

РОБОТА ДЕРЕВИНИ В УМОВАХ ПРІСНИХ І МОРСЬКИХ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ

THE WORK OF WOOD IN FRESH AND MARINE WATER ENVIRONMENTS

**Рошук М.М., аспірант, Гомон Св.Св., д.т.н., проф. (Національний
університет водного господарства та природокористування, Рівне)**

**Roshchuk M.M., postgraduate, Homon S.S., Dh.D., professor
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)**

Проведено аналіз роботи деревини за різної вологості. Встановлено, що фактично відсутні експериментально-теоретичні дослідження механічних властивостей деревини за тривалої експлуатації у водному середовищі (річковому та морському). Наведено об'єм подальших досліджень.

Wooden elements and structures are also used quite often in the construction of industrial, civil facilities and engineering structures. They include beams, trusses, arches, scaffolding, rafter systems, decking, purlins, and columns. We will be especially interested in the work of elements and structures that are affected by aggressive water environments. These include fresh and marine. The operation of such elements and structures can be found during the operation of engineering structures (bridges, bridge crossings, sea piers, shore-fortifying engineering structures) under such operating conditions.

In the middle of the last century, German researchers Kollmann F., Kuffner M. established that with an increase in the moisture content of wood, its main mechanical properties deteriorate (from 10 to 30%). In particular, it was established that the temporary strength of wood increases when stretched along the fibers at a moisture content of 0 to 10%, and decreases continuously from 10 to 30%. At a humidity of more than 30% this indicator is unchanged.

According to regulatory documents, the mechanical characteristics of materials are calculated and given at a standard humidity of 12% and a temperature of 20 °C for samples of clean wood with a section of 20x20x30mm. If they are operated at a different humidity and temperature, they are recalculated to the standard humidity.

References and standards also present conversion coefficients of the relationship between strength (for compression along the fibers, chipping, bending) and moisture content of wood.

Homon St.St. the change of the main mechanical characteristics under axial compression along the fibers of deciduous and coniferous species at a moisture content

of 12 to 30% already under a strict test regime was established. The author proposed methods for determining critical and limit deformations at different moisture levels; complete wood deformation diagrams are constructed. A model of the real work of wood under axial compression along the fibers is proposed.

Therefore, in the future, it is necessary to carry out experimental and theoretical studies of the mechanical properties of wood of various species under various types of load and during long-term operation in the water environment (river and sea).

Ключові слова: *деревина, водне прісне середовище, морське середовище, механічні властивості, міцність.*

Keywords: *wood, fresh water environment, marine environment, mechanical properties, strength.*

Постановка проблеми. Матеріали та вироби з деревини ми зустрічаємо кожного дня в повсякденному житті. Оскільки, деревина є природним матеріалом, то вироби та матеріали з неї є цілком безпечними та екологічно чистими. Дерев'яні елементи та конструкції застосовуються також досить часто при будівництві промислових, цивільних об'єктів та інженерних споруд. До них можна віднести балки, ферми, арки, риштування, кроквяні системи, настили, прогони, колони. Нас буде особливо цікавити робота елементів та конструкцій, які зазнають впливу агресивних водних середовищ. До таких можливо віднести прісне та морське. Роботу таких елементів та конструкцій можна зустріти при роботі інженерних споруд (мостів (рис.1), мостових переходів (рис.2), морських пірсів (рис.3), берегоукріплюючих інженерних споруд (рис.4)) за таких умов експлуатації.

Отже, в даній статті ми спробуємо проаналізувати роботу деревини у різних прісних та морських водних середовищах.

Аналіз відомих досліджень і публікацій. Дослідженням механічних властивостей деревини займався досить велика кількість вчених зі всього світу [1-4]. Роботу деревини за різної вологості знаходимо у працях таких дослідників як Kollmann F. [5], Kuffner M. [6], Thygesen L. [7], Madsen B. [8], Báder M. [9], Németh R.[9], Vasic S. [10], Stanzl-Tschegg S. [10], Гомон Св.Св. [11-17]. Як правило, такі дослідження проводились до точки критичних деформацій деревини, а то і нижче, окрім експериментальних досліджень Гомона Св.Св. [10-12, 16, 17].



