



РОЗРАХУНОК КОСОЗІГНУТИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК З ВИКОРИСТАННЯМ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

CALCULATION OF THE WOODEN BEAMS UNDER THE CONDITIONS OF SLANTING BENDING USING THE DEFORMATION MODEL

Гомон С.С., к.т.н., проф. ORCID-0000-0003-2080-5650, **Гомон П.С., к.т.н., доцент, Павлюк А.П., аспірант** ORCID-0000-0003-3958-0519 (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Gomon S.S, candidate of technical sciences, professor, Gomon P.S., candidate of technical sciences, associate professor, Pavluk A.P., post-graduate student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

Наведено методику розрахунку міцності дерев'яних балок, що знаходяться в умовах косоного згину з використанням деформаційної моделі, яка враховує більш реально роботу таких елементів.

The practice of designing building structures shows that bending is one of the most common types of deformation in construction. Oblique bend is a kind of direct bend in which the distribution of stresses in the cross section of the beam is much more complicated than the straight normal bend. The setting of moment for oblique bend is an important characteristic of the work of structures, since in this complex stress-deformed state, the outer fibers of wood are exposed to varying stresses of compression and tension.

The work of the most of today's known experimental researches of wood structures was studied for direct bending. In the current design standards of wooden structures the calculation of oblique bend is based on the rules of resistance of materials, which are valid only when the direction of the load passes through the geometric center of the cross-section of the element. Therefore, there is a need for a more profound study of oblique bend with the use calculation methods that take into account the actual work of such structures.

Oblique bend of wooden beams – the kind of deformation, in which the direction of the external load does not coincide with the main axis of the cross section of the element. Flexible stress-strain condition that occurs behind the oblique bend requires detailed research at various levels of loading of structures from the beginning of the application of the load and to the destruction. The setting of moment of bending elements is the main characteristic in the calculations for the first group of boundary states, so this study is relevant today.

In this article the method of calculating the bearing capacity of beams behind the slanting bend using a deformation model is developed. According to the developed method, the bearing capacity of the lacquered beams and their comparison with the magnitudes of destructive loads determined by the theoretical method are determined.

Ключові слова:

Деревина, несуча здатність, косий згин, деформації, напруження, деформаційна модель.

Wood, caring capacity, slanting bend, deformation, strain, deformation model.

Вступ. На сьогоднішній день в сучасних умовах будівельної галузі нашої країни досить велике значення має економія ресурсів при будівництві будівель і споруд різного призначення. Деревина як будівельний матеріал завдяки своїй невеликій масі, легкості в обробці та теплотехнічним характеристикам є хорошим економічним варіантом в будівництві.

Розрахунки дерев'яних будівельних конструкцій, які дають змогу більш точно врахувати їх реальну роботу на різних рівнях навантаження в сучасній науці потребують розвитку, так як відомо, що норми проектування передбачають великий запас міцності в розрахунках дерев'яних елементів, зокрема згинальних. За згину та косоного згину у крайніх волокнах балок виникають зусилля стиску та розтягу. Діючі норми проектування [1] не враховують в повній мірі роботу деревини в цих зонах, що призводить до заниження їх несучої здатності при виконанні розрахунків згідно даних норм.

Стан питання та задачі дослідження. Згин – один з найбільш розповсюджених видів напружено деформованого стану в будівельних конструкціях, дослідженням якого займалися [2,3,4]. Дослідження косоного згину, який є одним з різновидів згину, обмежені загальноприйнятими правилами опору матеріалів [5,6,7]. Діючі норми [1] розрахунок міцності косозігнутих елементів пропонують проводити за формулами :

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k^m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, \tag{1}$$

$$k^m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, \tag{2}$$

де $\sigma_{m,z,d}$, $\sigma_{m,y,d}$ – розрахункові напруження згину відносно відповідних осей; $f_{m,y,d}$, $f_{m,z,d}$ - розрахункові значення міцності за згину; k - коефіцієнт,

що враховує перерозподіл напружень і вплив неоднорідності матеріалу в поперечному перерізі.

