

УДК 624.011.01.4

**ПЕРЕДУМОВИ ДО ЗАПОБИГАННЯ ПРОГРЕСУЮЧОМУ
РУЙНУВАННЮ КОНСТРУКЦІЙ З ДЕРЕВИНИ ПРИ ДІЇ РІЗНИХ
ВИДІВ НАВАНТАЖЕНЬ**

**ПРЕДПОСЫЛКИ К ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО
РАЗРУШЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ
РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ НАГРУЖЕНИЯ**

**BACKGROUND TO PREVENT PROGRESSIVE DESTRUCTION OF
WOOD STRUCTURES WITH SHORT, LONG, CYCLE AND EPISODIC
LOADINGS**

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

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

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

В статті наведені результати експериментально-теоретичних досліджень стадії роботи деревини за дії різних видів навантажень.

В статье приведены результаты экспериментально-теоретических исследований стадии работы древесины при действии разных видов нагрузок.

The article presents the results of experimental-theoretical research different stages wood structures with the action of different loads.

Ключові слова:

Деревина, деформації, навантаження.

Древесина, деформации, нагрузки.

Wood, deformation, loading.

Вступ. Досить часто в інженерних розрахунках виникає потреба в підрахунках залишкової несучої спроможності конструкцій з деревини, які мають дефекти (наприклад, при визначенні ресурсу несучої здатності пошкоджених конструкцій, при значних техногенних аваріях чи землетрусах

та за дії інших додаткових малоїмовірних навантажень), за чинними нормами вважаються зруйнованими.

Запобігання прогресуючому руйнуванню – одна з найважливіших умов безпечної експлуатації новобудов і існуючих будівель.

Стан питання та задачі дослідження. “Безпечність - властивість об'єкта при експлуатації, а також у випадку порушення працездатності не створювати загрози для життя і здоров'я людей та загрози для довкілля” - ГОСТ 27.002.

Тому поряд з умовами нормальної експлуатації, при проектуванні, повинні розглядатися небезпеки, які самі по собі або у сполученні з іншими факторами можуть призвести до порушення нормальної працездатності конструкцій чи їх елементів.

Небезпеки можуть бути наслідками багатьох факторів, але ми зупинимось на перевантаженнях викликаних різкими змінами роботи конструкцій, які виникають при стихійних лихах, техногенних аваріях, прихованих дефектах та інших виняткових подіях.

За наявності виходу з роботи (руйнування) одного із несучих елементів об'єктів класів відповідальності СС3 та СС2, сусідні конструкції продовжують роботу і в цих конструктивних елементах з деревини виникає складний деформовано-напружений стан високих рівнів: – косий згин, косий згин з позacentровим стиском, позacentровий стиск, косий стиск незалежно від категорії відповідальності елемента. Аналіз такого складного напружено-деформованого стану будівельних конструкцій з деревини, що тимчасово зберігають несучу здатність не виконувався, а методика розрахунку конструкцій після дії повторних та епізодичних навантажень, для запобігання лавиноподібного руйнування конструкцій будівлі, поки що не розроблена.

Малоїмовірні небезпечні впливи мали б враховуватись протягом усього періоду експлуатації об'єкта, але це врахування, як правило, приводить до здорожчання конструкцій та і в цілому об'єкта. Тому доцільніше оцінювати працездатність конструкцій з деревини при проектуванні на певний період часу за дії непередбачуваних малоїмовірних впливів, враховуючи просторову нерівномірність та періодичність цих впливів. Послабити наслідки небезпек – проектуванням об'єкта таким, щоб конструкції, відмова яких може бути безпосередньою причиною аварійної ситуації, при виникненні небезпеки, зберігали працездатність протягом часу, достатнього для вжиття термінових заходів (наприклад, для евакуації людей). Зробити це за чинних норм [1,2,3,4], які діють на теренах різних держав неможливо, бо розрахунок роботи елементів конструкцій з деревини за лінійних умов деформування не дає можливості це виконати.

Методика досліджень. Розглянемо лише небезпечні впливи [5] які можуть виникати і призводити до перевантажень та повинні передбачуватись протягом усього періоду будівництва та експлуатації. Хоча треба сказати, що

такі впливи малоймовірні. При оцінці малоймовірних впливів повинна враховуватися їх тривалість, нерівномірність та періодичність.

