

УДК 539.3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ КОНСТРУКЦІЙНИХ РОЗМІРІВ ЗА ЖОРСТКОГО РЕЖИМУ ВИПРОБУВАНЬ

Св. Св. Гомон, д. т. н.

ORCID ID: 0000-0001-9818-1804

Св. Ст. Гомон, д. т. н.

ORCID ID: 0000-0003-2080-5650

В. Караван, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0002-8261-692X

Національний університет водного господарства та природокористування

Л. Кулаковський, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0003-1273-6894

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

<https://doi.org/10.31734/architecture2022.23.045>**Гомон Св. Св., Гомон Св. Ст., Караван В., Кулаковський Л. Результати експериментальних досліджень клеєної деревини конструкційних розмірів за жорсткого режиму випробувань**

Наведено методику експериментальних досліджень клеєної деревини листяних і хвойних порід осьовим стиском уздовж волокон на сучасному випробувальному обладнанні. На основі проведеного експерименту побудовано реальні діаграми деформування клеєної деревини з висхідною та спадною вітками.

Установлено істинні міцнісні та деформівні показники. На I ділянці отримано такі показники міцності: деревини берези $\sigma_{c1} = 9,0$ МПа; вільхи $\sigma_{c1} = 7,2$ МПа; ясена $\sigma_{c1} = 9,1$ МПа; модрина $\sigma_{c1} = 9,6$ МПа; сосни $\sigma_{c1} = 8,1$ МПа; ялини $\sigma_{c1} = 7,4$ МПа. Деформівні характеристики мали такі значення: для клеєної деревини берези $u_{c1} = 0,00071$; вільхи $u_{c1} = 0,00067$; ясена $u_{c1} = 0,00062$; модрина $u_{c1} = 0,00073$; сосни $u_{c1} = 0,00064$; ялини $u_{c1} = 0,00057$.

Для призм із клеєної деревини на верхній максимальній точці діаграми зафіксовано такі значення: берези міцність $f_{c,0,d} = 55,0$ МПа, критичні деформації $u_{c,0,d,exp} = 0,00493$; вільхи міцність $f_{c,0,d} = 50,9$ МПа, критичні деформації $u_{c,0,d,exp} = 0,00450$; ясена міцність $f_{c,0,d} = 66,6$ МПа, $u_{c,0,d,exp} = 0,00597$; модрина міцність $f_{c,0,d} = 68,8$ МПа, критичні деформації $u_{c,0,d,exp} = 0,00672$; сосни міцність $f_{c,0,d} = 51,2$ МПа, критичні деформації $u_{c,0,d,exp} = 0,00521$; ялини міцність $f_{c,0,d} = 53,7$ МПа, критичні деформації $u_{c,0,d,exp} = 0,00453$.

Граничні деформації на кінець III ділянки мали такі показники: для клеєної деревини берези $u_{c,u} = 0,00802$; вільхи – $u_{c,u} = 0,00671$; ясена – $u_{c,u} = 0,01036$; модрина – $u_{c,u} = 0,00848$; сосни – $u_{c,u} = 0,00711$; ялини – $u_{c,u} = 0,00704$.

На четвертій ділянці наведено тільки остаточні деформації за напружень $\sigma_{c,fin} = 0,1 f_{c,0,d}$, оскільки дали відбувалося руйнування зразків, а потім – їх повне розвантаження. Відносні залишкові деформації клеєної деревини мали такі показники: призми берези досягли позначки $u_{c,fin} = 0,3349$; вільхи – $u_{c,fin} = 0,2796$; ясена – $u_{c,fin} = 0,4793$; модрина – $u_{c,fin} = 0,4589$; сосни – $u_{c,fin} = 0,3526$; ялини – $u_{c,fin} = 0,3042$.

Установлено, що на всіх ділянках діаграми спостерігалось збільшення міцності та несуттєві коливання деформівності порівняно зі зразками суцільної деревини за стандартної вологості 12 % віком 60 років.

Ключові слова: клеєна деревина, стиск уздовж волокон, діаграми деформування, напруження, деформації, жорсткий режим випробувань.

