

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК ЦІЛЬНОГО ПЕРЕРІЗУ ПІСЛЯ ТРИВАЛОГО ЗВОЛОЖЕННЯ

LOAD CAPACITY OF SOLID-SECTION WOODEN BEAMS AFTER LONG-TERM MOISTURE

Рошук М.М., аспірант, ORCID.ORG /0000-0002-0415-8273, Гомон Св.Св., д.т.н., проф., ORCID.ORG /0000-0001-9818-1804 (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),

Roshchuk M.M., postgraduate, Homon S.S., doctor of technical sciences, professor, Gomon S.S., doctor of technical sciences, professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

Наведено особливості виготовлення, замочування та виконання випробувань дерев'яних балок цільного перерізу. Проведено експериментальні дослідження згинальних елементів після тривалого зволоження одноразовим короткочасним навантаженням. На підставі виконаних експериментальних досліджень встановлено несучу здатність замочуваних та незамочуваних дослідних балок. Після замочування прісною водою протягом 180 днів несуча здатність балок цільного перерізу з деревини сосни зменшилася у 1,76 рази, а з деревини ялини – у 1,62 рази порівняно з балками за вологості 12%. Після дії солоної води цей показник зменшився у 1,58 рази для сосни та у 1,84 рази для ялини.

Many wooden elements and structures are directly affected by the aquatic environment, which includes both fresh and salt water. These include bridge structures, shore protection and hydraulic structures, sea piers and many others. Including elements that work on bending are subject to such an impact. The humidity is more than 30%, which makes it difficult to calculate wooden elements and structures according to current regulatory documents

For experimental research, 12 beams of solid cross-section with dimensions of 50x80x1650 mm with a humidity of 12% were manufactured. The bending elements are made of coniferous wood of pine and spruce. Then 8 manufactured beams were soaked in fresh and salt water environments in special baths for 180 days. The humidity of the wood after immersion was more than 30%. Testing of soaked and unsoaked bending elements was carried out in a special experimental setup under a single short-term load. Deformations were measured using strain gauges, deflections using inclinometers.

Experimental studies of bending elements after prolonged moistening with a single short-term load were carried out. Based on the results of experimental studies, the bearing capacity of unsoaked beams was 14.1 kN for pine wood and

10.7 kN for spruce. After soaking in fresh water, the indicators decreased to 8.0 kN for pine and 6.6 kN for spruce. Under conditions of exposure to salt water, the bearing capacity was 8.9 kN for pine and 5.8 kN for spruce, respectively. After soaking in fresh water for 180 days, the load-bearing capacity of solid-section beams made of pine wood decreased by 1.76 times, and of spruce wood by 1.62 times compared to beams with a humidity of 12%. After exposure to salt water, this indicator decreased by 1.58 times for pine and 1.84 times for spruce. The features of the destruction of soaked and unsoaked experimental beams are presented.

Ключові слова:

Деревина, згинальний елемент, напружено-деформований стан, несуча здатність, деформативність, вологість.

Wood, bending element, stress-strain state, bearing capacity, deformability, humidity.

Вступ. Багато дерев'яних елементів і конструкцій піддаються прямому впливу водного середовища, до якого належать як прісна, так і солонa вода. До таких належать мостові конструкції, берегоукріплюючі та гідротехнічні споруди, морські пірси та багато інших [1]. В тому числі такого впливу зазнають елементи, що працюють на згин. Вологість при цьому складає більше 30%, що утруднює проведенню розрахунку дерев'яних елементів і конструкцій за діючими нормативними документами [2,3].

Аналіз літературних досліджень. Експериментально-теоретичними дослідженнями фізико-механічних властивостей деревини листяних та хвойних порід за різної вологості займалися вчені з різних країн світу [4-14].

Ми також проводили такі дослідження та нами було побудовано повні діаграми деформування листяних та хвойних порід деревини від початку завантаження до повного руйнування зразків [15-26]. На основі проведених експериментів запропоновано класичну модель роботи деревини за осьового стиску вздовж волокон [18]. Також встановлено її основні механічні параметри: тимчасову граничну міцність, відносні критичні, граничні та залишкові деформації, а також модуль пружності та січний модуль деформацій.

Нами також було проведено експериментальні дослідження впливу тривалого просочення прісного та солоного водного середовища на деревину сосни та ялини за осьового стиску вздовж волокон [27,28]. Побудовано повні діаграми деформування та визначено основні механічні характеристики.

В світовій практиці досить обмежена кількість досліджень, що стосується контактного впливу прісного та солоного водного середовища на згинальні дерев'яні елементи.

Мета даної роботи – це є проведення експериментальних досліджень дерев'яних балок цільного перерізу з деревини сосни та ялини за тривалої експлуатації у прісному та солоному водних середовищ.

