

РОБОТА ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК В УМОВАХ КОСОГО ЗГИНУ ЗА РІЗНИХ КУТІВ НАХИЛУ

WOODEN BEAMS WORK IN THE CONDITIONS OF SLANTING BEND AT DIFFERENT ANGLES OF INCLINATION

Павлюк А.П., к.т.н., інженер-конструктор, orcid.org/0000-0003-3958-0519, Гомон С.С., д.т.н, проф. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), orcid.org/0000-0003-2080-5650

Pavluk A.P., Candidate of Technical Sciences, design engineer, [Gomon S.S, Doctor of Engineering, professor \(National University of Water Management and Environmental Engineering, Rivne\)](https://orcid.org/0000-0003-3958-0519)

Виконано моделювання та розрахунок дерев'яних балок в умовах косоного згину з використанням програмного комплексу «Ліра». Розрахунок балок проводився за різних кутів нахилу від 1° до 25° . Проведено аналіз зміни напружень та деформацій на різних рівнях навантаження – від $0,2F_{max}$ до $0,8F_{max}$. Встановлено, що збільшення кута нахилу призводить до збільшення деформацій балок та максимальних значень напружень в стиснутій та розтягнутій зонах поперечного перерізу. Збільшення кута нахилу в більшій мірі впливає на прогини в площині у-у. Приріст величин повних прогинів та максимальних напружень стиску і розтягу на верхніх рівнях навантаження більший, в порівнянні з аналогічними величинами на нижніх рівнях навантаження при зміні кута нахилу балок від 1° до 25° .

Modern building wood has several benefits, such as light weight, easy manufacture, firmness and relatively cheap cost, constant natural renewability, which help to create new architectural forms.

The behavior of beams which are under the conditions of slanting bending is currently poorly known. Operative rules and existing studies do not address the real behavior of the beams under the conditions of slanting bending or make it impossible to establish the neutral line position and the stress-strain distribution of the cross section at various stages of loading the construction in general.

Current rules do not take into account the peculiarities of beams under the conditions of slanting bending. In fact, the rules do not consider the real change in the stress-strain behavior of such elements upon the load change from its initial application till fracture under the conditions of slanting bending due to the fact that material (wood) behavior in the construction is

currently assumed as nominally elastic. What is more, this issue is not sufficiently studied either theoretically or experimentally.

This article is devoted to the study of the working peculiarities of wood beams boards under the conditions of slanting bending.

The purpose of this research is the study of the working peculiarities of glue laminated beams beams in «Lira» software under the conditions of unsymmetrical bending.

Ключові слова:

Деревина, несуча здатність, косий згин, деформації, напруження, жорсткість.
Wood, caring capacity, slanting bend, deformation, strain, stiffness.

Вступ. Практика проектування будівельних конструкцій показує, що згин є одним із найбільш поширених видів напружено-деформованого стану. Косий згин є одним з різновидів згину, який потребує глибокого вивчення, так як напружено-деформований стан косозігнутих дерев'яних елементів на сьогодні досліджений не в повній мірі.

Аналіз останніх досліджень. Прямий та косий згин металевих і залізобетонних конструкцій вивчений достатньо та представлений роботами [1...5]. Згин дерев'яних конструкцій на сьогодні в більшій мірі представлений роботами, що вивчають напружено-деформований конструкцій за прямого поперечного згину [6...10]. В діючих нормах проектування [11] розрахунок косоного згину базуються на правилах опору матеріалів, які дійсні лише у випадку, коли напрямок навантаження проходить через геометричний центр поперечного перерізу елемента. У випадку, коли силова площина не проходить через цей центр виникає кручення та додаткові внутрішні зусилля, які потребують збільшення поперечних перерізів елементів, що проектуються. Тому виникає необхідність більш глибокого вивчення косоного згину з застосуванням заходів, що обмежують утворення цих додаткових зусиль. **Мета та задачі дослідження.** Метою роботи є дослідження напружено-деформованого стану дерев'яних балок в умовах косоного згину за різних кутів нахилу.

Основними задачами даного дослідження є :

- розробка моделі дерев'яних балок в умовах косоного згину для розрахунку в програмному комплексі «Ліра»;
- дослідження жорсткості дерев'яних балок в програмному комплексі «Ліра» в залежності від кута нахилу;
- дослідження напружень дерев'яних балок в програмному комплексі «Ліра» в залежності від кута нахилу;
- аналіз та обробка результатів досліджень.

Методика досліджень. Дослідження балок в умовах косоного згину виконувалось в програмному комплексі «Ліра». Модель балки створювалась за допомогою прямокутних скінчених елементів розміром 10×10×10 мм, тип

кінцевих елементів – 36 (універсальний просторовий 8–вузловий ізопараметричний кінцевий елемент). Розміри поперечного перерізу балки $100 \times 150(h)$ мм, довжина балки – 3000 мм. Розрахунковий проліт 2700 мм. Розрахункова схема балки, яка досліджувалась в програмному комплексі «Ліра», наведена на рис. 1.

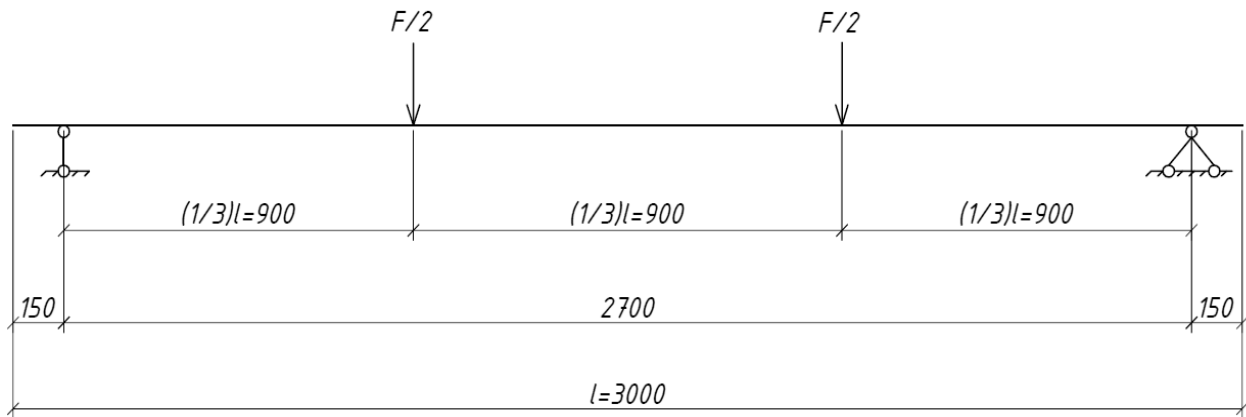


Рис.1. Розрахункова схема балки

Загальна кількість елементів становила 15000. Для визначення оптимального типу жорсткості в програмі «Ліра» було прийнято рішення провести попередній розрахунок з декількома їх значеннями: з врахуванням ортотропії, без врахування ортотропії, з врахуванням нелінійності [12]. Відповідно до проведеного аналізу результатів теоретичних досліджень даних типів жорсткостей в програмному комплексі «Ліра» найбільш близьким до експериментальних даних був розрахунок балок без врахування ортотропії. На основі цього прийняті фізико–механічні характеристики деревини для розрахунку були наступними: модуль пружності 10500 МПа, коефіцієнт Пуассона $0,45$, густина 510 кг/м³. Навантаження на балку виконувалось вузловим з врахуванням його руйнівного значення, яке було визначено експериментальним шляхом і наведено в роботах [13,14,15,16,17]. Завантаження балки приймалися з кроком $0,2F_{max}$. В місцях прикладання навантаження та на опорах прикладались в'язі [18,19].

