

**ВПЛИВ КИСЛОТНИХ СЕРЕДОВИЩ НА ДЕФОРМІВНІ ПОКАЗНИКИ
ДЕРЕВИНИ З РІЗНИМ ТЕРМІНОМ ПРОСОЧЕННЯ**

**THE INFLUENCE OF ACID ENVIRONMENTS ON THE DEFORMATION
INDICATORS OF WOOD WITH DIFFERENT IMPREGNATION TIMES**

Верешко О.В., к.т.н., ст.викл., ORCID 0000-0002-7069-3397, **Мельник Ю.А., к.т.н., доц.,** ORCID 0000-0001-5186-7032 (Луцький національний технічний університет, Україна), **Гомон Св.Св., д.т.н., проф.,** ORCID 0000-0001-9818-1804, **Гомон С. С., д.т.н., проф.,** ORCID.ORG /0000-0003-2080-5650, (Національний університет водного господарства та природокористування, Україна, м. Рівне),

Vereshko O.V., candidate of technical sciences, associate professor senior lecturer, Melnyk Y.A., candidate of technical sciences, associate professor (Lutsk national technical university), **Gomon S.S, doctor of technical sciences, professor, Gomon S.S., doctor of technical sciences, professor,** (National university of water and environmental engineering, Rivne)

Приведено методику експериментальних досліджень деревини берези та сосни під впливом кислотних середовищ за різного терміну просочення за осьового стиску вздовж волокон. Наведено результати експериментальних досліджень деформівних показників (критичних та залишкових деформацій) деревини з врахуванням фактору кислотності середовища. Встановлено, що вплив кислот на деревину з різним терміном просочення збільшує її деформівні показники.

A detailed analysis of the literature on the study of physical and mechanical characteristics of hardwood and coniferous wood under the influence of various aggressive environments, including water, acid and alkaline, was carried out. The aim of the study is to determine the effect of aggressive environment on the deformability of birch and pine wood and compare it with the values at standard humidity. A methodology for experimental studies of lumber by axial compression along the fibres with a single short-term load under a rigid test regime in an aggressive environment was developed. The article presents the timing of impregnation of hardwood and coniferous species (birch and pine) in aggressive environments, in particular in hydrochloric (15%), acetic (9%) and lactic acids (40%). These tree species are grown in the forests of the Volyn region. The trees were approximately 60 years old at the time of testing. The samples were manufactured in accordance with current standards. The wood tested before being impregnated with various liquids had a standard moisture

content of 12%. The wood was naturally impregnated without additional stimulation for 7, 14, 28 and 180 days, respectively. The penetration of liquids into the thickness of the samples was carried out in a vessel in a horizontal position with complete immersion in various solutions. Each solution had access to all sides of the prisms. The total number of prisms tested was 78. Experimental studies were carried out on a servo-hydraulic testing machine STM-100. The deformation rate of the prisms was 1.5 mm/min. The results of studies of deformability indicators (critical and residual deformations) are presented, taking into account the coefficient of aggressiveness of the medium. It is established that the deformation parameters of solid pine and birch wood increase depending on the period of impregnation with various aggressive environments. It was found that the deformability of the studied wood species changes significantly only during the first month of acid impregnation. Over the next 5 months of impregnation, the deformability indicators remain almost unchanged.

Ключові слова: Деревина, стиск вздовж волокон, критична деформація, залишкова деформація, агресивне середовище, навантаження.
Solid wood, compression along the fibres, critical deformation, residual deformation, aggressive environment, load.

Вступ. Деревина - один з найдавніших природних матеріалів, який людство використовує в різних галузях. Сьогодні неможливо уявити собі повсякденне життя без виробів, деталей, елементів і конструкцій з деревини. Деревина використовується в багатьох галузях світової економіки. Зокрема, в паливно-енергетичному комплексі, суднобудуванні та машинобудуванні, деревообробній, меблевій, целюлозно-паперовій, хімічній, авіаційній, гірничодобувній, будівельній та багатьох інших галузях.

Для проєктування, виготовлення, ремонту елементів та конструкцій на основі деревини важливо знати їх істинні фізико-механічні властивості в докритичній та закритичній стадії роботи матеріалу. Тобто важливо знати як працює деревина не тільки в експлуатаційному режимі роботи, а й при досягненні нею закритичних стадій. Такі параметри ми можемо отримати тільки на сучасних випробувальних машинах за жорсткого режиму випробувань.

