

УДК 539.3

doi:10.31650/2707-3068-2025-29-142-147

ВПЛИВ ОДНОРАЗОВИХ ТА МАЛОЦИКЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ СОСНИ МОДИФІКОВАНОЇ ЕПОКСИДНОЮ СМОЛОЮ

Чапюк О.С., к.т.н., доц.,

ochapiuk1983@gmail.com: ORCID: 0000-0003-0283-1863

Гомон О.О., старший лаборант,

olyahomons@gmail.com

Луцький національний технічний університет

Анотація: Удосконалено спосіб модифікації деревини епоксидною смолою. Проведено натурні випробування необробленої та модифікованої клеєної деревини сосни за дії одноразових короточасних та малоциклових навантажень за осьового стиску вздовж волокон. Побудовано усереднені діаграми деформування модифікованої та немодифікованої клеєної деревини сосни за таких умов експлуатації. Було встановлено граничну міцність та відповідну деформівність необробленої та модифікованої клеєної деревини сосни, як за одноразових короточасних, так і за малоциклових навантажень. Модифікація клеєної деревини сосни епоксидною смолою збільшує граничну міцність в 1,27 раз, деформівність зменшується в 1,05 рази. Вплив малоциклових навантажень зменшує міцність клеєної деревини в 1,06 рази, деформівність підвищується в 1,13 рази. Для модифікованої міцність зменшується в 1,07 рази, деформівність зростає в 1,08 рази.

Ключові слова: модифікована клеєна деревина, малоциклові навантаження, епоксидна смола, модифікація, міцність, деформівність.

Постановка проблеми. Деревина – це природний унікальний матеріал. Вона має свої ексклюзивні фізико-механічні властивості. Деревина має багато переваг в порівнянні з іншими матеріалами. Фактично використовується у всіх галузях промисловості. Структура та унікальні фізико-механічні властивості дозволяють використовувати її при виготовленні різноманітної продукції [1,2]. При виготовленні несучих елементів та конструкцій частіше застосовують хвойні породи: сосну, ялину, модрина. В науковців часто виникає питання щодо створення полімерних композицій для захисту деревини та покращення її фізико-механічних властивостей. В даній статті ми спробуємо застосувати епоксидну смолу для модифікації клеєної деревини сосни для стабілізації та покращення її механічних характеристик, а також вивчити вплив одноразових та малоциклових навантажень на такі композиційні матеріали.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Поліпшенням механічних характеристик деревини різних порід займалися, займаються і будуть займатися дослідники з багатьох країн світу. Існує багато способів, за допомогою яких можливе поліпшення різних фізико-механічних властивостей деревини. Одним із таких є її модифікація [3-6]. Є різні способи модифікації деревини. Нас буде цікавити модифікація, яка сприяє підвищенню міцності, модуля пружності, зменшенню деформівності. Для поліпшення даних показників можна удосконалювати способи модифікації або пропонувати різні композиційні матеріали для її проведення [3-8]. З іншої сторони вузли та елементи конструкцій з деревини часто зазнають впливу малоциклових навантажень [9,10].

Постановка цілей і завдань досліджень. Метою роботи є проведення експериментальних досліджень клеєної деревини сосни модифікованої епоксидною смолою за впливу одноразових короточасних та малоциклових навантажень, побудова діаграм деформування, встановлення міцнісних та деформівних показників.

Методика експериментальних досліджень. Зразки клеєної деревини сосни перерізом 30x30x120 мм виготовлялись в заводських умовах [11,12]. Спочатку були виготовлені клеєні

балки, потім з них вирізували дослідні призми. Для склеювання використовувався резорциновий клей. Всього було виготовлено 16 зразків вологістю 12% без видимих дефектів, 8 з них було модифіковано епоксидною смолою в автоклаві під тиском 2 атм на протязі 1 години. Після чого призми поміщали в сушильну камеру на протязі 2 годин за температури 50 °С. Після модифікації клеєна деревина сосни дещо змінювала свій колір. Виготовлені модифіковані та немодифіковані зразки показані на Рис.1.

