

ТРИВАЛА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ З ДЕРЕВИНИ

LONG-TERM EXPLOITATION OF ELEMENTS AND STRUCTURES OF WOOD

Дацюк В.В, аспірант (Луцький національний технічний університет), Гомон Св.Св., д.т.н., проф. (Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне), Петренко О.В, ст. викл., к.т.н. (Національний університет «Львівська Політехніка»)

Datsiuk V.V., postgraduate (Lutsk National Technical University), Homon S.S., Dh.D., professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), Petrenko O.V., Ph.D., senior lecturer (Lviv Polytechnic National University)

У даній праці здійснено аналіз роботи деревини після тривалої експлуатації з дослідження її фізико-механічних властивостей в наукових публікаціях, які є в наявності на даний час. Проаналізувавши наявні наукові публікації, приходимо до висновку, що практично відсутні експериментально-теоретичні дослідження основних фізико-механічних властивостей деревини після тривалої експлуатації протягом терміну служби 25-75 років та вище. Також не встановлено роботу таких матеріалів в закритичній стадії деформування.

Elements and structures made of wood have been used for hundreds of years for the construction of objects of various purposes. These include residential, public and industrial buildings and structures, bridges and overpasses, scaffolding, strengthening the shores of ponds and lakes, benches, gazebos and many others. There are many historical objects in the world and not only (temples, residential and public buildings, engineering structures) that are built from products, elements and structures based on wood

Materials, products, elements and structures made of wood are often used for a long time in various environments. The time of operation can be long (decade) or short. As a rule, the duration depends on the aggressiveness of the environment and the protection of the wood itself.

In recent years, civil engineers have faced the problem of surveying buildings and structures, including load-bearing elements and structures based on wood, and assessing their condition before further operation. As practice shows, many materials, products, elements and structures made of wood have a fairly good residual resource after long-term use. Over time, wood needs additional protection from pests, environmental aggression, rotting and fire. Also, in some cases, such elements and structures are subject to repair and reconstruction.

In this work, an analysis of the work of wood after long-term exploitation is carried out based on the study of its physical and mechanical properties in scientific publications

that are currently available. After analyzing the available scientific publications, we come to the conclusion that there are practically no experimental and theoretical studies of the main physical and mechanical properties of wood after long-term use during the service life of 25-75 years and above. The operation of such materials in the final stage of deformation has also not been established.

Ключові слова: деревина, термін служби, механічні властивості, експлуатація, деформування.

Keywords: wood, service life, mechanical properties, exploitation, deformation.

Постановка проблеми. Елементи та конструкції з деревини вже сотні років використовуються для будівництва об'єктів різного призначення. До таких можливо віднести житлові, громадські та промислові будівлі і споруди, мости та мостові переходи, риштування, укріплення берегів ставків та озер, лави, альтанки та багато інших.

Деревина також має широке застосування і в інших галузях економіки.

Матеріали, виробі, елементи і конструкції з дерева часто використовуються протягом тривалого часу в різних середовищах. Час експлуатації може бути тривалим (десятиліття) або недовгим. Як правило, тривалість залежить від агресивності навколишнього середовища і захисту самої деревини.

В останні роки інженери-будівельники зіткнулися з проблемою обстеження будинків і споруд, в тому числі несучих елементів і конструкцій на основі деревини, і оцінки їх стану перед подальшою експлуатацією [1]. Як показує практика, багато матеріалів, виробів, елементів і конструкцій з дерева мають досить хороший залишковий ресурс після тривалого використання (рис.1, 2) [2]. З плином часу деревина потребує додаткового захисту від шкідників, агресивності навколишнього середовища, гниття і пожежі [3]. Також в деяких випадках такі елементи і конструкції підлягають ремонту та реконструкції [4].

Аналіз відомих досліджень і публікацій. Деревина може експлуатуватися сотні років за певних умов роботи. У світі є багато історичних об'єктів і не тільки (храмів, житлових та громадських будівель, інженерних споруд), які побудовані з виробів, елементів та конструкцій на основі деревини [5].

