

УДК 624.011

к.т.н., доцент Д.В. Михайловський, Д.М. Матющенко,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ РАДІАЛЬНИХ НАПРУЖЕНЬ В КРИВОЛІНІЙНИХ КАРНИЗНИХ ВУЗЛАХ РАМ З КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ

Розглянуті існуючі методики визначення радіальних напружень в карнизних вузлах рам з клеєної деревини. Зроблено аналіз та чисельне порівняння методик. Запропоновані шляхи подальшого удосконалення розрахунку карнизних вузлів криволінійних рам.

Ключові слова. Карнизний вузол, криволінійна рама, радіальні напруження, радіус кривизни, клеєна деревина, складний напружений стан.

В останній чверті минулого сторіччя почали широко застосовуватись конструкції з клеєної деревини, які набули статусу типових, в тому числі: прямолінійні і гнutoклеєні рами. Однак, відбувались непоодинокі випадки руйнування цих конструкцій [1, 2]. Повздовжні тріщини з'являлись в карнизних вузлах рам не біля кромek в крайових зонах, а в розтягнутій зоні перерізу ближче до нейтральної осі в клеєній деревині. Несподіваність характеру руйнування карнизних вузлів прямолінійних і гнutoклеєних рам спонукала до поглибленого вивчення напруженого стану клеєної деревини в зоні цих вузлів.

За результатами експериментальних досліджень [3, 4, 5, 6] було встановлено, що причиною появи таких тріщин в карнизних вузлах рам є особливий напружений стан, що виникає в зоні вузлів. Однак, все звелось до перевірки радіальних напружень, які діють поперек волокон деревини. Таким напруженням, особливо розтягу поперек волокон, деревина спирається дуже слабо. В СНиП II-V.4-71 за яким проектувались типові гнutoклеєні рами такої перевірки не містилось, а вже в наступному нормативному документі СНиП II-25-80 [7] (діючому досі) така перевірка з'являється. Для визначення радіальних напружень розтягу поперек волокон в [7] запропоновано наступну формулу:

$$\sigma_{p.90} = \frac{(\sigma_0 + \sigma_i) \cdot h_i}{2 \cdot r_i}; \quad (1)$$

в якій $\sigma_{b.90}$ – радіальні розтягуючі напруження; σ_0 – нормальне напруження в крайньому волокні; σ_i – нормальне напруження в проміжному волокні перерізу, для якого визначається радіальні розтягуючі напруження; h_i – відстань між крайніми крайнім та розглядаючими волокнами; r_i – радіус кривизни лінії, яка проходить через центр ваги епюри нормальних розтягуючих напружень, укладеним між крайнім та розглядаючими волокнами.

Порівняння одержаних радіальних напружень поперек волокон з напруженнями, отриманими за точною методикою опору матеріалів [8] для кривого бруса, показали погану збіжність. Але остання формула досить складна для використання в інженерній практиці і має наступний вигляд:

$$\sigma_r = \frac{4 \times M}{k} \times \left(\frac{a^2 \times b^2}{\rho^2} \times \ln \frac{b}{a} - b^2 \times \ln \frac{b}{\rho} - a^2 \times \ln \frac{\rho}{a} \right); \quad (2)$$

$$k = (b^2 - a^2) - 4 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \left[\ln \left(\frac{b}{a} \right) \right]^2;$$

де σ_r - нормальне напруження, яке є наслідком натискання повздовжніх елементів один з одного; M - згинальний момент; k - сталий коефіцієнт інтегрування; a - внутрішній радіус кривого бруса; b - зовнішній радіус кривого бруса; ρ - радіус нейтральної вісі кривого бруса.

З врахуванням вище сказаного в останніх роботах проф. Серова Є.М. та Найчука А.Я. [9, 10, 11] на це звернуто увагу і запропоновано нову методику для визначення напружень поперек волокон в криволінійних ділянках рам. Запропонована формула визначення радіальних напружень має наступний вигляд:

$$\sigma_{r,\max} = \frac{M_d \times \left[\frac{r_0}{r_1} - \ln \frac{r_0}{r_1} - 1 \right]}{A \times y_0}; \quad (3)$$

де σ_r - максимальні радіальні напруження; M_d - розрахунковий згинальний момент; r_0 - радіус кривизни нейтрального шару; r_1 - радіус кривизни нижньої кромки кривого бруса; A - площа поперечного перерізу кривого бруса; y_0 - зміщення нейтральної шару від геометричної осі криволінійної ділянки, $y_0 = I / (A \cdot r)$; I - момент інерції перерізу кривого бруса; r - радіус кривизни криволінійної ділянки.