Формули 1 та 2 дозволяють провести розрахунок міцності косозігнутих балок в пружній стадії їх роботи. Дослідження дерев'яних балок за косоного згину [8,9,10,11,12] показали, що за рівня навантаження $0,8M_{\max}$ (M_{\max} - максимальний згинаючий момент, який сприймає переріз балки) в стиснутій зоні чистого згину утворюється складка. Утворення даної складки призводить до зміни епюри напружень стиснутої зони - максимальні напруження стиску фіксуються дещо нижче найвіддаленіших шарів деревини. Цей факт формули 1 та 2 не враховують. Тому, метою даної роботи є розробити розрахунок несучої здатності дерев'яних балок в умовах косоного згину, який би враховував їх реальну роботу.

Методика досліджень. Розроблена методика розрахунку дерев'яних балок прямокутного перерізу за деформаційною моделлю заснована на таких передумовах:

- для розрахунку використовується нормальний переріз до поздовжньої осі елемента в середині прольоту балки;
- напруження в нормальному перерізі обчислювались за допомогою двох функцій 3 та 4 [12];
- розглядаються елементи, в яких вплив поперечної сили на прогини не суттєвий;
- середні значення тимчасового опору дерев'яних елементів прийняті як розрахункові;
- деформації стиснутої зони прийняті зі знаком мінус, розтягнутої – зі знаком плюс.

За критерій втрати несучої здатності перерізу прийнято:

- руйнування розтягнутої зони деревини за досягнення найбільш розтягнутим шаром граничних значень деформацій;
- екстремальний критерій - втрата рівноваги між внутрішніми та зовнішніми зусиллями.

Напруження в нормальному перерізі балки обчислювались за допомогою функцій [20]:

$$f_1(u) = \sigma_{c,d} = k_1 \cdot u_{c,d} + k_2 \cdot u_{c,d}^2 = E_c \frac{1}{\rho} z + k_2 \left(\frac{1}{\rho}\right)^2 z^2, \quad (3)$$

$$f_2(u) = \sigma_{t,d} = E_t \cdot u_{t,d} = E_t \frac{1}{\rho} z, \quad (4)$$

де E - модуль пружності деревини при розтягу; $u_{t,d}$ - відносні деформації за розтягу деревини; $u_{c,d}$ - відносні деформації за стиску деревини; k_1, k_2 - коефіцієнти поліному; $f_1(u)$ - напруження розтягнутої зони; $f_2(u)$ - напруження стиснутої зони; z - відстань від нейтральної лінії до довільної точки в стиснутій та розтягнутій зонах; E_c, E_t - модуль пружності деревини за стиску та розтягу відповідно; $\frac{1}{\rho}$ - кривизна згинального елемента.



Коефіцієнти поліномів обчислювались за формулами [20]:

$$k_1 = \frac{2 \cdot f_{c,o,d}}{u_{c,fin,d}}, \quad (5)$$

$$k_2 = -\frac{f_{c,o,d}}{u_{c,fin,d}^2}, \quad (6)$$

де $f_{c,o,d}$ - розрахункове значення стиску вздовж волокон; $u_{c,fin,d}$ - повні відносні деформації за стиску деревини вздовж волокон.

Розподіл напружень та деформацій в нормальному перерізі балки, який розраховуємо в умовах косоного згину, наведено на рис. 1.

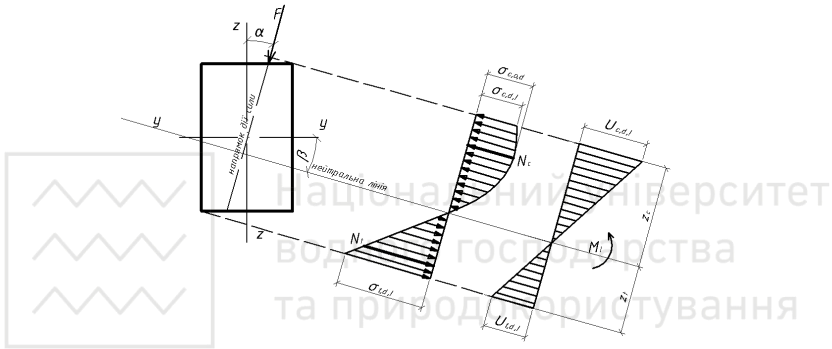


Рис.1 Розподіл напружень та деформацій в нормальному перерізі балки

Для наведеного на рис.1 перерізу записуємо рівняння рівноваги, які мають вигляд:

$$\sum M_{н.л.} = 0; M = M_c + M_t, \quad (7)$$

$$\sum N = 0; N_c = N_t, \quad (8)$$

де M, M_c, M_t - згинальні моменти від зовнішнього навантаження, зусиль у стиснутій та розтягнутій зоні відповідно; N_c, N_t - рівнодіючі внутрішніх зусиль у розтягнутій та стиснутій зонах відповідно.