Рис. 1. Найдовший дерев'яний залізничний міст в Європі через річку Стир (Рівненська область)



Рис. 2. Мостовий перехід в Пуці-Водиці, Київ



Рис.3. Найдовший в Європі морський пірс в місті Сопот (довжина пірсу 650 м, з них в морі 450 м)



Рис.4. Берегоукріплення водойми дерев'яними палями

Метою даної статті є проведення аналізу роботи деревини за різної вологості, тобто ті дослідження, які ми маємо на даний час, а також запропонуємо обсяг подальших експериментально-теоретичних досліджень з даного питання.

Основна частина. Отже, проаналізуємо, які експериментально-теоретичні дослідження проведені на даний час за даною проблематикою.

Ще фактично в середині минулого століття німецькі дослідники Kollmann F. [5], Kuffner M. [6] встановили, що зі збільшенням вологості деревини основні її механічні властивості погіршуються (від 10 до 30%). Зокрема, було встановлено, що за розтягу вздовж волокон тимчасова міцність деревини за вологості від 0 до 10% збільшується, а від 10 до 30% постійно зменшується (рис.5). За вологості більшої 30% цей показник є незмінним.

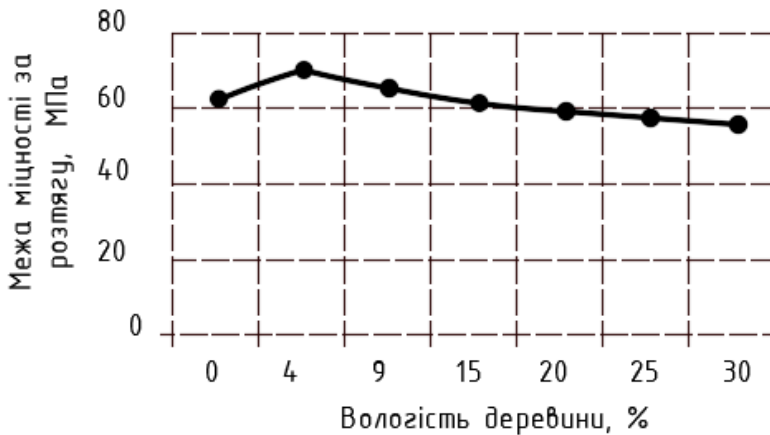


Рис. 5. Гранична міцність деревини на розтягу вздовж волокон залежно від вологості [6]

Зміна модуля пружності носить приблизно той же характер тільки з іншими цифровими показниками.

Згідно нормативних документів механічні характеристики матеріалів розраховуються та представлені для зразка чистої деревини перерізом 20x20x30 мм при стандартній вологості 12% і температурі 20⁰С. Якщо матеріал експлуатується при іншій вологості і температурі, то він перераховується на стандартну вологість за наступною залежністю

$$B_{12} = B_w \cdot (1 + \alpha(W - 12)) \quad (1)$$

Довідники та стандарти надають коефіцієнти перерахунку для зв'язку між міцністю (за осьового стиску вздовж волокон, згинання, сколювання) і вологістю деревини, також у вигляді графіка залежності «гранична міцність-вологість». За 1 взято граничну міцність деревини при стандартній вологості 12% (рис. 6).