Багато вчених приділяли і далі приділяють велику увагу дослідженню фізико-механічних властивостей деревини за різних видів навантаження та різних умов експлуатації [6-9]. Зокрема, суцільної, клеєної, модифікованої та інших. Нами також проводиться робота в даному напрямку. Особливо, це стосується роботи деревини в докритичній та закритичній стадії деформування за різних умов експлуатації [10-15].

В подальшому ми хочемо провести комплексні експериментально-

теоретичні дослідження механічних властивостей деревини після її тривалої експлуатації.



Рис.1. Стан крокв'яної системи адміністративного приміщення після тривалої експлуатації



Рис.2. Стан несучих конструкцій житлового будинку після тривалої експлуатації

Метою даної праці є проведення аналізу роботи виробів, елементів та конструкцій на основі деревини після їх тривалої експлуатації (за різних умов експлуатації), які є в літературних джерелах на даний час.

Основна частина. Спробуємо проаналізувати роботу виробів, елементів та конструкцій на основі деревини після їх тривалої експлуатації. Тобто, що саме є в наукових публікаціях про зміну основних фізико-механічних властивостей деревини за різних умов тривалої експлуатації. В літературі знаходимо різні напрямки досліджень з даного питання. Розглянемо деякі з них.

Отже, в роботі [1] висвітлено особливості обстеження елементів та конструкцій з деревини після їх тривалої експлуатації. Автори порівняли механічні властивості деревини шляхом вимірювання неруйнівними приладами та проведенням руйнівних випробувань. Найважливішим результатом є порівняння статичного і динамічного модулів пружності деревини та подальше порівняння класів міцності, отриманих різними методами вимірювання.

Метою роботи [3] є вивчення впливу різного віку та пошкодження деревини дуба на температуру спалаху та температуру займання. Авторами було проаналізовано термонавантажені зразки 5-річної деревини дуба, 160-річної деревини дуба, а також 160-річної деревини дуба, деградованої дереворуйнівними комахами та грибами. Дослідники встановили, що при термічному навантаженні деревини дуба відбуваються значні зміни, особливо в поверхневих шарах. Окрім зміни кольору, продемонстровані хімічні зміни основних компонентів деревини та екстрактивних речовин. З підвищенням температури збільшується і вміст екстрагованих етанолом і толуолом речовин. Збільшення їх кількості відбувається в основному за рахунок лігніну, але частково також за рахунок продуктів розпаду полісахаридів.

Автори [4] провели довготривале польове дослідження на різних пробних стінах з дерев'яними балками. У цій статті розглядаються 2,5-річні вимірювання шляхом аналізу вмісту вологи на кінцях балок для різних випробувальних стін. Використання пароізоляційних матеріалів має лише незначний сприятливий вплив. З іншого боку, заходи щодо зниження вологості стіни мають значний ефект, або шляхом локального розривання ізоляції на з'єднанні балок, або шляхом застосування водовідштовхувальної обробки. Контроль дощового навантаження на стіну, здається, є ключовим моментом для захисту від вологи внутрішньої ізоляції з збудованими дерев'яними балками.

В роботі [5] частина пошкоджених дерев'яних компонентів стародавньої архітектури храму Данся в Китаї була ідентифікована за допомогою мікроскопа, а хімічний склад клітинних стінок спостерігався за допомогою поляризованого та флуоресцентного світла відповідно. Встановлено, що склад целюлози був пошкоджений грибами та комахами.

У статті [16] розглядаються механічні властивості деревини ялини, історично використовуваної деревини дуба та рідко згадуваної деревини модрина. Основна увага приділяється деревині модрина, яка вирізана зі стелі

нерухомої пам'ятки культури XVII століття – визначенню її віку, історичної важливості та механічних властивостей. Механічні властивості були отримані за допомогою стандартних випробувань на стиснення паралельно і перпендикулярно волокнам, і на згин. Результати випробувань порівнювались з механічними властивостями деревини дуба, звичайної деревини ялини та нещодавно зрубаної деревини модрина.