Результати досліджень. Дослідження балок виконувалось за різних кутів нахилу – від 1° до 25° (з кроком кута нахилу 1°). Загалом було проведено розрахунки 25 балок за наведених вище кутів нахилу. Максимальні значення напружень стиску та розтягу фіксувались в найбільш віддалених точках перерізу від нейтральної лінії. Розподіл напружень в поперечному перерізі балки (в середині розрахункового прольоту) наведено на рис.2.

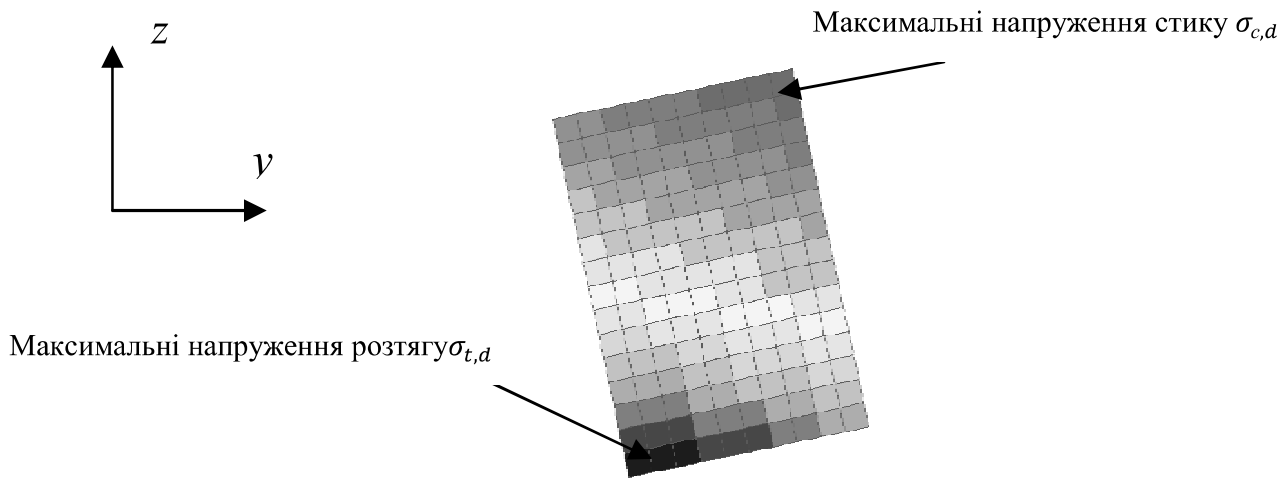


Рис.2. Розподіл напружень в поперечному перерізі балки

Максимальні величини напружень стиску та розтягу, які були визначення в програмному комплексі "Ліра", наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Максимальні величини напружень стиску та розтягу

Назва балки	Кут нахилу, град.	Максимальні напруження стиску $\sigma_{c,d}$ за рівнів навантаження, МПа				Максимальні напруження розтягу $\sigma_{t,d}$ за рівнів навантаження, МПа			
		0,2 F_{max}	0,4 F_{max}	0,6 F_{max}	0,8 F_{max}	0,2 F_{max}	0,4 F_{max}	0,6 F_{max}	0,8 F_{max}
Б-1	1	-15.4	-23.3	-30.9	-40.1	19.9	29.9	39.7	51.7
Б-2	2	-15.8	-23.8	-31.5	-41	20.4	30.7	40.7	53
Б-3	3	-16.1	-24.3	-32.2	-41.8	20.9	31.4	41.7	54.3
Б-4	4	-16.4	-24.7	-32.8	-42.6	21.3	32.2	42.7	55.5
Б-5	5	-16.7	-25.2	-33.4	-43.4	21.8	32.9	43.6	56.7
Б-6	6	-17	-25.6	-34	-44.2	22.3	33.6	44.6	58
Б-7	7	-17.3	-26.1	-34.6	-45	22.7	34.3	45.5	59.2
Б-8	8	-17.6	-26.5	-35.2	-45.7	23.2	35	46.4	60.4
Б-9	9	-17.9	-27	-35.8	-46.5	23.7	35.6	47.3	61.5
Б-10	10	-18.2	-27.4	-36.4	-47.2	24.1	36.3	48.2	62.7
Б-11	11	-18.5	-27.8	-36.9	-47.9	24.5	37	49.1	63.8
Б-12	12	-18.7	-28.2	-37.5	-48.6	25	37.6	49.9	65
Б-13	13	-19	-28.6	-38	-49.3	25.4	38.3	50.8	66
Б-14	14	-19.2	-29	-38.5	-50	25.8	38.9	51.6	67.1
Б-15	15	-19.5	-29.4	-39	-50.6	26.2	39.5	52.4	68.2
Б-16	16	-19.7	-29.8	-39.5	-51.3	26.6	40.1	53.2	69.2
Б-17	17	-20	-30.1	-40	-51.9	27	40.7	54	70.2

продовження табл.1

Б-18	18	-20.2	-30.5	-40.4	-52.5	27.4	41.3	54.8	71.2
Б-19	19	-20.5	-30.8	-40.9	-53.1	27.8	41.8	55.5	72.2
Б-20	20	-20.7	-31.2	-41.3	-53.7	28.1	42.4	56.3	73.2
Б-21	21	-20.9	-31.5	-41.8	-54.2	28.5	42.9	57	74.1
Б-22	22	-21.1	-31.8	-42.2	-54.8	28.8	43.5	57.7	75
Б-23	23	-21.3	-32.1	-42.6	-55.3	29.2	44	58.4	75.9
Б-24	24	-21.5	-32.4	-43	-55.8	29.5	44.5	59	76.8
Б-25	25	-21.7	-32.7	-43.4	-56.2	29.8	45	59.6	77.7

Як видно з таблиці 1, збільшення кута нахилу балки призводить до збільшення величин максимальних напружень стиску та розтягу на кожному рівні навантаження. Графіки залежності максимальних напружень розтягу та стиску в залежності від кута нахилу балки наведені на рис. 3 та рис. 4.

