

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЩАТИХ БАЛОК НА НАГЕЛЬНИХ ТА ЗУБЧАСТИХ З'ЄДНАННЯХ

© Сурмай М.І., 2013

Наведено результати випробувань дерев'яних балок, виготовлених із дощок шляхом з'єднання їх нагельми та зубчастими пластинами. Наведено основні рекомендації щодо їх використання.

Ключові слова: дерев'яні конструкції, зубчасті пластини, нагельні з'єднання.

The paper presents the results of tests of wooden beams made of boards by connecting them with nail and serrated plates. Offer the main recommendations.

Key words: wooden structures, gear plate, nail connection.

Вступ

Дерев'яні балки (марок Б-1, Б-2) виготовлені з чотирьох дощок перерізом 50 x 135 мм та двох дощок – перерізом 30 x 135 мм, що з'єднані між собою за допомогою металевих нагелів та зубчастих пластин.

Методика випробувань

Схему навантаження балки, головні розміри та розміщення приладів показано на рис. 1, 2.

Дерев'яна балка 1 марок Б-1 та Б-2 була випробувана на лабораторному стенді у горизонтальному положенні за схемою однопролітної розрізної балки з лівою нерухомою та правою рухомою опорами.

Навантаження здійснювалося за допомогою домкрата 3 та розподільної траверси 4 і прикладалося до балки на відстані 1/3 прольоту кожне. Вимірювання величини навантаження здійснювалося за допомогою опорних кільцевих динамометрів 2.

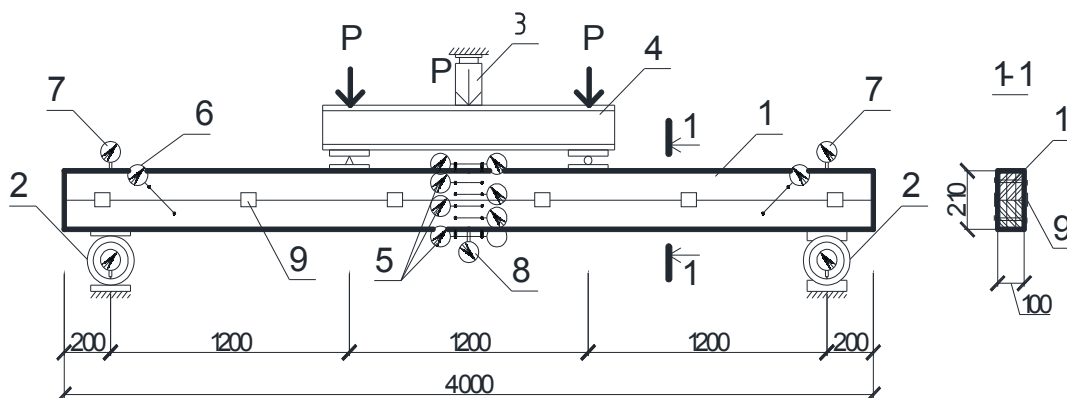


Рис. 1. Схема завантаження балки: 1 – балка; 2 – кільцеві динамометри; 3 – домкрат; 4 – розподільна траверса; 5, 6 – мікроіндикатори; 7 – індикатори; 8 – прогиномір Аістова; 9 – зубчасті пластини

Відносні деформації по висоті перерізу балки у середині прольоту вимірювалися дев'ятьма мікроіндикаторами 5 з базою 100 мм, зміщення торців верхньої та нижньої частини балки вимірювалося двома мікроіндикаторами 6 з базою 193 мм.

Прогин балки вимірювався за допомогою двох індикаторів 7 та прогиноміра Аістова 8.



Рис. 2. Загальний вигляд випробувального стенда

Результати випробувань

Під час випробування балок Б-1 та Б-2 навантаження прикладалося до повного їх руйнування. Навантаження прикладалося ступенями по 250 кг. Витримка між прикладеними ступенями навантаження становила 10 – 15 хв.

Графіки залежності прогину балок Б-1 та Б-2 від навантаження показані на рис. 3 та 4.

Графіки відносних деформацій по верхній та нижній гранях балок Б-1 та Б-2 зображено на рис. 5, а, б.

