УДК 624.011.01

к.т.н., проф. **Гомон С.С.,**
аспірант **Павлюк А.П.,**
студ. **Поліщук М.В.,**
Національний університет водного господарства
та природокористування, м. Рівне

ЗМІНА ПОЛОЖЕННЯ НЕЙТРАЛЬНОЇ ЛІНІЇ БАЛОК З ЦІЛЬНОЇ ДЕРЕВИНИ ЗА КОСОГО ЗГИНУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ХАРАКТЕРУ ОБПИРАННЯ І ПРИКЛАДАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ

Наведені результати експереметальних досліджень роботи дерев'яних балок в умовах косого згину.

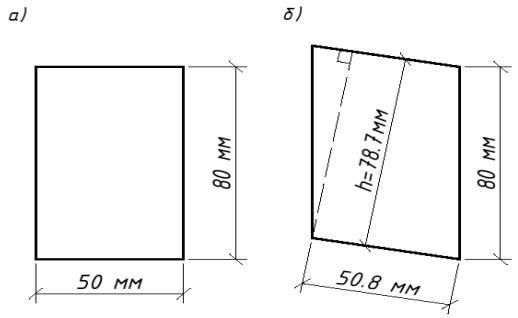
Деревина є єдиним відновлюваним будівельним матеріалом. Наявність в країні багатої сировинної бази деревини потребує більш широкого її використаня в будівництві. Досвід розвинених країн Європи показує широке застосування несучих конструкцій з цільної та клеєної деревини завдяки високим міцнісним та естетичним якостям. Деревина - природний будівельний матеріал, що володіє якостями, які не тільки роблять її придатною для виготовлення несучих та огороджуючих конструкцій, але й наділяють високою конкурентною здатність серед інших будівельних матеріалів.

В сучасних умовах великого значення набуває економія ресурсів. В галузі будівництва вирішенням цієї проблеми є вдосконалення норм проектування, створення розрахункових моделей, які максимально відповідали б реальній роботі конструктивних елементів. Дослідження питань міцності та надійності дерев'яних конструкцій, що знаходяться в умовах косого згину є дуже актуальним, оскільки в приведених на даний час роботах відсутні дані про такий складний напружено-деформований стан. Метою даної роботи є дослідження зміни положення нейтральної лінії дерев'яних балок в умовах косого згину.

Для проведення випробувань попередньо було виготовлено дерев'яні балки першої серії суцільного перерізу довжиною 1650 мм. Балки першої серії випробувань було поділено на три групи в залежності від виду їх поперечного

перерізу та характеру обпирання на опори. В лабораторії кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд НУВГП було виготовлено дослідну установку, яка задовольняла всі умови проведення запланованих досліджень.

Для проведення випробувань першої серії виготовлялись дерев'яні балки суцільного перерізу з формою поперечного перерізу які вказані на рисунку 1. Площі поперечного перерізу балок при цьому були рівні.



$S=5,0x8,0=40$ см^2 $S=5,08x7,87=40$ см^2

Рис.1 – Форма та площі поперечних перерізів зразків першої серії:

а) першої та другої групи; б)третьої групи

Випробування балок проводилось за кута нахилу 10^0. Всі балки влаштовувались на спеціально виготовлені металеві опори, які забезпечували необхідний кут нахилу. В місцях обпирання балки на металеву опору підкладалися дерев'яні підкладки для запобігання зминанню деревини. Для першої групи зразків для зменшення впливу дії кручення [1] за роботи елемента на косий згин розміри обпирання балок на дерев'яні підкладки на опорах та в місцях прикладення навантаження були такими, щоб вісь прикладення зовнішнього навантаження проходила через центр ваги поперечного перерізу як балки, так і дерев'яних підкладок (див рис.2, б).

