УДК 624.011

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ЗГИНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ДЕРЕВИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОВНОЇ ДІАГРАМИ ДЕФОРМУВАННЯ МАТЕРІАЛУ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЖАТОЙ ЗОНЫ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ С НАЧАЛА ПРИЛОЖЕНИЯ НАГРУЗКИ И ДО РАЗРУШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛНОЙ ДИАГРАММЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛА

STUDY OF STRESS BENDING ELEMENT WITH WOOD USING FULL CHART DEFORMATION OF THE MATERIAL

Гомон С.С., к.т.н., доц., Сасовський Т.А., асп. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Гомон, С.С., к.т.н., доц., Сасовский Т.А., асп. (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

Gomon S.S., candidate of technical sciences, associate professor, Sasovskiy T.A., post-graduate student. (National university of water managements and natural recourses used, Rivne)

Наведені результати експериментальних досліджень згиналиних елементів з деревини та проведено аналітичний опис механічного стану матеріалу до повної втрати несучої здатності конструктивного елемента.

Приведены результаты экспериментальных исследований изгибаемых элементов из древесины и проведено аналитическое описание состояния материала к полной потере несущей способности конструктивного элемента.

In the article you can find the results of pine tree strength and deformation experimental researches. Author dwells such problem as analytical description of the wood diagram mechanical condition of cycle deformation to the lost strength of material.

Ключові слова:
Деревина, міцність, стиск, розтяг, деформації.
Древесина, прочность, сжатие, растяжение, деформации.
Wood, strength, compression, deformation.

Стан питання та задачі дослідження. Методи розрахунку пружно-деформованого стану постійно удосконалюються, однак методики розрахунку суцільних та дощатоклеєних балок, які рекомендовані чинними нормами проектування, не дають можливості достатньо повно враховувати численні фактори, які впливають на характер цього стану, обумовлюючи в багатьох випадках перевитрату матеріалу, а інколи недостатню надійність конструкції.

В конструкціях з деревини термін працездатності залежить від величини діючих в них напружень. В більшості випадків за роботи елементів навіть при простому напружено-деформованому стані встановити дійсний рівень нормальних чи дотичних напружень для анізотропного пружнопластичного матеріалу по висоті перерізу за діючих нормативних документів [1, 2, 3] є неможливим. Перевірка міцності виконується за допомогою формул опору як для ідеально пружного матеріалу.

Послідовний перехід країн пострадянського простору до впровадження розрахункових деформаційних моделей в розрахунках будівельних конструкцій приводять до проблеми вивчення роботи деревини під навантаженням від початку завантаження і до повної втрати несучої здатності. Основною проблемою при розробці методу розрахунку елементів в тому числі і з деревини є визначення критеріїв руйнування. Дослідження ж законів силового деформування деревини та встановлені критерії руйнування таких елементів дає можливість об'єктивно враховувати властивості матеріалу в оцінюванні роботи під навантаженням та проектуванні оптимально ефективних конструктивних елементів з деревини.

В роботі [4] критерієм руйнування в поперечному нормальному перерізі пропонується вважати руйнування елементу з деревини в момент коли деформації в найвіддаленішій точці від нейтральної лінії розтягнутої або стиснутої зон досягають граничного значення. Такий критерій є деформаційним і має такий вигляд:

– для розтягнутої зони:

$$u_{t,m,fin,d} = u_{t,fin,d,u}, \qquad (2)$$

де $u_{t,m,fin,d}$ – значення повних відносних деформацій найбільш найвіддаленіших розтягнутих шарів елемента з деревини; $u_{t,fin,d,u}$ – граничне значення повних відносних деформацій деревини за розтягу;

– для стиснутої зони:

$$u_{c,m,fin,d} = u_{c,fin,d,u}, \qquad (3)$$

де $u_{c,m,fin,d}$ – значення повних відносних деформацій найбільш найвіддаленіших стиснутих шарів елемента з деревини; $u_{c,fin,d,u}$ – граничне значення повних відносних деформацій деревини за розтягу.

Метою даної роботи є встановлення напружено-деформованого стану на базі деформаційних критеріїв руйнування в поперечному нормальному перерізі елементів з деревини на різних етапах завантажень. Пропонується вважати руйнуванням елементу з деревини в момент коли деформації в найвіддаленішій точці від нейтральної лінії розтягнутої чи стиснутої зони досягають граничного значення. Такий критерій руйнування є деформаційним.

Методика досліджень. З огляду на зазначену мету було проаналізовано напружено-деформований стан роботи балок з деревини за дії короткочасного навантаження, які досліджувалися в лабораторії кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд Національного університету водного господарства та природокористування.

