

УДК 624.011.01.4

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ДЕРЕВИНИ ПРИ ДІЇ ПОВТОРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗА КРИТЕРІЄМ ДЕФОРМАЦІЙНОГО РУЙНУВАННЯ

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОВТОРНЫХ НАГРУЗОК ПО КРИТЕРИЮ ДЕФОРМАЦИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ

WOOD BUILDING STRUCTURES UNDER THE ACTION REPEATED LOADINGS WITH FAILURE DEFORMATION CRITERION

Гомон С.Ст., к.т.н., проф., Гомон С.Св., к.т.н., доц. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Гомон С.Ст., к.т.н., проф., Гомон С.Св., к.т.н., доц. (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

Gomon S.St, candidate of technical sciences, professor, Gomon S.Sv, candidate of technical sciences, associate professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

Наведені результати аналізу механічного стану деревини та проведено експериментально-теоретичні дослідження оцінки руйнування матеріалу за дії повторного навантаження.

Приведены результаты анализа механического состояния древесины и проведены экспериментально-теоретические исследования оценки разрушения материала при действии повторных нагрузок.

In the article you can find the results of the analytical analysis of the mechanical condition of the wood and the results of experimental and theoretical researches of fracture assessment material under the action repeated loadings.

Ключові слова:

Деревина, міцність, деформації, повторні навантаження.

Древесина, прочность, деформации, повторне нагрузки.

Wood, strength, deformation, action repeated loadings.

Стан та задачі досліджень. Сучасне будівництво, яке ведеться навіть в нинішніх умовах в великих масштабах, є однією з найбільш матеріальних галузей країни. Отже актуальним на даний час є зниження матеріалоемності

будівництва і доцільною є задача більш широкого використання легких матеріалів, в тому числі, і деревини. За рахунок оптимізації зовнішніх навантажень [1], внутрішніх силових діянь та великих резервів силового опору деревини за рахунок фізичної нелінійності та повзучості значно збільшується безпека та живучість таких легких конструкцій з деревини. Так як технологічні експлуатаційні рівні малоциклових навантажень (на перекриття виробничих, громадських, житлових будівель та споруд різного призначення), як правило, не перевищують розрахункових граничних, а в багатьох випадках і експлуатаційних рівнів, то дія таких навантажень передбачає роботу матеріалу елементів конструкцій при низьких та середніх рівнях напружень. Це створює сприятливі умови для перерозподілу напружень з поступовим послабленням і подальшою ліквідацією концентраторів напружень в матеріалі, внаслідок чого проходить ущільнення і призупиняється ріст деформацій. Але за тривалої експлуатації конструкцій і споруд з деревини досить часто в інженерних розрахунках поряд з забезпеченням умов нормальної експлуатації елементів конструкцій, виникає потреба в підрахунках подальшої життєздатності конструкцій і споруд. Також виникає потреба у визначенні залишкової несучої спроможності у випадку порушення їх працездатності за дії непередбачуваних впливів для конструкцій з деревини за чинними нормами, які вважаються зруйнованими, але ще можуть не створювати певний час загрози для життя і здоров'я людей та довкілля. Таким чином створити умови на певний час запобігання ймовірності прогресуючого руйнування – однієї з найважливіших умов безпечної експлуатації конструкцій і будівель.

Враховуючи те, що критеріями руйнування є досягнення матеріалом граничних деформацій [2,3], такий критерій є деформаційним і буде мати такий вигляд:

– для розтягу:

$$u_{t,m,fn,d} = u_{t,fn,d,u} \quad (1)$$

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

– для стиску:

$$u_{c,m,fn,d} = u_{c,fn,d,u} \quad (2)$$

де $u_{c,m,fn,d}$ – значення повних відносних деформацій найбільш завантажених стиснутих шарів елемента з деревини; $u_{c,fn,d,u}$ – граничне значення повних відносних деформацій деревини за стиску (рис 1).

Метою даної роботи є визначення методики для подальшого створення розрахунку конструкцій з суцільної та клеєної деревини за дії циклових

навантажень з врахуванням фізичної нелінійності матеріалу та на основі деформаційного критерію руйнування.

Методика досліджень. З огляду на зазначену мету було проаналізовано напружено-деформований стан елементів з деревини, що працюють за дії

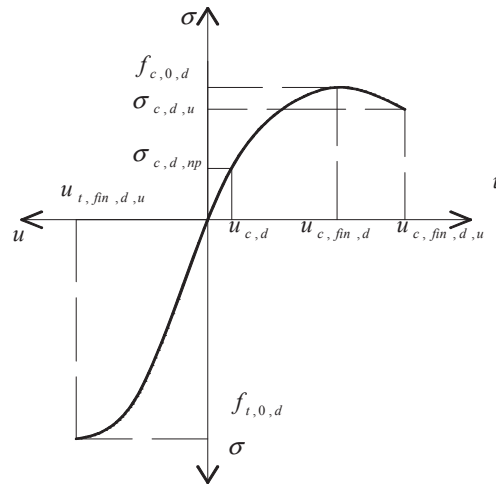


Рис.1. Діаграми деформування деревини “напруження – деформації” ($\sigma - \epsilon$) за стиску та розтягу

повторних навантажень в докритичній (деформування від 0 до $u_{c,fin,d}$) та закритичній стадіях (деформування від $u_{c,fin,d}$ до $u_{c,fin,d,u}$).