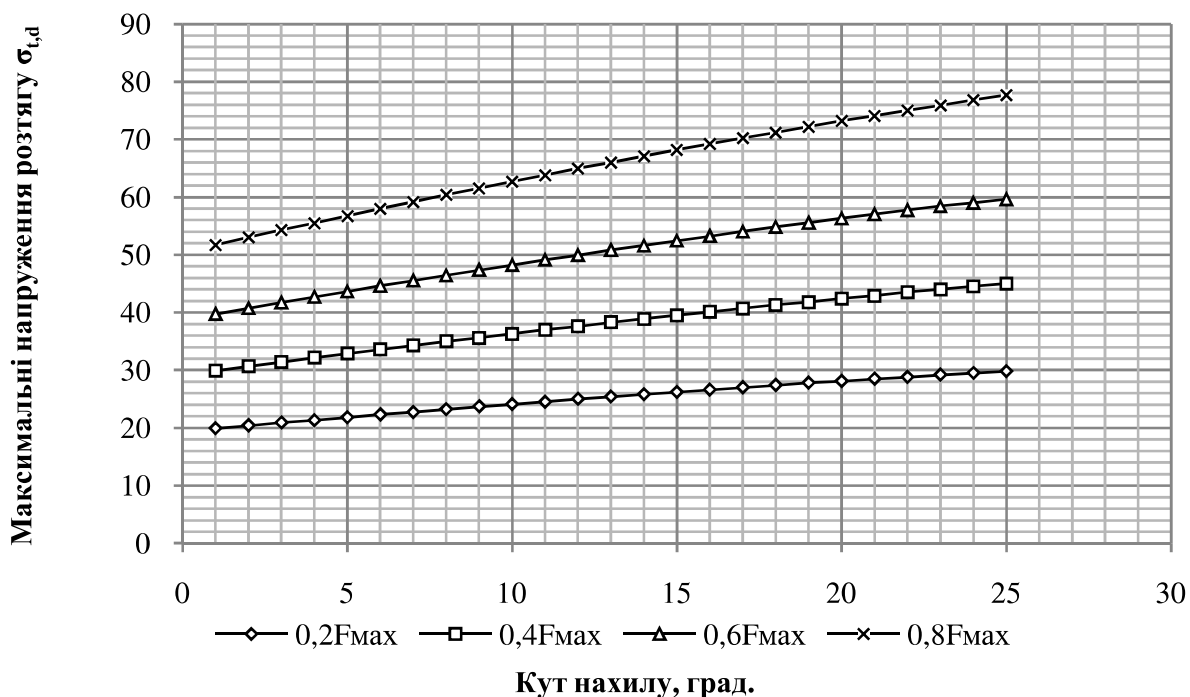


Рис.3. Графік залежності максимальних напружень розтягу від кута нахилу

Як видно з графіків, збільшення кута нахилу на вищих рівнях навантаження призводить до збільшення приростів напружень в порівнянні з аналогічними величинами на менших рівнях навантаження. Величини приростів максимальних значень напружень стиску та розтягу дослідних балок наведено в таблиці 2. Приріст напружень знаходився як різниця значень між величиною напружень за певного кута нахилу і величиною напруження при 1° .