Руйнування балки Б-1 відбулось внаслідок розриву волокон розтягнутої зони (рис. 6).

Балка Б-2 зруйнувалась за класичною схемою: у стисненій зоні відбулось зминання деревини, а в розтягненій зоні – розрив волокон (рис. 7).

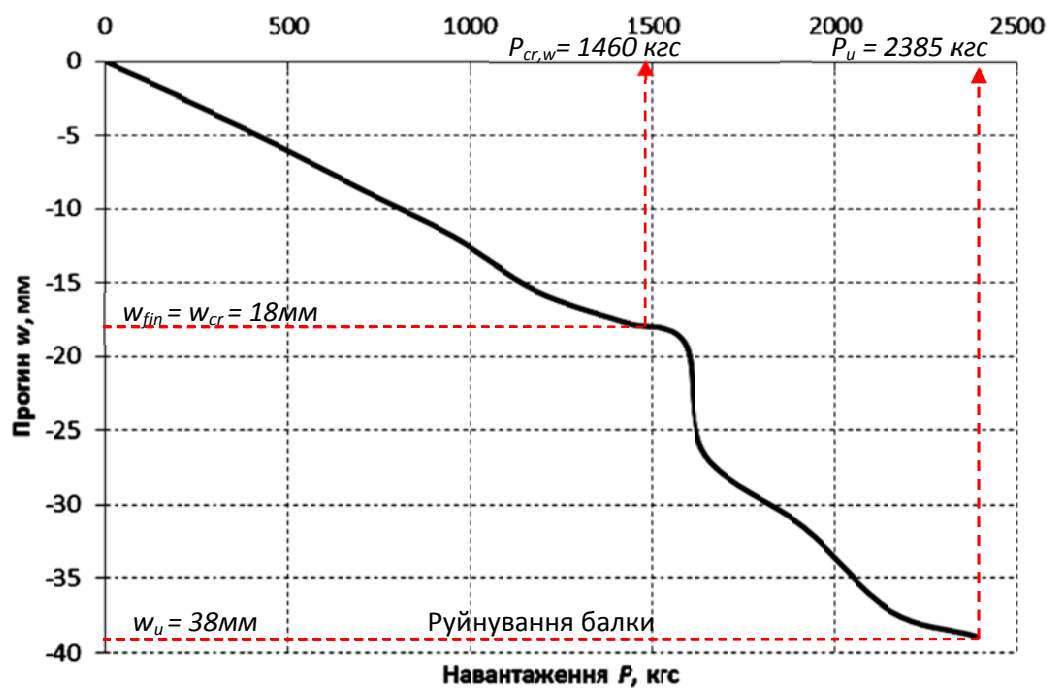


Рис. 3. Прогин балки Б-1

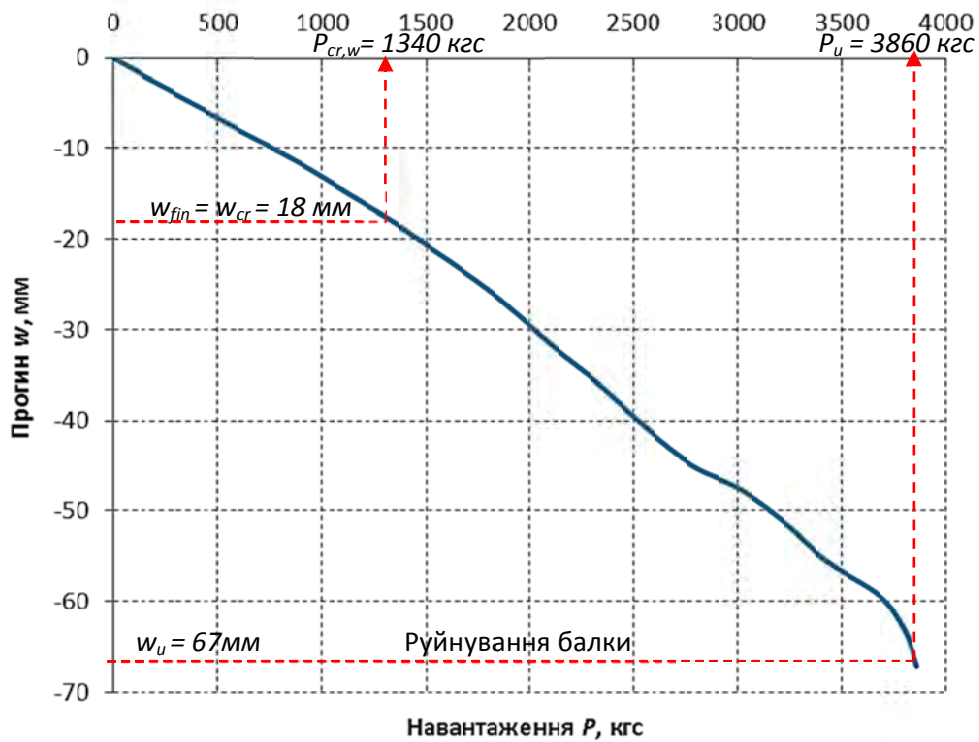


Рис. 4. Прогин балки Б-2

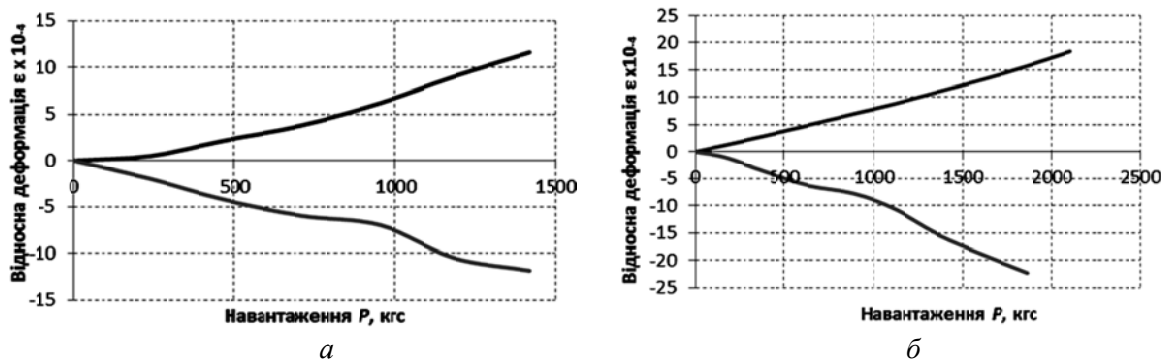


Рис. 5. Відносні деформації (ϵ) по верхній та нижній гранях балки Б-1 (а) та балки Б-2 (б)

