

О. В. Верешко¹, Св.Св. Гомон², Св.Ст. Гомон², Т.О. Довбенко²

Луцький національний технічний університет¹

Національний університет водного господарства та природокористування²

ДЕФОРМІВНІ ПОКАЗНИКИ ДЕРЕВИНИ СОСНИ ТА БЕРЕЗИ ПІД ДІЄЮ КИСЛОТНИХ СЕРЕДОВИЩ

В статті наведено методику експериментальних досліджень деревини берези та сосни осьовим стиском уздовж волокон короткочасним навантаженням за жорсткого режиму випробувань під дією різних кислотних середовищ. Побудовано повні діаграми деформування «напруження-деформації» досліджуваних призм. Експериментальним шляхом встановлено деформівні показники зразків під дією оцтової, соляної та молочної кислот за різного терміну просочення. Проведено порівняння таких показників із призмами випробуваними за стандартної вологості 12%. Встановлено, що кислотне агресивне середовище збільшує деформівність досліджуваних зразків.

Ключові слова: Деревина, деформівність, діаграма «напруження-деформації», кислотне середовище, критичні деформації, залишкові деформації.

О. В. Верешко¹, Св.Св. Гомон², Св.Ст. Гомон², Т.А. Довбенко²

ДЕФОРМАТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ И БЕРЕЗЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КИСЛОТНЫХ СРЕД

В статье приведена методика экспериментальных исследований древесины березы и сосны осевым сжатием вдоль волокон кратковременной нагрузкой при жестком режиме испытаний под действием различных кислотных сред. Построены полные диаграммы деформирования "напряжения-деформации" исследуемых призм. Экспериментальным путем установлены деформируемые показатели образцов под действием уксусной, соляной и молочной кислот при разном сроке пропитки. Проведено сравнение таких показателей с призмами испытываемыми при стандартной влажности 12%. Установлено, что кислотная агрессивная среда увеличивает деформируемость изучаемых образцов.

Ключевые слова: Древесина, деформативность, диаграмма «напряжение-деформации», кислотная среда, критические деформации, остаточные деформации.

O. V. Vereshko, S.S. Homon, S.S. Gomon, T.O. Dovbenko

DEFORMABLE INDICATORS OF PINE AND BIRCH WOOD UNDER THE ACTION OF ACIDIC ENVIRONMENTS

The paper analyzes the publications on the work of wood in various aggressive environments. The article presents the method of experimental studies of birch and pine wood by axial compression along the fibers by short-term loading under a rigid test regime under the action of different acidic media. The terms of impregnation of the studied wood species with hydrochloric, acetic and lactic acids are given. Complete diagrams of "stress-strain" deformation of the studied prisms are constructed. Deformable parameters of samples under the action of acetic, hydrochloric and lactic acids at different impregnation terms were experimentally established. A comparison of such indicators with prisms tested at a standard humidity of 12%. It was found that the acidic aggressive environment increases the deformability of the studied samples.

It was found that the critical deformations u_c , θ , d , agr of the studied wood species for 30 days of impregnation with different types of aggressive media increased compared to samples tested at a standard humidity of 12%, a maximum of 18.5%

It was found that the residual deformations of u_{fin} , agr of the studied wood species during 30 days of impregnation with different types of aggressive media increased compared to the samples tested at a standard humidity of 12%, by a maximum of 24.8%.

Key words: Timber, deformability, stress-strain diagram, acidic environment, critical deformations, residual deformations.

Постановка проблеми. В останні роки значно збільшилось споживання деревини різними секторами світової економіки. Деревина використовується в будівництві, суднобудуванні, машинобудуванні, мостобудуванні, деревообробній, меблевій, хімічній, гірничовидобувній промисловостях та в багатьох інших галузях. В багатьох випадках вона зазнає впливу агресивного середовища (водного, лужного, кислотного). Дуже важливо вивчити такий вплив на механічні властивості листяних та хвойних порід деревини експериментальним шляхом та в подальшому враховувати при проектуванні деталей, матеріалів, виробів, елементів, конструкцій за їх роботи в таких середовищах.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженню основних механічних властивостей суцільної деревини, як за стандартної 12%, так і за підвищеної вологості (більше 12%) присвячено велику кількість експериментальних та теоретичних досліджень [1, 2, 3, 4]. Як правило, вони стосувалися міцнісних показників. Такі експериментальні дослідження в основному проводилися на застарілих

випробувальних машинах, що не дозволяло встановити істинну роботу деревини від початку завантаження до повного руйнування матеріалу.