Проведені числові дослідження максимальних напружень поперек волокон (радіальних) деревини рам прольотом від 18 до 36м за трьома наведеними вище формулами зведені в таблицю 1 та показані на графіку (рис. 1).

Значення радіальних напружень одержаних за формулою Головіна С.Х. (2) точно відповідають теорії кривого бруса і тому найбільш точні. Проведений аналіз показав, що формули (1) і (3) дають результати, що відрізняються від точних значень на 5-10%. При чому різниця зростає зі збільшенням прольотів рам. Крива побудована за результатами одержаними з формули (3) (рис. 1) за своїм характером майже повторює криву, що побудовано за точними значеннями. Графік побудований за значеннями одержаними за СНиП (1) не підтверджує закономірності для кривого бруса і суттєво відрізняється від двох

інших. При прольотах більше 30 м формула СНиП (1) фактично не працює і не забезпечує надійності конструкції. Ця формула потребує уточнення.

Таблиця 1.

Порівняння методик розрахунку радіальних напружень в залежності від прольоту рами.

Прольот рами, м	Розрахунковий переріз (bхh), см	Радіальні напруження в карнизному вузлі, мПа		
		За методикою СНиП-II-25-80	За методикою Головина С.Х.	За методикою Найчука А.Я. та Серова Є.М.
18	190х736	0,58	0,52	0,53
21	190х880	0,6	0,56	0,6
24	190х976	0,74	0,66	0,72
27	190х1104	0,79	0,72	0,81
30	190х1200	0,81	0,81	0,91
33	190х1360	0,92	0,84	0,99
36	190х1472	1,0	0,9	1,03

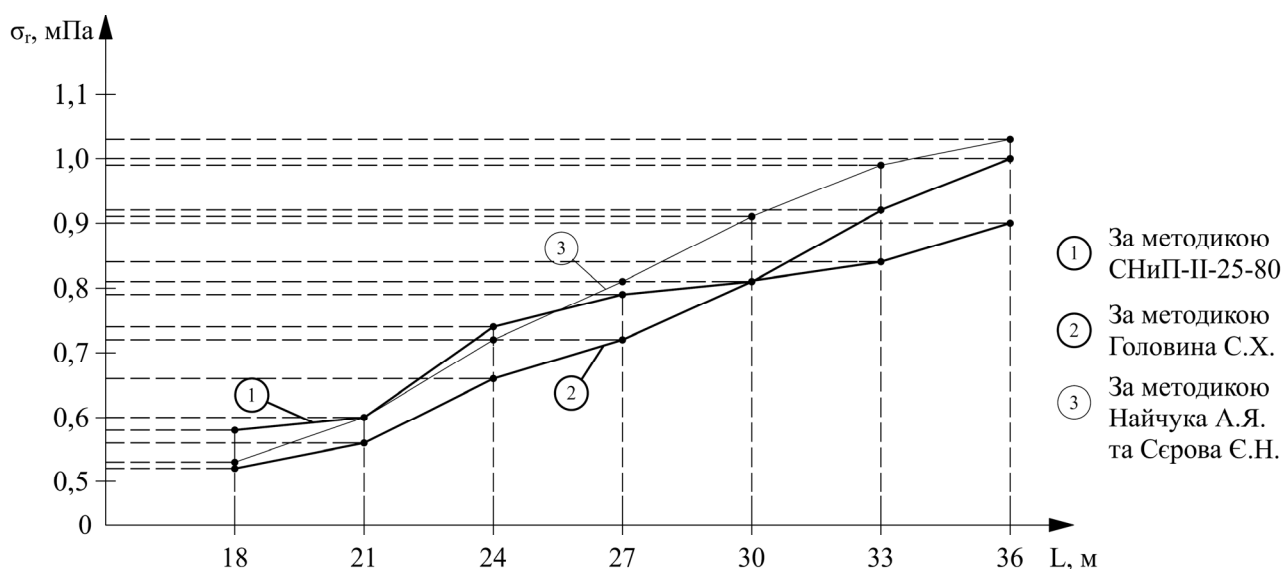


Рис. 1. Порівняльний графік методик розрахунку.

Методика запропонована проф. Серовим Є.М. та Найчуком А.Я. за своїм характером повністю відповідає теорії кривого бруса, але дає значення, що перевищують точні на 5-10%. Таке перевищення легко виправдовується в запас міцності конструкцій.