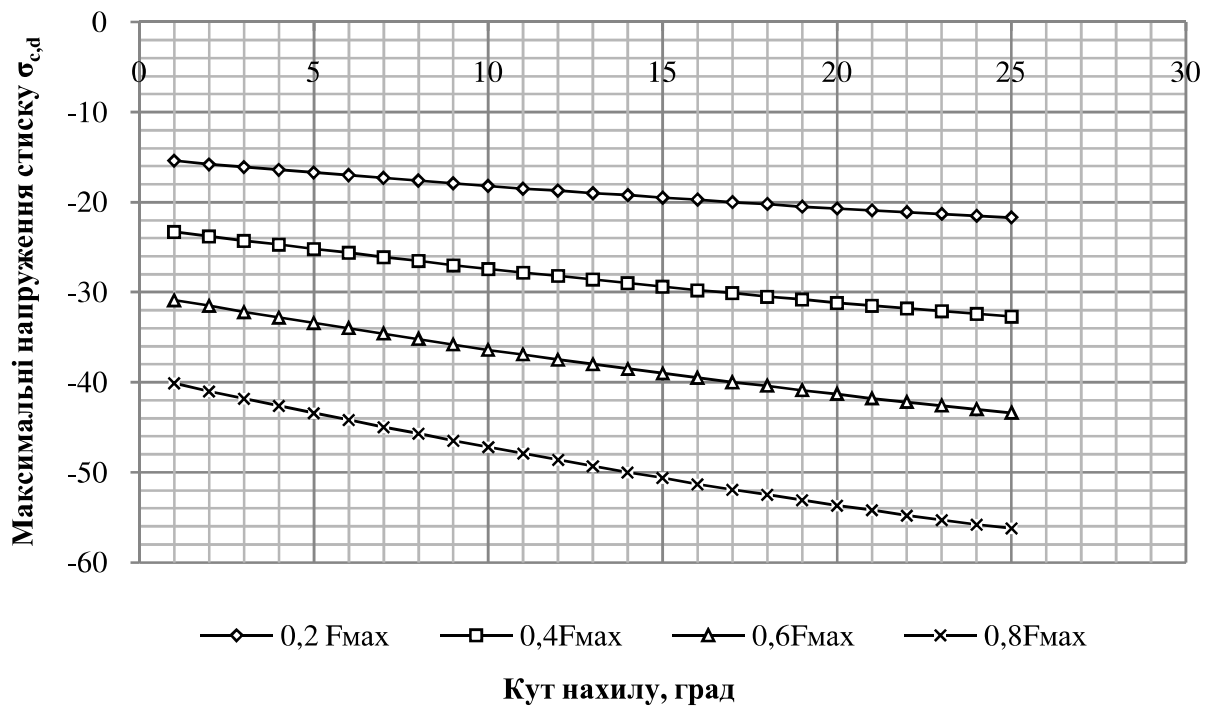


Рис.4. Графік залежності максимальних напружень стиску від кута нахилу

Таблиця 2

Прирости напружень за різних кутів нахилу та рівнів навантаження

Назва балки	Кут нахилу, град.	Приріст напружень $\Delta\sigma_{c,d}$ за рівнів навантаження, МПа				Приріст напружень $\Delta\sigma_{t,d}$ за рівнів навантаження, МПа			
		0,2 F_{max}	0,4 F_{max}	0,6 F_{max}	0,8 F_{max}	0,2 F_{max}	0,4 F_{max}	0,6 F_{max}	0,8 F_{max}
Б-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Б-2	2	0.4	0.5	0.6	0.9	0.5	0.8	1	1.3
Б-3	3	0.7	1	1.3	1.7	1	1.5	2	2.6
Б-4	4	1	1.4	1.9	2.5	1.4	2.3	3	3.8
Б-5	5	1.3	1.9	2.5	3.3	1.9	3	3.9	5
Б-6	6	1.6	2.3	3.1	4.1	2.4	3.7	4.9	6.3
Б-7	7	1.9	2.8	3.7	4.9	2.8	4.4	5.8	7.5
Б-8	8	2.2	3.2	4.3	5.6	3.3	5.1	6.7	8.7
Б-9	9	2.5	3.7	4.9	6.4	3.8	5.7	7.6	9.8
Б-10	10	2.8	4.1	5.5	7.1	4.2	6.4	8.5	11
Б-11	11	3.1	4.5	6	7.8	4.6	7.1	9.4	12.1
Б-12	12	3.3	4.9	6.6	8.5	5.1	7.7	10.2	13.3
Б-13	13	3.6	5.3	7.1	9.2	5.5	8.4	11.1	14.3
Б-14	14	3.8	5.7	7.6	9.9	5.9	9	11.9	15.4
Б-15	15	4.1	6.1	8.1	10.5	6.3	9.6	12.7	16.5
Б-16	16	4.3	6.5	8.6	11.2	6.7	10.2	13.5	17.5

продовження табл.2

Б-17	17	4.6	6.8	9.1	11.8	7.1	10.8	14.3	18.5
Б-18	18	4.8	7.2	9.5	12.4	7.5	11.4	15.1	19.5
Б-19	19	5.1	7.5	10	13	7.9	11.9	15.8	20.5
Б-20	20	5.3	7.9	10.4	13.6	8.2	12.5	16.6	21.5
Б-21	21	5.5	8.2	10.9	14.1	8.6	13	17.3	22.4
Б-22	22	5.7	8.5	11.3	14.7	8.9	13.6	18	23.3
Б-23	23	5.9	8.8	11.7	15.2	9.3	14.1	18.7	24.2
Б-24	24	6.1	9.1	12.1	15.7	9.6	14.6	19.3	25.1
Б-25	25	6.3	9.4	12.5	16.1	9.9	15.1	19.9	26

За рівнів навантаження $0,2F_{max}$ приріст максимальних напружень стиску при зміні кута нахилу від 1° до 25° становив 6,3 МПа, тоді як за рівня навантаження $0,8F_{max}$ – 16,1 МПа. Напруження розтягу мали більший приріст – від 9,9 МПа за рівня навантаження $0,2F_{max}$ до 26 МПа за рівня навантаження $0,8F_{max}$. Графіки залежності приростів максимальних напружень від кутів нахилу наведені на рис.5 та рис.6.

