

УДК 624.011

**МІРКУВАННЯ ЩО ДО РОЗРАХУНКУ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ,  
ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА СТИСК ЗІ ЗГИНОМ**

*К.т.н., доц. Михайловський Д.В., ас. Коваленко М.С.*

*Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)*

Конструкції з клеєної деревини, особливо: великопрольотні ферми, арки, трикутні розпірні системи тощо, набувають все ширшого застосування у світовій практиці. Несучі елементи вищезазначених конструкцій працюють на стиск зі згином. За діючими донедавна СНиП II-25-80 [1] для розрахунку таких елементів застосовувалась формула складного опору, в якій при визначенні розрахункового згинального моменту в деформованому стані використано методику, розроблену проф. Заврієвим К.С. [2]. Головна ідея цієї методики полягає в визначенні повного згинального моменту з умови:

$$M_d = M_q + N \cdot f_d . \quad (1)$$

де  $f_d$  – повний прогин.

В СНиП II-25-80 та в навчально-методичній літературі формула (1) записана у вигляді

$$M_d = M / \xi , \quad (2)$$

де коефіцієнт  $\xi$  непрямо враховує деформовану схему.

Методика проф. Заврієва К.С. адекватно відображає фізичне явище в стиснуто-згинних елементах з гнучкістю в площині згину  $\lambda \geq 55$ .

Сучасні великопрольотні конструкції з клеєної деревини мають гнучкість елементів в діапазоні  $20 \leq \lambda \leq 55$ . При таких гнучкостях існуюча методика перестає адекватно відображати фізичне явище, що спостерігається. Однак, завдяки математичній структурі формули для визначення коефіцієнта  $\xi = 1 - N / (\varphi \cdot A \cdot R_c)$  суттєво нівелюється значення коефіцієнту  $\varphi$  в широкому діапазоні його величин. В [3, 4] зроблено висновок, про необхідність уточнення існуючої, або розробки нової методики розрахунку таких елементів.

В [5] запропоновано нову методику розрахунку стиснуто-згинальних елементів. За цією методикою розрахунковий момент з врахуванням деформованої схеми елементів визначається за формулою

$$M_{\text{розн}} = M_q + N \cdot f_q + N \cdot U \cdot \left( \frac{f_q}{EI - U} \right) \quad (3)$$

в якій:  $M_q = q \cdot L^2 / 8$  - момент в елементі від поперечного навантаження без

врахування деформованої схеми;  $f_q = (5 \cdot q \cdot L^4) / (384 \cdot E \cdot I)$  - прогин елементу від поперечного навантаження без врахування деформованої схеми;  $U = N \cdot L^2 / \pi^2$  - параметр.

Формула (3) дещо складніша за формулу (1) наведену в СНиП II-25-80 та в навчально-методичній літературі, але вона більш точно передає фізичне явище, яке відбувається в елементах, що працюють на стиск зі згином.

Загальна перевірка міцності елементів має проводитись за формулою крайових напружень:

$$\frac{N}{A} + \frac{M_{повзп}}{W} \leq R_c \quad (4)$$

Згідно до політики Мінрегіону України відбувається процес євроінтеграції нормативної бази будівельної галузі. Не мінає він і дерев'яні конструкції. З виходом нового ДБН В.2.6 – 161:2010 [6], в основу якого покладені положення EN 1995-1-1 [7], відмінено СНиП II-25-80.

За EN 1995-1-1 перевірка міцності в площині дії згинального моменту позацинтрово-стиснутих і стиснуто-згинних елементів проводиться за формулами:

$$\text{при } \lambda_{rel,z} \leq 0.3$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1; \quad (5)$$

$$\text{при } \lambda_{rel,z} > 0.3$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1. \quad (6)$$

Випадки коли відносна гнучкість  $\lambda_{rel,z} \leq 0.3$  в сучасних конструкціях з клеєної деревини майже не зустрічається, тому подальші дослідження проводились лише для  $\lambda_{rel,z} > 0.3$ .

Проведено ряд чисельних досліджень, що стосувались методик розрахунків панелей верхніх поясів ферм. Для можливості співставлення результатів загальна геометрія ферм і навантаження прийняті однаковими. Змінювався лише тип решітки ферм, а відповідно довжини елементів верхнього поясу. Елементом задавались фізико-механічні характеристики згідно EN 338 [8] для деревини класу міцності C24: характеристичне значення міцності при згині  $f_{m,k} = 24$  МПа; характеристичне значення міцності на стиск  $f_{c,0,k} = 21$  МПа; середнє значення модуля пружності вздовж волокон  $E_{0,mean} = 11000$  МПа; 5-ти % квантіль модуля пружності вздовж волокон  $E_{0,05} = 7400$  МПа; коефіцієнт модифікації для класів експлуатації та тривалості дії навантаження  $k_{mod} = 0.8$ ; частковий коефіцієнт властивостей за матеріалом  $\gamma_M = 1.25$ .