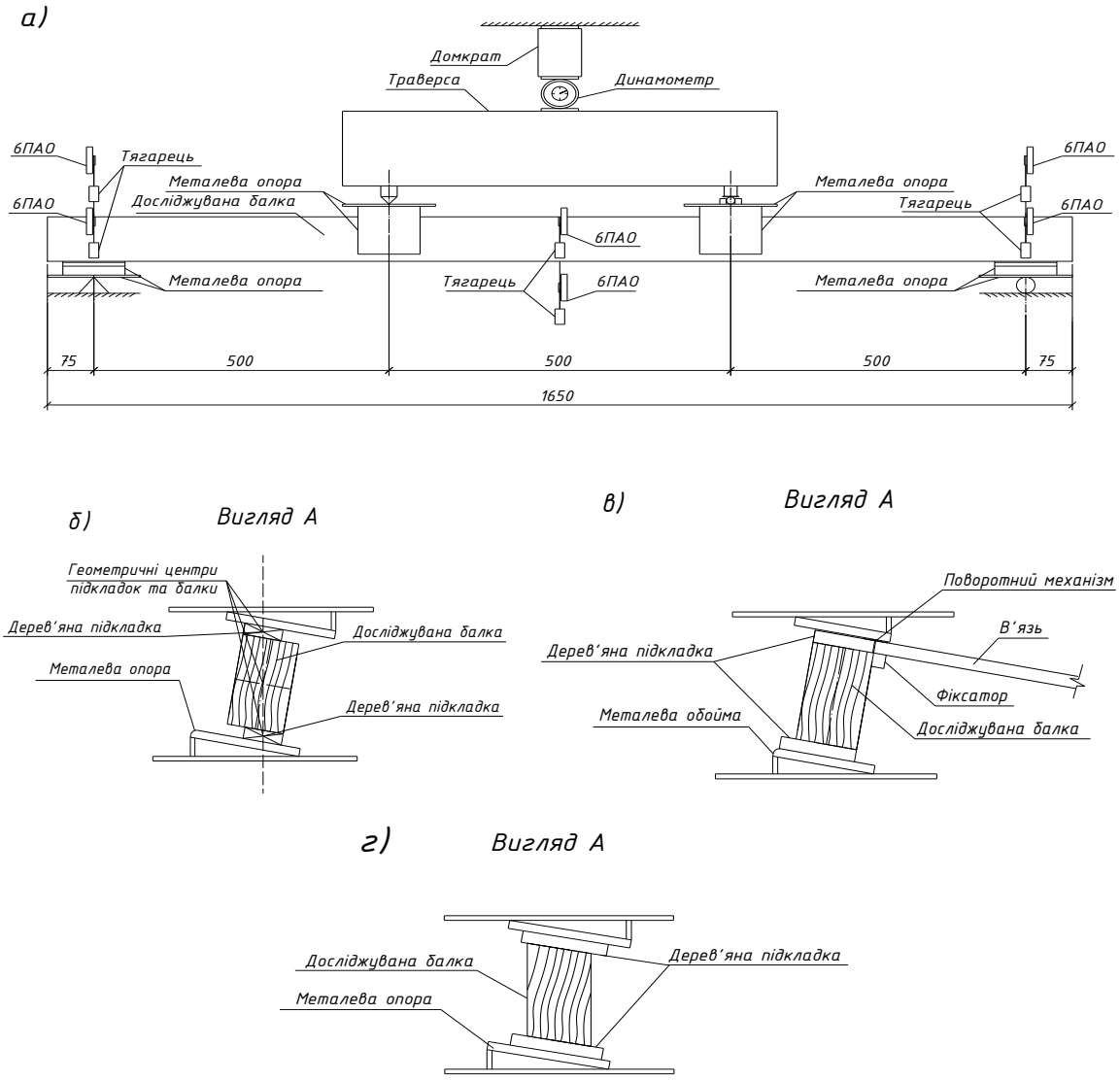


Рис.2. Схема дослідної установки випробування зразків 1 серії: а) розташування дерев'яної балки та вимірювальних приладів; б) обпирання балок першої групи випробувань; в) обпирання балок другої групи випробувань; г) обпирання балок третьої групи випробувань.

Для другої групи зразків першої серії сприйняття крутного моменту від дії зовнішнього навантаження було вирішено провести за рахунок встановлення в'язей в місцях прикладання цього навантаження. В'язі кріпилися до дерев'яної підкладки, яка розташовувалась на верхній грані балки. Дерев'яна підкладка та в'язь кріпились один до одного за допомогою поворотного механізму, який дозволяв поворот підкладки відносно в'язі. За допомогою фіксатора обмежувалося деформування елемента сприймаючи крутний момент від дії зосередженого зовнішнього навантаження(див рис.2, в).