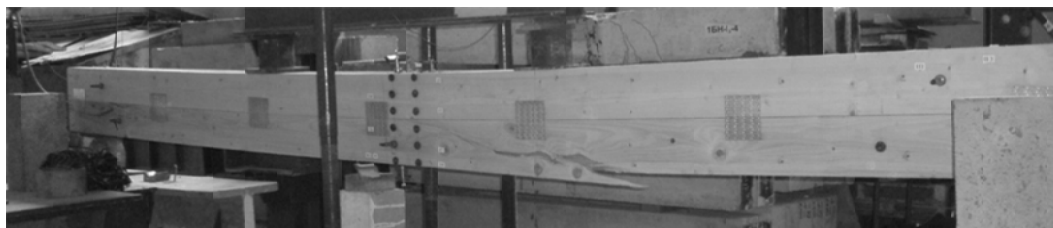


Рис. 6. Руйнування балки Б-1



Рис. 7. Руйнування балки Б-2 за I групою граничних станів

Внаслідок зміщення верхньої частини балки Б-2 стосовно нижньої відбулося руйнування зубчастих пластин від дії зусиль зсуву під час навантаження $P = 27,8 \text{ кН}$ (рис. 8). У балці Б-1 під час досягнення критичних навантажень руйнування зубчастих пластин не спостерігалось.