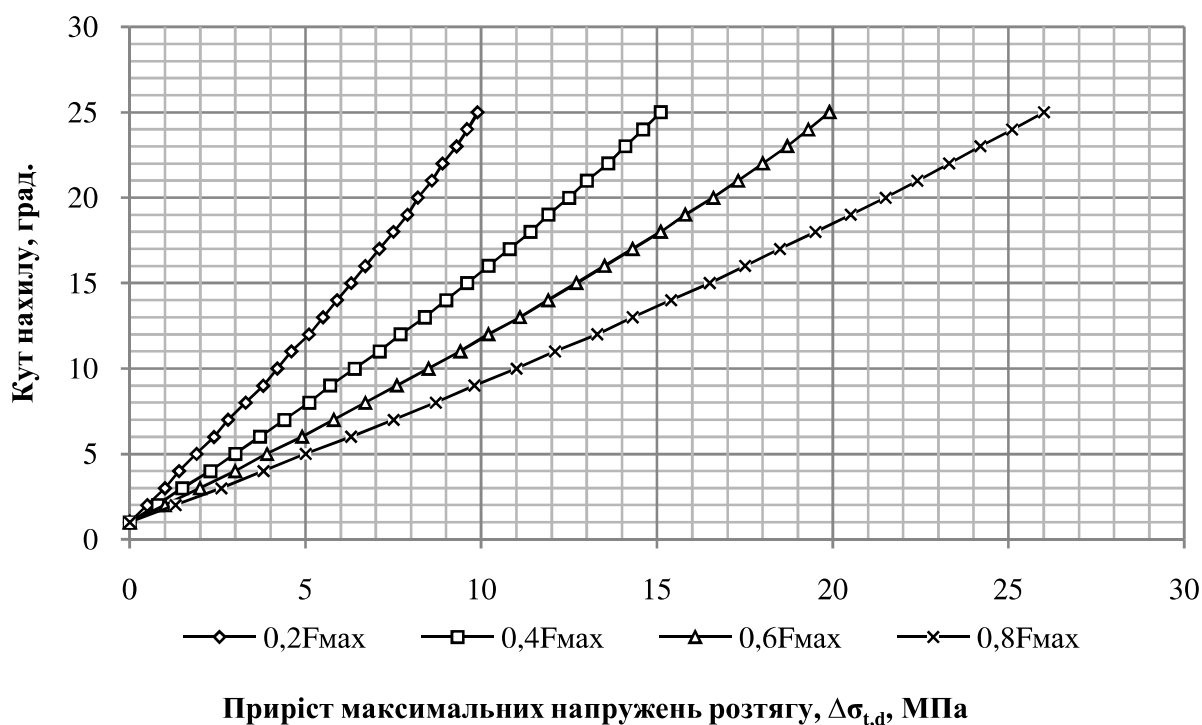


Рис.5. Приріст максимальних напружень розтягу за різних кутів нахилу

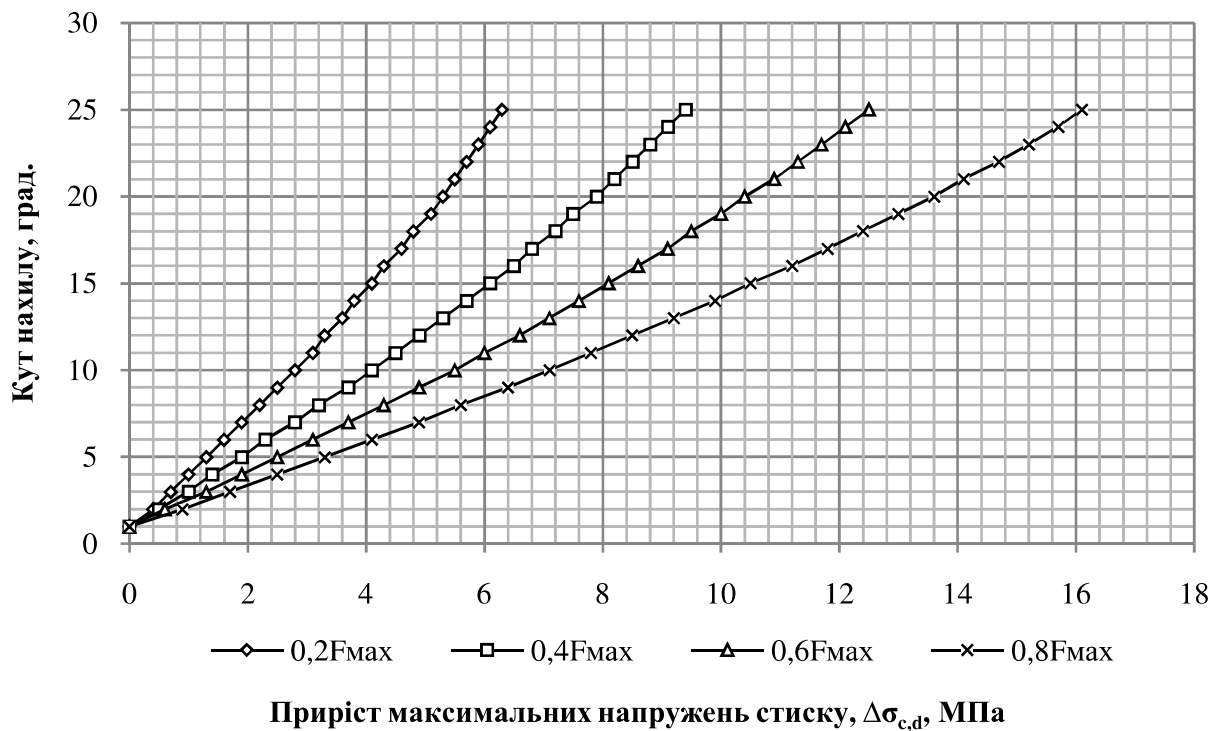


Рис.6. Приріст максимальних напружень стиску за різних кутів нахилу

Після виконання розрахунку в програмному комплексі «Ліра» також виконувався аналіз деформацій балок. Фіксувались значення прогинів в площині z-z та у-у, після чого знаходилися значення повних прогинів балок за формулою:

$$w = \sqrt{w_y^2 + w_z^2}, \quad (1)$$

де w – повні прогини балок;

w_y – прогини балок в площині у-у;

w_z – прогини балок в площині z-z.

Величини прогинів балок в площині z-z та у-у за різних кутів нахилу на різних рівнях навантаження наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Прогини балок в площині z-z та у-у за різних кутів нахилу

Назва балки	Кут нахилу, град.	Прогини балок в площині z-z за рівнів навантаження w_z				Прогини балок в площині у-у за рівнів навантаження w_y			
		0,2 F_{max}	0,4 F_{max}	0,6 F_{max}	0,8 F_{max}	0,2 F_{max}	0,4 F_{max}	0,6 F_{max}	0,8 F_{max}
Б-1	1	6.37	10.2	15.3	20.4	0.1	0.2	0.4	0.5
Б-2	2	6.37	10.2	15.4	20.4	0.3	0.4	0.6	0.8

продовження табл.3

Б-3	3	6.38	10.2	15.4	20.4	0.4	0.6	0.9	1.1
Б-4	4	6.39	10.2	15.4	20.4	0.5	0.7	1.1	1.5
Б-5	5	6.41	10.2	15.4	20.5	0.6	0.9	1.4	1.8
Б-6	6	6.43	10.3	15.5	20.6	0.7	1.1	1.6	2.1
Б-7	7	6.5	10.3	15.5	20.6	0.8	1.2	1.8	2.5
Б-8	8	6.5	10.3	15.6	20.7	0.9	1.4	2.1	2.8
Б-9	9	6.5	10.4	15.7	20.8	1	1.5	2.3	3.1
Б-10	10	6.5	10.4	15.7	20.9	1.1	1.7	2.6	3.4
Б-11	11	6.6	10.5	15.8	21	1.2	1.8	2.8	3.7
Б-12	12	6.6	10.5	15.9	21.1	1.2	2	3	4
Б-13	13	6.6	10.6	16	21.2	1.3	2.1	3.2	4.3
Б-14	14	6.7	10.7	16.1	21.3	1.4	2.3	3.4	4.6
Б-15	15	6.7	10.7	16.2	21.5	1.5	2.4	3.7	4.8
Б-16	16	6.8	10.8	16.3	21.6	1.6	2.6	3.9	5.1
Б-17	17	6.8	10.9	16.4	21.8	1.7	2.7	4.1	5.4
Б-18	18	6.9	11	16.6	22	1.8	2.8	4.3	5.6
Б-19	19	6.9	11.1	16.7	22.1	1.8	2.9	4.4	5.9
Б-20	20	7	11.2	16.8	22.3	1.9	3.1	4.6	6.1
Б-21	21	7	11.3	17	22.5	2	3.2	4.8	6.4
Б-22	22	7.1	11.4	17.1	22.7	2.1	3.3	5	6.6
Б-23	23	7.2	11.5	17.3	23	2.1	3.4	5.1	6.8
Б-24	24	7.2	11.6	17.5	23.2	2.2	3.5	5.3	7
Б-25	25	7.3	11.7	17.7	23.4	2.3	3.6	5.5	7.2

Як видно з таблиці, збільшення кута нахилу в більшій мірі впливало на прогини в площині у-у. Деформації в даній площині росли стрімкіше, в порівнянні з площиною z-z.

Також з наведених даних можна зробити висновок, що вплив кута нахилу на прогини при верхніх рівнях навантаження більший, в порівнянні з нижніми рівнями навантаження. За рівня навантаження $0,2F_{max}$ прогин w_z при зміні кута нахилу від 1° до 25° виріс з 6,37 мм до 7,3 мм, тоді як за рівня навантаження $0,8F_{max}$ з 20,4 мм до 23,4 мм. За рівня навантаження $0,2F_{max}$ прогин w_y при зміні кута нахилу від 1° до 25° виріс з 0,1 мм до 2,3 мм, тоді як за рівня навантаження $0,8F_{max}$ з 0,5 мм до 7,2 мм. Величини повних прогинів та їх прирости за різних кутів нахилу та рівнів навантаження наведені в таблиці 4.

Приріст знаходився як різниця значень між величиною повних прогинів за певного кута нахилу і величиною повного прогину при 1° .