Аналіз останніх досліджень. Вплив агресивного середовища на фізико-механічні властивості деревини в літературі зустрічається досить рідко [1-4]. Результати експериментальних досліджень дуже різняться. І тому незрозуміло як саме змінюються деформівні показники листяних та хвойних порід деревини в залежності від тих чи інших агресивних факторів.

Але з іншого боку нами досить детально вивчено вплив водного та кислотного середовища на міцнісні та деформівні параметри таких матеріалів [5-11].

В нормативній літературі також практично відсутні дані про зміну міцнісних та деформівних показників деревини внаслідок дії різного роду середовищ [12-14]. І тому постає питання як проектувати деталі, елементи та конструкції за таких умов роботи.

Тому в даній роботі ми наведемо результати наших експериментальних досліджень про зміну деформівних показників в залежності від виду кислотних середовищ.

Мета роботи – встановити вплив кислотних середовищ на деформівні показники деревини берези та сосни та порівняти з показниками за стандартної вологості.

Методика експериментальних досліджень. Для виконання поставленої мети програмою експериментальних досліджень передбачено виготовлення серії зразків 1 сорту деревини у вигляді дослідних призм, що відповідають класу міцності С30. Зразки перерізом 30x30x120 мм виготовлялись в столярному цеху. Таким чином для проведення експериментальних досліджень вибрані деревина берези та сосни у віці 60±5 років, які є найбільш поширеними серед листяних та хвойних порід [15].

Деревина, яка піддавалась випробуванню перед просочуванням різним рідинами мала стандартну вологість 12%. Заготовки деревини висушували у спеціальних сушильних камерах до даної вологості. На кожному етапі досліджень вологість дослідних призм контролювали за допомогою вологоміра LASERLINER Damp Finder Home. Зразки випилювали із заздалегідь заготовлених довгих брусків. Просочення дослідних зразків проводили наступними кислотами: оцтовою (9%), молочною (40%), соляною (15%). Деревину просочували природним шляхом без додаткової стимуляції відповідно на протязі 7, 14, 28 та 180 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 [16].

Загальна кількість випробуваних призм склала 78 шт.

Для проведення експериментів просочених та непросочених порід деревини берези та сосни за осьового стиску вздовж волокон короткочасним одноразовим навантаженням за жорсткого режиму була використана сервогідравлічна випробувальна машина СТМ-100

Навантаження зразків здійснювалося та контролювалося безпосередньо за допомогою комп'ютера та встановленого на ньому програмного забезпечення.

Спочатку були випробувані зразки деревини берези та сосни за стандартної вологості 12%, а згодом і просочені. Призми з деревини були згруповані за терміном просочення 7, 14, 28 та 180 днів. Швидкість деформування зразків була прийнята 1,5 мм/хв. Всі випробування досліджуваних призм проводилися з контролем приросту переміщення плити випробувальної машини. До

початку проведення кожного експерименту проводилося вимірювання перерізу та висоти зразків, оскільки в процесі просочення деревини відбувається збільшення її об'єму.

Результати досліджень та їх обговорення. В результаті проведених експериментальних досліджень були встановлені деформівні показники досліджуваних порід деревини після дії на них різних кислотних середовищ з різним терміном просочення, зокрема критичні $u_{c,0,d,agr}$ (верхня точка діаграми деформування) та залишкові деформації $u_{c,fin,agr}$ (найнижча точка діаграм деформування на спадній вітці).

Отже, були отримані наступні значення критичних деформацій $u_{c,0,d,agr}$, які встановлені експериментальним шляхом та наведені в табл.1.

Таблиця 1

Критичні деформації деревини $u_{c,0,d,agr}$ після дії на неї різних кислотних середовищ

№ з/п	Порода деревини	Критичні деформації $u_{c,0,d,agr}$				
		Просочення, дні				
		Непросочена	7	14	28	180
Оцтова кислота CH_3COOH (9%)						
1	Береза	0,00521	0,00568	0,00589	0,00597	0,00606
2	Сосна	0,00491	0,00559	0,00578	0,00582	0,00584
Молочна кислота $C_3H_6O_3$ (40%)						
1	Береза	0,00521	0,00572	0,00584	0,00611	0,00620
2	Сосна	0,00491	0,00493	0,00531	0,00558	0,00564
Соляна кислота HCl (15%)						
1	Береза	0,00521	0,00551	0,00569	0,00581	0,00594
2	Сосна	0,00491	0,0054	0,00561	0,00574	0,00578

На основі отриманих результатів експериментальних досліджень (табл. 1) побудовано графіки зміни критичних деформацій деревини $u_{c,0,d,agr}$ після дії кислотних середовищ від терміну просочення « $u_{c,0,d,agr} - T$ », а також встановлено залежності зміни критичних деформацій деревини (змінна y) берези та сосни після дії різних кислотних середовищ $u_{c,0,d,agr}$ від терміну просочення T (змінна x) (рис.1а, рис.1б, рис.1в).