На основі розподілу деформацій відповідно до рис.1 напруження в нормальному перерізі описуємо двома функціями 3 та 4 на трьох різних ділянках: перша ділянка – ділянка розтягу від низу елемента до нейтральної лінії; друга ділянка – від нейтральної лінії до максимального напруження в стиснутій зоні; третя ділянка - від максимального напруження в стиснутій зоні до верху елемента. Враховуючи функції 3 та 4, коефіцієнти поліномів 5 та 6, а також рівняння рівноваги 7 та 8 зусилля стиску в нормальному перерізі елемента (рис.1) буде дорівнювати:



$$N_c = N_{c1} + N_{c2}, \quad (9)$$

де N_{c1}, N_{c2} - зусилля стиску елемента на різних ділянках перерізу, які дорівнюють:

$$N_{c1} = \int_0^{z_1} f_1(u) dA = \int_0^{z_1} f_1(u) b dz = b \int_0^{z_1} \left(E_c \frac{1}{\rho} z + k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 z^2 \right) dz = b \left(E_c \frac{1}{\rho} \frac{z_1^2}{2} + k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 \frac{z_1^3}{3} \right), \quad (10)$$

де $dA = b \cdot dz$.

$$N_{c2} = \int_{z_1}^{z_2} f_1(u) dA = \int_{z_1}^{z_2} f_1(u) \cdot f(b) dz = \int_{z_1}^{z_2} \left(E_c \frac{1}{\rho} z_c + k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 z_c^2 \right) \cdot (a_1 z_c + a_2) dz = \quad (11)$$

$$= \int_{z_1}^{z_2} \left(E_c \frac{1}{\rho} a_1 z_c^2 + E_c \frac{1}{\rho} z_c a_2 + k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_1 z_c^3 + k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_2 z_c^2 \right) dz = E_c \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_2^3}{3} +$$

$$+ E_c \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_2^2}{2} + k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_1 \frac{z_2^4}{4} + k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_2 \frac{z_2^3}{3} - E_c \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_1^3}{3} - E_c \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_1^2}{2} -$$

$$- k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_1 \frac{z_1^4}{4} - k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_2 \frac{z_1^3}{3},$$

де $dA = f(b) \cdot dz$; $f(b) = a_1 z_c + a_2$; $a_1 = \frac{b}{z_{1c} - z_{2c}}$; $a_2 = -\frac{z_{2c} \cdot b}{z_{1c} - z_{2c}}$,

b – ширина перерізу балки.

Підставивши формули 10 та 11 у 9 отримаємо:

$$N_c = b \left(E_c \frac{1}{\rho} \frac{z_{1c}^2}{2} + k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 \frac{z_{1c}^3}{3} \right) + E_c \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{2c}^3}{3} + E_c \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{2c}^2}{2} + k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_1 \frac{z_{2c}^4}{4} + \quad (12)$$

$$+ k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_2 \frac{z_{2c}^3}{3} - E_c \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{1c}^3}{3} - E_c \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{1c}^2}{2} - k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_1 \frac{z_{1c}^4}{4} - k_2 \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_2 \frac{z_{1c}^3}{3}.$$