Різні властивості деревини в залежності від породи та неоднорідні матеріалу однієї породи пов'язано з її анатомічною будовою. Різні кліматичні умови росту впливають на анатомічну будову деревини наряду з різним розвитком клітин ранньої і пізньої деревини. Враховуючи властивість деревини по різному чинити опір на стиск і розтяг та враховуючи те, що конструкційний матеріал показує ряд особливостей нелінійного деформування та руйнування [6,7], робота матеріалу за верхніх режимів навантаження на даний час не вивчена в повному обсязі.

Виходячи з того, що стиснуті та зігнуто-стиснуті елементи з деревини деформуються нелінійно, то цей процес можна апроксимувати функцією запропонованою в роботі [8]

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

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

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

Критеріями ж руйнування елемента є досягнення матеріалом граничних деформацій. Ці критерії є деформаційними та будуть мати такий вигляд (див. рис 1):

– для розтягнутої зони:

$$u_{t,m,fin,d} = u_{t,fin,d,u}, \quad (3)$$

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

– для стиснутої зони:

$$u_{c,m,fin,d} = u_{c,fin,d,u}, \quad (4)$$

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

Результати досліджень. Так як, за високих рівнів напружень в деревині виникає складна нелінійна повзучість, то до деформування деревини під навантаженням можна використати метод, розроблений А.Р. Ржаніциним, який враховує різний стан деформування матеріалу. Тому діаграму стиску деревини за рівномірного короткочасного зростання навантажень в часі, можна показати в залежності від цього часу (рис.2).

В такому режимі навантажень, за звичай, будівельні конструкції на практиці не працюють, але для пояснення суті методики є необхідність розглянути стадії деформування деревини.

За діаграмою можна встановити три стадії деформування деревини під навантаженням, які характеризуються наступними особливостями:

- на першій стадії деформування за дії короточасного навантаження від 0 до $U_{c,d}$ в деревині виникають пружні та еластичні деформації, які мають зворотну властивість;
- друга стадія характеризується розвитком еластичних та пластичних деформацій і лише частина, яких є зворотними та які не перевищують значень $U_{c,fin,d}$;
- третя стадія характеризується критичним зростанням незворотних деформацій, які перевищують $U_{c,fin,d}$.

Для оцінки роботи деревини за дії тривалих навантажень Пятикрестовський К.П. [9] застосував метод А.Р. Ржаніцина. В роботі встановлено також три стадії деформування деревини під навантаженням, які характеризуються наступними особливостями (рис.3):

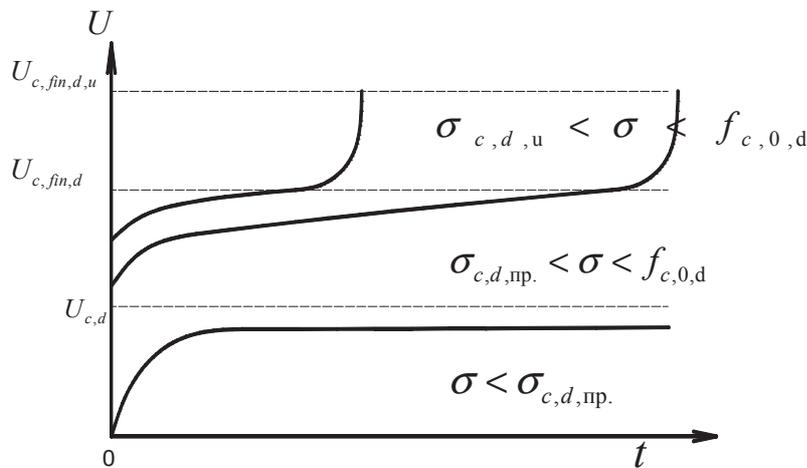


Рис. 3. Діаграми деформування деревини за тривалої дії постійного навантаження в часі

- а) на першій стадії деформування повзучість є зворотною та описується положеннями лінійної повзучості, а деформації не перевищують значень $U_{c,d}$;

б) на другій стадії деформування проходить з постійною швидкістю зростання повзучості за дії постійних навантажень і деформації в більшій мірі незворотні і вони більші за $u_{c,d}$ та менші за $u_{c,fin,d}$;

в) на третій стадії проходить критичне зростання незворотних деформацій, які перевищують $u_{c,fin,d}$.