Для зменшення впливу крутного моменту дерев'яні балки третьої групи виготовлялись з підрізом балки по всій її довжині таким чином, щоб кут підрізу співпадав з кутом нахилу балки (поперечний переріз балки буде мати вигляд паралелограма (див. рис. 1,г)), а напрямок прикладення зовнішнього навантаження буде співпадати з напрямком одної із головних осей поперечного перерізу балки такої конструкції (рис.2,г).

Деформації деревини в зоні чистого згину вимірювали за допомогою тензодатчиків [2], які були розміщені з кроком в 10 мм по всьому периметру перерізу .

Навантаження прикладалось ступенями в 8-10% від передбачуваного руйнівного за допомогою гідравлічного домкрата з врахуванням настанов та вимог [3,4,5,6,7]. Після прикладання кожного ступеня навантаження знімалися відліки з всіх тензодатчиків. Для реєстрації показів тензометричних датчиків використана тензометрична вимірювальна система СИИТ. На кожному ступені навантаження проводилася витримка не менше 5 хвилин. Руйнівне навантаження досліджуваних балок наведено в табл.1.

Таблиця 1

Руйнівні навантаження дерев'яних балок

Серія / Група	Розміри перерізу b·h (мм)	Назва зразка	Руйнівний момент, М, кНм
1/1	50,1x80,1	Б-1	4,125
1/2	50,1x80,1	Б-2	4,125
2/1	50,2x79,9	Б-3	5,5
2/2	50,1x80,1	Б-4	5,5
3/1	50,8x80,1	Б-5	4,125
3/2	50,8x80,2	Б-6	4,25

Як видно з таблиці 1 руйнівні моменти балок першої та третьої груп приблизно однакові і знаходяться в межах 4,125-4,25 кНм. Несуча здатність балок другої групи значно більша (на 1,375 кНм) в порівнянні з іншими групами. Це стало наслідком влаштування додаткових в'язей в місцях

прикладання навантаження, які не тільки сприймали крутний момент від дії зовнішньої сили, а й значно обмежували деформації балок в напрямку осі у-у.

Положення нейтральної лінії в перерізі косозігнутих зразків балок визначали за допомогою лінійної інтерполяції показів датчиків, так як такий спосіб визначення нейтральної лінії є найбільш традиційним. Результати зміни положення нейтральної лінії дерев'яних балок в умовах косого згину для балок трьох груп наведено в таблиці 2. Тут же вказані площа стиснутої та розтягнутої зони A_c та A_t , відстані від нейтральної лінії до верхньої грані балки c і d та кут нахилу нейтральної лінії γ до горизонтальної осі. Площу стиснутої зони деревини косозігнутої балки для балок першої та другої груп визначаємо за формулою, яка випливає з рис. 3

$$A = \frac{c+d}{2} \cdot b, \qquad (1)$$

де b,h– сторони перерізу балки ; c, d – відстані від нейтральної лінії до верхньої грані балки.

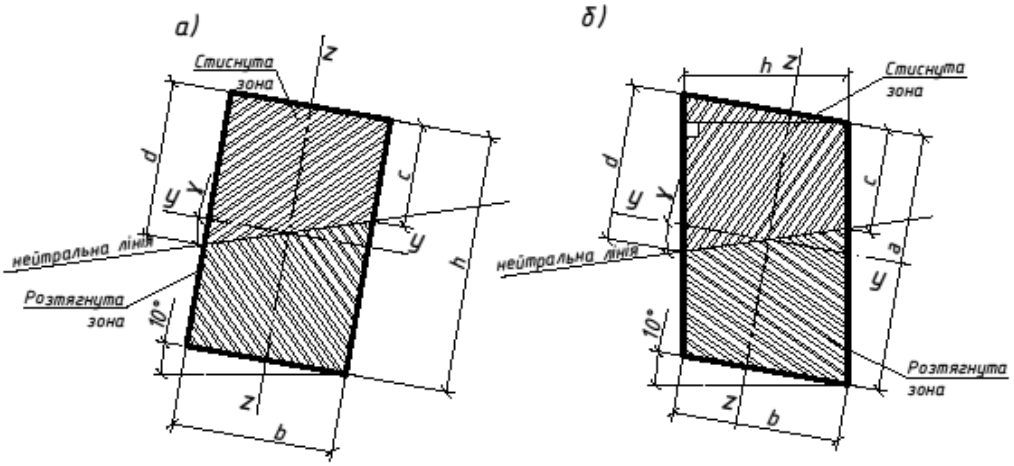


Рис. 3 - До розрахунку площі стиснутої та розтягнутої зони деревини косозігнутої балки: а) для зразків першої та другої груп; б) для зразків третьої групи