Зусилля розтягу в нормальному перерізі згинального елемента (рис.1):

$$N_t = N_{t1} + N_{t2}, \quad (13)$$

де N_{t1}, N_{t2} - зусилля стиску елемента на різних ділянках перерізу, які дорівнюють:

$$N_{t1} = \int_0^{z_1} f_2(u) dA = \int_0^{z_1} f_2(u) b dz = \int_0^{z_1} E_t \frac{1}{\rho} x_t b dz = E_t \frac{1}{\rho} b \frac{z_{1t}^2}{2}, \quad (14)$$

$$N_{t2} = \int_{z_1}^{z_2} f_2(u) dA = \int_{z_1}^{z_2} f_2(u) \cdot f(b) dz = \int_{z_1}^{z_2} E_t \frac{1}{\rho} z_t \cdot (a_1 z_t + a_2) dz = \int_{z_1}^{z_2} \left(E_t \frac{1}{\rho} a_1 z_t^2 + \right. \quad (15)$$

$$\left. + E_t \frac{1}{\rho} a_2 z_t \right) dz = E_t \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{2t}^3}{3} + E_t \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{2t}^2}{2} - E_t \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{1t}^3}{3} - E_t \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{1t}^2}{2}.$$

Підставивши формули 14 та 15 у 13 отримаємо:



$$N_t = E_t \frac{1}{\rho} b z_{1t} + E_t \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{2t}^3}{3} + E_t \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{2t}^2}{2} - E_t \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{1t}^3}{3} - E_t \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{1t}^2}{2}. \quad (16)$$

Згинальний момент від нейтральної лінії для стиснутої зони в нормальному перерізі (рис.1) дорівнює:

$$M_c = M_{c1} + M_{c2}, \quad (17)$$

де M_{c1}, M_{c2} - моменти стиснутої зони елемента на різних ділянках перерізу, які дорівнюють:

$$M_{c1} = \int_0^{z_1} f_1(u) z_c dA = \int_0^{z_1} f_1(u) z_c b dz = b \int_0^{z_1} (E_c \frac{1}{\rho} z_c^2 + k_2 (\frac{1}{\rho})^2 z_c^3) dz = b (E_c \frac{1}{\rho} \frac{z_{1c}^3}{3} + k_2 (\frac{1}{\rho})^2 \frac{z_{1c}^4}{4}), \quad (18)$$

$$\begin{aligned} M_{c2} &= \int_{z_1}^{z_2} f_1(u) z_c dA = \int_{z_1}^{z_2} f_1(u) z_c \cdot f(b) dz = \int_{z_1}^{z_2} (E_c \frac{1}{\rho} z_c^2 + k_2 (\frac{1}{\rho})^2 z_c^3) \cdot (a_1 z_c + a_2) dz = \\ &= \int_{z_1}^{z_2} (E_c \frac{1}{\rho} a_1 z_c^3 + E_c \frac{1}{\rho} z_c^2 a_2 + k_2 (\frac{1}{\rho})^2 a_1 z_c^4 + k_2 (\frac{1}{\rho})^2 a_2 z_c^3) dz = E_c \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{2c}^4}{4} + \\ &E_c \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{2c}^3}{3} + k_2 (\frac{1}{\rho})^2 a_1 \frac{z_{2c}^5}{5} + k_2 (\frac{1}{\rho})^2 a_2 \frac{z_{2c}^4}{4} - E_c \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{1c}^4}{4} - E_c \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{1c}^3}{3} - \\ &- k_2 (\frac{1}{\rho})^2 a_1 \frac{z_{1c}^5}{5} - k_2 (\frac{1}{\rho})^2 a_2 \frac{z_{1c}^4}{4}. \end{aligned} \quad (19)$$

Підставивши формули 18 та 19 у 17 отримаємо:

$$\begin{aligned} M_c &= b (E_c \frac{1}{\rho} \frac{z_{1c}^3}{3} + k_2 (\frac{1}{\rho})^2 \frac{z_{1c}^4}{4}) + E_c \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{2c}^4}{4} + E_c \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{2c}^3}{3} + k_2 (\frac{1}{\rho})^2 a_1 \frac{z_{2c}^5}{5} + \\ &k_2 (\frac{1}{\rho})^2 a_2 \frac{z_{2c}^4}{4} - E_c \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{1c}^4}{4} - E_c \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{1c}^3}{3} - k_2 (\frac{1}{\rho})^2 a_1 \frac{z_{1c}^5}{5} - k_2 (\frac{1}{\rho})^2 a_2 \frac{z_{1c}^4}{4}. \end{aligned} \quad (20)$$