Аналізуючи графіки (рис.1а, рис.1б, рис.1в) та табл. 1 приходимо до висновку, що вплив кислотного середовища значно збільшує деформівні показники деревини берези та сосни. Зокрема, внаслідок впливу соляної кислоти (15%) за 28 днів просочення критичні деформації деревини берези збільшуються в 1,15 рази в порівнянні з критичними деформаціями, які визначені за стандартної вологості, а сосни – в 1,17 рази; оцтової (9%) – берези в 1,15 рази, а сосни – в 1,19 рази; молочної (40%) – берези в 1,17 рази, а сосни

– в 1,14 рази. Після 180 днів просочення кислотами ці показники практично не змінилися.

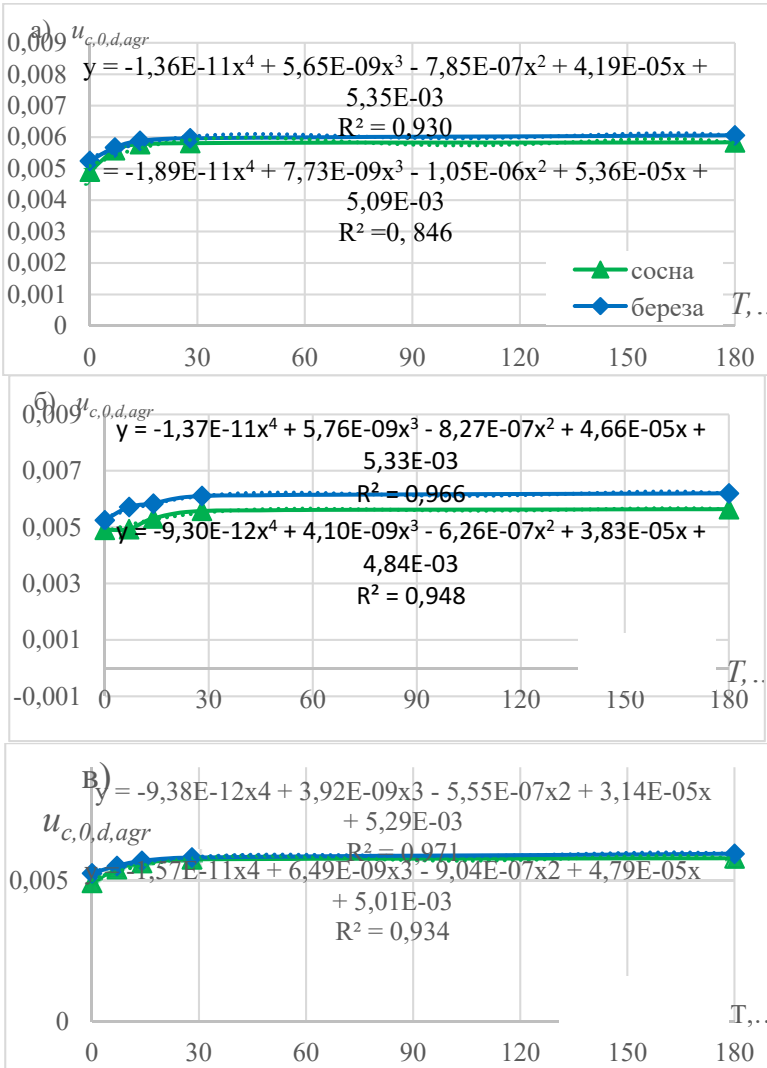


Рис. 1. Графіки зміни критичних деформацій деревини сосни та берези з різним терміном просочення після дії різних кислот: а) оцтової (9%), б) молочної (40%), в) соляної (15%)

За результатами експериментальних досліджень також було встановлено залишкові деформації деревини $u_{c,fin,agr}$ після дії кислотних середовищ за

різного терміну просочення (нижня точка спадної вітки діаграм деформування) (табл.2).