Homon S. S., Homon S. S., Karavan V., Kulakovskiy L. Results of experimental studies of the glued wood of structural dimensions under a rigid test mode

The methodology of experimental studies of glued hardwood and softwood by axial compression along the fibers on modern testing equipment is presented. On the basis of the conducted experiment, real deformation diagrams of glued wood with ascending and descending branches were constructed.

The true strength and deformation parameters have been established. The following strength indicators were obtained in the 1st section: birch wood $\sigma_{c1} = 9.0$ MPa; alder $\sigma_{c1} = 7.2$ MPa; ash $\sigma_{c1} = 9.1$ MPa; larch $\sigma_{c1} = 9.6$ MPa; pines $\sigma_{c1} = 8.1$ MPa; spruce $\sigma_{c1} = 7.4$ MPa. Deformation characteristics had the following values: for glued birch wood $u_{c1} = 0.00071$; alder $u_{c1} = 0.00067$; ash $u_{c1} = 0.00062$; larch $u_{c1} = 0.00073$; pine $u_{c1} = 0.00064$; spruce $u_{c1} = 0.00057$.

For prisms made of glued wood, the following values were recorded at the upper maximum point of the diagram: birch strength $f_{c,0,d} = 55.0$ MPa, critical strains $u_{c,0,d,exp} = 0.00493$; alder strength $f_{c,0,d} = 50.9$ MPa, critical strains $u_{c,0,d,exp} = 0.00450$; ash strength $f_{c,0,d} = 66.6$ MPa, $u_{c,0,d,exp} = 0.00597$; larch $f_{c,0,d} = 68.8$ MPa, critical strains $u_{c,0,d,exp} = 0.00672$; pine strength $f_{c,0,d} = 51.2$ MPa, $u_{c,0,d,exp} = 0.00521$; spruce $f_{c,0,d} = 53.7$ MPa, critical strains $u_{c,0,d,exp} = 0.00453$.

The limit deformations at the end of the III section had the following indicators: for glued birch wood $u_{c,u}=0.00802$; alder – $u_{c,u}=0.00671$; ash – $u_{c,u}=0.01036$; larches – $u_{c,u}=0.00848$; pine – $u_{c,u}=0.00711$; spruce – $u_{c,u}=0.00704$.

In the fourth section, only the final deformations under stresses $\sigma_{c,fin}=0,1f_{c,0,d}$ are given, since the destruction of the samples followed, and then their complete unloading. The relative residual deformations of glued wood had the following indicators: birch prisms reached the mark $u_{c,fin}=0.3349$; alder – $u_{c,fin}=0.2796$; ash – $u_{c,fin}=0.4793$; larch $u_{c,fin}=0.4589$; pine $u_{c,fin}=0.3526$; spruce $u_{c,fin}=0.3042$.

It was found that in all areas of the diagram, an increase in strength and insignificant fluctuations in one or another direction of deformability were observed in comparison with samples of solid wood with a standard moisture content of 12 % aged 60 years.

Key words: glued wood, compression along the fibers, diagrams of deformation, stress, deformations, rigid mode of tests.

Постановка проблеми. Деревина – це пружно-пластичний анізотропний матеріал природного походження. Він має унікальну структуру та будову, а також свої фізико-механічні властивості. Для того щоб зменшити витрати високоякісної суцільної деревини, почали застосовувати клеєну деревину.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Механічні властивості клеєної деревини за осьового стиску вздовж волокон досліджені доволі глибоко за м'якого режиму випробувань, тобто на висхідній вітці діаграми деформування «напруження σ_c – відносні деформації u_c » [1–3]. Але такі дані не дають змоги встановити дійсну роботу матеріалів. Необхідно проводити експерименти за жорсткого режиму випробувань на сучасних випробувальних машинах [4], щоб установити істинні значення міцнісних і деформівних характеристик клеєної деревини листяних і хвойних порід. Ми провели дослідження для суцільної деревини, враховуючи її вологість і вік [5–9].

Постановка завдання. Наше завдання – встановити істинні міцнісні та деформівні показники клеєної деревини листяних і хвойних порід на стиск уздовж волокон на висхідній та спадній вітках деформування матеріалу.

