

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.62.333-342>

УДК 539.3

**Гомон Святослав Святославович,**

*д.т.н., професор кафедри міського будівництва і господарства,  
Національний університет водного господарства та  
природокористування, м. Рівне*

[homonsviatoslav@ukr.net](mailto:homonsviatoslav@ukr.net)

<https://orcid.org/0000-0001-9818-1804>

**Гомон Святослав Степанович,**

*д.т.н., професор кафедри промислового, цивільного будівництва та  
інженерних споруд,*

*Національний університет водного господарства та*

*природокористування, м. Рівне*

[s.s.homon@nuwm.edu.ua](mailto:s.s.homon@nuwm.edu.ua)

<https://orcid.org/0000-0003-2080-5650>

**Матвіюк Олександр Валерійович,**

*старший викладач кафедри архітектури та середовищного дизайну,*

*Національний університет водного господарства та*

*природокористування, м. Рівне*

[o.v.matviiuk@nuwm.edu.ua](mailto:o.v.matviiuk@nuwm.edu.ua)

<https://orcid.org/0000-0002-4064-9387>

**Чорномаз Наталія Юріївна,**

*к.т.н., старший викладач кафедри будівельної механіки,*

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

[chornomaznatasha@tntu.edu.ua](mailto:chornomaznatasha@tntu.edu.ua)

<https://orcid.org/0000-0002-8051-2633>

## ПОЛІПШЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИНИ ЗА РАХУНОК ЇХ СКЛЕЮВАННЯ

Анотація: наведено методику досліджень клеєної деревини різних порід осьовим стиском уздовж волокон короткочасним навантаженням за стандартної вологості (за приростом переміщень). Побудовано повні діаграми деформування «напруження  $\sigma_c$  - деформації  $u_c$ » та встановлено основні параметри: максимальні напруження, критичні деформації, початковий модуль пружності. Встановлено, що склеювання деревини збільшує міцність та початковий модуль пружності композиційного матеріалу та залежить від товщини доски.

Ключові слова: клеєна деревина; максимальні напруження; критичні деформації; початковий модуль пружності.

**Постановка проблеми.** Якісної суцільної деревини листяних та хвойних порід в Україні з кожним роком стає все менше і менше. Тому необхідно використовувати ту деревину, яка є в наявності. Для поліпшення механічних характеристик деревини застосовують різні способи та методи. Одним із таких є склеювання дошок деревини різної товщини. В даній статті наведемо такі дослідження з врахування дійсної роботи матеріалу.

**Аналіз останніх публікацій та досліджень.** Дослідженню механічних показників суцільної, клеєної та модифікованої деревини присвячено величезну кількість робіт. Як правило, вони стосуються роботи матеріалу за м'якого режиму випробувань, тобто в докритичній стадії роботи, що не в повній мірі відповідає дійсності [1-8]. Нами були вже проведені експериментальні дослідження суцільної деревини різного віку та вологості [9-16] за жорсткого режиму випробувань (за приростом переміщень), тобто проаналізована дійсна робота таких матеріалів, та визначені основні механічні властивості. В даній роботі проаналізуємо роботу клеєної деревини.

**Постановка завдання.** Метою даної статті є проведення експериментальних досліджень та встановлення механічних показників клеєної деревини листяних і хвойних порід на стиск уздовж волокон стандартної вологості за приростом переміщень та порівняння отриманих результатів з суцільною деревиною.

**Методика експериментальних досліджень.** Передбачено експериментальні дослідження клеєної деревини листяних (берези, вільхи, ясена) та хвойних (модрина, сосни, ялини) порід за жорсткого режиму випробувань осьовим стиском вздовж волокон перерізом 30x30x120 мм. Вологість призм 12%, вік 60 років, швидкість деформування 1,5 мм/хв.

Бруси висушувалися в термічних камерах до стандартної вологості і потім розрізалися на дошки перерізом 10x40 мм довжиною 100 см. Дошки були склеєні по пласту між собою з використанням резорцинового клею Casco Silva, класу вологостійкості D3 відповідно EN204/205. Дощатоклеєні дерев'яні балочки виготовлялися в заводських умовах. Тривалість витримування пакету в пресованому стані становила 12 годин. Після чого ще витримували 48 годин після пресування до завершення повного процесу твердіння. При склеюванні деревини температура в приміщенні становила 20<sup>0</sup>С, а вологість повітря навколишнього середовища була в межах 65±5 %.

