УДК 539.4:624.011

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ТА ДЕФОРМАТИВНОСТІ ДЕРЕВИНИ СОСНИ ЗА ПОВТОРНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ДО ДОСЯГНЕННЯ ПОВНОЇ ВТРАТИ МІЦНОСТІ МАТЕРІАЛУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ПРИ ПОВТОРНОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ ДО ДОСТИЖЕНИЯ ПОЛНОЙ ПОТЕРИ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛА

THE WOODEN PINE TREE DIAGRAM MECHANICAL CONDITION OF CYCLE DEFORMATION TO THE LOST STRENGTH OF MATERIAL

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

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

Gomon S.St., candidate of technical sciences, associate professor, Gomon S.S., candidate of technicalsciences, associate professor, Sasovscy T.A. (National university of water managements and natural recourses used, Rivne)

Наведені результати експериментальних досліджень міцності та деформативності деревини сосни та проведено аналітичний опис механічного стану матеріалу за повторного навантаження до повної втрати несучої здатності матеріалу.

Приведены результаты экспериментальных исследований прочности и деформативности древесины сосны и проведено аналитическое описание состояния материала при повторном нагружении к полной потере несущей способности.

In the article you can find the results of experimental researches pine tree strength and deformation. 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, деформації.
Древесина, прочность, сжатие, деформации.
Wood, strength, compression, deformation.

Стан питання та задачі дослідження. Використання деревини в будівництві уже багато століть як єдиного матеріалу , що відновлює природа, є перспективним, екологічно-чистим, безпечним, естетичним будівельним матеріалом. Винахід же клеєної деревини дає можливість її використання у всіх напрямках будівництва.

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. Дослідження ж законів силового деформування деревини дає можливість об'єктивно враховувати властивості матеріалу в оцінюванні роботи під навантаженням та проектуванні конструктивних елементів з деревини. Особливо актуальним дане питання є при запобіганні прогресуючому руйнуванню – одного з найважливіших умов безпечної експлуатації, як новобудов, так і існуючих будівель. Для послаблення наслідків такої небезпеки необхідно проектувати об'єкти такими, щоб несучі конструкції, відмова яких може бути безпосередньою причиною аварійної ситуації при виникненні небезпеки, зберігали працездатність протягом певного часу, достатнього для вжиття термінових заходів [1]. За наявності виходу з роботи (руйнуванню) одного із несучих елементів об'єктів класів відповідальності СС3 та СС2, сусідні конструкції включаються в роботу і виникає в цих конструктивних елементах з деревини складний деформовано-напружений стан – косий згин, косий згин з позацентровим стиском, позацентровий стиск, косий стиск. Аналіз такого складного напружено-деформованого стану будівельних конструкцій з деревини, що тимчасово зберігають несучу здатність не зроблено, а методика розрахунку конструкцій після дії повторних навантажень, для запобігання лавиноподібного руйнування конструкцій будівлі, поки що не розроблена [2,3,4].

У більшості проведених на даний час відомих експериментальних досліджень деформування деревини під навантаженням вздовж волокон не

вивчалась робота деревини за повторних мало циклових навантажень. . Вивчення роботи деревини з побудовою повної кривої деформування пружно-пластичного матеріалу можна здійснити лише за досліджень при яких навантаження прикладається до зразка з постійним зменшенням значень [5] в жорсткому режимі роботи.

Метою даної роботи є розробити методику визначення напружено-деформованого стану нормальних перерізів з деревини за стиску вздовж волокон та побудова повної діаграми фізичного стану деревини від початку завантаження і аж до руйнування матеріалу за дії повторних навантажень.

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

Основна частина. У першій серії зразки випробовувалися з метою встановлення руйнівного навантаження, в другій - на дію повторних малоциклових навантажень вздовж волокон відповідно при рівнях: 0,6R; 0,7R; 0,75R; 0,8R; 0,9R. Випробовувалися по три однакових зразки у кожному з рівнів випробування. Дослідження проводилися на зразках з сосни розмірами 45х45х250 мм, що виросла в лісах Рівненської області. Виготовлення зразків для серії випробувань проводили з одного довгого бруска по десять-дванадцять заготовок. Всі грані зразків були чисто оброблені.

Висушування деревини для виготовлення зразків проводилося на протязі одного року за нормальної вологості середовища в 60-70% та температури 18-21°С з доведенням до необхідної проектної вологості деревини в 12% в термокамері.

Для визначення деформацій волокон деревини використали тензодатчики разом з тензометричним комплексом СИИТ-3. На кожну призму приклеювали по тензодатчику з кожної із бокових сторін, база яких складає 5 см. Вони були розміщені вздовж до напрямку дії сили та волокон.