Методика експериментальних досліджень. Для експериментальних досліджень вибрано такі породи клеєної деревини: хвойні – модрина, сосна, ялина; листяні – береза, вільха, ясен. Зразки виготовлено з дерев, які вирощені в різних регіонах України. Це, зокрема, сосна, ялина, вільха – у лісах Рівненської області; береза, ясен – Волинської області; модрина – Івано-Франківської області. Древа вибирали віком приблизно 60 років. Після зрізу дерева транспортували до підприємств деревообробної промисловості та розділяли на кряжі, потім розрізали на бруски. Висушування заготовок деревини проводили у спеціальних висушу-

вальних камерах до стандартної вологості 12 %. Після досягнення брусками стандартної вологості їх розпилювали на дошки. Дошки склеювали за допомогою резорцинового клею і розпилювали на зразки перерізом $30 \times 30 \times 120$ мм (рис. 1). Усі породи деревини були без вад і пошкоджень. Загальна кількість зразків – 36 шт.

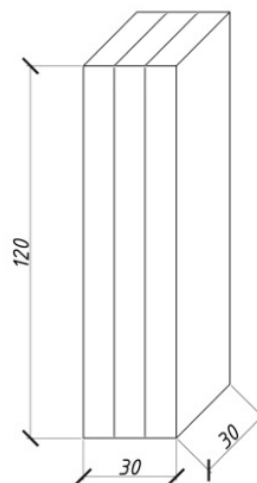


Рис. 1. Геометричні розміри зразка

Експериментальні дослідження проводили на сервогідроліній випробувальній машині СТМ-100 [4–9] за жорсткого режиму випробувань (за приростом переміщень преса випробувальної машини) осьовим стиском уздовж волокон. Швидкість деформування – 1,5 мм/хв.

Навантаження зразків проводилося і контролювалося за допомогою комп'ютера та відповідного програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. На основі проведених експериментальних досліджень зразків клеєної деревини хвойних і листяних порід побудовані дійсні (повні) діаграми «напруження σ_c – деформації u_c » (рис. 2, а, б) та визначені основні міцнісні та деформівні параметри на всіх розглядуваних ділянках [9].