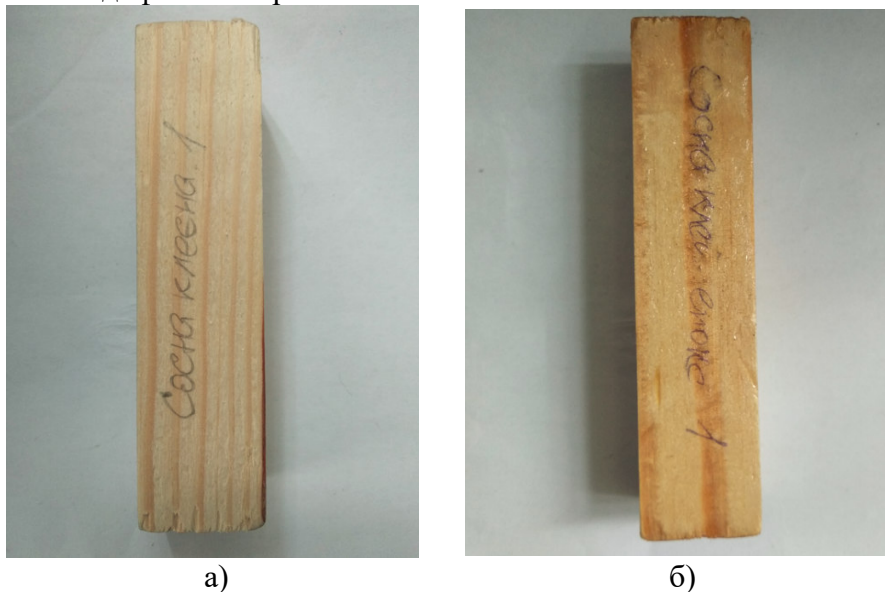


Рис.1. Зразки клеєної деревини сосни: а) немодифіковані; б) модифіковані

Модифіковані та немодифіковані призми випробовувались за одноразових та малоциклових навантажень на випробувальній машині СТМ-100 за осьового стиску вздовж волокон [13,14]. Спочатку зразки досліджувались за одноразового короточасного навантаження, за результатами яких було встановлено їх усереднену міцність та деформівність. А згодом інші призми піддавались малоцикловим навантаженням. Визначались ті ж показники. Кількість циклів малоциклового навантаження складала 10 в режимі 0,2-0,8 від міцності за одноразового короточасного навантаження і закладалися в програмне забезпечення випробувальної машини. На 11 циклі зразки доводили до руйнування. Для кожних окремих експериментальних досліджень бралось по 4 зразки. Значення всіх досліджуваних показників приймалися усередненими. Характерні особливості руйнування модифікованих та немодифікованих призм клеєної деревини сосни показані на Рис.2а, Рис.2б.