Вирізання зразків призм довжиною 120 мм для даної серії випробувань проводили з однієї балки для кожної окремо взятої породи деревини.

Обсяг експериментальних випробувань другої серії наведено в табл. 1.

Таблиця 1

## Обсяг експериментальних досліджень клеєної деревини

№ <sub>п/п</sub>	Порода деревини	Шифр зразка	Вид клею	Кількість зразків, шт.
1	Береза	БК-Р	Резорциновий	6
2	Вільха	ВК-Р	Резорциновий	6
3	Ясен	ЯК-Р	Резорциновий	6
4	Модрина	МК-Р	Резорциновий	6
5	Сосна	СК-Р	Резорциновий	6
6	Ялина	ЯЛК-Р	Резорциновий	6

Маркування зразків СК-Р: С-сосна; К – клеєна деревина; Р – склеєна резорциновим клеєм. Загальна кількість призм складала 36 шт.

**Виклад основного матеріалу.** Експериментальні дослідження зразків клеєної деревини проводились на сучасній випробувальній машині СТМ-100 на стиск уздовж волокон короткочасним навантаженням за приростом переміщень (жорсткий режим випробувань). На основі таких досліджень побудовано дійсні діаграми деформування листяних (рис. 1а) та хвойних (рис. 1б) порід.

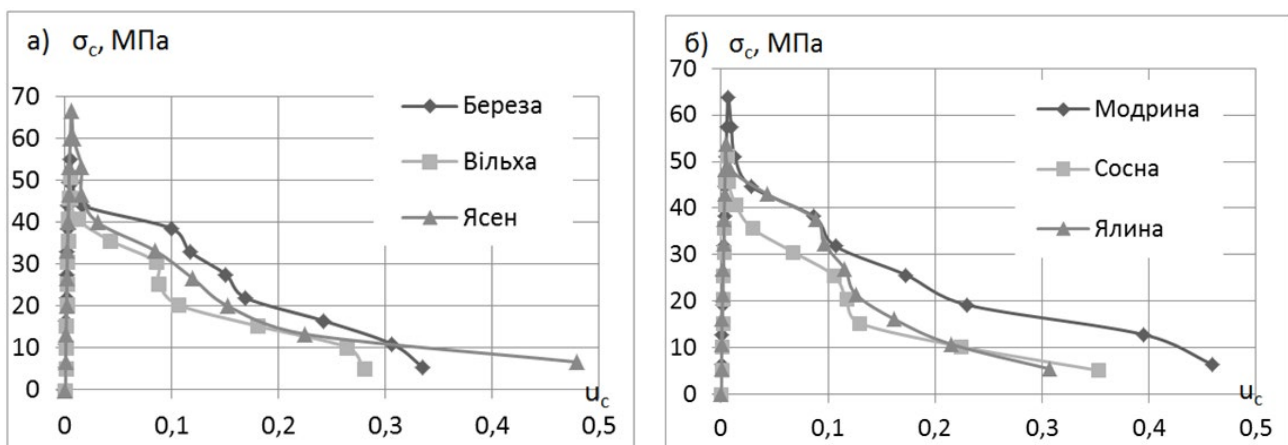


Рис.1. Дійсні (повні) діаграми «напруження  $\sigma_c$  – деформації  $u_c$ » клеєної деревини різних порід: а) листяних; б) хвойних

Визначимо основні механічні властивості досліджуваних порід клеєної деревини та проведемо порівняння таких показників з аналогічними зразками суцільної. Другим способом, який сприяє поліпшенню міцнісних та деформівних властивостей, є склеювання деревини. Покажемо покращення основних параметрів за допомогою гістограм.

Отже, за результатами експериментальних досліджень та обробки результатів в даному побудуємо динаміку зміни усереднених максимальних напружень зразків з клеєної деревини від впливу склеювання для всіх досліджуваних порід (рис. 2), критичних деформацій (рис. 3), та початкового модуля пружності (рис. 4).