Згинальний момент від нейтральної лінії для розтягнутої зони в нормальному перерізі (рис.1) дорівнює:

$$M_t = M_{t1} + M_{t2}, \quad (21)$$

де M_{t1}, M_{t2} - моменти розтягнутої зони елемента на різних ділянках перерізу, які дорівнюють:

$$M_{t1} = \int_0^{z_1} f_2(u) dA = \int_0^{z_1} f_2(u) b z_t dz = \int_0^{z_1} E_t \frac{1}{\rho} z_t^2 b dz = E_t \frac{1}{\rho} b \frac{z_{1t}^3}{3}, \quad (22)$$

$$\begin{aligned} M_{t2} &= \int_{z_1}^{z_2} f_2(u) z_t dA = \int_{z_1}^{z_2} f_2(u) z_t \cdot f(b) dz = \int_{z_1}^{z_2} E_t \frac{1}{\rho} z_t^2 \cdot (a_1 z_t + a_2) dz = \\ &= \int_{z_1}^{z_2} (E_t \frac{1}{\rho} a_1 z_t^3 + E_t \frac{1}{\rho} a_2 z_t^2) dz = E_t \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{2t}^4}{4} + E_t \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{2t}^3}{3} - E_t \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{1t}^4}{4} - E_t \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{1t}^3}{3}. \end{aligned} \quad (23)$$

Підставивши формули 22 та 23 у 21 отримаємо:



$$M_t = E_t \frac{1}{\rho} b \frac{z_{1t}^3}{3} + E_t \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{2t}^4}{4} + E_t \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{2t}^3}{3} - E_t \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{1t}^4}{4} - E_t \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{1t}^3}{3}. \quad (24)$$

Підставивши формули 24 та 20 у 7 отримаємо:

$$M = b \left(E_c \frac{1}{\rho} \frac{z_{1c}^3}{3} + k_c \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 \frac{z_{1c}^4}{4} \right) + E_c \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{2c}^4}{4} + E_c \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{2c}^3}{3} + k_c \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_1 \frac{z_{2c}^5}{5} + \quad (25)$$

$$+ k_c \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_2 \frac{z_{2c}^4}{4} - E_c \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{1c}^4}{4} - E_c \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{1c}^3}{3} - k_c \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_1 \frac{z_{1c}^5}{5} - k_c \left(\frac{1}{\rho} \right)^2 a_2 \frac{z_{1c}^4}{4} +$$

$$+ E_t \frac{1}{\rho} b \frac{z_{1t}^3}{3} + E_t \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{2t}^4}{4} + E_t \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{2t}^3}{3} - E_t \frac{1}{\rho} a_1 \frac{z_{1t}^4}{4} - E_t \frac{1}{\rho} a_2 \frac{z_{1t}^3}{3}.$$

Результати досліджень. Для визначення згинаючого моменту за формулою 7, який може сприйняти балка, необхідно значення відносних деформацій за яких виконується умова рівноваги зусиль $N_c = N_t$ підставити у формулу 25. Розрахунок згинаючого моменту було проведено для дощатоклеєних балок (матеріал виготовлення - дошки першого сорту) перерізом 100x150 мм, довжиною 3,0 м, які знаходились в умовах косоного згину за кутів нахилу 10° та 25° [10]. Враховуючи це і наступні значення міцності, деформацій та модулів пружності: $E_c = 18000 \text{ МПа}$, $E_t = 16000 \text{ МПа}$, $u_{c,fin,d} = 36 \cdot 10^{-4}$, $u_{t,fin,d} = 45 \cdot 10^{-4}$, $f_{c.o.d} = 49,25 \text{ МПа}$, згинаючий момент, який може сприйняти балка поперечним перерізом 100x150 мм за кута нахилу 10° становить $M_{деф.мод.}^{10^\circ} = 18,72 \text{ кНм}$, за кута нахилу 25° - $M_{деф.мод.}^{25^\circ} = 17,1 \text{ кНм}$.

