

Міцність та деформівність конструкційної модифікованої деревини ялини та ясена за експлуатації у водному середовищі

Strength and deformability of structural modified wood of spruce and ash during operation in water environment

**Матвіюк О.В., ст. викл., Гомон Св.Св., д.т.н., проф.
(Національний університет водного господарства та
природокористування, Рівне), Бурнаєв О.М., к.ф.-м.н., доцент
(Львівський національний університет природокористування)**

**Matviuk O.V., senior lecturer, Homon S.S., Dh.D., professor,
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne),
Burnayev O.M. Ph.D., Associate Professor (Lviv National University of
Nature Management)**

Наведено методику експериментальних досліджень модифікованої та немодифікованої 40-річної конструкційної деревини ялини та ясена осьовим стиском уздовж волокон за нормальних умов експлуатації та у водному середовищі. За результатами проведеного експерименту побудовано гістограми динаміки зміни основних характеристик міцності та деформівності. Встановлено, що вплив водного середовища значно зменшує тимчасову граничну міцність деревини та модуль пружності, збільшує відносні критичні та залишкові деформації у порівнянні з показниками за стандартної вологості 12%. Виявлено, що модифікація деревини полімерною композицією силор підвищує максимальні напруження та модуль пружності, зменшує відносні критичні та залишкові деформації в порівнянні з показниками за стандартної вологості 12%.

Structural wood is operated in various aggressive environments. It is most affected by alkaline, aqueous, saline, and acidic environments. At the same time, wood-based materials and elements under such operating conditions can operate under various types of loads. The most common are the operation of solid, glued, and modified wood under axial compression and tension along the fibers. In this article, we will be interested in the operation of structural modified wood under axial compression along the fibers under short-term loads during operation in an aquatic environment. The purpose of this article is to establish the main strength and deformation parameters in the subcritical and postcritical stages of operation of a composite material when operating in an aquatic environment.

The methodology of experimental studies of modified and unmodified 40-year-old structural wood of spruce and ash by axial compression along the fibers under normal operating conditions and in an aquatic environment is presented. According to the results of the experiment, histograms of the dynamics of changes in the main characteristics of strength and deformability were constructed. It was established that the influence of the

aquatic environment significantly reduces the temporary ultimate strength of wood and the modulus of elasticity, increases the relative critical and residual deformations compared to the indicators at a standard humidity of 12%. It was found that the modification of wood with the polymer composition Silor increases the maximum stresses and the modulus of elasticity; reduces the relative critical and residual deformations compared to the indicators at a standard humidity of 12%. The obtained composite materials based on spruce and ash wood and the polymer composition Silor are stable during operation in aquatic environments and do not deteriorate the main strength and deformability properties.

Ключові слова: міцність, деформівність, конструкційна модифікована деревина, водне середовище, стиск, напружено-деформований стан.

Keywords: strength, deformability, structural modified wood, water environment, compression, stress-strain state.

Постановка проблеми. Конструкційна деревина експлуатується у різних агресивних середовищах [1-10]. Найбільшого впливу зазнає у лужних, водних, сольових, кислотних [11-18]. При цьому матеріали та елементи на основі деревини за таких умов експлуатації можуть працювати за різних видів навантажень. Найбільш розповсюдженою є робота суцільної, клеєної та модифікованої деревини за осьового стиску та розтягу вздовж волокон [19-22]. В даній статті нас буде цікавити робота конструкційної модифікованої деревини на осьовий стиск уздовж волокон з короткочасним навантаженням за експлуатації у водному середовищі.

Аналіз відомих досліджень і публікацій. Експериментально-теоретичними дослідженнями роботи деревини у різних агресивних середовищах присвячені наукові праці відомих вітчизняних та закордонних авторів [1-18]. Є низка наукових робіт, що стосуються впливу вологості на фізико-механічні властивості деревини різних порід [7-13]. Досить вагомий вклад у дослідження зміни механічних характеристик деревини різної вологості за стиску вздовж волокон зробив Гомон Св.Св. [11, 12, 19]. Автор запропонував модель роботи листяних та хвойних порід деревини за вологості в межах 12-30%, що дає змогу визначати міцнісні та деформівні властивості в докритичній та закритичній стадії роботи матеріалу.