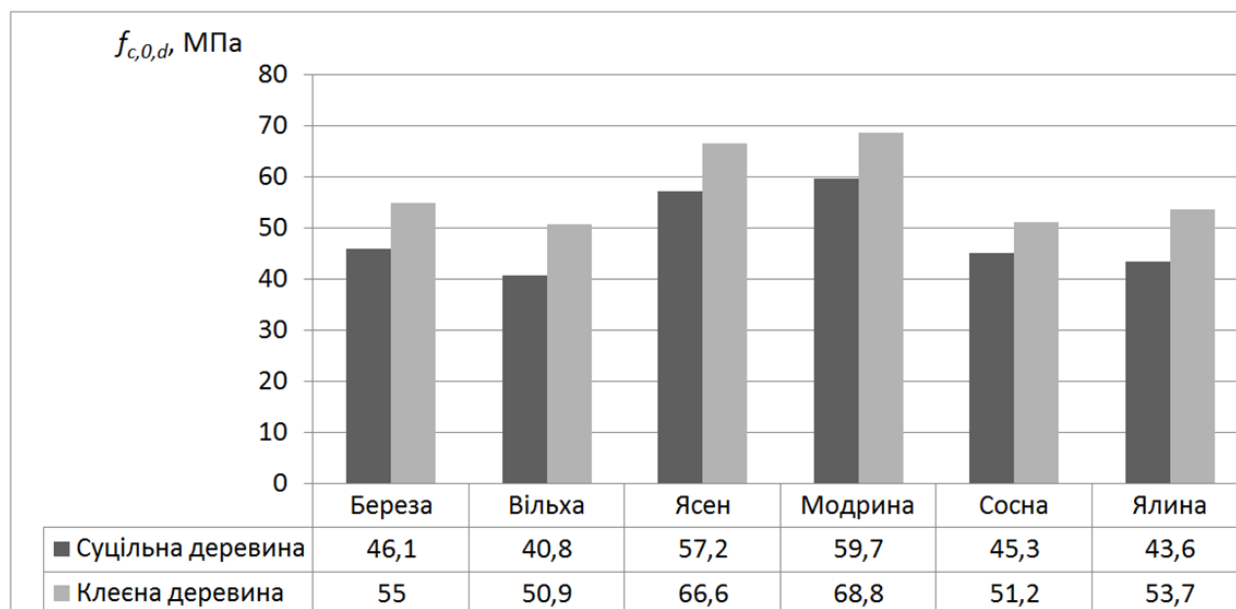


Рис.2. Динаміка зміни максимальних напружень клеєної деревини

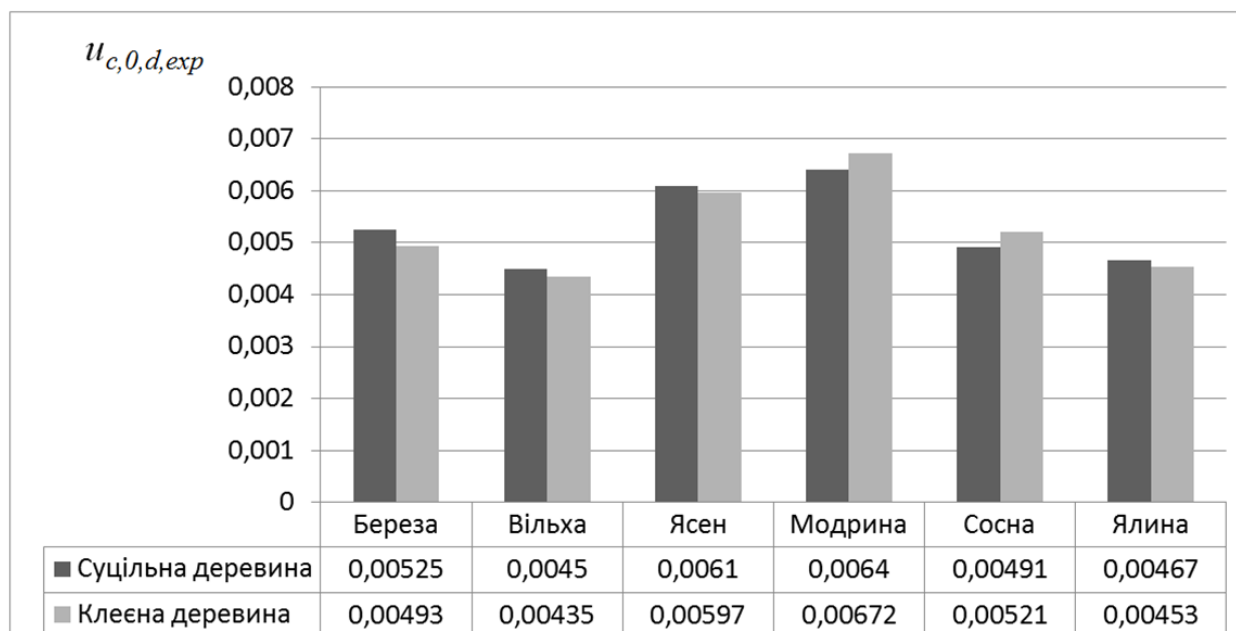


Рис.3. Динаміка зміни критичних деформацій клеєної деревини

Отже, міцність клеєної деревини збільшується в порівнянні з показниками стандартної вологості 12% віком 60 років на 13–25%; критичні деформації

несуттєво збільшуються або зменшуються в ту чи іншу сторону; початковий модуль пружності збільшується на 13–31%.