Досліджуючи роботу деревини за повторних навантажень можна встановити також три стадії деформування деревини під навантаженням. Перехід з однієї стадії 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.4)

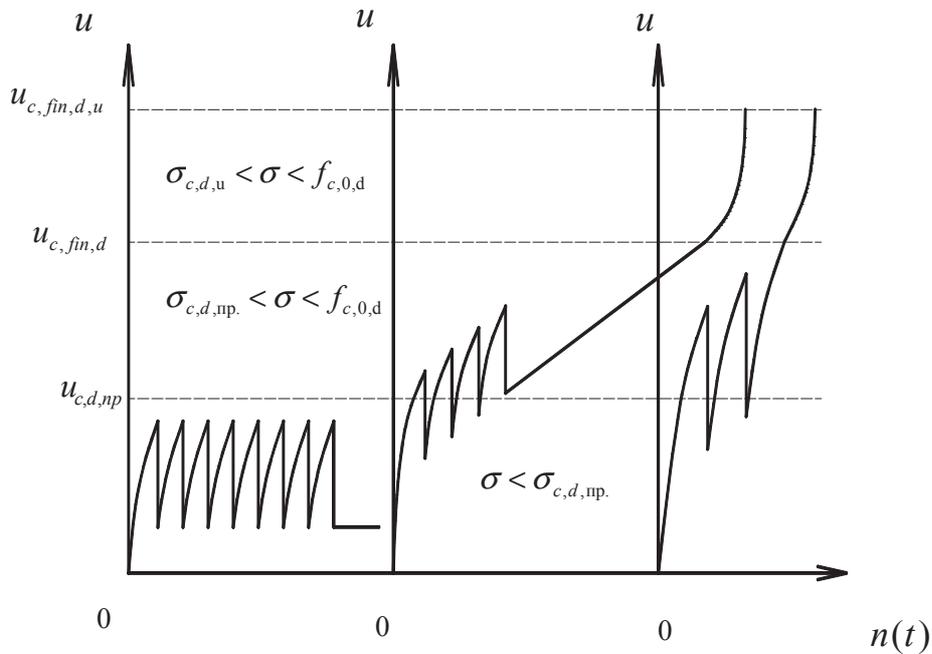


Рис. 4. Межі діаграм деформування деревини за дії повторного навантаження в часі

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;

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 $u_{c,d,пр}$ 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.

При роботі деревини за тривалих постійних навантажень та передбачуваних чи непередбачуваних епізодичних впливів також зробимо аналіз працездатності на трьох стадіях деформування деревини (рис.5):

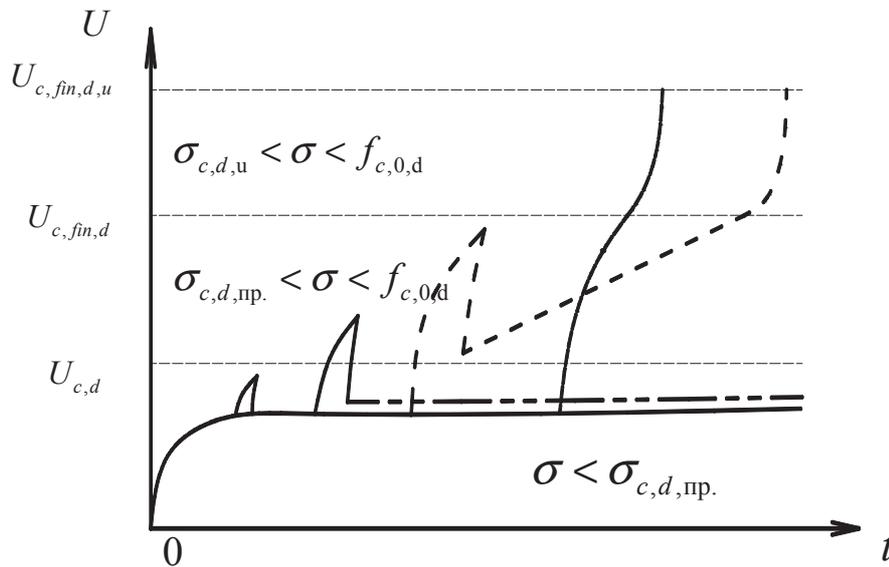


Рис. 5. Діаграми деформування деревини за тривалої і епізодичної дії навантаження в часі