Для порівняння величин згинаючого моменту, який може сприйняти переріз косозігнутої балки, що обчислений за наведеною деформаційною моделлю з теоретичними розрахунками діючих норм [1] було визначено величини моментів. Для балки, яка піддається дії навантаженню середньої тривалості та працює в другому експлуатаційному класі значення відповідно до таблиці А.1 та п.6.2 [1], розрахункова величина міцності становить $f_{m,z,d} = f_{m,y,d} = 19,2 \text{ МПа}$ (деревина першого сорту, що відповідає класу С30 [13]). Відповідно до наведеної величини міцності та формул 1 та 2 було визначено максимальні згинаючі моменти, що може сприйняти переріз косозігнутого елемента, які становили для кута нахилу 10° - $M_{дбн}^{10^\circ} = 7,35 \text{ кНм}$, для кута нахилу 25° - $M_{дбн}^{25^\circ} = 7,94 \text{ кНм}$. Як видно з величин згинаючих моментів, визначених різними методами, діючі норми [1] дають значний запас міцності при розрахунках дерев'яних балок за косоного згину в порівнянні з деформаційною моделлю, яка більш точно враховує реальну роботу таких елементів.

В свою чергу середнє руйнівне значення моменту аналогічних балок [10], визначене експериментальним шляхом за кута нахилу 10° - $M_{експ.}^{10^\circ} = 17,19 \text{ кНм}$,



за кута нахилу 10° - $M_{експ.}^{25^\circ} = 17,69кНм$, що показує близькі результати до розрахунків за деформаційною моделлю.

Висновки. В результаті теоретичних досліджень були отримані нові дані щодо несучої здатності за роботи деревини в умовах косоного згину. На основі цих досліджень можна зробити наступні висновки:

- розроблена методика розрахунку дерев'яних косозігнутих балок з використанням деформаційної моделі, яка враховує розподіл напружень в стиснутій та розтягнутих зонах розрахункового перерізу балки, в тому числі утворення складки в стиснутій зоні чистого згину;

- діючі норми розрахунку дерев'яних балок, які знаходяться в умовах косоного згину не враховують реальну роботу таких елементів, зокрема утворення складки в стиснутій зоні чистого згину;

- максимальний згинаючий момент, що може сприйняти балка, визначений за деформаційною моделлю за кута нахилу 10° становить $M_{деф.мод.}^{10^\circ} = 18,72кНм$, за кута нахилу 25° - $M_{деф.мод.}^{25^\circ} = 17,1кНм$, що на 8,2 % та 3,3 % відрізняється від експериментальних даних для аналогічних балок за відповідних кутів нахилу;

- максимальний згинаючий момент, що може сприйняти балка, визначений за існуючими нормами ДБН В.2.6-161:201. «Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення» за кута нахилу 10° становить $M_{ДБН}^{10^\circ} = 7,53кНм$, за кута нахилу 25° - $M_{ДБН}^{25^\circ} = 7,94кНм$;

- діючі норми розрахунку дерев'яних конструкцій дають значний запас міцності в порівнянні з розрахунком за деформаційною моделлю: за кута нахилу 10° - в 2,49 рази, за кута нахилу 25° - в 2,15 рази;

1. ДБН В.2.6-161:201. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення.-Київ: ДП Укрархбудінфо, 2017.- 102с.

2. Васильєв О.Ю. Довговічність плоских та просторових наскрізних дерев'яних конструкцій/ Олександр Юрійович Васильєв// Дис. канд. техн. наук: 05.23.01. – Харків, 2015- 181 с.

3. Деловая М.И. Деформирование изгибаемых клееных деревянных элементов при статическом нагружении / М.И. Деловая // Дис. канд. техн. наук: 05.23.01. Курск – 2001- 165 с.

4. Гомон С.С. Стадії напружено-деформованого стану нормальних перерізів роботи деревини на згин // С.С. Гомон // 36. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. - Вип. 21. Рівне, НУВГП, 2011. – С. 176-180.

5. Дарков А.В. Сопротивление материалов/А.В. Дарков, Г.С. Шпирко// М : «Высшая школа»-1975, 654 с.

6. Беляев Н.М. Сопротивление материалов/Н.М. Беляев //М: «Наука» - 1965, 856 с.

7. Фесик С.П. Справочник по сопротивлению материалов / С.П. Фесик // К: «Будівельник» - 1982, 280 с.

8. Гомон С.С. Деформативність балок з цільної деревини в умовах косоного згину / С.С. Гомон, А.П. Павлюк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2014. – Вип.33 - С.135-140.