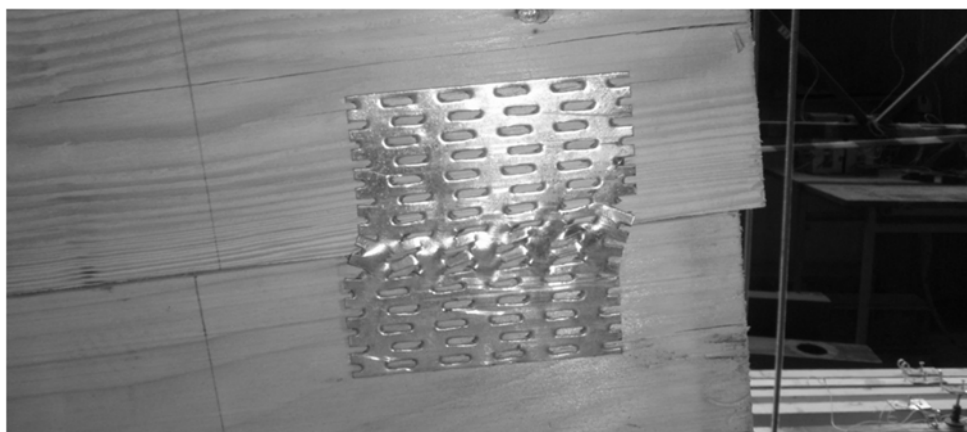


Рис. 8. Руйнування зубчастої пластини в приопорній ділянці балки Б-2

Розрахунковий опір деревини за згину $f_{m,y,d}$ визначався за формулою 7.17 ([1], п. 7.4.3.1):

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 0,9 \cdot 24,0 / 1,3 = 16,615 \approx 16,5 \text{ МПа}, \quad (1)$$

де k_{mod} – перехідний коефіцієнт, що враховував вплив тривалості навантаження та вологості, для цільної деревини за короткотривалого навантаження $k_{mod} = 0,9$ ([1], табл. 8.1); $f_{m,k}$ – характеристичний опір за згину $f_{m,k} = 24,0 \text{ МПа}$, ([1], табл. А2); γ_M – коефіцієнт надійності для характеристики матеріалу, для цільної деревини 1,3.

Розрахунок балок за I групою граничних станів рекомендовано проводити, як для балок з цільним перерізом із врахуванням коефіцієнта k_w :

$$\sigma = \sigma_0 / k_w = M / W \cdot k_w, \quad (2)$$

де M – момент зовнішніх сил; W – момент опору перерізу балки.

Коефіцієнт k_w визначався із формули

$$k_w = \sigma_0 / \sigma_{exp}, \quad (3)$$

де σ_{exp} – експериментальне значення нормального напруження балки; σ_0 – нормальне напруження перерізу балки з цільної деревини від дії моменту зовнішніх сил.

Після проведених відповідних розрахунків за результатами експериментальних досліджень рекомендовано для випробуваних балок прийняти середнє значення коефіцієнта $k_w = 0,8$.

Гранична величина прогину для балки на двох опорах становила:

$$w_{fin} = l/200 = 3600/200 = 18 \text{ мм}. \quad (4)$$

Розрахунок балок за II групою граничних станів рекомендовано проводити, як для балок з цільним перерізом із врахуванням коефіцієнта k_f :

$$w_{fin} = w_{fin,0} / k_f, \quad (5)$$

де w_{fin} – розрахунковий прогин балки; w_0 – прогин балки із цільної деревини.

Коефіцієнт k_f визначався із формули

$$k_f = w_{fin,0} / w_{fin,exp}, \quad (6)$$

де $w_{fin,exp}$ – експериментальне значення прогину балки; w_0 – прогин балки з цільної деревини від дії зовнішніх сил.

Після проведених відповідних розрахунків за результатами експериментальних досліджень рекомендовано для випробуваних балок прийняти середнє значення коефіцієнта $k_f = 0,57$.

Графіки росту нормальних напружень (σ) по верхній та нижній гранях балок Б-1 та Б-2 показано на рис. 9.