Основна частина. Відмова деяких елементів конструкцій з деревини внаслідок роботи певного періоду часу за високих рівнів повторних навантажень може бути безпосередньою причиною аварійної ситуації всієї конструкції чи споруди в цілому. При виникненні такої небезпеки є необхідність у визначенні роботоздатності елементів чи конструкцій протягом певного часу, достатнього для вжиття термінових заходів (наприклад, для евакуації людей). Заходи, що знижують появу лавиноподібного руйнування є прогнозування часу працездатності конструкцій чи їх елементів, відмова яких може бути безпосередньою причиною аварійної ситуації, для вжиття певних термінових дій.

Перевірка несучої здатності поперечних перерізів елементів за чинними нормами проектування конструкцій з деревини [4,5,6,7] не встановлює обов'язкові вимоги щодо використання нелінійних розрахункових моделей і вони розраховуються в припущенні лінійної залежності навантажувальних ефектів від параметрів, пропорційно яким змінюється величина навантаження, тому необхідно виконувати таку перевірку з урахуванням нелінійних властивостей матеріалу.

Так як, за високих рівнів напружень в деревині виникає складна нелінійна повзучість, то для оцінки роботи деревини за дії змінних навантажень використаний метод, розроблений А.Р. Ржаніциним. Можна встановити три стадії деформування деревини під навантаженням перехід з одної в другу стадію визначається граничними деформаціями $u_{c,d,np}$ і $u_{c,fin,d}$, які є критичними для кожної стадії і характеризуються наступними особливостями (рис.2):

а) на першій стадії деформування, якщо деформації не перевищують значень $u_{c,d,np}$, пружні деформації та повзучість є зворотною і процес описується положеннями лінійної повзучості;

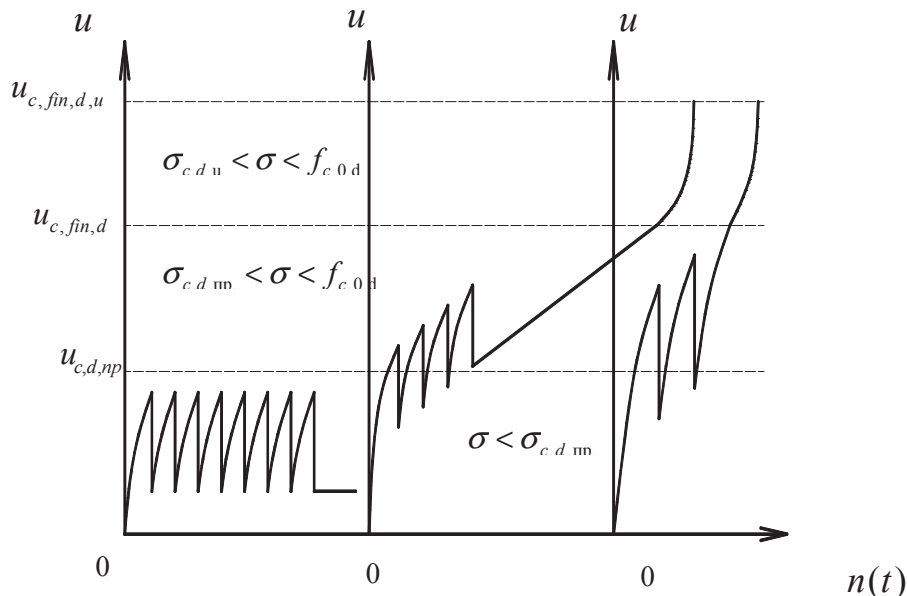


Рис. 1. Межі діаграм деформування деревини за дії повторного навантаження

б) на другій стадії деформування проходить накопичення повзучості з постійною швидкістю за дії повторних навантажень на верхньому та нижньому рівнях та сумарні деформації в більшій мірі незворотні і вони більші за $u_{c,d,np}$ та менші за $u_{c,fin,d}$;

в) на третій стадії за досягнення верхнім рівнем повторних навантажень деформацій, які перевищують $u_{c,fin,d}$, робота матеріалу переходить в закритичну стадію та проходить критичне зростання незворотних деформацій.