Верешко О.В. [6, 15-18] досліджував вплив органічних та неорганічних кислот на основні механічні показники деревини берези та сосни за стиску вздовж волокон. Автор на основі численних експериментальних досліджень встановив закономірності динаміки зміни впливу кислотних середовищ на докритичні та закритичні міцнісні і деформівні характеристики.

Є досить велика кількість праць, що стосуються модифікації деревини [23-29]. Але ці дослідження в більшості випадків відображають, як правило, покращення певних фізико-механічних властивостей деревини за нормальних умов експлуатації. Але практично не знаходимо наукових

праць, що стосуються роботи модифікованої деревини в агресивних середовищах.

Вплив полімерної композиції силор на механічні характеристики суцільної та клеєної деревини знаходимо в роботах Гомона Св.Св. [25-28], а бетону – Довбенка В.О. [30].

У світовій практиці фактично відсутні наукові праці, що стосуються досліджень міцності та деформівності модифікованої конструкційної деревини полімерною композицією силор на стиск уздовж волокон під дією різних агресивних середовищ, в тому числі і водних. Тому такі експериментально-теоретичні дослідження є актуальними.

Мета даної статті є проведення експериментальних досліджень конструкційної модифікованої силором конструкційної деревини ялини та ясена осьовим короткочасним стиском уздовж волокон під дією водного середовища за жорсткого режиму випробувань та встановлення основних міцнісних та деформівних параметрів в докритичній та закритичній стадії роботи новоутвореного композиційного матеріалу.

Методика експериментальних досліджень. Для вирішення поставлених завдань було виготовлено зразки-близнюки конструкційних розмірів деревини ялини та ясена 1 сорту з перерізом 30x30x120 мм. Вік деревини приблизно 40 років. Висушування заготовок проводили у заводських умовах у спеціальних камерах до заданої вологості 12%.

Отже, зразки перерізом 30x30x120 мм були вирізані з брусів суцільної деревини, після чого їх поверхні були чисто оброблені і в подальшому піддавалися модифікації. Вологість всіх зразків до модифікації складала 12%. Просочення дослідних зразків полімерною композицією «силор» виконували автоклавним способом. Просочування проводили за температури 19°C, тобто призми поміщали в автоклав з силором на 2 год. та модифікували під тиском 2,5 атм. Після цього зразки деревини ялини та ясена діставали і просушували за температури 18-21°C на протязі 12 год.

Дерев'яні зразки випробовували: за стандартної вологості 12% (10 шт.); занурених у воді протягом 28 днів (10 шт.) (рис.1, рис.2); модифікованих полімерною композицією силор (10 шт.); модифікованих, а після цього занурених у воді протягом відповідно 28 та 180 днів (20 шт.) (рис.3, рис.4).

Експеримент проводили на сучасному сервогідралічному пресі СТМ-100 за жорсткого режиму випробувань [31, 32]. Всі досліджувані зразки випробовували за осьового стиску вздовж волокон короткочасним навантаженням згідно діючих стандартів [34-36].

В цілому досліджено 40 призм (табл.1).



Рис. 1. Ялина, занурена у воді протягом 28 днів



Рис. 2. Ясен, занурений у воді протягом 28 днів



Рис. 3. Модифікована деревина ялини після занурення у воді



Рис. 4. Модифікована деревина ясена після занурення у воді

Геометричні розміри зразків та обсяг експериментальних досліджень конструкційної деревини

№п/п	Порода деревини	Переріз зразків, мм	Вік, років	Швидкість завантаження, мм/хв	Кількість зразків, шт.
За стандартної вологості 12%					
1	Ялина	30х30х120	40	1,5	5
2	Ясен	30х30х120	40	1,5	5
Просочені у воді протягом 28 днів (вологість більше 30%)					
3	Ялина	30х30х120	40	1,5	5
4	Ясен	30х30х120	40	1,5	5
Модифіковані полімерною композицією силор					
5	Ялина	30х30х120	40	1,5	5
6	Ясен	30х30х120	40	1,5	5
Модифіковані силором зразки, які були занурені у воді протягом 28 днів					
7	Ялина	30х30х120	40	1,5	5
8	Ясен	30х30х120	40	1,5	5
Модифіковані силором зразки, які були занурені у воді протягом 180 днів					
7	Ялина	30х30х120	40	1,5	5
8	Ясен	30х30х120	40	1,5	5

Результати експериментальних досліджень. На основі проведених експериментів встановлено основні показники міцності та деформівності деревини ялини та ясена (за стандартної вологості 12%; занурених у воді протягом 28 днів; модифікованих полімерною композицією силор; модифікованих, а після цього занурених у воді протягом відповідно 28 та 180 днів) за осьового стиску вздовж волокон короткочасним навантаженням. Тобто, експериментальним шляхом було визначено тимчасову граничну міцність, критичні та залишкові деформації, модуль пружності. Усі показники приймалися усередненими.