Таке поліпшення зумовлене потраплянням клею в тіло деревини, тобто внаслідок склеювання відбувається модифікація деревини та утворення композиційного матеріалу. На міцність такої композиції безпосередньо впливає товщина доски. Чим менша товщина доски, тим міцніший виріб.

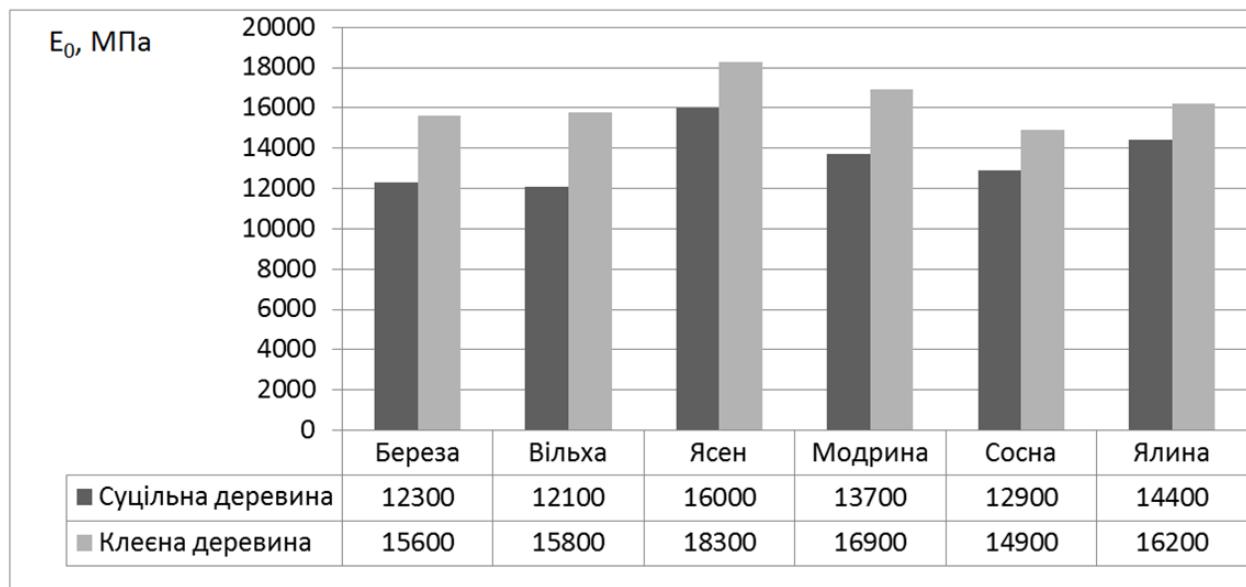


Рис.4. Динаміка зміни початкового модуля пружності клеєної деревини

### Висновки.

1. Наведено методику експериментальних досліджень клеєної деревини різних порід осьовим стиском уздовж волокон короткочасним навантаженням за стандартної вологості (за приростом переміщень).

