симетричними. Згідно з анізотропією клеєної деревини небезпечне місце по висоті перерізу може розміщуватися на різних відстанях від нейтральної площини. Тоді для обох місць у стиснутій і розтягнутій зонах поперечного перерізу умова міцності клеєної деревини з критерію (5) запишеться так

$$\left(\frac{\sigma_{зг.z_{\theta,n}}}{R_{зг}} \right)^2 + A_i \left(\frac{\tau_{z_{\theta,n}}}{R_{ск}} \right)^2 + B_i \left(\frac{\sigma_{г.р.z_{\theta,n}}}{R_{р.90}} \right)^2 \leq 1. \quad (6)$$

Пошук небезпечного місця із умови (6) здійснюється перебиранням відстані x та ординати z і обов'язково в місцях змінення сортів пиломатеріалів за висотою перерізу.

Аналіз умови міцності при СНС. Важко дати оприорі кількісну оцінку впливу окремих складових лівої частини формули (6) в загальній її величині. Це автором названо як міра відповідальності того чи іншого напруження на міцність клеєної деревини при СНС. Розглянемо на прикладі. В прямолінійних балках спрощена умова $(\sigma_{зг.z}/R_{зг})^2 + (\tau_z/R_{ск})^2 \leq 1$ завжди виконується в будь-якому місці по довжині x з ординатами z_{θ} і z_n в поперечному перерізі. Визначальними є перевірки за $\sigma_{кр.макс} \leq R_{зг}$ в середині прогону і за $\tau_{макс} \leq R_{ск}$ на опорах.

У криволінійній балці СНС змінюється. Внаслідок дуже малої міцності клеєної деревини на розтяг поперек волокон частка складової $(\sigma_{г.р.}/R_{р.90})^2$ в умові (6) або в критерії (5) може стати переважаючою. Це зменшує частки перших і других складових умови (6) або в критерії (5), не дозволяючи розвиватися іншим напруженням.

При розрахунках ККД, коли $\sigma_{зг.макс}$ чи $\sigma_{0.макс}$ і $\tau_{макс}$ за умови СНиП $\sigma_i \leq R_i$ виконуються, в них можуть з'явитися місця, в яких не виконується

критерій (5), тобто перевищується межа міцності клеєної деревини при певному СНС.

Висновки

Стаття направлена на змінення усталених уявлень щодо проектування дерев'яних конструкцій, зокрема конструкцій з клеєної деревини. Треба, напевно, погодитися з тим, що тих правил, з яких складається діючий нормативний документ, недостатньо для забезпечення надійності конструкцій з клеєної деревини. В ній внаслідок надзвичайної анізотропії механічних властивостей спільна дія всіх складових напруженого стану значніше небезпечніша, ніж дія окремих максимальних напружень, що наближає матеріал до межі опору раніше ніж окремі напруження сягнуть міцності матеріалу. Конструкції, запроектовані на старому підході, дискредитували ККД. Неможна не погодитись з думкою провідного фахівця Росії професора С.Пб ДАБУ Серова Е.М., що викладена в заключенні до змістовної трилогії, присвяченої ККД: *«Однако устоявшиеся тенденции сильны, а оппоненты иногда не только амбициозны, но и агрессивны: приходится длительное время отстаивать и доказывать очевидные вещи. Конструкциям от этого «легче не становится».*

Нова концепція проектування ККД доповнює чинні правила і норми новими принципами їх конструювання і оцінки міцності, які обґрунтовані і апробовані в останні роки експериментально-теоретичними дослідженнями і досвідом застосування ККД. Положення нової концепції повинні знайти відображення в державному нормативному документі, присвяченому ККД. Це сприятиме відродженню в нашій країні цих перспективних конструкцій.

Література

- [1] Кліменко В.З. Ефективний конструкційний матеріал – клеєна деревина // Будівництво України. – №9-10. – 2009. – С.16 – 20.
- [2] Кліменко В.З. Вітчизняний досвід впровадження в капітальному будівництві конструкцій з клеєної деревини. Здобутки і проблеми // Будівництво України. – №5. – 2009. – С. 17 – 21.
- [3] Кліменко В.З. Конструкції з клеєної деревини Світовий досвід // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2009. – 1. С. 39 – 43.
- [4] Пермяков В.А., Клименко В.З. Состояние и перспективы применения строительных деревянных конструкций в Украине // Економіка будівництва. – № 4. – 2005. – С. 36 – 41.
- [5] Филимонов Э.В., Освенский Б.А. Прочность древесины по площадкам, параллельным волокнам, при одновременном действии касательных и нормальных напряжений. – М.: МИСИ. Сборник № 95. – 1973. – С.50 – 56.
- [6] Флаксерман А.Н. Влияние наклона волокон на механические свойства древесины сосны. / Труды ЦАГИ. Вып. 78. М. – Л. – 1931. – С. 48.

- [7] Современное состояние зарубежных и отечественных норм проектирования деревянных конструкций / Обзорная информация ВНИИИС. – М. – 1982. Серия 8 Вып. 4. – 72 с.
- [8] Справочное руководство по древесине – Пер. с англ. – М. Лесная промышленность. – 1974.
- [9] Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. – К.:Наукова думка. –1976. – 416 с.
- [10] Серов Е.Н., Найчук А.Я. Патология клееных деревянных конструкций и новые воззрения на оценку прочности / Сб. «Современные металлические и деревянные конструкции» – Брест. – 2009. – С. 283 – 288.
- [11] Фурсов В.В. К расчету клееной древесины в условиях сложно напряженного состояния / Сб. «Современные строительные конструкции из металла и древесины» – Одесса. – 1999. – С. 216 – 222.
- [12] Белянкин Ф.П. Современные методы расчета прочности элементов деревянных конструкций. – К.: Изд-во АН УССР. – 1951. – 20 с.
- [13] Порівняльний аналіз розрахунків дерев'яних конструкцій за вітчизняними нормами та стандартами США. Кліменко В.З., Михайловський Д.В. – К. «Сталь». – 2007. – 78 с.

Надійшла до редколегії 22.04.2010 р.