Таблиця 4

Повні прогини балок та прирости прогинів за різних кутів нахилу

Назва балки	Кут нахилу, град.	Повні прогини балок за рівнів навантаження, w , мм				Приріст повних прогинів балок за рівнів навантаження, Δw , мм			
		0,2 F_{\max}	0,4 F_{\max}	0,6 F_{\max}	0,8 F_{\max}	0,2 F_{\max}	0,4 F_{\max}	0,6 F_{\max}	0,8 F_{\max}
Б-1	1	6.4	10.2	15.3	20.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Б-2	2	6.4	10.2	15.4	20.4	0.0	0.0	0.1	0.0
Б-3	3	6.4	10.2	15.4	20.4	0.0	0.0	0.1	0.0
Б-4	4	6.4	10.2	15.4	20.5	0.0	0.0	0.1	0.0
Б-5	5	6.4	10.2	15.5	20.6	0.1	0.0	0.2	0.2
Б-6	6	6.5	10.4	15.6	20.7	0.1	0.2	0.3	0.3
Б-7	7	6.5	10.4	15.6	20.8	0.2	0.2	0.3	0.3
Б-8	8	6.6	10.4	15.7	20.9	0.2	0.2	0.4	0.5
Б-9	9	6.6	10.5	15.9	21.0	0.2	0.3	0.6	0.6
Б-10	10	6.6	10.5	15.9	21.2	0.2	0.3	0.6	0.8
Б-11	11	6.7	10.7	16.0	21.3	0.3	0.5	0.7	0.9
Б-12	12	6.7	10.7	16.2	21.5	0.3	0.5	0.9	1.1
Б-13	13	6.7	10.8	16.3	21.6	0.4	0.6	1.0	1.2
Б-14	14	6.8	10.9	16.5	21.8	0.5	0.7	1.1	1.4
Б-15	15	6.9	11.0	16.6	22.0	0.5	0.8	1.3	1.6
Б-16	16	7.0	11.1	16.8	22.2	0.6	0.9	1.5	1.8
Б-17	17	7.0	11.2	16.9	22.5	0.6	1.0	1.6	2.1
Б-18	18	7.1	11.4	17.1	22.7	0.8	1.1	1.8	2.3
Б-19	19	7.1	11.5	17.3	22.9	0.8	1.3	2.0	2.5
Б-20	20	7.3	11.6	17.4	23.1	0.9	1.4	2.1	2.7
Б-21	21	7.3	11.7	17.7	23.4	0.9	1.5	2.4	3.0
Б-22	22	7.4	11.9	17.8	23.6	1.0	1.7	2.5	3.2
Б-23	23	7.5	12.0	18.0	24.0	1.1	1.8	2.7	3.6
Б-24	24	7.5	12.1	18.3	24.2	1.2	1.9	3.0	3.8
Б-25	25	7.7	12.2	18.5	24.5	1.3	2.0	3.2	4.1

Збільшення кута нахилу балок від 1° до 25° призводило до збільшення величини повного прогину.

Графік залежності повних прогинів від кута нахилу наведені на рис.7. Графік залежності приросту повних прогинів від кута нахилу наведені на рис.8.

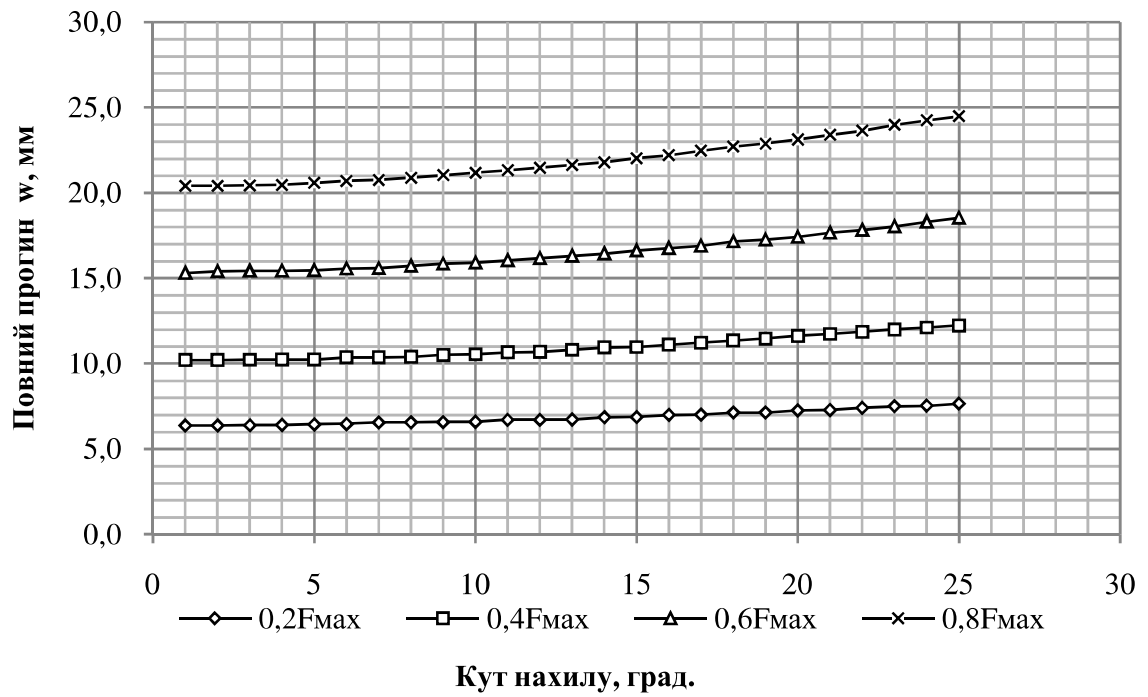


Рис.7. Графік залежності повних прогинів балки від кутів нахилу за різних рівнів навантаження