Методика експериментальних досліджень. Для проведення експериментальних досліджень виготовлено 12 балок цільного перерізу з розмірами 50x80x1650 мм вологістю 12%. Згинальні елементи виконані з хвойних порід деревини сосни та ялини. Потім 8 виготовлених балок замочувались у прісному та солоному водних середовищах у спеціальних ваннах на протязі 180 днів (рис.1). Вологість деревини після занурення становила більше 30%.



Рис.1. Занурення дослідних балок у водному середовищі

Випробування замочених та незамочених згинальних елементів проводилося в спеціальній дослідній установці за одноразового короткочасного навантаження та показано на рис.2. Вимірювання деформацій здійснювалося за допомогою тензодатчиків, прогинів за допомогою прогиномірів.



Рис.2. Випробування дослідної балки з деревини ялини

Викладення основного матеріалу. На основі проведених експериментальних досліджень встановлено усереднену несучу здатність замочених та незамочених дослідних балок цільного перерізу (табл.1).

Таблиця 1

Усереднена несуча здатність замочених та незамочених дерев'яних балок цільного перерізу

№з/п	Порода деревини	Час замочення, діб	Вологість, %	Кількість зразків, шт.	Несуча здатність, кН
Сухі					
1	Сосна	-	12	2	14,1
2	Ялина	-	12	2	10,7
Замочені у прісному водному середовищі					
3	Сосна	180	>30	2	8,0
4	Ялина	180	>30	2	6,6
Замочені у солоному водному середовищі					
5	Сосна	180	>30	2	8,9
6	Ялина	180	>30	2	5,8

Спираючись на результати експериментальних досліджень (табл.1), несуча здатність непросочених балок становила для деревини сосни 14,1 кН, а для ялини – 10,7 кН. Після замочування в прісній воді показники знизилися до 8,0 кН для сосни та 6,6 кН для ялини. За умов впливу солоної води несуча здатність становила відповідно 8,9 кН для сосни та 5,8 кН для ялини. Отже, після замочування прісною водою протягом 180 днів несуча здатність балок цільного перерізу з деревини сосни зменшилася у 1,76 рази, а з деревини ялини – у 1,62 рази порівняно з балками за вологості 12%. Після дії солоної води цей показник зменшився у 1,58 рази для сосни та у 1,84 рази для ялини.

Руйнування замоченої у солоній воді дослідної балки з деревини ялини показано на рис.3.



Рис.3. Руйнування замоченої у солоній воді дослідної балки з деревини ялини

Висновки.

1. Наведено особливості виготовлення, замочування та виконання випробувань дерев'яних балок цільного перерізу
2. Проведено експериментальні дослідження згинальних елементів після тривалого зволоження одноразовим короткочасним навантаженням.
3. На підставі виконаних експериментальних досліджень встановлено несучу здатність замочуваних та незамочуваних дослідних балок.
4. Після замочування прісною водою протягом 180 днів несуча здатність балок цільного перерізу з деревини сосни зменшилася у 1,76 рази, а з деревини ялини – у 1,62 рази порівняно з балками за вологості 12%. Після дії солоної води цей показник зменшився у 1,58 рази для сосни та у 1,84 рази для ялини.

1. Рощук 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.

Roshchuk M.M., Homon Sv.Sv. Robota derevyny v umovakh prisnykh ta mors'kykh vodnykh seredovysch. *Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi*. Luts'k: LNTU, 2023. Vyp. 20. S. 117–126.

2. ДБН В.2.6-161:2017. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. К.: Мінрегіон України, 2017. 111 с.

DBN V.2.6-161:2017. *Konstrukciyi budy'nkiv i sporud. Derev'yani konstrukciyi. Osnovni polozhennya*. K.: Minregion Ukrayiny, 2017. 111 s.

3. Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1.1. General rules and rules for buildings. 1995. 124p.

4. Thygesen, L.G., Tang Engelund, E., Hofmeyer, P. (2010). Water sorption in wood and modified wood at high values of relative humidity. Part I: Results for untreated, acetylated, and furfurylated Norway spruce. *Holzforsch*, 64, 315-323.

5. Vasic, S., Stanzl-Tschegg, S. (2007). Experimental and numerical investigation of wood fracture mechanisms at different humidity levels. *Holzforschung*, 61, 367-374.

6. Huang, S.-H., Cortes, P., Cantwell, W.J. (2006). The influence of moisture on the mechanical properties of wood polymer composites. *Journal of Material Science*, 41, 5386-5390.

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. Gerhards C.C. Effect of moisture content and temperature on the mechanical properties of wood: an analysis of immediate effects. *Wood and Fiber*, 1982. 14(1). Pp. 4–36.

9. Kollmann F. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Bd. I. Berlin, 1951. 1050 p.

10. Kuffner M. Elastizitätsmodul und Zugfestigkeit von Holz Verschiedenen Rohdichte in Abhängigkeit von Feuchtigkeitgehalt. *Holz als Roh und Werkstoff*, 1978, 11, S. 435–440.

11. Madsen B. Recommended moisture adjustment factor for lumber stresses. *Can. J. Civil Engineering*, 1982. Vol. 9. №4. P. 602–610.