Таблиця 2

Залишкові відносні деформації деревини $u_{c,fin, agr}$ після дії на неї різних кислотних середовищ

№ з/п	Порода деревини	Залишкові деформації $u_{c,fin, agr}$				
		Просочення, дні				
		Непросочена	7	14	28	180
Оцтова кислота CH_3COOH (9%)						
1	Береза	0,3349	0,4046	0,4142	0,4180	0,4193
2	Сосна	0,3526	0,3681	0,3703	0,3867	0,3928
Молочна кислота $C_3H_6O_3$ (40%)						
1	Береза	0,3349	0,3796	0,3940	0,3972	0,4022
2	Сосна	0,3526	0,3859	0,4025	0,4317	0,4362
Соляна кислота HCl (15%)						
1	Береза	0,3349	0,3903	0,3916	0,4068	0,4200
2	Сосна	0,3526	0,3870	0,4023	0,4325	0,4376

На основі отриманих результатів експериментальних досліджень (табл.2) побудовано графіки зміни залишкових деформацій деревини $u_{c,0,d, agr}$ після дії кислотних середовищ від терміну просочення « $u_{c,0,d, agr} - T$ », а також встановлено залежності зміни залишкових деформацій деревини берези та сосни (змінна y) після дії різних кислотних середовищ $u_{c,0,d,agr}$ від терміну просочення T (змінна x) (рис.2а, рис.2б, рис.2в).

Провівши ретельний аналіз (рис.2а, рис.2б, рис.2в) та табл. 2 приходимо до висновку, що після дії кислотних середовищ зростають залишкові деформації досліджуваних порід деревини в порівнянні з призмами, які випробувані за стандартної вологості 12%. Зокрема, внаслідок впливу соляної кислоти на протязі 28 днів – берези в 1,22 рази, а сосни в 1,23 рази; оцтової – берези в 1,25 рази, а сосни – в 1,1 рази; молочної – берези в 1,19 рази, а сосни в 1,22 рази. В наступні 5 місяців просочення ці показники, як і попередні незначно змінилися.

Висновки. 1. Отримано нові експериментальні дані про зміну деформівних показників суцільної деревини сосни та берези під впливом агресивного середовища (оцтової, молочної та соляної кислот).

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

3. Виявлено, що деформівні показники (критичні та залишкові деформації) досліджуваних порід деревини істотно змінюються лише протягом першого

місяця просочення кислотами. Протягом наступних 5 місяців просочення деформівні показники майже не змінюються.

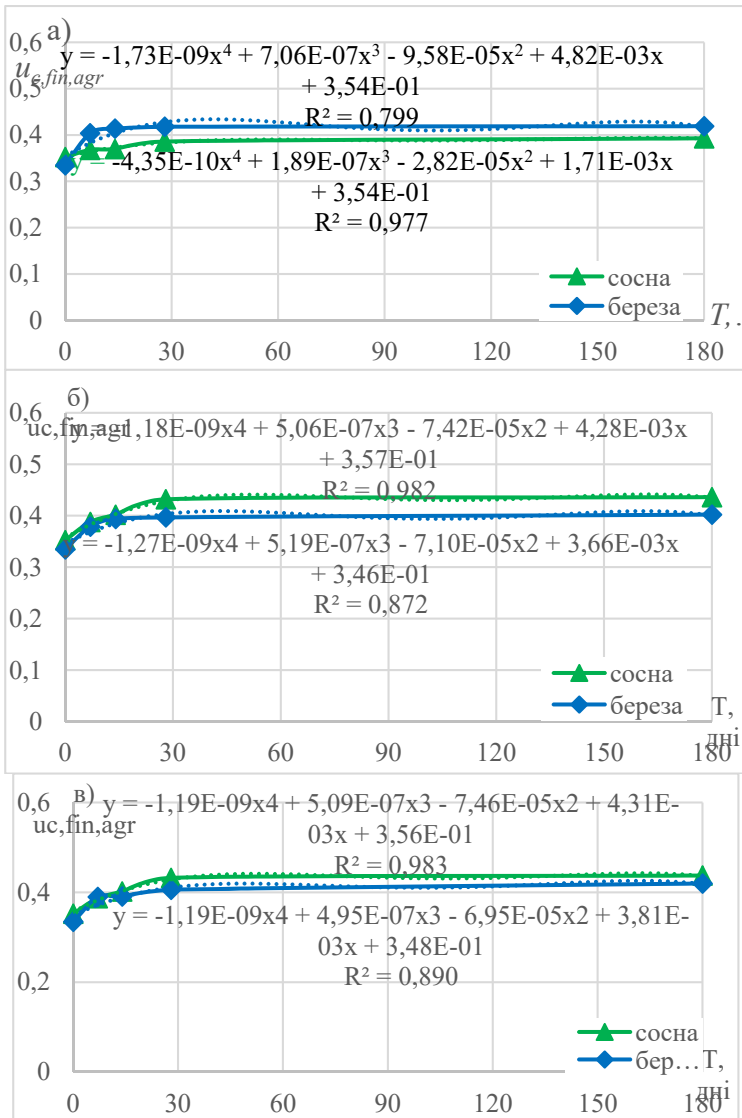


Рис. 2. Графіки зміни залишкових деформацій деревини сосни та берези з різним терміном просочення після дії різних кислот:

а) оцтової (9%), б) молочної (40%), в) соляної (15%)

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

2. Browning B. L. Methods of wood chemistry. Vol. 2. Interscience Publishers, New York, 1967. 882 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. Ясній П.В., Гомон Св.Св. 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.