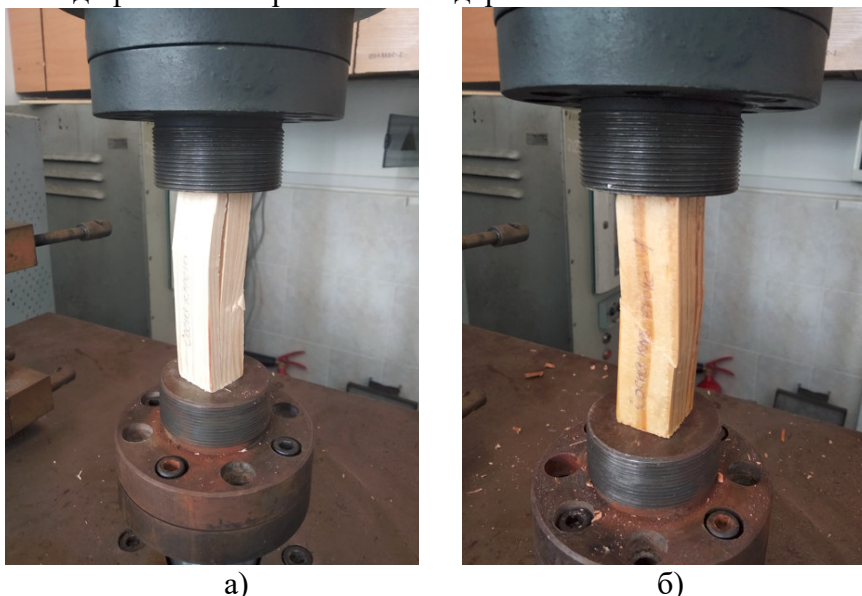


Рис.2. Руйнування зразків клеєної деревини сосни: а) немодифікованих; б) модифікованих

Результати експериментальних досліджень. Після проведених випробувань побудовано усереднені діаграми деформування немодифікованої клеєної деревини сосни за одноразового короткочасного навантаження (Рис.3а) та модифікованої епоксидною смолою (Рис.3б).

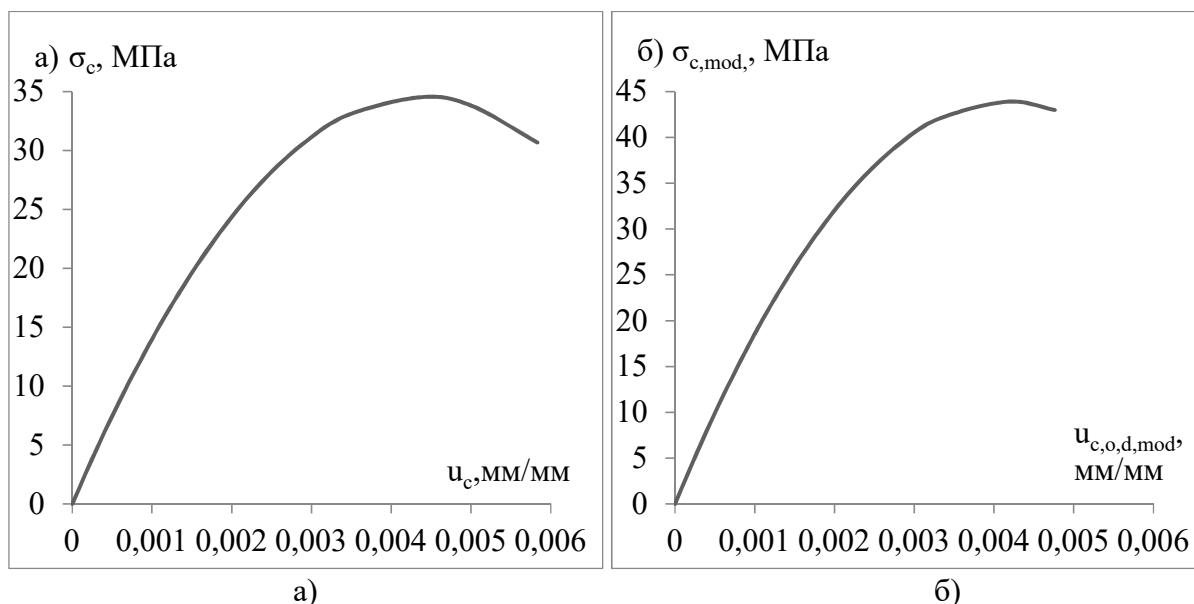


Рис.3. Усереднені діаграми деформування клеєної деревини сосни за одноразового короткочасного навантаження: а) немодифікованої; б) модифікованої

Після обробки результатів дослідження та побудови діаграм деформування було встановлено граничну міцність необробленої клеєної деревини сосни $f_{c,0,d}=34,5$ МПа та відповідну деформівність $u_{c,o,d}=0,00437$ мм/мм (Рис.3а). Також визначено граничну міцність модифікованої епоксидною смолою клеєної деревини сосни $f_{c,0,d,mod}=43,9$ МПа та відповідна деформівність $u_{c,o,d,mod}=0,00416$ мм/мм (Рис.3б). Отже, модифікація клеєної деревини епоксидною смолою збільшує граничну міцність в 1,27 раз, при цьому деформівність зменшується в 1,05 рази.