12. 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.

13. Ozyhar et al. Moisture-dependent elastic and strength anisotropy of European beech wood in tension. *J Mater Sci*, 2012, 47. Pp. 6141–6150.

14. Teodorescu I., Erbasu R., Branco J.M., Tapusi D. (2021). Study in the changes of the moisture content. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 664, article number 012017.

15. Janiak T., Homon S., Karavan V., Gomon P., Gomon S.S., Kulakovskiy L., Famulyak Y. (2023). Mechanical properties of solid deciduous species wood at different moisture content. *AIP Conference Proceedings* 2949, article number 020009.

16. Homon, S., Litnitsky, S., Gomon, P., Kulakovskiy, L., Kutsyna, I. (2023). Methods for determining the critical deformations of wood with various moisture content. *Scientific Horizons*, 26(1), 73-86.

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

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, konstruktsiyi, budivli ta sporudy*. Rivne: NUVHP, 2020. Vyp. 38. S. 321–330.

18. Гомон С.С., Ясній П.В., Гомон П.С., Ясній В.П. Класична модель дійсної роботи суцільної та модифікованої деревини осьовим стиском вздовж волокон: монографія. Рівне: Волинські обереги, 2023. 316 с.

Homon S.S., Yasniy P.V., Homon P.S., Yasniy V.P. Klasychna model' diysnoyi roboty sutsil'noyi ta modyfikovanoyi derevyny os'ovym styskom vzdovzh volokon: monohrafiya. Rivne: Volyns'ki oberehy, 2023. 316 s.

19. Ясній П.В., Гомон С.С. Експериментальні дослідження суцільної деревини конструкційних розмірів з врахуванням фактора вологості. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. Вінниця: БНТУ, 2020. Том 28. №1. С. 41–48.

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.

20. 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.

Homon Sv.Sv., Matviyuk O.V., Savchuk S.M., Vereshko O.V., Kulakovs'kyi L.YA. Vplyv ahresyvnoho seredovyscha na mitsnisni ta 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.

21. Ясній П.В., Гомон С.С. Дослідження січних модулів листяних та хвойних порід деревини з різним показником вологості. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця: БНТУ, 2020. Вип. 4 (151). С. 125–130.

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.

22. Гомон Св.Св., Гомон Св.Ст. До визначення деяких деформативних закритичних характеристик деревини. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі і споруди*. Рівне, 2022. Вип. 41. С. 119-125.

Homon Sv.Sv., Homon Sv.St. Do vyznachennya deyakykh deformatyvnykh zakrytychnykh kharakterystyk derevyny. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli i sporudy. Rivne, 2022. Vyp. 41. S. 119-125.

23. Yasniy P., Gomon 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.

24. 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: ЛНТУ, 2022. Вип.17. С. 15–22.

Homon Sv.Sv., Homon Sv.St., Matviyuk O.V., Vereshko O.V., Chornomaz N.YU. Zastosuvannya derevyny v umovakh ahresyvnykh seredovysch. Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. Luts'k: LNTU, 2022. Vyp.17. S. 15–22.

25. Матвіюк О.В., Гомон Св.Св. Міцність та деформівність конструкційної модифікованої деревини ялини та ясена за експлуатації у водному середовищі. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. Луцьк: ЛНТУ, 2024. Вип. 22. С. 106–119.

Matviyuk O.V., Homon Sv.Sv. Mitsnist' ta deformivnist' konstruktsiynoyi modyfikovanoyi derevyny yalyny ta yasena za ekspluatatsiyi u vodnomu seredovyschi. Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. Luts'k: LNTU, 2024. Vyp. 22. S. 106–119.

26. Гомон С.С., Гомон Св.Св. Деформування деревини за роботи на осьовий стиск, прямий та косий поперечний згин. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Рівне: НУВГП, 2023. Вип. 44. С. 165-175.

Homon S.S., Homon Sv.Sv. Deformuvannya derevyny za roboty na os'ovyy stysk, pryamyu ta kosyyu poperechnyy z'hyn. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Rivne: NUVHP, 2023. Vyp. 44. S. 165-175.

27. Гомон Св.Св., Гомон С.С., Рошук М.М. Експериментально-теоретичні дослідження критичних деформацій деревини хвойних порід з підвищеним вмістом вологи. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Рівне: НУВГП, 2023. Вип. 44. С. 157-164.

Homon Sv.Sv., Homon S.S., Roshchuk M.M. Eksperymental'no-teoretychni doslidzhennya krytychnykh deformatsiy derevyny khvoynykh porid z pidvyshchenym vmistom volohy. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Rivne: NUVHP, 2023. Vyp. 44. S. 157-164.

28. Roshchuk M., Homon S., Pavluk A., Gomon S., Drobyshynets S., Romaniuk M., Smal M., Dziubynska O., 2024. Effect of long-term moisture on the mechanical properties of wood: an experimental study. *Procedia Structural Integrity* 59, 718-723.