Встановлено, що тимчасова гранична міцність деревини значно зменшується після занурення її у воді, зокрема, ялини – в 1,91 рази, а ясена – в 1,72 рази в порівнянні зі зразками, які випробувані за стандартної вологості 12% (рис. 5). В той же час модифікація деревини полімерною композицією силор значно підвищує тимчасову граничну міцність, зокрема, ялини – в 1,31 рази, а ясена – в 1,26 рази в порівнянні з призмами, які випробувані за стандартної вологості 12% (рис. 5). Після занурення даного

композиційного матеріалу у воду показники міцності фактично не змінюються.

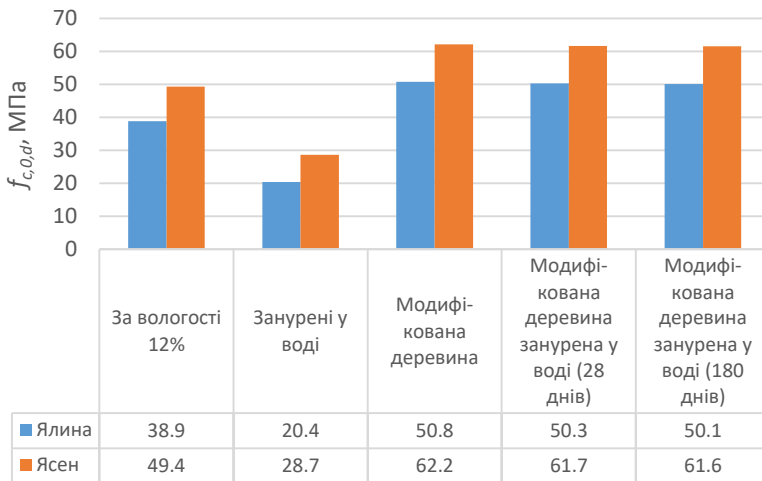


Рис.5. Динаміка зміни тимчасової граничної міцності деревини ялини та ясеня

Також експериментальним шляхом виявлено, що критичні деформації деревини зростають після занурення її у воду, зокрема, ялини в 1,18 рази, а ясеня в 1,15 рази в порівнянні зі зразками, які випробувані за стандартної вологості 12% (рис. 6). В той же час модифікація деревини полімерною композицією силор зменшує критичні деформації деревини, зокрема, ялини в 1,21 рази, а ясеня в 1,15 рази в порівнянні з призмами, які випробувані за стандартної вологості 12% (рис. 6). Після занурення даного композиційного матеріалу у воду показники відносних критичних деформацій фактично залишаються незмінними.

В свою чергу, встановлено, що залишкові деформації деревини зростають після занурення її у воду, зокрема, ялини – в 1,22 рази, а ясеня – в 1,15 раз в порівнянні зі зразками, які випробувані за стандартної вологості 12% (рис. 7). В той же час модифікація деревини полімерною композицією силор зменшує відносні залишкові деформації, зокрема, ялини – в 1,13 рази, а ясеня – в 1,09 раз в порівнянні з призмами, які випробувані за стандартної вологості 12% (рис. 7). Після занурення даного композиційного матеріалу у воду показники відносних залишкових деформацій фактично не змінюються.