На основі проведеного експерименту наведено усереднені діаграми деформування необробленої клеєної деревини сосни за малоциклового навантаження (Рис.4а) та модифікованої епоксидною смолою (Рис.4б).

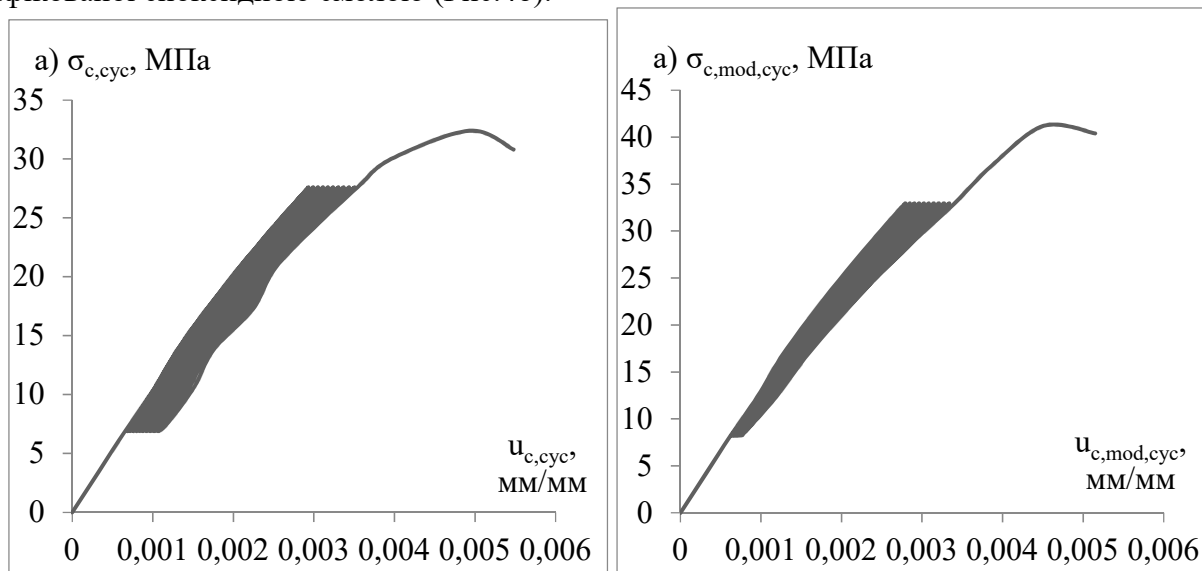


Рис.4. Усереднені діаграми деформування клеєної деревини сосни за малоциклового навантаження: а) немодифікованої; б) модифікованої

Після обробки результатів дослідження та побудови діаграм деформування було встановлено граничну міцність необробленої клеєної деревини сосни після дії малоциклових навантажень $f_{c,0,d,cyc}=32,4$ МПа та відповідну деформівність $u_{c,0,d,cyc}=0,00493$ мм/мм (Рис.4а). Також визначено граничну міцність модифікованої епоксидною смолою клеєної деревини сосни $f_{c,0,d,mod,cyc}=41,2$ МПа та відповідну деформівність $u_{c,0,d,mod,cyc}=0,00451$ мм/мм (Рис.4б). Отже, вплив малоциклових навантажень зменшує граничну міцність необробленої клеєної деревини 1,06 рази, при цьому деформівність підвищується в 1,13 рази. Для модифікованої деревини спостерігається така ж картина гранична міцність зменшується в 1,07 рази, деформівність в свою чергу зростає в 1,08 рази.