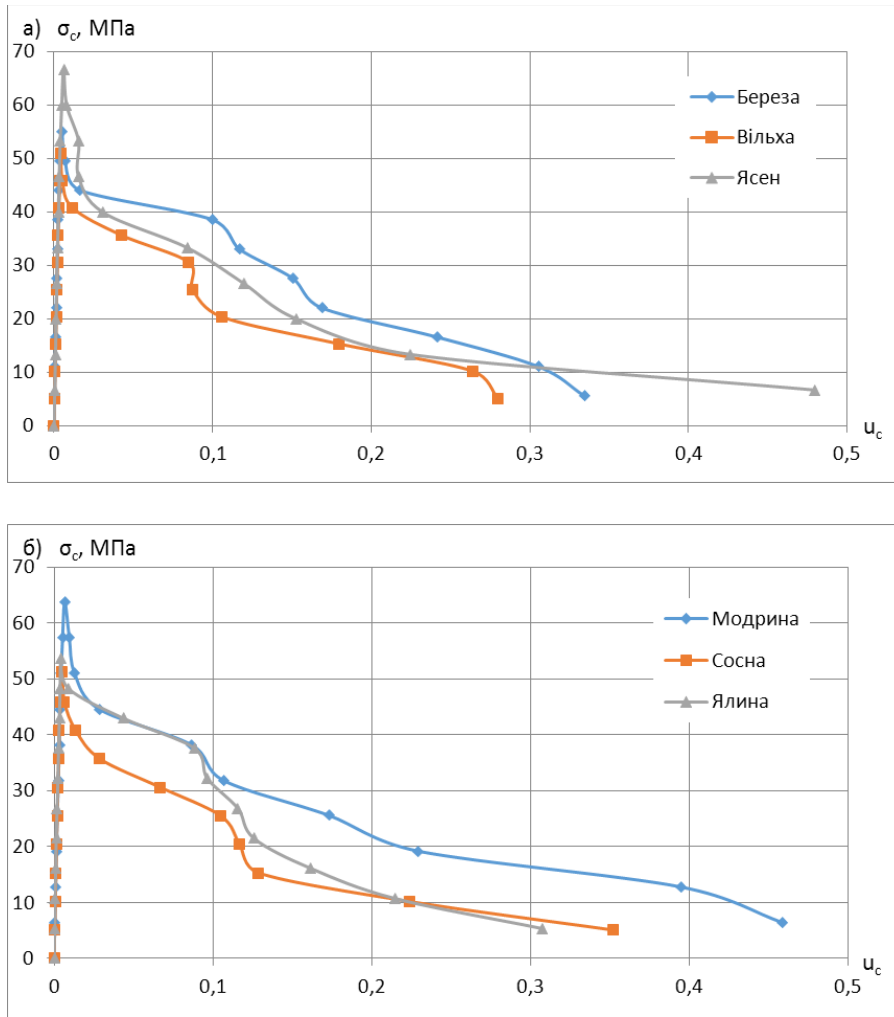


Рис. 2. Дійсні (повні) діаграми «напруження σ_c – деформації u_c » клеєної деревини різних порід: а) листяних; б) хвойних

Аналіз досліджень проводитимемо у порівнянні з призмами суцільної деревини за стандартної вологості 12 % віком 60 років [5–9].

На I ділянці за результатами випробувань отримано такі показники несуттєвого збільшення міцності: деревини берези $\sigma_{c1} = 9,0$ МПа; вільхи $\sigma_{c1} = 7,2$ МПа; ясена $\sigma_{c1} = 9,1$ МПа; модрини $\sigma_{c1} = 9,6$ МПа; сосни $\sigma_{c1} = 8,1$ МПа; ялини $\sigma_{c1} = 7,4$ МПа. Отже, напруження на кінець першої ділянки максимально зросли для клеєної деревини ялини на 10,4 %.

Деформівні характеристики незначно збільшуються або зменшуються та мали такі значення: для клеєної деревини берези $u_{c1} = 0,00071$ (більше на 4,4 %); вільхи $u_{c1} = 0,00067$ (менше на 6,0 %); ясена $u_{c1} = 0,00062$ (більше на 8,8 %); модрини $u_{c1} = 0,00073$ (більше на 4,3 %); сосни $u_{c1} = 0,00064$ (фактично не змінилися); ялини $u_{c1} = 0,00057$ (менше на 5,3 %). Деформівність незначно збільшується або зменшується.

Детальніше розглянемо другу ділянку. Отже, для призм із клеєної деревини на верхній максимальній точці діаграми зафіксовані такі значення (див. рис. 2, а, б): берези міцність збільшилася на 19,3 % та досягла позначки $f_{c,0,d} = 55,0$ МПа, критичні деформації дещо зменшилися, на 6,5 %, і були зафіксовані на позначці $u_{c,0,d,exp} = 0,00493$ порівняно з показниками сухої деревини берези у віці 60 років; вільхи межа міцності стала більшою на 24,8 % ($f_{c,0,d} = 50,9$ МПа), критичні деформації зменшилися на 3,4 % ($u_{c,0,d,exp} = 0,00450$); у клеєної деревини ясена міцність зросла на 16,4 % ($f_{c,0,d} = 66,6$ МПа), деформівність дещо зменшилась – на 2,2 % ($u_{c,0,d,exp} = 0,00597$); модрини межа міцності зросла на 15,2 % ($f_{c,0,d} = 68,8$ МПа), а критичні деформації збільшилися на 5,0 % ($u_{c,0,d,exp} = 0,00672$); сосни гранична міцність стала більшою на 13,0 % ($f_{c,0,d} = 51,2$ МПа), деформівність зросла на 6,1 % ($u_{c,0,d,exp} = 0,00521$); ялини межа міцності збільшилися на 23,2 %

($f_{c,0,d}=53,7$ МПа), критичні деформації знизилися на 3,1 % ($u_{c,0,d,exp}=0,00453$).

Отже, межа міцності зразків із клеєної деревини хвойних і листяних порід збільшується на 13,0–24,8 %, а деформівність у той чи інший бік несуттєво зростає або спадає.