У праці [17] розглядалося вплив мікроклімату на історичні дерев'яні будівлі, які піддаються впливу відкритих морських потоків. Морський особняк Флорії Агатюрк у Стамбулі, зведений на березі моря, абсолютно незахищений від погоди та морських впливів, був обраний як приклад для багатьох інших будівель, розташованих на лінії Босфору. Щоб розглянути вплив навколишнього середовища на будівлю, що піддається впливу потоків відкритого моря, мікрокліматичні дані збиралися протягом одного року. Синергічний ефект аерозолу морської солі та мікрокліматичних умов обговорювався для оцінки впливу морського середовища на довговічність особняка, виявлення більш вразливих частин будівлі, а також більш критичних періодів. Результати показують, що коли вміст вологи змінюється від 20,9% до 36,7%, а температура змінюється від 14,1°C до 28,7°C, коефіцієнт теплопровідності збільшується.

В праці [18] автори досліджували граничну міцність на стиск паралельно волокнам (UCS) деревини є одним із важливих показників для оцінки міцності конструкції старих дерев'яних будівель. Деревина тополі, деревина модрина китайської і деревина ялиці китайської були обрані як моделі в цій статті. Метою дослідження є прогнозування UCS деревини за допомогою методів резистографа та вилучення гвинтів.

Досить вагомий вклад з даного питання зробив український вчений Гайда С.В. [2]. Автор вивчав механічні властивості деревини ялиці різного віку (з точки зору терміну служби), оскільки відсутні нормативні документи, що визначають фізико-механічні властивості деревини різного віку, які необхідні для прогнозування властивостей одержуваних майбутніх виробів. Вивчалися механічні властивості деревини ялиці в діапазоні використання від 0 до 20 років, з використанням проміжного контролю характеристик кожні 5 років. Було встановлено, що з плином часу експлуатації в різних умовах, особливо на відкритому повітрі, механічні властивості змінюються головним чином у бік зниження.

Проаналізувавши наукові публікації, які є на даний час за даною тематикою, приходимо до висновку, що практично відсутні експериментально-теоретичні дослідження основних фізико-механічних властивостей деревини після тривалої експлуатації протягом терміну служби та вище 25-75 років. Також не встановлено роботу таких матеріалів в закритичній стадії деформування.

Отже, для подальших досліджень дана проблематика є досить актуальною.

Висновки

1. В даній праці здійснено аналіз роботи деревини після тривалої експлуатації з дослідження її фізико-механічних властивостей в наукових публікаціях, які є в наявності на даний час.

2. Проаналізувавши наявні наукові публікації, приходимо до висновку, що практично відсутні експериментально-теоретичні дослідження основних фізико-механічних властивостей деревини після тривалої експлуатації протягом терміну служби 25-75 років та вище.

3. Також не встановлено роботу таких матеріалів в закритичній стадії деформування.

References

1. Posta J., Ptacek P., Jara R., Terebesyova M., Kuklik P., Dolejs J. (2016). Correlations and differences between methods for non-destructive evaluation of timber elements. *Wood research* 61(1), Pp. 129-140.
2. Hayda S.V. Kompleksni doslidzhennya zminy pruzhnykh vlastyvostryy vzhyvanoyi derevyny yalytsi z vikom. Lisove hospodarstvo, lisova, paperova ta derevoobrobna promyslovisht'. L'viv: NLTU, 2017. Vyp. 43. S. 58-73.
3. Zachar M., Majlingova A., Mitterova I., Cabalova I. (2017). Influence of an age and damage of the oak wood on its fire risk. *Wood research* 62(3), Pp. 495-504.
4. De Mets, T., Tilmans, A. (2020). Evaluation of the risk of decay of wooden beams embedded in internally insulated walls by long-term measurements. *E3S Web of Conferences* 172, article number 01002.
5. Yang Y., Sun H., Yang S., Wang A., Zhao R., Wang W., He Y., Li B., Zhang B., Wu Q. (2021). Internal cause analysis of damage of wooden components in Danxia temple ancient architectures: tree species. *Wood research* 66(2), Pp. 297-308.
6. 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.
7. Zacic B.D. (1974). Inelastic bending of wood beams. *Journal of the Structural Division* 99(10), Pp. 2079-2092.
8. Patton-Mallory M., Cramer S. (1987). Fracture mechanics: a tool for predicting wood component strength. *Forest Products Journal* 37 (7/8), Pp. 39-47.
9. Green D.W., Kretschmann D.E. (1992). Properties and grading of Southern Pine Woods. *Forest Products Journal* 47 (9), Pp. 78-85.
10. 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. Rivne: Volyns'ki oberehy, 2023. 316 s.
11. 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.
12. Homon S., Gomon P., Karavan V. Eksperymental'ni doslidzhennya khvoynykh ta lystyanykh porid derevyny odnorazovym korotkochasnym navantazhennyam na stysk vzdovzh volokon za zhorstkoho rezhymu vyprobuvan'. Visnyk L'vivs'koho

natsional'noho ahrarynoho universytetu. Arkhitektura ta sil's'kohospodars'ke budyvnytstvo. L'viv: LNAU, 2020. №21. S. 34–40.