Основна частина. Для проведення експериментальних досліджень була прийнята статична схема - балка на двох опорах, прольотом 1,5 м, завантажена двома симетрично зосередженими силами, відстань між якими складає 400мм. Зовнішнє зусилля створювалося за рахунок домкрата, а величина навантаження фіксувалося динамометром. Навантаження на балку прикладалося ступенями по (0,1…0,15) від орієнтовного руйнівного зусилля. Під час проведення експерименту виконувалося фотографування дослідних зразків.

Для вимірювання деформацій деревини дослідних зразків були наклеєні тензодатчики базою 50 мм у верхній, нижній зонах балок, а також на бічних поверхнях. Схеми розміщення тензодатчиків зображені на рис.1.

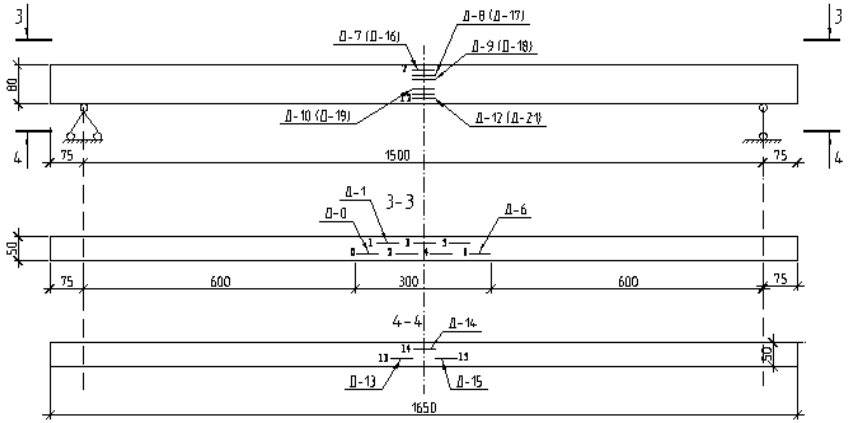

Рис. 1. Схема розміщення тензодатчиків на балці з деревини Б2…Б4

В основу розрахункового апарату складемо такі передумови:

а) по висоті розрахункового перерізу справедлива гіпотеза про лінійний розподіл деформацій;

б) зв'язок між напруженнями і деформаціями розтягнутої деревини приймається у вигляді діаграми, що показана на рис. 2 та описується поліномом другого ступеня [5,6]:

$$\sigma_{t,d} = K_{1t} u_{t,d} + K_t u_{t,d}^2 ; \qquad (3)$$

в) зв'язок між напруженнями і деформаціями стиснутої деревини приймається у вигляді діаграми, яка показана на рис.2 та описується поліномом другого ступеня [5,6]:

$$\sigma_{c,d} = K_{1c} u_{c,d} + K_c u_{c,d}^2 , \qquad (4)$$

та яка за допомогою простих математичних перетворень може бути виражена функцією, яку запропонував Ф.І. Гарстнер, у вигляді

$$\sigma_{c,d} = E_o u_{c,d} - \frac{E_o^2}{4 f_{c,0,d}} u_{c,d}^2 ; \qquad (5)$$

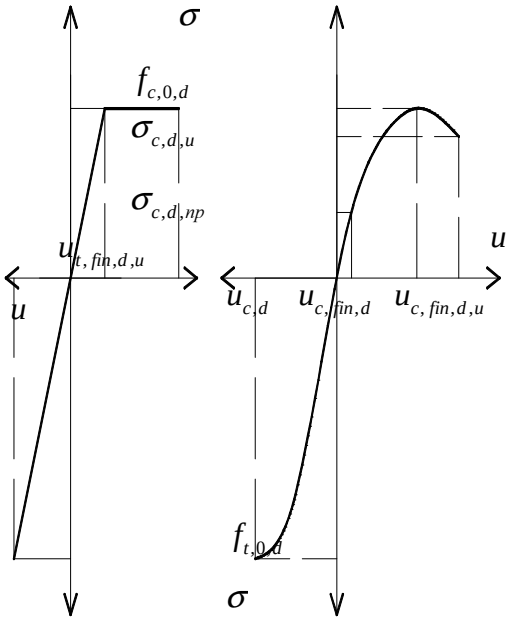

Рис.2. Діаграми деформування деревини "напруження – деформації" ($\sigma - \varepsilon$) за короткочасного стиску та розтягу

За критерії втрати несучої здатності перерізу приймаємо:

а) руйнування розтягнутої деревини за досягнення найбільш розтягнутим шаром граничних значень деформацій;

б) руйнування стиснутої деревини за досягнення найбільш стиснутим шаром граничних значень деформацій;

в) втрата рівноваги між внутрішніми та зовнішніми зусиллями;

г) розглядаємо елементи з деревини, в яких силові фактори повинні бути прикладені таким чином, щоб не викликати кручення;

д) розрахунковим є переріз в якому в стиснутій зоні утворюється складка.