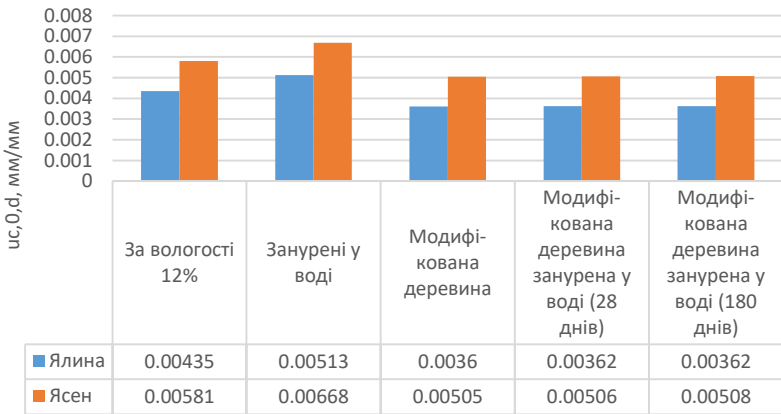


Рис.6. Динаміка зміни критичних відносних деформацій деревини ялини та ясена

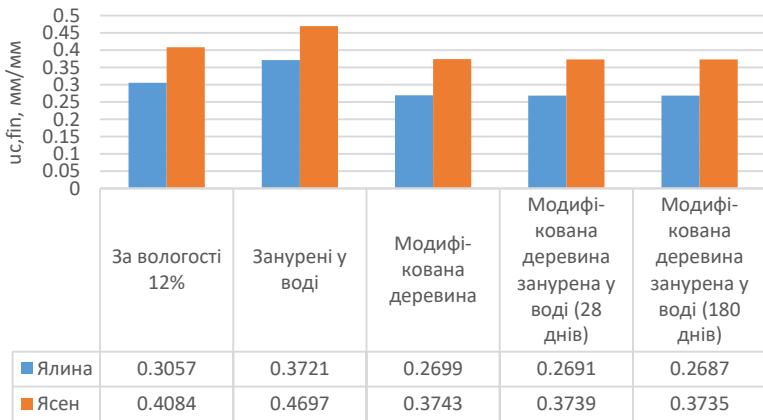


Рис.7. Динаміка зміни залишкових відносних деформацій деревини ялини та ясена

Також експериментальним шляхом виявлено, що модуль пружності деревини падає після занурення її у воду, зокрема, ялини – в 1,25 рази, а ясена – в 1,13 рази в порівнянні зі зразками, які випробувані за стандартної вологості 12% (рис. 8). В той же час модифікація деревини полімерною

композицією силор значно підвищує модуль пружності деревини, зокрема, ялини – в 1,59 рази, а ясена – в 1,51 рази в порівнянні з призмами, які випробувані за стандартної вологості 12% (рис. 8). Після занурення даного композиційного матеріалу у воду показники модуля пружності фактично залишаються незмінними.

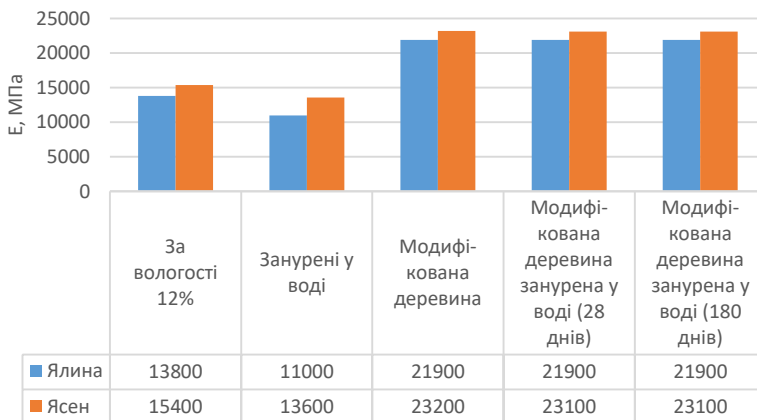


Рис. 8. Динаміка зміни модуля пружності деревини ялини та ясена

Отже, отримані композиційні матеріали на основі деревини ялини та ясена і полімерної композиції силор є стійкими за експлуатації у водних середовищах.

Висновки

1. Наведено методику експериментальних досліджень модифікованої та немодифікованої деревини ялини та ясена осьовим стиском вздовж волокон за експлуатації у водному середовищі.
2. За результатами проведеного експерименту побудовано гістограми динаміки зміни основних характеристик міцності та деформівності.
3. Встановлено, що вплив водного середовища значно зменшує тимчасову граничну міцність деревини в межах 1,72-1,91 рази та модуль пружності – 1,13-1,25 рази; збільшує критичні відносні деформації – 1,15-1,18 рази та залишкові – в 1,15-1,22 рази в порівнянні з показниками за стандартної вологості 12%.
4. Виявлено, що модифікація деревини полімерною композицією силор в цілому покращує показники міцності та деформівності за нормальних умов експлуатації та у водному середовищі. Зокрема, значно

зростають максимальні напруження в межах 1,26-1,31 разів та модуль пружності 1,51-1,59 разів; зменшуються відносні критичні деформації – 1,15-1,21 рази та залишкові – 1,09-1,13 разів в порівнянні з показниками за стандартної вологості 12%. Після занурення отриманих композиційних матеріалів на основі деревини ялини та ясена у воду показники усіх досліджуваних характеристик фактично не змінюються.