При збільшенні навантаження на пресі, при доведенні зразка до руйнування, після прикладення розрахункового числа циклів, фактичне зусилля, яке сприймалося зразком, поступово зменшувалося за рахунок передачі частки зусилля на гідродомкрати. Включення в роботу гідродомкратів забезпечило можливість отримання експериментальних даних по встановленню межі критичних деформацій ε_{df} за середнього значення тимчасового опору стиску деревини вздовж волокон $f_{c,o,d}$=43,67 МПа, та можливість встановлення експериментальних даних у закритичній зоні

роботи деревини, в якій рівні деформування деревини $\varepsilon_{d,i}$ перевищують критичні деформації у вершині діаграми.

За результатами випробувань побудовані діаграми повного деформування деревини вздовж волокон σ_d - ε_d з теоретичною спадною віткою з обмеженням її довжини $\varepsilon = 1{,}45\varepsilon_{d,f}$. Приклад побудови діаграм деформування показано по середніх значеннях трьох довільно вибраних зразках-близнюках з сухої деревини, які працювали за одного режиму прикладення навантажень і наведено на рис.1.

На підставі побудованих діаграм деформування деревини з спадною віткою дає можливість також оцінити залишкову міцність деревини $f_{c,d}$ на різних рівнях роботи матеріалу .

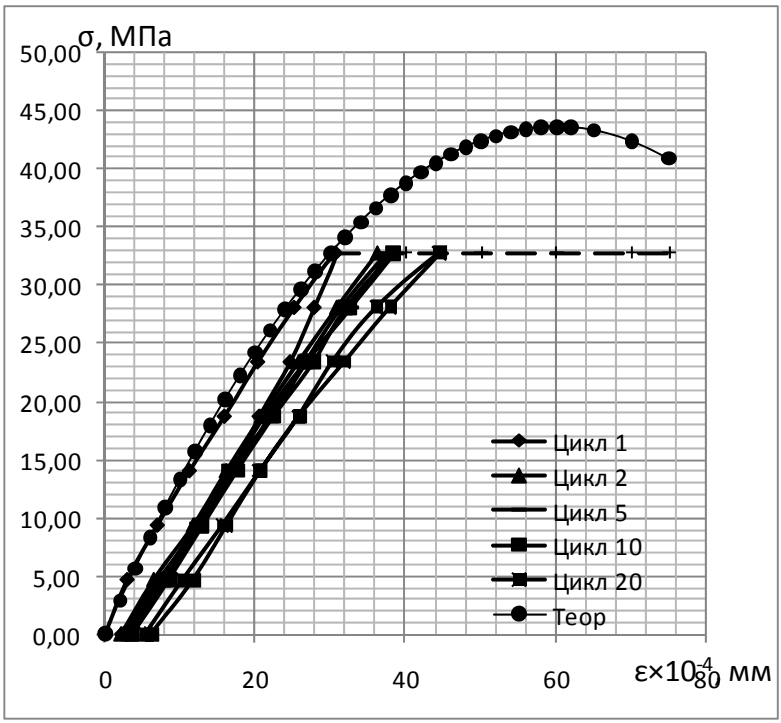

Рис. 1. Діаграма деформування деревини "σ_o - ε_o" при роботі деревини (сосни) вздовж волокон за дії малоциклового навантаження з рівнями напружень $(\eta_н - \eta_в) = (0 - 0{,}75)\ f_{c,o,d}$.

Експериментально отримана діаграма деформування деревини дає можливість визначитися з найсуперечливішим і найважливішим параметром – граничною деформацією деревини на стиск $\varepsilon_{d,u}$, яку можна використати при встановленні напружено-деформованого стану та розрахунку конструкцій з деревини з використанням деформаційної моделі.

За розрахункову аналітичну залежність для опису криволінійної діаграми фізичного стану деревини від початку навантаження і до руйнування прийнята функція у вигляді поліному другого ступеня на основі пропозицій [5], яка була автором цієї роботи використана лише для одноразового деформування:

$$\sigma_{dc} = K_1 \varepsilon_d + K_c \varepsilon_d^2. \qquad (1)$$

Коефіцієнти поліному (1) в разі, коли деформації на стиск ε_{dR} відомі, пропонується знаходити за виразами:

$$K_1 = \frac{2\, f_{c,o,d}}{\varepsilon_{d,f}}; \quad K_c = -\frac{f_{c,o,d}}{\varepsilon_{d,f}^2}. \qquad (2)$$