а) на першій стадії деформування повзучість є зворотною та описується положеннями лінійної повзучості і повні деформації при зникненні епізодичного навантаження не перевищують значень $u_{c,d}$;

б) на другій стадії деформування проходить з постійною швидкістю зростання повзучості за дії постійних навантажень і деформації в більшій

мірі незворотні і вони більші за $u_{c,d}$ та менші за $u_{c,fin,d}$;

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

Таким чином у всіх випадках за різної дії навантажень можна констатувати незворотне руйнування конструкції при досягненні третьої стадії деформаційного стану за умови $u \geq u_{c,fin,d}$.

Заходи, що знижують появу лавиноподібного руйнування є прогнозування часу працездатності конструкцій чи їх елементів [10].

Так, як перевірка несучої здатності поперечних перерізів елементів за нормами проектування конструкцій з деревини 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, то для цього необхідно виконувати перевірку з урахуванням нелінійних властивостей матеріалу.

Для такої перевірки 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) екстремального критерію - втрати рівноваги між внутрішніми та зовнішніми зусиллями;

г) розрахунок виконуємо за деформаційною моделлю, що враховує приріст деформацій в розрахунковому перерізі;

д) для стиску деревини приймаємо знак додатній, а для розтягу – від'ємний.

Критерієм руйнування в поперечному нормальному перерізі пропонується вважати руйнування елемента з деревини в момент коли деформації за стиску (розтягу) за осьових навантажень, і за згину - в найвіддаленішій точці від нейтральної лінії розтягнутої або стиснутої зон, досягають граничного значення. А такий критерій є деформаційним [11].

При роботі деревини на розтяг можна встановити три стадії деформування деревини за різних режимів прикладення навантажень в

різних елементах будівельних конструкцій аналогічно стиску. Порядок досліджень при роботі деревини на розтяг вести в такій же послідовності, що і на стиск.

Висновки та перспективи досліджень.

1. Побудовано діаграми деформування деревини стиску за різних видів прикладення навантажень.

2. Аналізом результатів експериментально-теоретичних досліджень роботи деревини до повної втрати несучої здатності та діаграм деформування встановлено три стадії нелінійної роботи матеріалу за стиску та розтягу.

3. Встановлено межі безпечної, ризикованої та аварійної роботи елементів та конструкцій з суцільної та клеєної деревини за різних режимів зовнішніх навантажень.

4. Є необхідність встановлення часу життєздатності конструкцій з деревини в різних режимах навантаження, а також в подальших дослідженнях запобігання лавиноподібного руйнування.

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. ДСТУ –Н Б В.2.6-184:2012 Конструкції з цільної і клеєної деревини. Настанова з проектування. / Мінрегіон України. – К. : Мінрегіон України, 2013 – 158с. 5. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. Основні положення. 6. Иванов Ю.М. О деформациях и напряжениях в древесине как неоднородном материале /Ю.М. Иванов// Труды института леса АН СССР.- М.; Л., 1949. Т.IV. 7. Леонтьев Н.Л. О зональном распределении физико-механических свойств древесины сосны /Н.Л. Леонтьев // Природа .- 1949.- №6. 8. 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// 36. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди.- Вип. 23. Рівне, НУВГП, 2012.- С. 161-166. 9. Пятикрестовский К. П. Силовое сопротивление пространственных деревянных конструкций при кратковременных и длительных нагрузках / Константин Пантелеевич Пятикрестовский // Автореферат д.т.н.–М., 2012.– 44 с. 10. Гомон С.С. Особливості роботи будівельних конструкцій з деревини при дії повторних навантажень за критерієм деформаційного руйнування / С.С.Гомон, С.С.Гомон// 36. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди.- Вип. 28. Рівне, НУВГП, 2014.- С. 152-157. 11. Гомон С.С. Критерій руйнування позацентровостиснутих та згинальних елементів з деревини з урахуванням пружнопластичної роботи матеріалу з обмеженою деформативністю/ С.С. Гомон// 36. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди.- Вип. 25. Рівне, НУВГП, 2013.- С. 248-253.5.