Характеризуючи першу стадію, можна говорити про те, що за роботи на сприйняття навантажень елементами конструкцій з деревини значення

$u_{c,d,пр}$ є межею пристосування деревини до дії повторних навантажень. Межа пристосування за повторних малоциклових навантажень була встановлена при максимальному розрахунковому числі прикладення малоциклових навантажень, яке становило $n_{cic}=100000$ [8,9]. При роботі деревини в режимі повторних навантажень в цій стадії руйнування матеріалу не проходить.

При роботі деревини в режимі другої стадії проходить накопичення незворотних деформацій і в залежності від верхнього рівня завантаження мало цикловим навантаженням може бути два варіанти періоду життєздатності елементів конструкцій з деревини.

В першому варіанті, якщо кількість циклів, яка прикладалася до елемента конструкції, є меншою межі витривалості і зовнішнє навантаження не зникло, тобто необхідно визначити час життєздатності конструкції після дії повторного навантаження. Загальний час життєздатності можна визначити як

$$t = t_{cic} + t_1, \quad (3)$$

де t_1 – час деформування деревини до початку третьої стадії роботи за тривалої дії незмінного навантаження. Значення t_1 визначиться виходячи з умови деформування на другій стадії роботи за пропозицій Пятікрестовського К.П. [10] дещо пристосувавши до роботи за повторних навантажень і яку запишемо у вигляді

$$u_{c,fin,d} = u_{c,cic} (1 - b(t_1 - t_{cic})^{0,21}), \quad (4)$$

і якщо ми її дещо перетворимо та запишемо у вигляді:

$$t_1 = \sqrt[0,21]{\frac{1 - \frac{u_{c,fin,d}}{u_{c,cic,d}} - bt_{cic}^{0,21}}{b}}, \quad (5)$$

$$\text{де } b = \frac{10^{-2}}{0,735 - 0,02086W}, \quad (6)$$

W – вологість деревини.

В другому варіанті є необхідність визначення кількості циклів, яка дорівнює межі витривалості, дещо перетворивши вираз [8,9]

$$\eta = 0,9909 n_{cic}^{-0,0562}, \quad (7)$$

і записати у вигляді

$$n_{cic} = \sqrt[0,0562]{\frac{\eta}{0,9909}}. \quad (8)$$

Час, який конструкція ще є життєздатною за дії повторного навантаження, можна визначити з умови

$$t_{cic} = n_{cic}(\Delta t_{cic}), \quad (9)$$

де t_{cic} – час життєздатності конструкції за дії повторного навантаження;
 (Δt_{cic}) – час прикладення одного циклу повторного навантаження.

Інтенсивний ріст деформацій в третій стадії роботи проходить на низхідній вітці деформування матеріалу в за критичній зоні і не дає можливості визначення часу деформування, так як без різкого зменшення навантажень проходить майже миттєве руйнування елементів конструкцій.

Висновки. Прийняті деформаційні критерії міцності дають можливість:

- а) визначити основні параметри для розробки методики нелінійного розрахунку дерев'яних конструкцій на основі деформаційного критерію руйнування матеріалу;
- б) на основі експериментально-теоретичних досліджень встановити можливість використання резервів тимчасової несучої здатності елементів конструкцій з деревини;
- в) встановити можливість запобігання лавиноподібного руйнування конструкцій з деревини та будівель і споруд в цілому.

1. ДБН В. 1.2.-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. / Мінбуд України. – К.: Мінбуд України, 2006 – 60с. 2. Гомон С.С. Діаграми механічного стану деревини сосни за одноразового короточасного 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. 3. Гомон С.С. Критерій руйнування позацинтриковостиснутих 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. 4. ДБН В.2.6-161:2010. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. – Київ: Укрархбудінформ, 2011.- 102с. 5. СНиП II-25-80. - Деревянные конструкции. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1982. – 65с. 6. Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1.1. General rules and rules for buildings. – 1995. - 124p. 7. ДСТУ –Н Б В.2.6-184:2012 Конструкції з цільної і клеєної деревини. Настанова з проектування. / Мінрегіон України. – К. : Мінрегіон України, 2013 – 158с. 8. Гомон С.С. Малоциклова витривалість деревини повторним навантаженням /С.С. Гомон, Т.А. Сасовський// Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сб. науч. труд. – Одесса: ОГАСА, 2011.- №15, Ч3.- С. 18-22. 9. Гомон С.С. Діаграми механічного стану деревини сосни за повторного деформування до повної втрати міцності матеріалу / С.С.Гомон, С.С.Гомон, Т.А.Сасовський// Зб. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. - Вип. 24. Рівне, НУВГП, 2012.- С.106-112. 10. Пятикрестовский К.П. Силовое сопротивление пространственных деревянных конструкций при кратковременных и длительных нагрузках /Константин Пантелеевич Пятикрестовский // Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – М., 2011.- 44с.