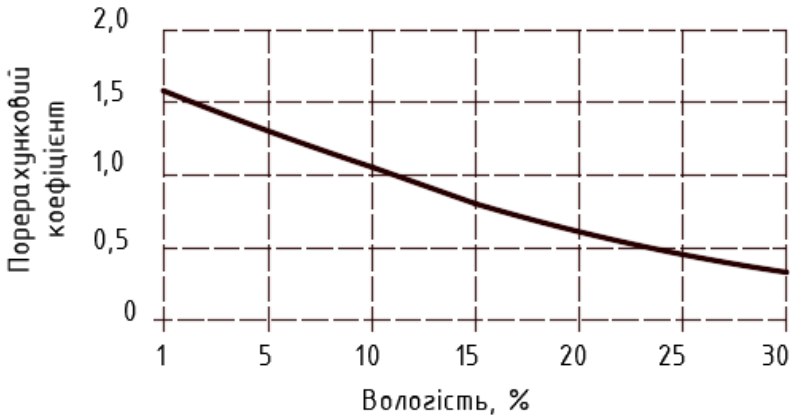


Рис.6. Графік перерахункових коефіцієнтів для вологості на стиск вздовж волокон

Гомоном Св.Св. встановлено зміну основних механічних характеристик за осьового стиску вздовж волокон листяних та хвойних порід за вологості від 12 до 30% вже за жорсткого режиму випробувань, тобто в докритичній та закритичній стадії роботи матеріалу [10-17]. Виявлено, що за вологості більше 30% механічні властивості деревини практично не змінюються. Автором запропоновано методики для визначення критичних та граничних деформацій за різної вологості; побудовано повні діаграми деформування деревини (рис.7) [10-12, 16, 17]. Автором запропоновано модель реальної роботи деревини при осьовому стисненні вздовж волокон (рис.8) [10]. Автор виділив пружну та пластичну складові деформацій. Дослідник зазначив, що зі збільшенням вологості від 12 до 30% деформівність деревини зростає.

В подальшому нас буде цікавити робота деревини за тривалої експлуатації у водному середовищі (річковому та морському) за короточасних та повторних навантажень, враховуючи при цьому необхідно змодельовати рівень води, хвилі в морі, течію в річках та інші не менш цікаві фактори впливу. Тому необхідно провести експериментально-теоретичні дослідження механічних властивостей деревини різних порід за різних видів навантаження та за вище наведених експлуатаційних впливів та факторів.

Таких досліджень є дуже мало в світовій практиці.

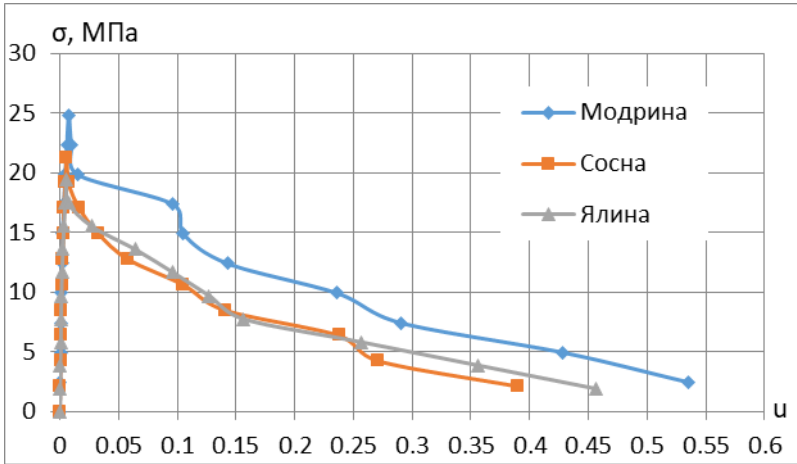


Рис.7. Дійсні (повні) діаграми деформування суцільної деревини хвойних порід віком 60 років за вологості 30% [10-12, 16]

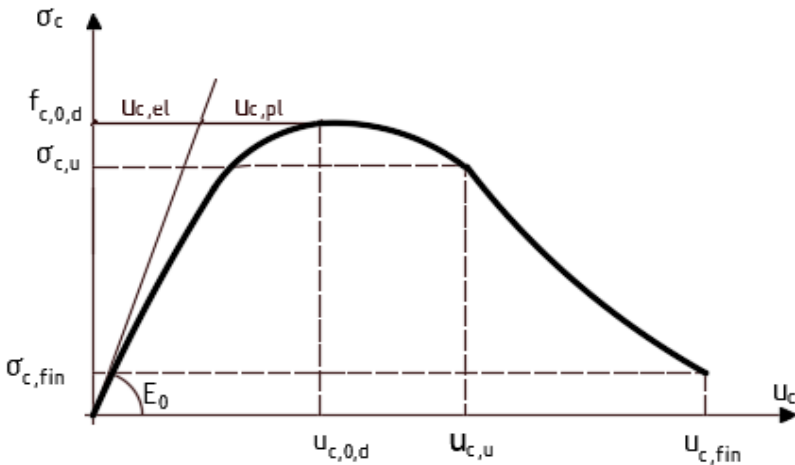


Рис.8. Модель дійсної роботи деревини осьовим стиском вздовж волокон за різної вологості [10]

Висновки

1. Проведено аналіз роботи деревини за різної вологості.

2. Встановлено, що фактично відсутні експериментально-теоретичні дослідження механічних властивостей деревини за тривалої експлуатації у водному середовищі (річковому та морському).