Для можливості співставлення результатів і можливості врахування різних розрахункових опорів деревини при стиску і згину приведемо формулу (4) до вигляду:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1, \quad (7)$$

в якій:  $\sigma_{m,d}$  - розрахункове напруження від згину з врахуванням деформованої схеми.

Результати розрахунків представимо в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунків

Довжина елемента, см	Параметр	Методика СНиП II-25-80	Точна методика	Методика EN 1995-1-1
1	2	3	4	5
150	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} / \frac{\sigma_N}{(k f_{c,0,d})}$	0,86	0,86	0,86
	$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}}$	0,15	0,14	0,13
	$\Sigma$	1,01	1,00	0,99
300	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} / \frac{\sigma_N}{(k f_{c,0,d})}$	0,66	0,66	0,67
	$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}}$	0,37	0,34	0,32
	$\Sigma$	1,05	1,00	0,99
450	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} / \frac{\sigma_N}{(k f_{c,0,d})}$	0,52	0,52	0,54
	$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}}$	0,53	0,48	0,45
	$\Sigma$	1,05	1,00	0,99
600	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} / \frac{\sigma_N}{(k f_{c,0,d})}$	0,43	0,43	0,45
	$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}}$	0,64	0,57	0,54
	$\Sigma$	1,07	1,00	0,98
900	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} / \frac{\sigma_N}{(k f_{c,0,d})}$	0,31	0,31	0,33
	$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}}$	0,75	0,69	0,64
	$\Sigma$	1,06	1,00	0,97

З одержаних результатів одразу видно, що різниця в основних розрахункових формулах перевірки міцності елементів що працюють на стиск зі згином досить суттєва. І якщо за методикою СНиП II-25-80 такі елементи розраховувались з певним запасом, то за методикою EN 1995-1-1 ми вже отримуємо перенапруження в порівнянні з точною методикою в якій враховується деформована схема дерев'яних елементів. І різниця в результатах розрахунків збільшується зі збільшенням прольотів конструкції.

Формула аналогічна формулі (6) містилася в нормах проектування дерев'яних конструкцій 1934 р і мала вигляд:

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} + \frac{M}{W} \leq R_c. \quad (8)$$

Таким чином, прийняття положень EN 1995-1-1 без додаткових досліджень і застережень в певних питаннях може стати кроком назад в вітчизняній школі розрахунку конструкцій з цільної та клеєної деревини.

Питання розрахунку велико прольотних конструкцій з клеєної деревини, основні елементи яких працюють на стиск зі згином залишається актуальним і потребує дуже ретельного вивчення.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. СНиП II-25-80 Деревянные конструкции / Госстрой СССР – М.: Стройиздат, 1982. - 66с.
2. Завриев К.С. Расчет стержней на одновременное действие изгиба и осевого сжатия. – Тифлис. – 1932.
3. Клименко В.З. Развитие метода расчета сжато-изогнутых элементов в историческом аспекте / 3б. наук. праць УкрНДІ проектстальконструкція ім. В.М. Шимановського. Вип. 5. – К.: “Сталь”. 2010 – С. 130–139.
4. Клименко В.З. Устранение методологического диссонанса в расчете деревянных элементов, работающих на изгиб со сжатием / Промислове будівництво та інженерні споруди. №2, 2010. – С. 41–44.
5. Розрахунок елементів з клеєної деревини, що працюють на стиск зі згином з урахуванням деформованої схеми. Клименко В.З., Михайловский Д.В., Коваленко М.С., Коваль А.В. // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: Материалы X Международной научно-технической интернет-конференции. – Харьков: ХНАГХ, 2012. – С. 125-129
6. ДБН В.2.6 – 161:2010 Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. / Мінрегіонбуд України, Київ.: ДП «Укравхбудінформ», 2011 – 102 с.
7. prEN 1995-1-1 Eurocode 5 – Design of timber structures. Part 1.1: General Rules, General rules and rules for buildings. 2008.
8. EN 338 - Structural timber- Strength classes. 2003.