Розрахунок виконуємо за деформаційною моделлю, що базується на деформаційному критерію руйнування елемента з деревини [4] та враховує приріст деформацій в різних точках по висоті розрахункового перерізу. Для стиску деревини приймаємо знак додатній, а для розтягу – від'ємний.

Отримані результати деформування поперечного перерізу балки БЗ показано на рис.3.

На основі отриманих відносних деформацій в різних точках поперечного перерізу балок з деревини за формулою 5 були побудовані епюри напружень стиснутої зони від початку завантаження до повного руйнування елемента. На рис. 4 показано характер розподілення напружень в стиснутій зоні балки БЗ за навантажень $0{,}5M_{руй}$, на початку утворення складки та при навантаженнях близьких до $M_{руй}$.

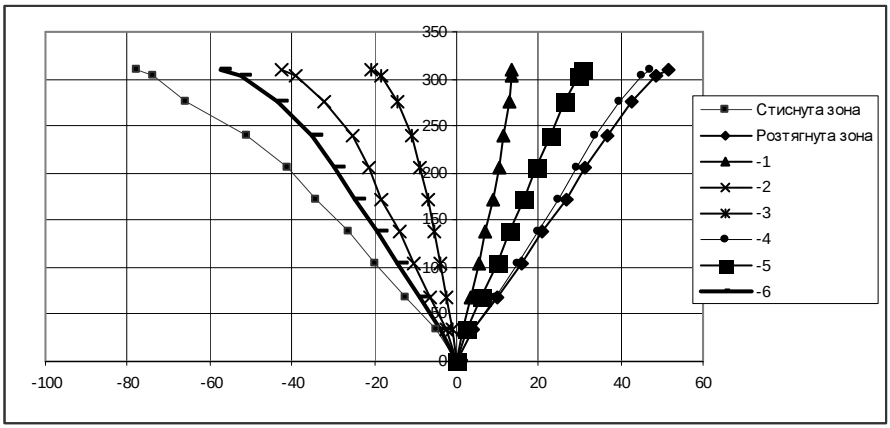

Рис.3. Графіки деформування різних точок поперечного перерізу балки БЗ з деревини суцільного поперечного перерізу

Висновки. В результаті запропонованої методики були визначені напруження в стиснутій зоні балок з деревини та встановлений напружено-деформований стан на різних етапах завантажень на основі деформаційних критеріїв руйнування в поперечному нормальному перерізі елементів.

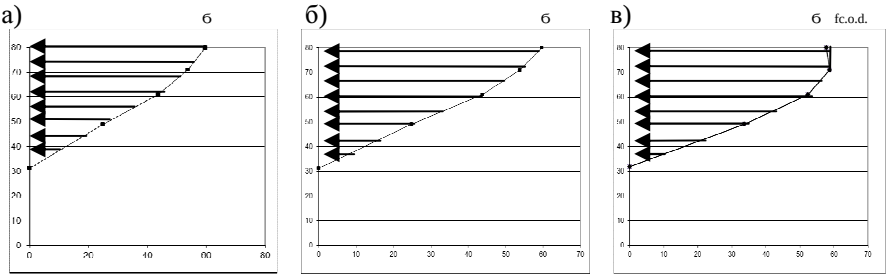

Рис. 4. Напруження в стиснутій зоні балки з деревини Б3 за навантажень: а) - 0,5$М_{руй}$; б) – на початку утворення складки; в) – при навантаженнях близьких до $М_{руй}$

Пропонується вважати повним руйнуванням елементу з деревини в момент коли деформації в найвіддаленішій точці від нейтральної лінії розтягнутої чи стиснутої зони досягають граничного значення.

1. ДБН В.2.6-161:2010. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. – Київ: Укрархбудінформ, 2011.- 102с. 2. СНиП II-25-80. - Деревянные конструкции. Нормы проектирования. –М.: Стройиздат, 1982. – 65с. 3. Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1.1. General rules and rules for buildings. – 1995. - 124p. 4. Гомон С.С. Критерій руйнування позацентровостиснутих та згинальних елементів з деревини з урахуванням пружнопластичної роботи матеріалу з обмеженою деформативністю/ С.С. Гомон// Зб. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди.- Вип. 25. Рівне, НУВГП, 2013.- С. 248-253. 5. Гомон С.С. Діаграми механічного стану деревини сосни за одноразового короткочасного деформування до повної втрати міцності матеріалу/ С.С.Гомон, С.С.Гомон, Т.А.Сасовський// Зб. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди.- Вип. 23. Рівне, НУВГП, 2012.- С. 161-166. 6. Гомон С.С. Расчет элементов конструкций из древесины при работе на косой изгиб с использованием полной диаграммы деформирования материала/ С.С. Гомон // Сб. научн. трудов. Современные строительные конструкции из металла и древесины. - Одесса: ОГАСА, 2010.- №16, Ч1.- с. 64-70. 11