В останні роки з'явилися нові випробувальні машини, що дають змогу будувати повні діаграми деформування матеріалу за стиску, розтягу, згину за різних видів навантаження (за приростом переміщень). За таких умов були випробувані зразки з деревини та отримані дійсні діаграми роботи матеріалу на стиск уздовж волокон за стандартної вологості [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Нами було досліджено роботу призм листяних та хвойних порід за різної вологості, а також встановлено основні механічні властивості [12, 13, 14, 15].

В літературі знаходимо досить обмежену кількість досліджень впливу інших агресивних середовищ, зокрема, кислотного та лужного, на поведінку деревини. Тільки в роботах Гринкруг Н.В. [16], Ваніна С.І. [17], Сашина М.А. [18] знаходимо такі дослідження, і то лише міцнісних показників.

Тому залишається актуальними дослідження впливу кислотного середовища на деформівні характеристики листяних та хвойних порід деревини за жорсткого режиму випробувань.

Постановка завдання. Мета даної статті є експериментальні дослідження впливу кислотного середовища (соляної, оцтової та молочної кислоти) на основні деформівні властивості суцільної деревини берези та сосни осьовим стиском вздовж волокон за жорсткого режиму випробувань.

Методика експериментальних досліджень. Для проведення експериментальних досліджень було виготовлено зразки у вигляді призм перерізом 30x30x120 мм 1 сорту суцільної деревини різних порід [19]. Для натурних випробувань вибрані деревина берези та сосни. Дані породи дерев вирощені в лісах Волинської області. Їх вік складав приблизно 60 років.

Виготовлення зразків проводили згідно діючих стандартів [20,21].

Після зрізу вибраних дерев стовбури транспортувались до столярних цехів та розрізались на бруси, з яких виготовлялись зразки для досліджень.

Деревина, яка піддавалась випробуванню перед просочуванням різним рідинами мала стандартну вологість 12%. Заготовки деревини висушували у спеціальних сушильних камерах до даної вологості. Вологість деревини контролювалась за допомогою вологоміра MD-814. Зразки випилювали із заздалегідь заготовлених довгих брусків. Просочення дослідних зразків проводили наступними кислотами: соляною (15%), молочною (40%), оцтовою (9%). Деревину просочували природним шляхом без додаткової стимуляції відповідно на протязі 7, 14 та 30 днів.

Проникнення рідин в товщу зразків виконували в посудині в горизонтальному положенні при повному зануренні в різні розчини. При цьому забезпечувався доступ кожного розчину до всіх сторін призм.

Об'єм експериментальних досліджень та маркування зразків наведено в [19].

Загальна кількість випробуваних призм склала 78 шт.

Експериментальні дослідження проводилися на сервогідроліній випробувальній машині СТМ-100 з автоматизованою системою керування і запису даних [19, 22] за жорсткого режиму прикладення навантажень.

Швидкість деформування призм складало 1,5 мм/хв. Експериментальні дослідження проводилися одноразовим короткочасним навантаженням на стиск уздовж волокон за температури 18-20⁰С. Випробування проводилися з контролем приросту переміщення плити випробувальної машини. До випробувань допускались призми перерізом 30x30x120 мм ± 1 мм та без видимих дефектів. Якщо виготовлені зразки не відповідали даним параметрам за розмірами чи структурою деревини, то вони вибраковувалися.

Результати досліджень та їх обговорення. На основі проведеного експерименту були побудовані дійсні діаграми деформування «напруження σ – поздовжня деформація u_z » деревини берези та сосни під дією соляної, оцтової та молочної кислот (рис.1) різного терміну просочення від початку навантаження і до повного руйнування матеріалу.

На даних діаграмах завжди спостерігаємо дві ділянки: висхідну та спадну. Це свідчить про те, що деревина під дією агресивних середовищ працює не тільки до точки максимального напруження, а і має певну залишкову (закритичну) міцність після проходження цієї точки.

За результатами проведеного експерименту було встановлено критичні (табл.1) та залишкові (табл.2) деформації деревини берези та сосни під впливом агресивного середовища (соляної, оцтової та молочної кислот).