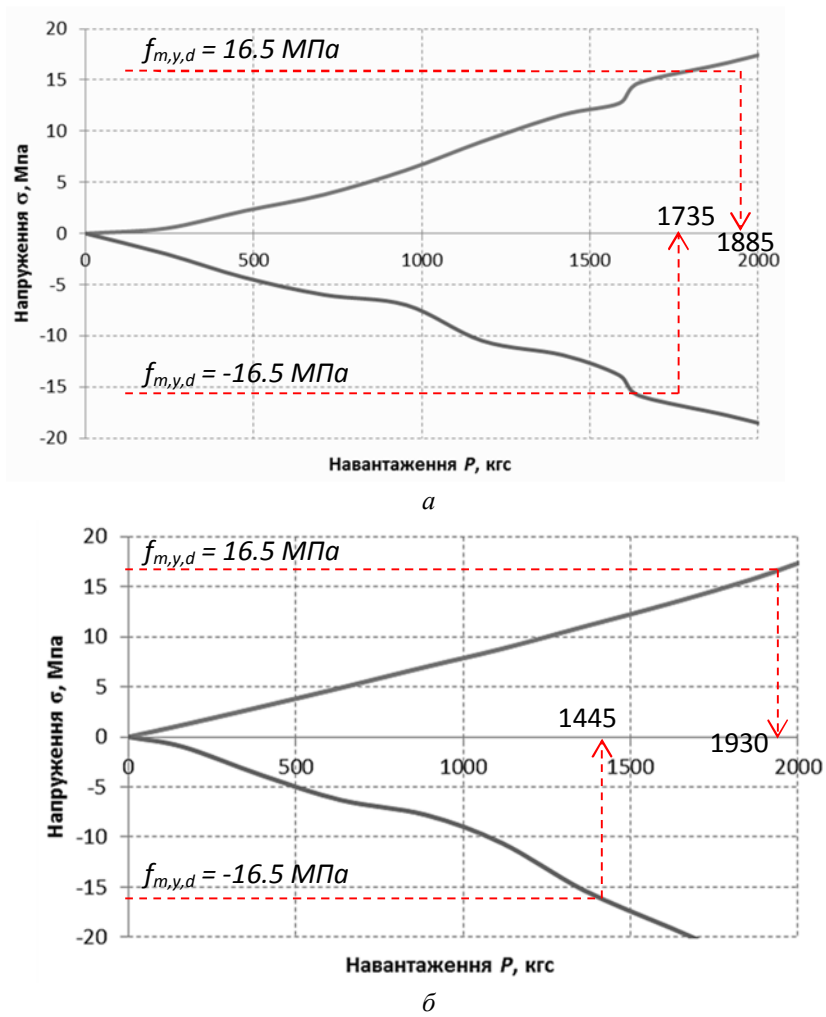


Рис. 9. Графіки нормальних напружень (σ) по верхній та нижній гранях балок Б-1 (а) та Б-2 (б)

Порівняння розрахункових нормальних напружень σ (розрах. за рівн. (2)) із експериментальними σ_{exp} (рис. 10) показало збіжність у межах 11–15 %.