Безперечно, для забезпечення надійності рамних конструкцій з клеєної деревини перевірка точних радіальних напружень як розтягу так і стиску є дуже важливою, при надзвичайній анізотропії фізико-механічних властивостей та незначній міцності деревини поперек волокон. В [12] наведені нові принципи щодо проектування криволінійних конструкцій з клеєної деревини, в тому числі

і рам. Серед них суттєве місце займають принципи що засновані на точному визначенні напружень вздовж волокон, сколюючих та особливо радіальних по висоті перерізу.

Одночасна дія в карнизному вузлі криволінійних рам напружень вздовж волокон, поперек волокон та дотичних викликає складний напружений стан при якому міцність деревини помітно знижується. Врахування складного напруженого стану у відповідності до нової концепції проектування конструкцій з клеєної деревини має стати обов'язковим для забезпечення надійності карнизних вузлів рам з клеєної деревини.

Література

1. Состояние и перспективы применения строительных деревянных конструкций в Украине / В.А. Пермяков, В.З. Клименко – К. : АБУ, часопис Економіка будівництва. №4. 2005. – С. 36-41.
2. Вітчизняний досвід впровадження в капітальному будівництві конструкцій з клеєної деревини. Здобутки і проблеми / Кліменко В.З. – К. : науково-виробничий журнал Будівництво України №5 2009. – С. 17-21.
3. Длительные испытания клееной деревянной рамы с зубчатым соединением ригеля со стойкой / Фролов В.И. // В кн. : Несущие деревянные конструкции – М. : ЦНИИСК им. Кучеренко, 1981. – С. 105-115.
4. К вопросу о влиянии растягивающих напряжений поперек волокон на прочность изгибаемых гнукотклееных деревянных конструкций. Несущие деревянные конструкции / Зотова И.М. –ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 1981. – С. 127-132.
5. Экспериментальные и теоретические исследования строительных конструкций. Сб. науч. тр. – М. : ЦНИИСК им. Кучеренко, 1987. – 157с.
6. Анализ причин обрушений зданий и сооружений. / Богданова Е.Н. – Обзор. – М. : ВНИИТПИ, 1991. – 72с.
7. Деревянные конструкции: СНиП II-25-80. [Чинний від 1982-01-01]. – М. : Стройиздат – Госстрой СССР, 1982. – 66с.
8. Сопротивление материалов. Учебник для высших технических учебных заведений. [11-ое изд. стереотипное] / Беляев Н.М. – М. : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1958. – 856с.
9. Современные воззрения на оценку прочности КДК и пути совершенствования норм их проектирования / Е.Н. Серов // Сб. науч. тр. «Современные строительные конструкции из металла и древесины». – Одесса : ОГАСА, 2007. – С. 178-181.

10. Патология клееных деревянных конструкций и новые воззрения на оценку прочности. / Е.Н. Серов, А.Я. Найчук // Сб. науч. тр. «Современные металлические и деревянные конструкции (нормирование, проектирование и строительство)» – Брест : ОАО «Брестская типография», 2009. – С. 283-288.

11. Некоторые особенности расчета клееных деревянных конструкций. / Найчук А.Я., Серов Е.Н., Захаркевич И.Ф. // Сб. науч. тр. «Современные металлические и деревянные конструкции (нормирование, проектирование и строительство)» – Брест : ОАО «Брестская типография», 2009. – С. 205-211.

12. Проектирование современных конструкций из клееной древесины на принципах новой концепции / Клименко В.З., Найчук А.Я., Фурсов В.В., Михайловский Д.В. - К. Видавництво «Сталь», 2010, 24с.

Аннотация.

Рассмотрены существующие методики определения радиальных напряжений в карнизных узлах рам из клееной древесины. Сделан анализ и численное сравнение методик. Предложены пути дальнейшего совершенствования расчета карнизных узлов криволинейных рам.

Ключевые слова. Карнизный узел, криволинейная рама, радиальные напряжения, радиус кривизны, клееная древесина, сложное напряженное состояние.

Abstract.

The existing methods for determining the radial stresses in the curtain units of frames of glued wood. The analysis and numerical comparison of techniques. The ways of further improving the calculation of curved curtain units of frames.

Key words. Cornice assembly, a curved frame, radial stresses, the radius of curvature, glued wood, glulam (glued laminated timber), combined stress state.