5. Отримані композиційні матеріали на основі деревини ялини та ясена і полімерної композиції силор є стійкими за експлуатації у водних середовищах.

References

1. Baechler R. H. Wood in chemical engineering construction. *J. Forest Prod. Res. Soc.*, 1954. №4. Pp. 332-336.
2. Browning B. L. The chemistry of wood. Interscience Publishers, New York, 1963. 689 p.
3. Evans P.D., Banks W.B. The degradation of wood surfaces by dilute acids. The International Research Group on Wood Preservation, Working Group III, Preservatives and Methods of Treatment, 1985.
4. Roger M. Influence of chemical environment on strength of wood fibers. How the environment affects lumber design: assessments and recommendations, Madison, Wisconsin, 28-30 May 1980. Madison, 1980. Pp. 76-84.
5. Homon S., Gomon P., Gomon S., Vereshko O., Boyarska I., Uzhegova O. Study of change strength and deformation properties of wood under the action of active acid environment. *Procedia Structural Integrity*, 2023. Vol. 48. Pp. 201-206.
6. Homon S., Gomon S., Vereshko O. Method of determination the initial elasticity modulus and timber deformation modulus under the influence of acid environment. *Visnyk Ternopil's'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu. Ternopil': TNTU, 2022. Vypusk 105(1). S. 29–39.*
7. Báder M., Németh R. Moisture-dependent mechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2019, 77, Pp. 1009-1019.
8. Madsen B. Recommended moisture adjustment factor for lumber stresses. *Can. J. Civil Engineering*, 1982. Vol. 9. №4. P. 602–610.
9. 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.
10. Thygesen L.G., Tang Engelund E., Hofmeyer, P. Water sorption in wood and modified wood at high values of relative humidity. Part I: Results for untreated, acetylated, and furfurylated Norway spruce. *Holzforsch*, 2010, Vol. 64, Pp. 315-323.
11. Yasniy P.V., Homon S.S. Doslidzhennya sichnykh moduliv lystyanykh ta khvoynykh porid derevyny z riznym pokaznykom volohosti. *Visnyk Vinnyts'koho politekhnichnoho instytutu. Vinnytsya: VNTU, 2020. Vyp. 4 (151). S. 125–130.*
12. Yasniy P.V., Homon S.S. Eksperymental'ni doslidzhennya sutsil'noyi derevyny konstruktsiynykh rozmiriv z vrakhuvannyam faktora volohosti. *Suchasni tekhnolohiyi, materialy i konstruktsiyi v budivnytstvi. Vinnytsya: VNTU, 2020. Tom 28. №1. S. 41–48.*