9. Гомон С.С. Работа балок из цельной и клееной древесины при косом изгибе / С.С. Гомон, А.П. Павлюк // Вестник Белорусско-Российского университета.- Могилев, 2017- Вып.3(56) - С.111-121.
10. Гомон С.С. Робота дощатоклеєних дерев'яних балок в умовах косоного згину при дії одноразових та повторних навантаженнях / С.С. Гомон, А.П. Павлюк // Зб. Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Вип. 34. Рівне, НУВГП, 2017. – С.118-128.
11. Gomon S. S. Study on working peculiarities of glue laminated beams under conditions of slanting bending / S.S.Gomon, A. P. Pavluk // Підводні технології. Промислова та цивільна інженерія.- Київ, 2017- Вип.7 - С.42-48.
12. Гомон С.С. Стадії напружено-деформованого стану нормальних перерізів роботи деревини на згин // С.С. Гомон // Зб. Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. - Вип. 21. Рівне, НУВГП, 2011. – С. 176-180.
13. Гомон С.С. Конструкції із дерева та пластмас. Навчальний посібник. / С.С. Гомон // Рівне: НУВГП, 2016 – С.212.
1. DBN V.2.6-161:201. Konstruktsii budynkiv i sporud. Dereviani konstruktsii. Osnovni polozhennia.-Kyiv: DP Ukrarkhbudinfo, 2017.- 102s.
2. Vasyliiev O.Iu. Dovhovichnist plaskykh ta prostorovykh naskriznykh derevianykh konstruktsii/ Oleksandr Yuriiiovych Vasyliiev// Dys. kand. tekhn. nauk: 05.23.01. – Kharkiv, 2015- 181 s.
3. Delovaia M.Y. Deformyrovanye yzghybaemuh kleenukh dereviannuh elementov pry statycheskom nahruzheny / M.Y. Delovaia // Dys. kand. tekhn. nauk: 05.23.01. Kursk – 2001- 165 s.
4. Homon S.S. Stadii napruzhenno-deformovanoho stanu normalnykh pereriziv roboty derevyny na zghyn // S.S. Homon // Zb. Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy. - Vyp. 21. Rivne, NUVHP, 2011. – S. 176-180.
5. Darkov A.V. Soprotivlyenye materyalov/A.V. Darkov, H.S. Shpyrko// М : «Vusshaia shkola»-1975, 654 s.
6. Beliaev N.M. Soprotivlyenye materyalov/N.M. Beliaev //M: «Nauka» - 1965, 856 s.
7. Fesyk S.P. Spravochnyk po soprotivlyeniyu materyalov / S.P. Fesyk // К: «Budivelnik» - 1982, 280 s.
8. Homon S.S. Deformatyvni balok z tsilnoi derevyny v umovakh kosoho zghynu / S.S. Homon, A.P. Pavliuk // Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy. – Rivne, 2014. – Vyp.33 - S.135-140.
9. Homon S.S. Rabota balok yz tselnoi y kleenoi drevesyny pry kosom yzghybe / S.S. Homon, A.P. Pavliuk // Vestnyk Belorussko-Rossyskoho unyversyteta.- Mohylev, 2017- Vyp.3(56) - S.111-121.
10. Homon S.S. Robota doshchatokleienykh derevianykh balok v umovakh kosoho zghynu pry dii odnorazovykh ta povtornykh navantazhenniakh / S.S. Homon, A.P. Pavliuk // Zb. Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy. – Vyp. 34. Rivne, NUVHP, 2017. – С.118-128.
11. Gomon S. S. Study on working peculiarities of glue laminated beams under conditions of slanting bending / S.S.Gomon, A. P. Pavluk // Pidvodni tekhnolohii. Promyslova ta tsyvilna inzheneriia.- Kyiv, 2017- Vyp.7 - S.42-48.
12. Homon S.S. Stadii napruzhenno-deformovanoho stanu normalnykh pereriziv roboty derevyny na zghyn // S.S. Homon // Zb. Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy. - Vyp. 21. Rivne, NUVHP, 2011. – S. 176-180.
13. Homon S.S. Konstruktsii iz dereva ta plastmas. Navchalnyi posibnyk. / S.S. Homon // Rivne: NUVHP, 2016 – S.212.