Площу стиснутої зони деревини косозігнутої балки для балок третьої групи визначаємо за формулою, яка випливає з рис. 3 б

$$A = \frac{c+d}{2} \cdot h, \qquad (2)$$

де *b,a*– сторони перерізу балки ; *c, d* – відстані від нейтральної лінії до верхньої грані балки; *h* - висота трапеції, утвореної внаслідок проведення нейтральної лінії.

Таблиця 2

Зміна положення нейтральної лінії на різних рівнях навантаження

Назва балки	Рівень навантаження, кНм	c,см	d,см	A_c, $см^2$	A_t, $см^2$	γ, град	Δ_c,%
1	2	3	4	5	6	7	8
Б-1	0,2М	3,31	4,72	20,07	19,93	16^0	-
	0,4М	3,39	4,67	20,15	19,85	14^0	0,40
	0,6М	3,52	4,59	20,28	19,72	12^0	1,05
	0,8М	3,78	4,48	20,65	19,35	8^0	2,89
	M_{max}	3,99	4,41	21,0	19,0	5^0	4,63
Б-2	0,2М	3,16	4,89	20,13	19,87	19^0	-
	0,4М	3,29	4,81	20,25	19,75	17^0	0,60
	0,6М	3,36	4,78	20,35	19,65	16^0	1,09
	0,8М	3,60	4,69	20,73	19,27	12^0	2,98
	M_{max}	3,91	4,51	21,05	18,95	7^0	4,57
Б-3	0,2М	3,27	4,78	20,13	19,87	17^0	-
	0,4М	3,37	4,74	20,28	19,72	15^0	0,75
	0,6М	3,46	4,71	20,43	19,57	14^0	1,49
	0,8М	3,56	4,67	20,58	19,42	13^0	2,24
	M_{max}	3,83	4,56	20,98	19,02	8^0	3,91
Б-4	0,2М	3,22	4,79	20,03	19,97	17^0	-
	0,4М	3,41	4,69	20,25	19,75	14^0	1,09
	0,6М	3,51	4,61	20,30	19,70	12^0	1,35
	0,8М	3,64	4,59	20,63	19,37	11^0	2,99
	M_{max}	3,84	4,52	20,90	19,1		4,34
Б-5	0,2М	3,88	4,15	20,16	19,84	6^0	-
	0,4М	4,04	4,10	20,43	19,57	8^0	1,34
	0,6М	4,23	4,06	20,81	19,19	11^0	3,22
	0,8М	4,41	3,92	20,91	19,09	14 0	3,72
	M_{max}	4,66	3,82	21,28	18,72	18^0	5,56
Б-6	0,2М	3,93	4,14	20,26	19,74	7^0	-
	0,4М	4,01	4,09	20,33	19,67	8^0	0,36
	0,6М	4,19	4,03	20,63	19,37	11^0	1,83
	0,8М	4,39	3,94	20,91	19,09	14^0	3,21
	M_{max}	4,61	3,88	21,31	18,69	17^0	5,18

Результати випробувань підтвердили, що на всіх рівнях завантаження нейтральна лінія змінює своє положення в сторону збільшення площі стиснутої

зони деревини і повертається, змінюючи кут нахилу в одному або в іншому напрямку.

За рахунок цього, площа стиснутої зони протягом завантаження дослідного зразка – балки від початку до руйнування збільшувалась не суттєво (до 5,6 %). Зміна положення нейтральної лінії для балок Б-1, Б-3 та Б-5 наведено на рисунку 5.

Кут нахилу нейтральної лінії до горизонтальної осі γ протягом завантаження дослідних балок першої та другої групи зменшувався(див.табл.2), для балок третьої групи навпаки збільшувався. Це можна пояснити різними формами поперечного перерізу елементів, що піддаються дії косого згину. В першому випадку це прямокутник, в другому це паралелограм.