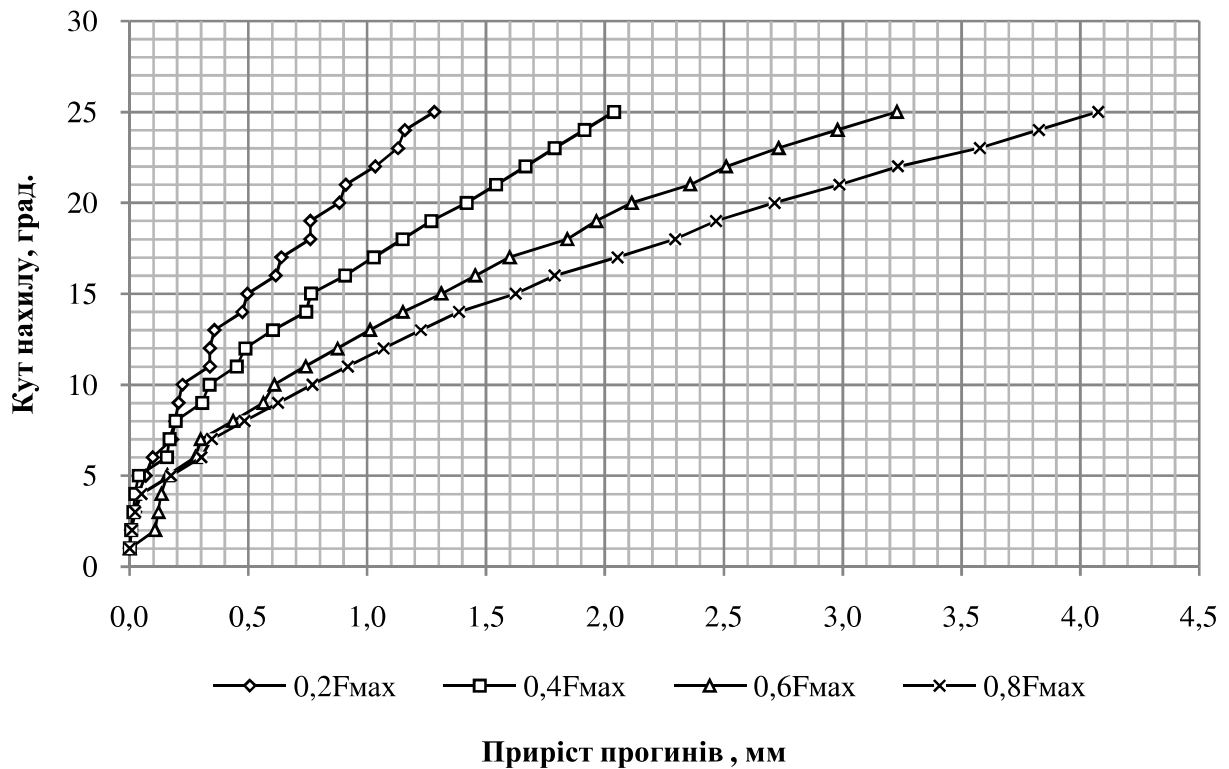


Рис.8. Графік залежності приростів прогинів балок від кутів нахилу за різних рівнів навантаження

Висновки. На підставі проведеного дослідження роботи балок за косоного згину можна зробити наступні висновки:

1. Розроблено розрахункову модель дерев'яної балки, яка працює в умовах косоного згину, для розрахунку в програмному комплексі «Ліра»;

2. Отримані нові дані щодо зміни напружень на різних рівнях навантаження при зміні кутів нахилу балок від 1° до 25° ;

3. Встановлено, що приріст максимальних напружень в стиснутій та розтягнутих зонах зростає при збільшенні кута нахилу балок, при цьому величини приросту більша на верхніх рівнях навантаження балок;

4. Отримані нові дані щодо зміни деформацій на різних рівнях навантаження при зміні кутів нахилу балок від 1° до 25° ;

5. Встановлено, що збільшення кута повороту балок призводить до збільшення величин прогинів в площинах $y-y$ та $z-z$, і, відповідно повних прогинів балок;

6. Збільшення кута нахилу в більшій мірі впливає на прогини в площині $y-y$;

7. Приріст величин повних прогинів на верхніх рівнях навантаження більший, в порівнянні з повними прогинами на нижніх рівнях навантаження при зміні кута нахилу балок від 1° до 25° .

1. Василенко В.Б. Напружено – деформований стан перфорованих прогонів Z - подібного профілю в умовах косоного згину: дис. ...канд. техн. наук: 05.23.01. Рівне, 2015. 207 с.

Vasylenko V.B. Napruzhenno – deformovany stan perforovanykh pragoniv Z - podobnogoprofiluyuvumovakhkosogozgy`nu: dy`s. ...kand. tehn. nauk: 05.23.01. Rivne, 2015. 207 s.

2. Федоров Д.Ф. Деформативність і тріщиностійкість косозігнутих залізобетонних елементів прямокутного профілю з урахуванням нелінійних властивосте бетону: дис. ...канд. техн. наук: 05.23.01. Полтава, 2012. 199 с.

Fedorov D.F. Deformatyvniest i trishchynostiikist kosozihnutykh zalizobetonnykh elementiv priamokutnoho profilu z urakhuvanniam neliniinykh vlastyvoste betonu: dys. ...kand. tekhn. nauk: 05.23.01. Poltava, 2012. 199 s.

3. Бабич Є. М., Крусь Ю. О., Кухнюк О. М. Розрахунок згинальних залізобетонних елементів при дії малоциклових навантажень. Рекомендації. Рівне, РДТУ, 2001. 31 с.

Babych Ye. M., Krus` Yu. O., Kuhnuk O. M. Rozrachunok zgy`nal`ny`x zalizobetonny`x elementiv pry` diyi malocy`klovy`x navantazhen`. Rekomendaciyi. Rivne, RDTU, 2001. 31 s.

4. Бойко О. В. Оцінка міцності навскісно зігнутих балок на основі дволінійних розрахункових діаграм деформування бетону та арматури: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Полтава, 2010. 230 с.

Boiko O. V. Otsinka mitsnosti navskisno zihnutykh balok na osnovi dvoliniinykh rozrakhunkovykh diahram deformuvannia betonu ta armatury: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.01. Poltava, 2010. 230 s.

5. Павліков А. М., Гарькава О. В., Горбун А. В., Баляба А. В., Детюченко П. А. Розрахунок міцності залізобетонних елементів при косому згині за ДБН В.2.6-98:2009. Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету

ім. Ю. Кондратюка. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. Полтава, 2012. Вип. 5. С. 111–115.

Pavlikov A. M., Gar`kava O. V., Gorbun A. V., Balyaba A. V., Detyuchenko P. A. Rozrahunok micznosti zalizobetonny`x elementiv pry` kosomu zgy`ni za DBN V.2.6-98:2009. Zbirny`k naukovy`x prac` Poltavskogo nacional`nogo texnichnogo universy`tetu im. Yu. Kondratyuka. Ser.: Galuzeve mashynobuduvannya, budivny`cztvo. Poltava, 2012. Vy`p. 5. S. 111–115.

6. Гомон С.С. Напружено-деформований стан і розрахунок за деформаційною методикою елементів з деревини при одноразових та повторних навантаженнях: монографія. Рівне: Волинські обереги, 2019.–288с.

Homon S.S. Napruzheno-deformovanyi stan i rozrakhunok za deformatsiinoiu metodykoiu elementiv z derevyny pry odnorazovykh ta povtornykh navantazhenniakh: monohrafiia. Rivne: Volynski oberehy, 2019.–288s.