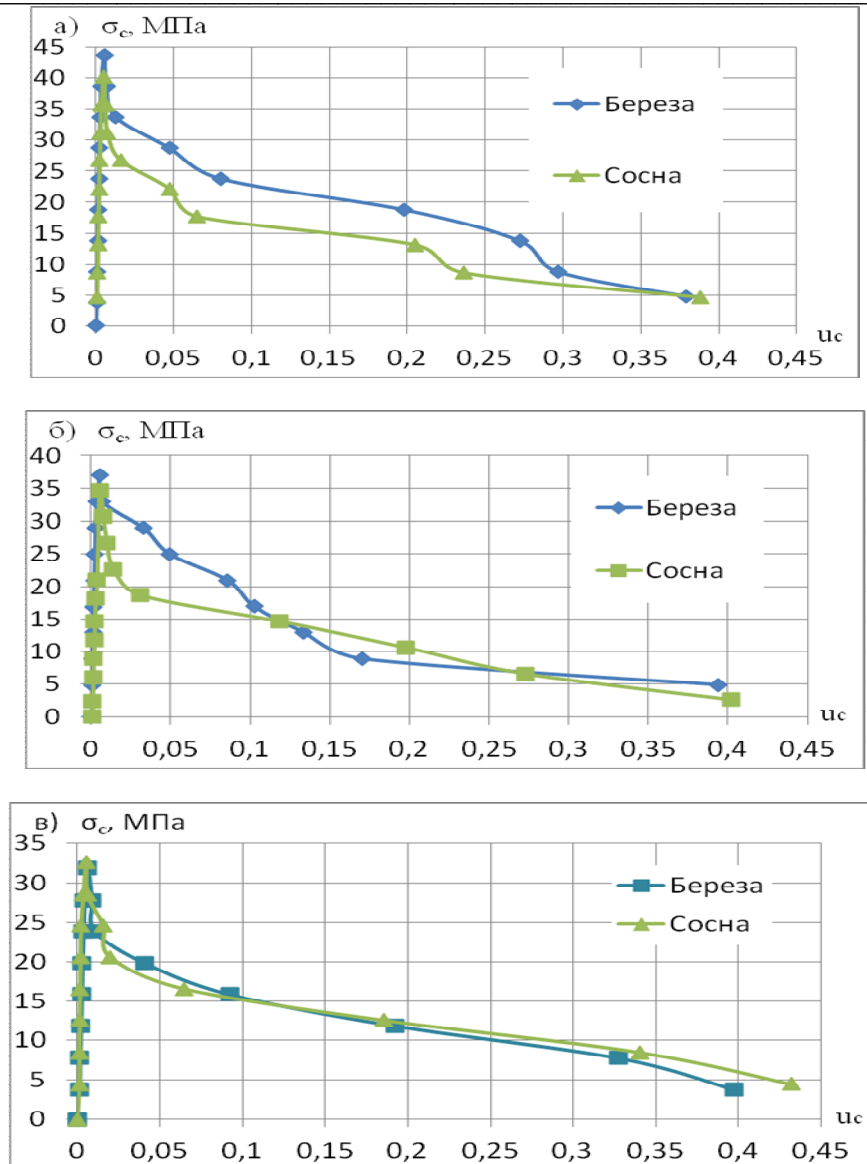


Рис. 1. Дійсні діаграми деформування «напруження σ_c – деформації u_c » деревини берези та сосни під дією молочної кислоти (40%) з різним терміном просочення: а) 7 днів; б) 14 днів; в) 30 днів

Табл. 1

Критичні деформації деревини $u_{c,0,d,agr}$ під впливом кислотного середовища

№ з/п	Порода деревини	Критичні деформації $u_{c,0,d,agr}$			
		Просочення, дні			
		Непросочена	7	14	30
Соляна кислота HCl (15%)					
1	Сосна	0,00491	0,0054	0,00561	0,00574
2	Береза	0,00525	0,005511	0,00569	0,00581
Оцтова кислота CH ₃ COOH (9%)					
1	Сосна	0,00491	0,00559	0,00578	0,00582
2	Береза	0,00525	0,005676	0,00589	0,00597
Молочна кислота C ₃ H ₆ O ₃ (40%)					
1	Сосна	0,00491	0,00493	0,00531	0,00558
2	Береза	0,00525	0,00572	0,00584	0,00611