На третій ділянці граничні деформації клеєної деревини листяних і хвойних порід знаходимо за відповідними формулами. Отже, граничні деформації на кінець цієї ділянки мали такі показники: для клеєної деревини берези $u_{c,u}=0,00802$ (більше на 3,1 %); вільхи – $u_{c,u}=0,00671$ (більше на 5,8 %); ясена – $u_{c,u}=0,01036$ (менше на 2,8 %); модрина – $u_{c,u}=0,00848$ (менше на 3,1 %); сосни – $u_{c,u}=0,00711$ (більше на 4,7 %); ялини – $u_{c,u}=0,00704$ (більше на 8,5 %).

Таким чином, деформівні показники на третій ділянці незначно збільшуються, окрім клеєної деревини модрина.

На четвертій ділянці наведемо тільки остаточні деформації за напружень $\sigma_{c,fin}=0,1f_{c,0,d}$, оскільки далі відбувалося руйнування зразків, а потім – їх повне розвантаження. Відносні залишкові деформації клеєної деревини мали такі показники: призми берези зменшилися на 10,2 % та досягли позначки $u_{c,fin}=0,3349$; вільхи – залишилась фактично на тих же позначках ($u_{c,fin}=0,2796$); ясена – зросли на 12,7 % ($u_{c,fin}=0,4793$); модрина – незначно збільшилися ($u_{c,fin}=0,4589$); сосни – практично не змінилися ($u_{c,fin}=0,3526$); ялини – зменшилися на 14,1 % ($u_{c,fin}=0,3042$).

Отже, на всіх ділянках діаграми спостерігалось збільшення міцності та несуттєві коливання в той чи інший бік деформації порівняно зі зразками суцільної деревини за стандартної вологості 12 % віком 60 років.

Висновки. Наведено методику експериментальних досліджень клеєної деревини листяних і хвойних порід осьовим стиском уздовж волокон на сучасному випробувальному обладнанні.

На основі проведеного експерименту побудовано діаграми деформування клеєної деревини з висхідною та спадною вітками. Встановлено істинні міцнісні та деформівні показники.

Проведено детальний аналіз отриманих діаграм деформування клеєної деревини на ділянках.

Бібліографічний список

1. Кліменко В. З. Конструкції з клеєної деревини Світовий досвід. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2009. № 1. С. 39–43.
2. Михайловський Д. В., Коваленко М. С., Матюценко Д. М. Аналіз техніко-технологічних властивостей клеєної деревини як перспективного матеріалу для будівельних конструкцій. *Чернігівський науковий часопис. Серія 2: Техніка і природа*. 2011. № 2. С. 122–127.
3. Назаров Ю. П., Турковский С. Б., Погорельцев А. А. Эффективность несущих клееных деревянных конструкций в сейсмических районах строительства. *Промышленное и гражданское строительство*. 2009. № 10. С. 10–13.
4. Аналіз випробувального обладнання для дослідження матеріалів за жорсткого режиму прикладання навантаження / Св. Св. Гомон, Т. О. Довбенко, О. В. Матвіюк, О. В. Верешко, Л. Я. Кулаковський, Н. Ю. Черномаз. *Містобудування та територіальне планування*. Київ: КНУБА, 2021. Вип. 78. С. 166–172.
5. 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*. 2020. № 21. С. 34–40.
6. Гомон С. С., Гомон П. С. Побудова дійсних діаграм механічного стану деревини « σ - u » суцільного перерізу ялини та берези за жорсткого режиму випробувань. *Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Рівне: НУВГП, 2020. Вип. 38. С. 321–330.
7. 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. Т. 28, № 1. С. 41–48.
8. Методика визначення початкового модуля пружності та модуля деформацій деревини різного віку / Св. Св. Гомон, Св. Ст. Гомон, В. В. Савицький, Н. Ю. Черномаз. *Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі і споруди*. Рівне, 2021. Вип. 40. С. 121–128.
9. Гомон Св. Св. Поліпшення міцнісних та деформівних властивостей суцільної деревини та композиційних матеріалів на її основі: дис. ... д-ра техн. наук. Тернопіль: ТНТУ, 2021. 387 с.

Стаття надійшла 27.07.2022