Балки всіх трьох груп руйнувались в зоні чистого згину. В стиснутій зоні деревини балок спостерігалось утворення складок.

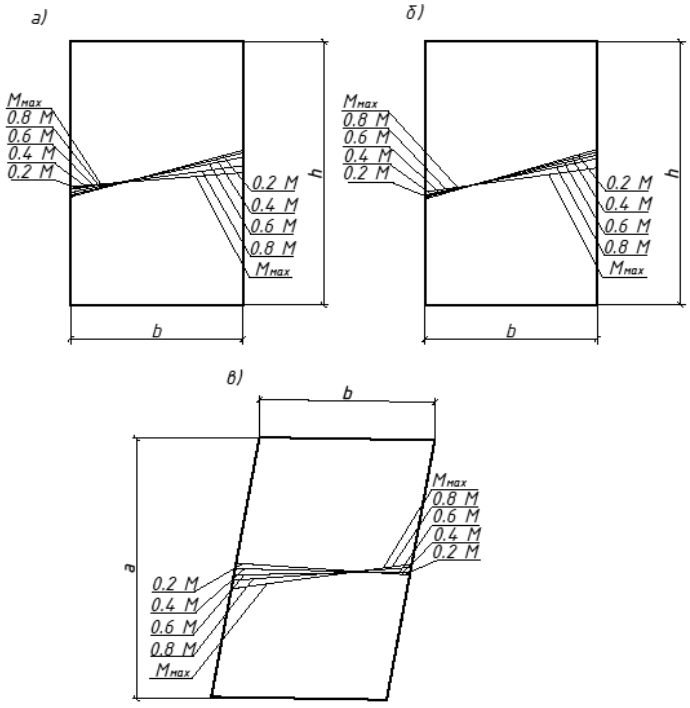


Рис. 4- Зміна положення нейтральної лінії для балок:
а) Б1; б) Б3; в) Б5

Кут нахилу нейтральної лінії до горизонтальної осі γ протягом завантаження дослідних балок першої та другої групи зменшувався

(див.табл.2), для балок третьої групи навпаки збільшувався. Це можна пояснити різними формами поперечного перерізу елементів.

В результаті експериментальних досліджень були отримані нові експериментальні дані щодо несучої здатності балок з деревини та розташування нейтральної лінії за різних рівнів навантаження в умовах косого згину.

На основі цих досліджень можна зробити наступні висновки:

- середній руйнівний момент балок першої серії першої групи становить 4,125 кНм, другої групи - 5,5 кНм, третьої групи - 4,187кНм;
- влаштування в'язей в місцях прикладання навантаження є ефективним шляхом для зменшення деформацій та збільшення несучої здатності згинальних елементів, що знаходяться в умовах роботи за дії косого згину.
- влаштування в'язей збільшує несучу здатність косозігнутих дерев'яних балок до 25%
- від початку завантаження до руйнування площа стиснутої зони балок першої групи збільшується в середньому на 4,6%, для балок другої групи – на 4,24%, для балок третьої групи – на 5,37%.
- кут нахилу нейтральної лінії до горизонтальної осі γ для балок першої та другої серії зменшувався протягом збільшення навантаження (від 19^0 до 7^0), а для балок третьої серії збільшувався (від 6^0 до 18^0)

Література

1. Гомон С.С. Робота дерев'яних балок в умовах косого згину /С.С. Гомон, А.П. Павлюк // Зб. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Вип. 31. Рівне, НУВГП, 2015. – С.422-428. 2. ГОСТ 21615–76 Тензорезисторы. Методы определения характеристик.-М.: Стройиздат, 1976 - 10с. 3.ДСТУ EN 380-2008 Лісоматеріали конструкційні. Загальні настанови щодо методів випробування на статичне навантаження..2008.- 8с. 4. ДСТУ pr EN 384-2001. Лісоматеріали конструкційні. Визначення характеристичних значень механічних властивостей.2001.- 15с. 5. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1976. – 28 с. 6. ДБН В.2.6-161:2010.Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. - Київ: ДП Укрархбудінфо, 2011. - 102с. 7. ДСТУ-Н Б В.2.6.-184:2012 Конструкції з цільної і клеєної деревини. Настанова з проектування. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 158с