13. Roshchuk M.M., Homon Sv.Sv. Robota derevyny v umovakh prisnykh ta mors'kykh vodnykh seredovyshch. Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. Luts'k: LNTU, 2023. Vyp. 20. S. 117-126.
14. Homon Sv.Sv., Homon Sv.St., Matviyuk O.V., Vereshko O.V., Chornomaz N.YU. Zastosuvannya derevyny v umovakh ahresyvnnykh seredovyshch. Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. Luts'k, 2022. Vyp.17. S. 15-22.
15. Vereshko O.V., Homon Sv.Sv., Homon Sv.St., Dovbenko T.O. Deformivni pokaznyky derevyny berezy ta sosny pid diyeyu kyslotnykh seredovyshch. Naukovi notatky. Luts'k: LNTU, 2021. № 72. S. 175-179.
16. Vereshko O.V., Homon Sv.Sv. Doslidzhennya zminy hustyny derevyny lystyanykh ta khvoynykh porid pid diyeyu kyslotnykh seredovyshch. Naukovi notatky. Luts'k: LNTU, 2022. № 73. S. 265-269.
17. Vereshko O.V., Homon Sv.Sv. Napruzhenno-deformovanyy stan z'hynal'nykh derevynykh elementiv v umovakh vplyvu ahresyvnoho kyslotnoho seredovyshcha z vrakhuvanniam povnykh diahram deformuvannya materialu. Naukovi notatky. Luts'k: LNTU, 2023. № 75. S. 200-205.
18. Homon Sv.Sv., Matviyuk O.V., Savchuk S.M., Vereshko O.V., Kulakovs'ky L.YA. Vplyv ahresyvnoho seredovyshcha na mitsnisi na deformivni pokaznyky sutsil'noyi derevyny khvoynykh porid. Visnyk Natsional'noho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya. Seriya «Tekhnichni nauky». Rivne: NUVHP, 2021. Vypusk 2(94). S. 69–80.
19. Homon Sv.Sv., Yasniy P.V., Homon P.S., Yasniy V.P. Klasychna model' diysnoyi roboty sutsil'noyi ta modyfikovanoi derevyny os'ovym styskom vzdovzh volokon: monohrafiya. Ternopil': TNTU, 2023. 316 s.
20. Homon S.S., Homon P.S. Pobudova diysnykh diahram mekhanichnoho stanu derevyny «s-u» sutsil'noho pererizu yalyny ta berezy za zhorstkoho rezhymu vyprobuvan'. Resursoekonomni materialy, konstruksiyi, budivli ta sporudy. Rivne: NUVHP, 2020. Vyp 38. S. 321-330.
21. Homon Sv.Sv., Homon Sv.St., Karavan V., Kulakovs'ky L. Rezul'taty eksperymental'nykh doslidzhen' kleynoyi derevyny konstruksiynykh rozmiriv za zhorstkoho rezhymu vyprobuvan'. Visnyk L'vivs'koho natsional'noho universytetu pryrodokorystuvannya. Seriya «Arkhitektura ta budivnytstvo». L'viv: LNUP, 2022. №23. S. 45-48.
22. Yasniy 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.
23. Hill C. (2011). Wood modification: An update. *BioResources*, 6 (2), Pp. 918–919.
24. Sandberg D., Kutnar A., Mantanis G. (2017). Wood modification technologies - a review. *iForest - Biogeosciences and Forestry*. 10(6), Pp. 895-908.
25. Yasniy, P., Homon, S., Iasnii, V, Gomon, S.S., Gomon, P., & Savitskiy, V. (2022). Strength properties of chemically modified solid woods. *Procedia Structural Integrity*, 36, 211-216.
26. Yasniy P., Gomon S. Timber with improved strength and deformable properties. *Scientific Journal of Ternopil National Technical University*. Ternopil: TNTU, 2020. Vol 99. No3. P. 17–27.

27. Homon S.S., Homon S.S., Zinchuk A.V. Doslidzhennya modyfikovanoyi sylorom kleynoyi derevyny na styk vzdovzh volokon. Vseukrayins'kyi naukovotekhnichnyy zhurnal "Visti Donets'koho hirnychoho instytutu". Pokrovs'k: DVNZ "Donents'kyi NTU", 2017. №1. S. 134–138.

28. Homon S.St., Homon S.S., Zinchuk A.V. Deformatyvnist' modyfikovanoyi sylorom kleynoyi derevyny za roboty na styk vzdovzh volokon. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Rivne: NUVHP, 2017. Vyp. 34. S. 110–117.

29. Homon Sv.Sv., Savchuk V.O., Mel'nyk YU.O., Vereshko O.V. Oblast' zastosovannya ta sposoby modyfikatsiyi kompozytsiynykh materialiv na osnovi derevyny. Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. Luts'k: LNTU, 2019. Vyp. 12. S. 44-50.

30. Dovbenko V.S. Doslidzhennya polimernoyi kompozytsiyi "Sylor" yak efektyvnoho zasobu remontu, vidnovlennya ta pidsylennya betonnykh ta zalizobetonnykh konstruktsiy. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy: Zb. nauk. prats'. Rivne: NUVHP, 2010. Vyp. 20. C. 181–186.

31. Gomon S.S., Savchuck V.O., Melnyk Yu.A., Vereshko O.V. Modern testing machines for investigation of wood and timber-based composite materials. Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. Luts'k, 2020. Vyp. 14. S. 73-80.

32. Homon Sv.Sv., Dovbenko T.O., Matviyuk O.V., Vereshko O.V., Kulakovs'kyi L.YA., Chornomaz N.YU. Analiz vyprobuval'noho obladnannya dlya doslidzhennya materialiv za zhorstkoho rezhymu prykladannya navantazhennya. Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya. Kyiv: KNUBA, 2021. Vyp. 78. S. 166-172.