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.

6. Гомон Св.Св., Савчук В.О., Мельник Ю. А., Верешко О.В. Апроксимація діаграм механічного стану деревини з підвищенням вмістом вологи. Іноваційні процеси в галузі дорожнього будівництва: матеріали IV всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції молодих учених та студентів, м. Луцьк, 30 жовтня 2020 р. Луцьк: ЛНТУ, 2020. URL: <https://sites.google.com/lntu.edu.ua/konf2020ada/tezi>.

Homon Sv.Sv., Savchuk V.O., Mel'nyk YU. A., Vereshko O.V. Aproksymatsiya diahram mekhanichnoho stanu derevyny z pidvyshchenym vmistom volohy. Inovatsiyni protsesy v haluzi dorozhn'oho budivnytstva: materaly IV vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi molodykh uchenykh ta studentiv, m. Luts'k, 30 zhovtnya 2020 r. Luts'k: LNTU, 2020.

7. 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.

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.

8. 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.

Yasniy P.V., Homon Sv.Sv., Dmytruk V.P. Mitsnist' ta deformivnist' derevyny modryny z riznym pokaznykom volohosti za zhorstkoho rezhymu vyprobuvan'. SCIENCE, SOCIETY, EDUCATION: TOPICAL ISSUES AND DEVELOPMENT PROSPECTS. Abstracts of VI International Scientific and Practical Conference, Kharkiv, 10-12 May 2020. P. 319–322.

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

Homon Sv.Sv., Matviyuk O.V., Dovbenko T.O., Savchuk S.M., Vereshko O.V., Kulakovs'kyu L.YA. Doslidzhennya mitsnisnykh pokaznykiv derevyny pid vplyvom ahresyvnoho sere dovyscha. Resursoekonomichni materialy, konstruktsiyi, budivnytstva ta sporudy. Rivne: NUVHP, 2021. Vyp. 40. S. 10-17.

10. 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.

Vereshko O.V., Homon Sv.Sv. Napruzhenno-deformovanyy stan z'hynal'nykh derev'yanykh elementiv v umovakh vplyvu ahresyvnoho kyslotnoho seredovyshcha z vrakhuvannyam povnykh diahram deformuvannya materialiv. Naukovi notatky. Luts'k: LNTU, 2023. № 75. S. 200-205.

11. Homon S., Gomon P., Gomon S., Vereshko O., Boyarska I., Uzhegova O. (2023). Study of change strength and deformation properties of wood under the action of active acid environment. *Procedia Structural Integrity* 48, Pp. 201-206.

12. Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1.1. General Rules. General rules and rules for buildings (1995).

13. ANSI/AF&PA NDS. National design specification for wood construction. American Forest and Paper Association. Washington, DC, 2012.

14. ДБН В.2.6-161:2017. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. Київ: Укрархбудінформ, 2017. 111с.

DBN V.2.6-161:2017. Konstruktsiyi budynkiv i sporud. Derev'yani konstruktsiyi. Osnovni polozhennya. Kyiv: Ukrarkhbudinform, 2017. 111s.

15. ДСТУ 3129:2015. Деревина. Методи відбору зразків і загальні вимоги до фізико-механічних випробувань невеликих бездефектних зразків. Київ: Мінрегіон України, 2016. 9 с.

DSTU 3129:2015. Derevyna. Metody vidboru zrazkiv i zahal'ni vymohy do fizyko-mekhanichnykh vyprobuvan' nevelykykh bezdefektnykh zrazkiv. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2016. 9 s.

16. 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. Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне: НУВГП, 2021. Вип. 39. С. 57–62.

Homon Sv.Sv., Savchuk S.M., Vereshko O.V., Kulakovs'kyu L.YA. Metodyka eksperymental'nykh doslidzhen' sutsil'noyi derevyny na stysk uzdovzh volokon pid vplyvom ahresyvnoho seredovyshcha. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Rivne: NUVHP, 2021. Vyp. 39. S. 57–62.