2. На основі експерименту побудовано повні діаграми деформування «напруження  $\sigma_c$  - деформації  $u_c$ » та встановлено основні параметри: максимальні напруження, критичні деформації, початковий модуль пружності.

3. Встановлено, що склеювання деревини збільшує міцність та початковий модуль пружності композиційного матеріалу та залежить від товщини доски.

### Список джерел

1. Хрулев В.М. Долговечность клееной древесины: научное пособие. Москва: Стройиздат, 1971. 112 с.

2. Фрейдин А.С. Прочность и долговечность клеевых содинений: научное пособие. Москва: Химия, 1981. 272 с.

3. Быков В.В. Экспериментальные исследования прочности и деформативности древесины сибирской лиственницы при сжатии и растяжении

вдоль волокон с учетом длительного действия нагрузки: *Известия вузов. Строительство и архитектура*, 1967. № 8. С. 3–8.

4. Иванов А.М. Исследования диаграммы механических испытаний древесины. *Изв. вузов. Строительство и архитектура*. 1959. № 4. С. 116–122.

5. Иванов Ю.М. Деформации древесины под действием повторной статической нагрузки при сжатии вдоль волокон. *Вопросы прочности и изготовления деревянных конструкций*. Москва, 1952. № 5. С. 7–47.

6. Иванов Ю.М. К вопросу исследования разрушение древесины при сжатии вдоль волокон. *Труды института леса АН СССР*, 1953. Т. IX. С. 88–92.

7. Леннов В.Г. Экспериментальное исследование древесины на сжатие и растяжение вдоль волокон с учетом длительного действия загрузки. *Известия вузов. Строительство и архитектура*, 1958. № 2. С.147–157.

8. Найчук А. Я., Петрукович А.Н. О вязкости разрушения древесины сосны при кратковременном действии статической нагрузки. *Вестник БГТУ. Строительство и архитектура*. Брест, 2005. № 2(32). С. 60–63.

9. 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. DOI <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2020-1-49-56>.

10. Gomon S.S. Fluence of age factor on main strength and deformative properties of timber. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. Луцьк, 2020. Вип. 13. С. 35 – 41. DOI:10.36910/6775-2410-6208-2020-3(13)-04.

11. Вареник К. А. Апроксимация диаграммы деформирования древесины. *Вестник НГУ. Новгород*, 2013. № 75. Т.1. С. 60–64.

12. Копаница Д. Г., Лоскутова Д. В., Савченко В. И., Пляскин А. С. Определение коэффициента постели для расчета узлового соединения элементов древесины на МЗП. *Вестник ТГАСУ*, 2011. № 2. С. 79 – 88.

13. Тутурин С. В., Шемякин Е.И., Короткина М.Р. Разрушение древесины при сжатии. *Вестник Московского государственного университета леса*. Москва: 2005. № 3(39). С. 56 – 71.

14. Гомон С., Гомон П., Караван В. Експериментальні дослідження хвойних та листяних порід деревини одноразовим короткочасним 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. [Doi.org/10.31734/architecture2020.21.034](https://doi.org/10.31734/architecture2020.21.034).

15. Гомон С.С., Гомон П.С. Побудова дійсних діаграм механічного стану деревини «σ-ε» суцільного перерізу ялини та берези за жорсткого режиму

випробувань. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне: НУВГП, 2020. Вип. 38. С. 321 – 330.

16. Гомон С.С., Гомон П.С., Верешко О.В. До визначення критичних деформацій хвойних та листяних порід деревини. Містобудування та територіальне планування. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 73. С. 78 – 87. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2020.73>.