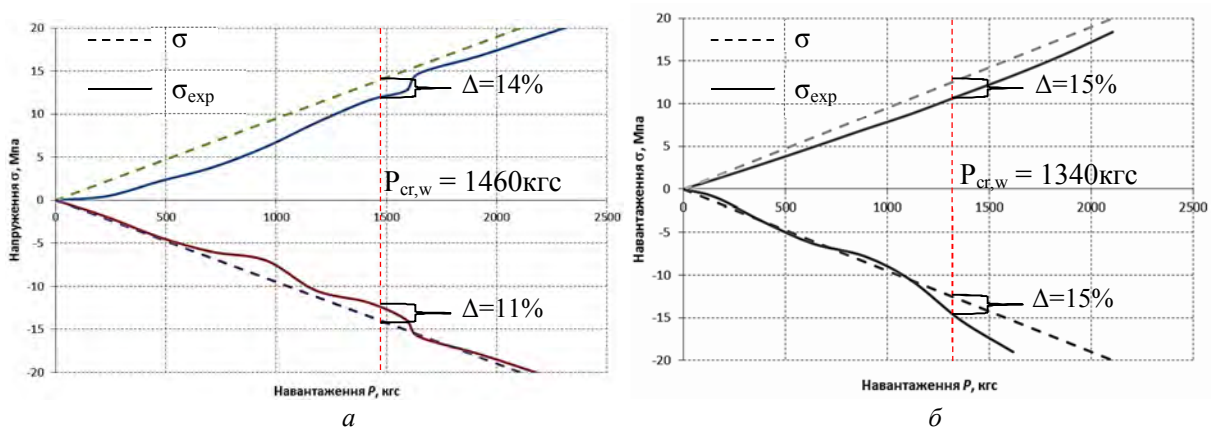


Рис. 10. Графіки розрахункових (σ) та експериментальних (σ_{exp}) нормальних напружень за $k_w = 0.8$ для балок Б-1 (а) та Б-2 (б)

Порівняння розрахунково прогину w_{fin} (5) із експериментальним $w_{fin,exp}$ показало задовільну збіжність (рис. 11) у межах до 8 %.

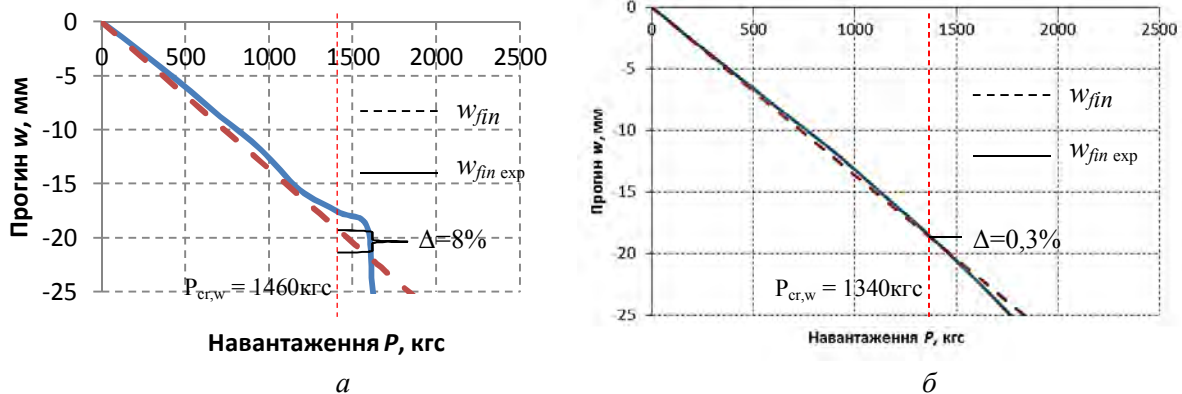


Рис. 11. Графіки розрахункових (w_{fln}) та експериментальних ($w_{fln,exp}$) нормальних напружень за $k_f = 0,57$ для балок Б-1 (а) та Б-2 (б)

Висновки:

1. Втрата несучої здатності досліджуваних балок за I групою граничних станів (за несучою здатністю) настала внаслідок руйнування розтягнутої зони під час навантаження $P_{cr} = 23,86$ кН для балки Б-1 та за $P_{cr} = 34,0$ кН – для балки Б-2.
2. Розрахунок балок за міцністю необхідно виконувати, як для балок із перерізом з цільної деревини із врахуванням коефіцієнта $k_w = 0,8$.
3. Втрата несучої здатності за II групою граничних станів (за граничним прогином) для балки Б-1 настала під час навантаження $P_{cr,w} = 14,6$ кН, а для балки Б-2 – $P_{cr,w} = 13,4$ кН.
4. Розрахунок прогину балок необхідно виконувати як із перерізом з цільної деревини із врахуванням коефіцієнта $k_f = 0,57$.
5. Руйнування з'єднань дощатих елементів балки по зубчастій пластині відбулося у зразку Б-2 за навантаження $P = 27,8$ кН.
6. Рекомендовано з'єднувати верхню та нижню частини балок додатковими зубчастими пластинами у приопорних ділянках на віддалі $1/3l$ за розрахунком на сприйняття ними зрізувальних сил.

1. ДБН В.2.6-161:2010. «Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції». 2. ДСТУ Б EN 1380:2011. «Конструкції дерев'яні. Методи випробувань. Несуча здатність з'єднань на цвяхах, шурупах, нагелях і болтах».