7. Бабич Є.М., Гомон С.С. Особливості розрахунку елементів з деревини при прямому поперечному згині за деформаційною методикою. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Збірник наукових праць. Луцьк, 2019. Випуск 12. С. 21-30. [https://DOI: 10.36910/6775-2410-6208-2019-2\(12\)-03](https://DOI: 10.36910/6775-2410-6208-2019-2(12)-03).

Babych Ye.M., Homon S.S. Osoblyvosti rozrakhunku elementiv z derevyny pry priamomu poperechnomu zghyni za deformatsiinoiu metodykoiu. Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. Zbirnyk naukovykh prats. Lutsk, 2019. Vypusk 12. S. 21-30. [https://DOI: 10.36910/6775-2410-6208-2019-2\(12\)-03](https://DOI: 10.36910/6775-2410-6208-2019-2(12)-03).

8. Гомон С.С. Стадії напружено-деформованого стану нормальних перерізів роботи деревини на згин. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. Рівне, 2011. Випуск 21. С. 176-180.

Homon S.S. Stadii napruzheno-deformovanoho stanu normalnykh pereriziv roboty derevyny na zghyn. Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy. Zbirnyk naukovykh prats. Rivne, 2011. Vypusk 21. S. 176-180.

9. Щуко В.Ю., Рощина С.И. Армированные деревянные конструкции в строительстве // Учебное пособие. ВлГУ. – Владимир, 2002. 68 с.

Shchuko V.YU., Roshchina S.I. Armirovannye derevyannyye konstruktsiivstroitel'stve // Uchebnoyeposobiye. VIGU. – Vladimir, 2002. 68 s.

10. Гомон С. С., Поліщук М.В. Влаштування комбінованого армування балок із клеєної деревини. Міжнародна науково-практична конференція «Ефективні технології і конструкції в будівництві та архітектура села. Розробка інноваційних моделей еко поселень Прикарпаття та Карпат». Тези доповідей. Дубляни, 2019. – с. 99-100.

Homon S. S., Polishchuk M.V. Vlashtuvannya kombinovanoho armuvannya balok iz kleienoї derevyny. Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Efektyvni tekhnolohii i konstruktsii v budivnytstvi ta arkhitektura sela. Rozrobka innovatsiinykh modelei eko poselen Prykarpattia ta Karpat». Tezy dopovidei. Dubliany, 2019. – s. 99-100.

11. ДБН В.2.6-161:2017. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. К.: Мінрегіон України, 2017. 111 с.

DBN V.2.6-161:2017. Konstruktsiyi budy`nkiv i sporud. Derev'yani konstruktsiyi. Osnovni polozhennya. K.: Minregion Ukrainy, 2017. 111 s.

12. Гомон С. С., Павлюк А. П. Жорсткість балок з цільної деревини в умовах прямого та косоного згину. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції з міжнародною участю «Ресурсозберігаючі технології в проектуванні, землевпорядкуванні та будівництві». Кременчук, 2017. С. 191–202.

Gomon S. S., Pavlyuk A. P. Zhorstkist` balok z cil`noyi derevy`ny` v umovax pryamogo ta kosogo zgy`nu. Materialy` Vseukrayins`koyi naukovo-prakty`chnoyi internet-konferenciyi z mizhnarodnoyu uchastyu «Resursozberigayuchi tehnologiyi v proektuvanni, zemlevporyadkuvanni ta budivny`chtvi». Kremenchuk, 2017. S. 191–202.

13. Гомон С. С., Павлюк А. П. Работа балок из цельной и клееной древесины при косом изгибе. Вестник Белорусско-Российского университета: сб. науч. труд. Могилев, 2017. Вып. 3(56). С. 111–121.

Gomon S. S., Pavlyuk A. P. Rabota balok y`z cel`noj y` kleenoy drevesy`ny pry` kosom y`zgy`be. Vestny`k Belorussko-Rossy`jskogo uny`versy`teta: sb. nauch. trud. Mogy`lev, 2017. Вып. 3(56). S. 111–121.

14. Гомон С. С., Павлюк А. П. Жорсткість балок з клеєної деревини в умовах косоного згину. Будівельні конструкції: теорія і практика: зб. наук. пр. К., 2017. С. 69–74.

Gomon S. S., Pavlyuk A. P. Zhorstkist` balok z kleyenoyi derevy`ny` v umovax kosogo zgy`nu. Budivel`ni konstrukciyi: teoriya i prakty`ka: zb. nauk. pr. K., 2017. S. 69–74.

15. Гомон С. С., Павлюк А. П. Работа дощатоклеєних дерев'яних балок в умовах косоного згину при дії одноразових та повторних навантажень. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. Рівне, 2017. Вип. 34. С. 118–128.

Gomon S. S., Pavlyuk A. P. Robota doshatokleyeny`x derev'yany`x balok v umovax kosogo zgy`nu pry` diyi odnorazovy`x ta povturny`x navantazhennyax. Resursoekonomni materialy`, konstrukciyi, budivli ta sporudy`: zb. nauk. pr. Rivne, 2017. Vy`p. 34. S. 118–128.

16. Gomon S.S., Pavluk A. P. Study on working peculiarities of glue laminated beams under conditions of slanting bending Underwater technology. Kyiv, 2017. Vol.7. P. 42–48.

17. Gomon S., GomonS., Pavluk A., Gomon P., Sobczak-Piastka J. Complete deflectionsofgluedbeamsintheconditionsofobliquebendfortheeffectsoflowcycleloads. AIP Conference Proceedings 2077, 020021 (2019). P.1-6. <https://doi.org/10.1063/1.5091882>.

18. Гомон С. С., Павлюк А. П. Работа балок з клеєної деревини в умова косоного згину. Вісник Львівського національного аграрного університету. Львів, 2018. Вип. 19. С. 84–89.

Gomon S. S., Pavlyuk A. P. Robota balok z kleyenoyi derevy`ny` v umova kosogo zgy`nu. Visny`k L`vivs`kogo nacional`nogo agrarnogo univ`ersy`tetu. L`viv, 2018. Vy`p. 19. S. 84–89.

19. Павлюк А. П., Гомон С. С. Методика дослідження балок з цільної та клеєної деревини в умовах косоного згину. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. Рівне, 2016. Вип. 32. С. 231 – 236.

Pavlyuk A. P., Gomon S. S. Metody`ka doslidzhennya balok z cil`noyi ta kleyenoyi derevy`ny` v umovax kosogo zgy`nu. Resursoekonomni materialy`, konstrukciyi, budivli ta sporudy`: zb. nak. pr. Rivne, 2016. Vy`p. 32. S.231 – 236.