33. Homon Sv.Sv., Matviyuk O.V., Kulakovs'kyi L.YA., Chornomaz N.YU. Do pobudovy povnykh diahram deformuvannya derevyny vil'khy ta yalyny za standartnoyi volohosti. Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya. Kyiv: KNUBA, 2022. Vyp. 79. S. 87–92.

34. DSTU EN 338. Lisomaterialy konstruktsiyini. Klasy mitsnosti. Kyiv: Minrehionbud Ukrayiny, 2004. 10 s.

35. DSTU EN 384–2001. Lisomaterialy konstruktsiyini. Vyznachennya kharakterystychnykh znachen' mekhanichnykh vlastyvostey ta shchil'nosti. Kyiv: Minrehionbud Ukrayiny, 2010. 8 s.

36. DSTU EN 380-2008. Lisomaterialy konstruktsiyini. Zahal'ni nastanovy shchodo metodiv vyprovuvannya na statychne navantazhennya. Kyiv: Minrehionbud Ukrayiny, 2010. 8s.

Література

1. Baechler R. H. Wood in chemical engineering construction. *J. Forest Prod. Res. Soc.*, 1954. №4. Pp. 332-336.

2. Browning B. L. The chemistry of wood. Interscience Publishers, New York, 1963. 689 p.

3. Evans P.D., Banks W.B. The degradation of wood surfaces by dilute acids. The International Research Group on Wood Preservation, Working Group III, Preservatives and Methods of Treatment, 1985.

4. Roger M. Influence of chemical environment on strength of wood fibers. How the environment affects lumber design: assessments and recommendations, Madison, Wisconsin, 28-30 May 1980. Madison, 1980. Pp. 76-84.

5. Homon S., Gomon P., Gomon S., Vereshko O., Boyarska I., Uzhegova O. Study of change strength and deformation properties of wood under the action of active acid environment. *Procedia Structural Integrity*, 2023. Vol. 48. Pp. 201-206.
6. Homon S., Gomon S., Vereshko O. Method of determination the initial elasticity modulus and timber deformation modulus under the influence of acid environment. *Вісник Тернопільського національного технічного університету*. Тернопіль: ТНТУ, 2022. Випуск 105(1). С. 29–39.
7. Báder M., Németh R. Moisture-dependent mechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2019, 77, Pp. 1009-1019.
8. Madsen B. Recommended moisture adjustment factor for lumber stresses. *Can. J. Civil Engineering*, 1982. Vol. 9. №4. P. 602–610.
9. 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.
10. Thygesen L.G., Tang Engelund E., Hofmeyer, P. Water sorption in wood and modified wood at high values of relative humidity. Part I: Results for untreated, acetylated, and furfurylated Norway spruce. *Holzforsch*, 2010, Vol. 64, Pp. 315-323.
11. Ясній П.В., Гомон С.С. Дослідження січних модулів листяних та хвойних порід деревини з різним показником вологості. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця: ВНТУ, 2020. Вип. 4 (151). С. 125–130.
12. Ясній П.В., Гомон С.С. 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. Рошук М.М., Гомон Св.Св. Робота деревини в умовах прісних та морських водних середовищ. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. Луцьк: ЛНТУ, 2023. Вип. 20. С. 117-126.
14. Гомон Св.Св., Гомон Св.Ст., Матвіюк О.В., Верешко О.В., Чорномаз Н.Ю. Застосування деревини в умовах агресивних середовищ. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. Луцьк, 2022. Вип.17. С. 15-22.
15. Верешко О.В., Гомон Св.Св., Гомон Св.Ст., Довбенко Т.О. Деформівні показники деревини берези та сосни під дією кислотних середовищ. *Наукові нотатки*. Луцьк: ЛНТУ, 2021. № 72. С. 175-179.
16. Верешко О.В., Гомон Св.Св. Дослідження зміни густини деревини листяних та хвойних порід під дією кислотних середовищ. *Наукові нотатки*. Луцьк: ЛНТУ, 2022. № 73. С. 265-269.
17. Верешко О.В., Гомон Св.Св. Напружено-деформований стан згинальних дерев'яних елементів в умовах впливу агресивного кислотного середовища з врахуванням повних діаграм деформування матеріалу. *Наукові нотатки*. Луцьк: ЛНТУ, 2023. № 75. С. 200-205.