а розрахункову аналітичну залежність для опису криволінійної діаграми фізичного стану деревини за повторного навантаження для висхідних віток, прийнята функція у вигляді поліному другого ступеня з врахуванням накопичення залишкових деформацій $\varepsilon_{d,cic}$ після прикладення розрахункового числа навантажень:

$$\sigma_{dc} = K_1 \varepsilon_d + K_c \varepsilon_d^2 . + \varepsilon_{d,cic} . \qquad (3)$$

Для обґрунтування відповідності розглянутої функції спадаючої вітки діаграми змодельованої залежністю (1,3) визначалася розбіжність $x = \sigma_{d,i}^{teor} \Big/ \sigma_{d,i}^{\exp}$ як співвідношення теоретичних до експериментальних значень для відповідного деформування деревини спадаючої вітки діаграми, які отримані за випробувань дослідних зразків.

Проведено статистичний аналіз результатів зазначених співвідношень для всіх циклів завантажень та приведені лише результати для 1-го, 2-го та 10-го циклів в табл. 1.

Так, як коефіцієнт варіації для першого циклу завантаження V=5,5%, для другого – 7,0%, для десятого - 2,8% і це менше 10%, то збіжність між

дослідними і розрахунковими даними задовільна , а отримане рівняння добре віддзеркалює зв'язок між фізичними величинами, що досліджувалися.

Однією із задач випробувань стало визначення межі витривалості деревини дії повторним навантаженням вздовж волокон. Для цього було вирішено описати графік залежності

$$\eta = R_{cic} \Big/ R_T = f(n_{cic}) \qquad , \tag{5}$$

де - η - верхній рівень прикладання малоциклових навантажень;

n_{cic} - кількість повторних навантажень.

Опис здійснювався за допомогою п'яти функцій: гіперболічної, логарифмічної, експоненціальної, поліноміальної, степеневої. Порівняння таких показників, як коефіцієнт варіації та показник точності, довели, що

найбільш точно описує залежність (6) степенева функція [6] роботи деревини вздовж волокон у вигляді:

$$\eta = 0{,}9909 n_{cic}^{-0{,}0562} . \tag{6}$$

Таблиця 1

Перевірка збіжності дослідних даних та даних за рівнянням (1)

$\tilde{o} = \sigma_{d,i}^{teor} \Big/ \sigma_{d,i}^{\exp}$	$\Delta,\%$	$x_i - 1$	$(x_i - 1)^2$
1	2	3	4
Перший цикл			
1	0	0	0
0,895	-10,50	-0,105	0,0110
1,020	2,0	0,02	0,0021
1,050	5,0	0,05	0,0025
1,072	7,2	0,072	0,0052
1,050	5,0	0,05	0,0025
1,031	3,1	0,031	0,001
1,015	1,5	0,015	0,0002
Другий цикл			
1	0	0	0
1,07	7,0	0,07	0,0049
1,09	9,0	0,09	0,0081
1.11	11,0	0,11	0,0121
1,10	10,0	0,10	0,0100

1,06	6,0	0,06	0,0036
1,01	1,0	0,01	0,0001
0,98	-2,0	0,02	0,0004
Десятий цикл			
1	0	0	0
1,063	6,3	0,063	0,0040
1,098	9,8	0,098	0,0096
0,96	-4,0	0,04	0,0016
1,09	9,0	0,09	0,0081
1,06	6,0	0,09	0,0016
1,03	3,0	0,03	0,0001
0,996	-0,4	0,004	0,0025

Встановлено, що межа пристосування деревини сосни дії повторним малоцикловим навантаженням вздовж волокон η = 0,52. За максимальне розрахункове число прикладення малоциклових навантажень прийнято n_{cic}=100000.

Висновки. 1. Статистичний аналіз результатів порівняння відхилень теоретичних напружень від експериментальних на висхідних вітках діаграми деформування деревини, обчислених за формулами (1), (3) свідчить про задовільну збіжність між цими величинами і надає можливість рекомендувати залежність(1), (3) для реалізації в інженерних розрахунках.
2. Встановлено, що межа пристосування деревини сосни дії повторним малоцикловим навантаженням вздовж волокон η = 0,52.

1. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009.- 48с. 2. ДБН В.2.6-161:2010. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. – Київ: Укрархбудінформ, 2011.- 102с. 3. СНиП II-25-80. - Деревянные конструкции. Нормы проектирования. –М.: Стройиздат, 1982. – 65с. 4. Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1.1. General rules and rules for buildings. – 1995. - 124p. 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//Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць.- Рівне: Вид-во НУВГП, 2012. – Вип 23. – с. 166-171. 6. 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.