Залишкові деформації деревини $u_{c,fin,agr}$ під впливом кислотного середовища

№ з/п	Порода деревини	Залишкові деформації $u_{c,fin,agr}$			
		Просочення, дні			
		Непросочена	7	14	30
Соляна кислота HCl (15%)					
1	Сосна	0,3526	0,387	0,402	0,4325
2	Береза	0,3349	0,39	0,391	0,406
Оцтова кислота CH ₃ COOH (9%)					
1	Сосна	0,3526	0,368	0,37	0,386
2	Береза	0,3349	0,404	0,414	0,418
Молочна кислота C ₃ H ₆ O ₃ (40%)					
1	Сосна	0,3526	0,388	0,402	0,432
2	Береза	0,3349	0,379	0,0394	0,397

Аналізуючи табл.1 та табл.2 приходимо до висновку, що вплив кислотного середовища значно збільшує деформівні показники деревини берези та сосни. Зокрема, внаслідок впливу соляної кислоти (15%) за 30 днів просочення критичні деформації деревини берези збільшуються на 10,7 % в порівнянні з критичними деформаціями, які визначені за стандартної вологості, а сосни – на 16,9%; оцтової (9%) – берези на 13,7%, а сосни – на 18,5% ; молочної (40%) – берези на 16,4%, а сосни - на 13,6 %.

Залишкові деформації також збільшуються (табл.2): внаслідок впливу соляної кислоти – берези на 22,7%, а сосни на 21,2%; оцтової – берези на 9,5%, а сосни – на 24,8%; молочної – берези на 18,5%, а сосни на 22,5%.

Висновки. 1. Розроблено методику експериментальних досліджень суцільної деревини берези та сосни під впливом агресивного середовища на стиск уздовж волокон за короткочасного навантаження за жорсткого режиму випробувань.

2. Вперше проведено експериментальні дослідження суцільної деревини берези та сосни під впливом різних кислотних середовищ на стиск уздовж волокон за короткочасного навантаження за жорсткого режиму випробувань.

3. Отримано нові експериментальні дані про зміну деформівності суцільної деревини сосни та берези під впливом кислотних середовищ (соляної, оцтової та молочної кислот).

4. Встановлено, що деформівні показники суцільної деревини сосни та берези збільшуються в залежності від терміну просочення різними агресивними середовищами.

5. Виявлено, що критичні деформації $u_{c,0,d,agr}$ досліджуваних порід деревини за 30 днів просочення різними видами агресивного середовища збільшились в порівнянні зі зразками, які випробувані за стандартної вологості 12%:

- від соляної кислоти (15%) – для деревини берези на 10,7%, сосни – 16,9% ;
- від оцтової кислоти (9%) – для деревини берези на 13,7%, сосни – 18,5%;
- від молочної кислоти (40%) – для деревини берези на 16,4%, сосни – 13,6% .

6. Встановлено, що залишкові деформації $u_{fin,agr}$ досліджуваних порід деревини за 30 днів просочення різними видами агресивного середовища збільшились порівнянні зі зразками, які випробувані за стандартної вологості 12%:

- від соляної кислоти (15%) – для деревини берези на 21,2%, сосни – 22,7% ;
- від оцтової кислоти (9%) – для деревини берези на 24,8%, сосни – 9,5%;
- від молочної кислоти (40%) – для деревини берези на 18,5%, сосни – 22,5% .

Список використаних джерел:

1. Madsen B. Recommended moisture adjustment factor for lumber stresses. Can. J. Civil Engineering. 1982. Vol. 9. №4. P. 602–610.
2. Mårtensson A. Mechanical behavior of wood exposed to humidity variations. Thesis, Report TVBK-1006, Lund Institute of Technology, Dept. Struct. Eng., Sweden, 1992. 189 p.
3. Бойко М.Д. Влияние температурно-влажностного состояния древесины на ее прочность. М.: Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1952. 96 с.
4. Боровиков А.М. Влияние температуры и влажности на упругость, вязкость и пластичность древесины: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05. Воронеж, 1970. 310 с.