18. Гомон Св.Св., Матвіюк О.В., Савчук С.М., Верешко О.В., Кулаковський Л.Я. Вплив агресивного середовища на міцнісні та деформівні показники суцільної деревини хвойних порід. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія «Технічні науки»*. Рівне: НУВГП, 2021. Випуск 2(94). С. 69–80.

19. Гомон Св.Св., Ясній П.В., Гомон П.С., Ясній В.П. Класична модель дійсної роботи суцільної та модифікованої деревини осьовим стиском вздовж волокон: монографія. Тернопіль: ТНТУ, 2023. 316 с.

20. Гомон С.С., Гомон П.С. Побудова дійсних діаграм механічного стану деревини « σ - u » суцільного перерізу ялини та берези за жорсткого режиму випробувань. *Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Рівне: НУВГП, 2020. Вип 38. С. 321-330.

21. Гомон Св.Св., Гомон Св.Ст., Караван В., Кулаковський Л. Результати експериментальних досліджень клеєної деревини конструкційних розмірів за жорсткого режиму випробувань. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія «Архітектура та будівництво»*. Львів: ЛНУП, 2022. №23. С. 45-48.

22. Yasniy 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.

23. Hill C. (2011). Wood modification: An update. *BioResources*, 6 (2), Pp. 918–919.

24. Sandberg D., Kutnar A., Mantanis G. (2017). Wood modification technologies - a review. *iForest - Biogeosciences and Forestry*. 10(6), Pp. 895-908.

25. Yasniy, P., Homon, S., Iasnii, V, Gomon, S.S., Gomon, P., Savitskiy, V. (2022). Strength properties of chemically modified solid woods. *Procedia Structural Integrity*, 36, 211-216.

26. Yasniy P., Gomon S. Timber with improved strength and deformable properties. *Scientific Journal of Ternopil National Technical University*. Ternopil: TNTU, 2020. Vol 99. No3. P. 17–27.

27. Гомон С.Ст., Гомон С.С., Зінчук А.В. Дослідження модифікованої силором клеєної деревини на стиск вздовж волокон. Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вісті Донецького гірничого інституту”. Покровськ: ДВНЗ “Донецький НТУ”, 2017. №1. С. 134–138.

28. Гомон С.Ст., Гомон С.С., Зінчук А.В. Деформативність модифікованої силором клеєної деревини за роботи на стиск вздовж волокон. Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне: НУВГП, 2017. Вип. 34. С. 110–117.

29. Гомон Св.Св., Савчук В.О., Мельник Ю.О., Верешко О.В. Область застосування та способи модифікації композиційних матеріалів на основі деревини. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. Луцьк: ЛНТУ, 2019. Вип. 12. С. 44-50.

30. Довбенко В.С. Дослідження полімерної композиції "Силор" як ефективного засобу ремонту, відновлення та підсилення бетонних та залізобетонних конструкцій. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. Рівне: НУВГП, 2010. Вип. 20. С. 181–186.

31. Gomon S.S., Savchuck V.O., Melnyk Yu.A., Vereshko O.V. Modern testing machines for investigation of wood and timber-based composite materials. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. Луцьк, 2020. Вип.14. С. 73-80.

32. Гомон Св.Св., Довбенко Т.О., Матвіюк О.В., Верешко О.В., Кулаковський Л.Я., Черномаз Н.Ю. Аналіз випробувального обладнання для дослідження матеріалів за жорсткого режиму прикладання навантаження. *Містобудування та територіальне планування*. Київ: КНУБА, 2021. Вип. 78. С. 166-172.

33. Гомон Св.Св., Матвіюк О.В., Кулаковський Л.Я., Черномаз Н.Ю. До побудови повних діаграм деформування деревини вільхи та ялини за стандартної вологості. *Містобудування та територіальне планування*. Київ: КНУБА, 2022. Вип. 79. С. 87–92.

34. ДСТУ EN 338. Лісоматеріали конструкційні. Класи міцності. Київ: Мінрегіонбуд України, 2004. 10 с.

35. ДСТУ EN 384–2001. Лісоматеріали конструкційні. Визначення характеристичних значень механічних властивостей та щільності. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 8 с.

36. ДСТУ EN 380-2008. Лісоматеріали конструкційні. Загальні настанови щодо методів випробування на статичне навантаження. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 8с.