#### References

1. Khrulev V. M. (1971). The durability of laminated wood: a scientific guide [Dolgovechnost' kleynoy drevesiny: nauchnoye posobiye]. Moskva: Stroyizdat, 112 s. (in Russian).
2. Freydin A. S. (1981). Strength and durability of adhesive joints: a scientific guide. [Prochnost' i dolgovechnost' kleyevykh sodineniy: nauchnoye posobiye]. Moskva: Khimiya, 272 s. (in Russian).
3. Bykov V. V. (1967). Experimental studies of the strength and deformability of Siberian larch wood under compression and tension along the fibers, taking into account the long-term load [Eksperimental'nyye issledovaniya prochnosti i deformativnosti drevesiny sibirskoy listvennitsy pri szhatii i rastyazhenii vdol' volokon s uchetom dlitel'nogo deystviya nagruzki]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura, № 8. S. 3 – 8. (in Russian).
4. Ivanov A. M. (1959). Research diagram of mechanical tests of wood. [Issledovaniya diagrammy mekhanicheskikh ispytaniy drevesiny]. Izv. vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. № 4. S. 116 – 122. (in Russian).
5. Ivanov YU. M. (1952). Deformations of wood under the action of a repeated static load in compression along the fibers [Deformatsii drevesiny pod deystviyem povtornooy staticheskoy nagruzki pri szhatii vdol' volokon]. Voprosy prochnosti i izgotovleniya derevyannykh konstruktsiy. Moskva, № 5. S. 7 – 47. (in Russian).
6. Ivanov YU. M. (1953). To the question of the study of the destruction of wood under compression along the fibers [K voprosu issledovaniya razrusheniye drevesiny pri szhatii vdol' volokon]. Trudy instituta lesa AN SSSR. T. ÍKH. S. 88 – 92. (in Russian).
7. Lennov V. G. (1958). Experimental study of wood in compression and tension along the fibers, taking into account the long-term loading action [Eksperimental'noye issledovaniye drevesiny na szhatiye i rastyazheniye vdol' volokon s uchetom dlitel'nogo deystviya zagruzki]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. № 2. S. 147 – 157. (in Russian).
8. Naychuk A. YA., Petrukovich A. N. (2005). On fracture toughness of pine wood under short-term static load [O vyazkosti razrusheniya drevesiny sosny pri

kratkovremennom deystvii staticheskoy nagruzki]. Vestnik BGTU. Stroitel'stvo i arkhitektura. Brest, № 2 (32). S. 60 – 63. (in Russian).

9. Yasniy P. V., Homon S. S. (2020). Experimental studies of solid wood of structural dimensions, taking into account the humidity factor. [Eksperymental'ni doslidzhennya sutsil'noyi derevyny konstruktsiynykh rozmiriv z vrakhuvannyam faktora volohosti]. Suchasni tekhnolohiyi, materialy i konstruktsiyi v budivnytstvi. Vinnytsya: VNTU, Tom 28. № 1. S. 41 – 48. DOI <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2020-1-49-56>. (in Ukrainian).

10. Gomon S. S. (2020). Fluence of age factor on main strength and deformative properties of timber. Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. Luts'k, Vyp. 13. S. 35 – 41. DOI:10.36910/6775-2410-6208-2020-3(13)-04. (in English).

11. Varenik K. A. (2013). Approximation of the wood deformation diagram. [Aproksimatsiya diagrammy deformirovaniya drevesiny]. Vestnik NGU. Novgorod, № 75. T. 1. S. 60 – 64. (in Russian).

12. Kopanitsa D. G., Loskutova D. V., Savchenko V. I., Plyaskin A. S. (2011). Determination of the bed coefficient for calculating the nodal connection of wood elements at the MZP [Opredeleniye koeffitsiyenta posteli dlya rascheta uzlovogo soyedineniya elementov drevesiny na MZP]. Vestnik TGASU, № 2. S. 79 – 88. (in Russian).

13. Tuturin S. V., Shemyakin Ye. I., Korotkina M. R. (2005). Destruction of wood during compression [Razrusheniye drevesiny pri szhatii. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa]. Moskva: № 3(39). S. 56 – 71. (in Russian).