5. Тутурин С.В. Механическая прочность древесины: дис. ... докт. техн. наук: 01.02.04. – Москва, 2005. 318с.
6. Вареник К. А. Расчет центрально-сжатых деревянных элементов с учетом ползучести: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Новгород Великий: НГУ им. Ярослава Мудрого, 2015. 167 с.
7. Da Silva A, Kyriakides S. Compressive response and failure of balsa wood. *International Journal of Solids and Structures*. Volume 44. Issues 25–26. P. 8685–8717.
8. Zhou A., Bian Y., Shen Y., Huang D., Zhou M. Inelastic bending performances of laminated bamboo beams: experimental investigation and analytical study. *Bio Resources*, 2018. 13(1). P. 131–146.
9. Гомон С.С., Гомон П.С. Побудова дійсних діаграм механічного стану деревини «σ-ε» суцільного перерізу ялини та берези за жорсткого режиму випробувань. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. 36. наук. праць. Рівне: НУВГП, 2020. Вип 38. С. 321–330.
10. Гомон С., Гомон П., Караван В. Експериментальні дослідження хвойних та листяних порід деревини одноразовим короткочасним навантаженням на стиск уздовж волокон за жорсткого режиму випробувань. Вісник Львівського національного аграрного університету. Архітектура та сільськогосподарське будівництво. Львів: ЛНАУ, 2020. №21. С. 34–40.
11. Yasnii P., Homon S., Gomon P. On approximation of mechanical condition diagrams of coniferous and deciduous wood species on compression along the fibers. *Scientific Journal of Ternopil National Technical University*. Ternopil: TNTU, 2020. Vol 97. No 1. P. 57–64.
12. Ясній П.В., Гомон Св.Св. Експериментальні дослідження суцільної деревини конструкційних розмірів з врахуванням фактора вологості. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Вінниця: ВНТУ, 2020. Том 28. №1. С. 41–48.
13. Гомон Св.Св., Сальчук В.Л., Верешко О.В. Прочностные и деформативные свойства увлажненной древесины. Eurasian scientific congress. Abstracts of the 8th International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. Barcelona, Spain. 2020. Pp. 136–139. URL: <https://sci-conf.com.ua/viii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-eurasian-scientific-congress-9-11-avgusta-2020-goda-barselona-ispaniya-arhiv/>.
14. Ясній П.В., Гомон Св.Св., Дмитрук В.П. Міцність та деформівність деревини модрина з різним показником вологості за жорсткого режиму випробувань. SCIENCE, SOCIETY, EDUCATION: TOPICAL ISSUES AND DEVELOPMENT PROSPECTS. Abstracts of VI International Scientific and Practical Conference, Kharkiv, 10-12 May 2020. P. 319–322.
15. Ясній П.В., Гомон Св.Св. Динаміка зміни критичних деформацій деревини з різним показником вологості. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне: НУВГП, 2021. Вип 40. С. 234–241.
16. Гринкруг Н.В. Моделирование и расчет элементов деревянных конструкций при химических агрессивных воздействиях: дисс. канд. техн. наук, 05.23.01. Владивосток, 2004. 202 с.
17. Ванин С.И., Прикот Н.Г. Влияние кислот и щелочей на физико-механические свойства древесины. Труды ЛТА. Ленинград, 1947. Вып. 61. С. 55–90.
18. Сашин М.А. Прогнозирование и повышение долговечности и длительной прочности древесины в строительных изделиях и конструкциях: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Тамбов, 2006. 182 с.
19. Гомон Св.Св., Савчук С.М., Верешко О.В., Кулаковський Л.Я. Методика експериментальних досліджень суцільної деревини на стиск уздовж волокон під впливом агресивного середовища. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне: НУВГП, 2021. Вип. 39. С. 57–62.
20. ДСТУ 3129:2015. Деревина. Методи відбору зразків і загальні вимоги до фізико-механічних випробувань невеликих бездефектних зразків. Київ: Мінрегіон України, 2016. 9 с.
21. ДСТУ EN 380-2008. Лісоматеріали конструкційні. Загальні настанови щодо методів випробування на статичне навантаження. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 8с.
22. Homon Sv.Sv., Savchuck V.O., Melnyk Yu.A., Vereshko O.V. Modern testing machines for investigation of wood and timber-based composite materials. Modern technologies and calculation methods in construction. Lutsk, 2020. Vol.14. С. 73–80.