13. 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.

14. 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.

15. Homon S.S., Homon Sv.Sv., Sasovs'kyi T.A. Prohnozuvannya zalyshkovoho chasu pratsездatnosti konstruktsiy z derevyny za povtornykh navantazhen'. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Rivne: NUVHP, 2015. Vyp. 31. S. 417–421.

16. Hrebenarova E., Wald F. (2022). Comparison of mechanical properties of the eldest larch wood construction with oak wood and spruce wood. *Wood research* 67(4), Pp. 612–624.

17. Celik E., Cengiz I., Yilmaz D. (2020). An experimental study on sustainability of historical wooden buildings exposed to open sea streams. *Wood research* 65(3), Pp. 521–530.

18. Xue S., Zhou H., Liu X., Wang W. (2019). Prediction of compression strength of wood usually used in ancient timber buildings by using resistograph and screw withdrawal tests. *Wood research* 64(2), Pp. 249-260.

Література

1. Posta J., Ptacek P., Jara R., Terebesyova M., Kuklik P., Dolejs J. (2016). Correlations and differences between methods for non-destructive evaluation of timber elements. *Wood research* 61(1), Pp. 129-140.

2. Гайда С.В. Комплексні дослідження зміни пружних властивостей вживаної деревини ялиці з віком. *Лісове господарство, лісова, паперова та деревообробна промисловість*. Львів: ЛНТУ, 2017. Вип. 43. С.58-73.

3. Zachar M., Majlingova A., Mitterova I., Cabalova I. (2017). Influence of an age and damage of the oak wood on its fire risk. *Wood research* 62(3), Pp. 495-504.

4. De Mets, T., Tilmans, A. (2020). Evaluation of the risk of decay of wooden beams embedded in internally insulated walls by long-term measurements. *E3S Web of Conferences* 172, article number 01002.

5. Yang Y., Sun H., Yang S., Wang A., Zhao R., Wang W., He Y., Li B., Zhang B., Wu Q. (2021). Internal cause analysis of damage of wooden components in Danxia temple ancient architectures: tree species. *Wood research* 66(2), Pp. 297-308.

6. 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.

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

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

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

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. Рівне: Волинські береги, 2023. 316 с.
11. Гомон С.С., Гомон П.С. Побудова дійсних діаграм механічного стану деревини « σ - ϵ » суцільного перерізу ялини та берези за жорсткого режиму випробувань. *Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Рівне: НУВГП, 2020. Вип. 38. С. 321–330.
12. Гомон С., Гомон П., Караван В. Експериментальні дослідження хвойних та листяних порід деревини одноразовим короточасним 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.
13. 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.
14. Гомон Св.Св., Гомон Св.Ст. До визначення деяких деформативних закритичних характеристик деревини. *Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі і споруди*. Рівне, 2022. Вип. 41. С. 119-125.
15. Гомон С.С., Гомон Св.Св., Сасовський Т.А. Прогнозування залишкового часу працездатності конструкцій з деревини за повторних навантажень. *Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Рівне: НУВГП, 2015. Вип. 31. С. 417–421.
16. Hrebenarova E., Wald F. (2022). Comparison of mechanical properties of the eldest larch wood construction with oak wood and spruce wood. *Wood research* 67(4), Pp. 612-624.
17. Celik E., Cengiz I., Yilmaz D. (2020). An experimental study on sustainability of historical wooden buildings exposed to open sea streams. *Wood research* 65(3), Pp. 521-530.
18. Xue S., Zhou H., Liu X., Wang W. (2019). Prediction of compression strength of wood usually used in ancient timber buildings by using resistograph and screw withdrawal tests. *Wood research* 64(2), Pp. 249-260.