3. Наведено об'єм подальших досліджень.

References

1. Landis E.N., Vasic, S., Davids W.G., Parrod, P. (2002). Coupled experiments and simulations of microstructural damage in wood. *Experimental Mechanics* 42, Pp. 389–394.

2. Zakic B.D. (1974). Inelastic bending of wood beams. *Journal of the Structural Division* 99(10), Pp. 2079-2092.

3. Patton-Mallory M., Cramer S. (1987). Fracture mechanics: a tool for predicting wood component strength. *Forest Products Journal* 37 (7/8), Pp. 39–47.

4. Green D.W., Kretschmann D.E. (1992). Properties and grading of Southern Pine Woods. *Forest Products Journal* 47 (9), Pp. 78–85.

5. Kollmann F. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Bd. I. Berlin, 1951. 1050 s.

6. Kuffner M. Elastizitätsmodul und Zugfestigkeit von Holz Verschiedenen Rohdichte in Abhängigkeit von Feuchtigkeitgehalt. Holz als Roh- und Werkstoff, 1978, 11, Pp. 435–440.

7. 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, Pp. 315-323.

8. Madsen B. (1982). Recommended moisture adjustment factor for lumber stresses. *Civil Engineering* 9(4), Pp. 602–610.

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

10. Homon Sv.Sv., Yasniy P.V., Homon P.S., Yasniy V.P. Kласична модель дієвості роботи сусил'ної та модифікованої деревини ос'овим стиском вздовж волокон: монографія. Тернопіль: ТНТУ, 2023. 316 с.

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 vrakhuvanniam faktora volohosti. *Suchasni tekhnolohiyi, materialy i konstruktsiyi v budivnytstvi*. Vinnytsya: VNTU, 2020. Tom 28. №1. S. 41–48.

13. Homon Sv.Sv., Matviyuk O.V., Dovbenko T.O., Savchuk S.M., Vereshko O.V., Kulakovskyy L.YA. Doslidzhennya mitsnisnykh pokaznykiv derevyny pid vplyvom ahresyvnoho seredovyshcha. *Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy*. Rivne: NUVHP, 2021. Vyp. 40. S. 10-17.

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: LNTU, 2022. Vyp.17. S. 15–22.

15. Homon Sv.Sv., Matviyuk O.V., Savchuk S.M., Vereshko O.V., Kulakovs'kyi L.YA. Vplyv ahresyvnoho seredovyshcha 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.

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. 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.

Література

1. Landis E.N., Vasic, S., Davids W.G., Parrod, P. (2002). Coupled experiments and simulations of microstructural damage in wood. *Experimental Mechanics* 42, Pp. 389–394.

2. Zakic B.D. (1974). Inelastic bending of wood beams. *Journal of the Structural Division* 99(10), Pp. 2079-2092.

3. Patton-Mallory M., Cramer S. (1987). Fracture mechanics: a tool for predicting wood component strength. *Forest Products Journal* 37 (7/8), Pp. 39–47.

4. Green D.W., Kretschmann D.E. (1992). Properties and grading of Southern Pine Woods. *Forest Products Journal* 47 (9), Pp. 78–85.

5. Kollmann F. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Bd. I. Berlin, 1951. 1050 s.

6. Kuffner M. Elastizitätsmodul und Zugfestigkeit von Holz Verschiedenen Rohdichte in Abhängigkeit von Feuchtigkeitsgehalt. *Holz als Roh und Werkstoff*, 1978, 11, Pp. 435–440.

7. 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, Pp. 315-323.

8. Madsen B. (1982). Recommended moisture adjustment factor for lumber stresses. *Civil Engineering* 9(4), Pp. 602–610.

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

10. 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.

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. Гомон Св.Св., Матвіюк О.В., Довбенко Т.О., Савчук С.М., Верешко О.В., Кулаковський Л.Я. Дослідження міцнісних показників деревини під впливом агресивного середовища. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Рівне: НУВГП, 2021. Вип. 40. С. 10-17.

14. Гомон Св.Св., Гомон Св.Ст., Матвіюк О.В., Верешко О.В., Черномаз Н.Ю. Застосування деревини в умовах агресивних середовищ. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. Луцьк: ЛНТУ, 2022. Вип.17. С. 15–22.

15. 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.

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. 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.