14. Homon S., Homon P., Karavan V. (2020). Experimental studies of coniferous and deciduous wood with a single short-term compressive load along the fibers under a rigid test regime [Eksperymental'ni doslidzhennya khvoynykh ta lystyanykh porid derevyny odnorazovym korotkochasnym navantazhennyam na stysk uzdovzh volokon za zhorstkoho rezhymu vyprobuvan']. Visnyk L'vivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Arkhitektura ta sil's'kohospodars'ke budivnytstvo. L'viv: LNAU, № 21. S. 34 – 40. [Doi.org/10.31734/architecture2020.21.034](https://doi.org/10.31734/architecture2020.21.034). (in Ukrainian).

15. Homon S. S., Homon P. S. (2020). Construction of valid diagrams of the mechanical state of wood " $\sigma$ -u" of continuous cross-section of spruce and birch under the rigid test regime [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, Vyp. 38. S. 321 – 330. (in Ukrainian).

16. Homon S. S., Homon P. S., Vereshko O. V. (2020). To determine the critical deformations of softwood and hardwood. [Do vyznachennya krytychnykh deformatsiy khvoynykh ta lystyanykh porid derevyny]. Mistobuduvannya ta



terytorial'ne planuvannya. Kyiv: KNUBA, Vyp. 73. S. 78–87.  
DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2020.73>. (in Ukrainian).

#### Аннотация

**Гомон Святослав Святославович**, доктор технических наук, профессор, Национальный университет водного хозяйства и природоиспользования, Ровно.

**Гомон Святослав Степанович**, доктор технических наук, профессор, Национальный университет водного хозяйства и природоиспользования, Ровно.

**Матвиюк Александр Валерьевич**, старший преподаватель, Национальный университет водного хозяйства и природоиспользования, Ровно.

**Чорномаз Наталья Юрьевна**, кандидат технических наук, старший преподаватель, Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя.

#### **Улучшение механических свойств древесины за счет их склеивания**

Приведена методика исследований клееной древесины разных пород осевым сжатием вдоль волокон кратковременной нагрузкой по стандартной влажности (по приросту перемещений). Построены полные диаграммы деформирования «напряжение  $\sigma_c$  – деформации  $u_c$ » и установлены основные параметры: максимальные нахождение, критические деформации, начальный модуль упругости. Установлено, что склеивание древесины увеличивает прочность и начальный модуль упругости композиционного материала и зависит от толщины доски.

Ключевые слова: клееная древесина; максимальные напряжения; критические деформации; начальный модуль упругости.

## Annotation

**Homon Sviatoslav**, doctor of technical sciences, professor, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne.

**Gomon Svyatoslav**, doctor of technical sciences, professor, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne.

**Matviiuk Oleksandr**, senior lecturer, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne.

**Chornomaz Nataliya**, candidate of technical sciences, senior lecturer, Ternopil Ivan Puluj National Technical University.

**Improvement of mechanical properties of wood at the account of their adhesive**

High-quality solid wood of deciduous and coniferous species in Ukraine is becoming less and less every year. Therefore it is necessary to use that wood which is available. Various methods and techniques are used to improve the mechanical properties of wood. One of them is gluing wood boards of different thickness. In this article we present the following studies taking into account the actual work of the material.

The method of researches of glued wood of different breeds by axial compression along fibers by short-term loading at standard humidity (by increase of displacements) is given. Complete deformation diagrams “stress  $\sigma_c$  - deformations  $u_c$ ” are constructed and the main parameters are established: maximum disturbances, critical deformations, initial modulus of elasticity. The strength of glued wood increases in comparison with the indicators of continuous humidity of 12% at the age of 60 by 13-25%; critical deformations slightly increase or decrease in one direction or another; the initial modulus of elasticity increases by 13–31%.

This improvement is due to the ingress of glue into the body of wood, ie due to gluing is the modification of wood and the formation of composite material. The strength of such a composition is directly affected by the thickness of the board. The smaller the thickness of the board, the stronger the product.

It is established that the deformation diagrams of glued wood have two branches: ascending and descending. That is, the work of such composite materials is observed, both in the subcritical stage and in the supercritical stage. Therefore, the samples have a certain residual strength after passing the maximum stress values.

It has been established that gluing wood increases the strength and initial modulus of elasticity of the composite material and depends on the thickness of the board.

**Keywords:** glued wood; maximum stresses; critical deformations; initial modulus of elasticity.