Висновки:

1. Удосконалено спосіб модифікації деревини епоксидною смолою.
2. Проведено експериментальні дослідження необробленої та модифікованої клеєної деревини сосни за дії одноразових короткочасних та малоциклових навантажень за осьового стиску вздовж волокон.
3. Побудовано усереднені діаграми деформування модифікованої та немодифікованої клеєної деревини сосни за одноразових короткочасних та малоциклових навантажень.
4. За результатами експериментальних досліджень було встановлено граничну міцність та відповідну деформівність необробленої та модифікованої клеєної деревини сосни, як за одноразових короткочасних, так і за малоциклових навантажень.
5. Модифікація клеєної деревини сосни епоксидною смолою збільшує граничну міцність в 1,27 раз, при цьому деформівність зменшується в 1,05 рази.
6. Вплив малоциклових навантажень зменшує граничну міцність необробленої клеєної деревини 1,06 рази, при цьому деформівність підвищується в 1,13 рази. Для модифікованої деревини спостерігається така ж картина гранична міцність зменшується в 1,07 рази, деформівність в свою чергу зростає в 1,08 рази.

Література

1. Гомон О.О., Чапюк О.С., Савчук С.М. Використання клеєної деревини у промисловості. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. Луцьк: ЛНТУ, 2024. Вип.22. С. 15–22.
2. Гомон О.О., Чапюк О.С., Савчук С.М. Особливості застосування клеєної деревини. Іноваційні процеси в галузі дорожнього будівництва: збірник тез доповідей II міжнародної науково-практичної інтернет-конференції молодих учених та студентів, 6 листопада 2024 року, м. Луцьк. Луцьк: ЛНТУ, 2024. С. 26-27.
3. Hill C. (2011). Wood modification: An update. *BioResources*, 6 (2), Pp. 918–919.
4. Sandberg D., Kutnar A., Mantanis G. (2017). Wood modification technologies - a review. *iForest - Biogeosciences and Forestry*. 10(6), 895-908.
5. Пінчевська О.О., Горбачова О.Ю. Властивості термомодифікованої деревини граба. *Сучасні будівельні конструкції з металу, деревини та пластмас*. Одеса: ОДАБА, 2017. Вип. 21. С. 71-77.
6. Цапко Ю.В., Ліхнівський Р.В. Дослідження структури модифікованої деревини. *Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка*. Київ, 2013. Вип. 49. С. 170–174.
7. Ведь В.В., Ярїз В.О., Черніченко В.А., Биков Л.Ф. Оптимізація і модернізація способів глибокого просочення деревини. *Вопросы химии и химической технологии*. Дніпропетровськ, 2006. №3. С. 179-182.
8. Перетятко Б., Гаврилко О., Білінський Б. (2019). Аналіз технологічних схем просочення деревини у автоклавних печах. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Теорія і практика будівництва*, 912, 139–145.
9. Сасовський Т.А. Напружено-деформований стан балок із клеєної деревини за дії малоциклових навантажень: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Рівне, 2018. 200 с.

10. Алексієвець В.І. Робота та розрахунок сталевих нагельних з'єднань дерев'яних конструкцій за повторних навантажень: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. Рівне, 2011. 21 с.
11. ДСТУ EN 336–2003. Пиломатеріали конструкційні із хвойних порід та тополі. Розміри. Допустимі відхилення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2004. 8 с.
12. ДСТУ EN 408:2007. Лісоматеріали конструкційні. Конструкційна та клеєна шарувата деревина. Визначення деяких фізичних та механічних властивостей. Київ. Держспоживстандарт України. 2012.
13. ДСТУ EN 380-2008. Лісоматеріали конструкційні. Загальні настанови щодо методів випробування на статичне навантаження. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 8с.
14. ДСТУ 3129:2015. Деревина. Методи відбору зразків і загальні вимоги до фізико-механічних випробувань невеликих бездефектних зразків. Київ: Мінрегіон України, 2016. 9 с.

References

- [1]. Homon O.O., Chapyuk O.S., Savchuk S.M. Vykorystannya kleyenoyi derevyny u promyslovosti. Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. Luts'k: LNTU, 2024. Vyp.22. S. 15–22.
- [2]. Homon O.O., Chapyuk O.S., Savchuk S.M. Osoblyvosti zastosuvannya kleyenoyi derevyny. Inovatsiyni protsesy v haluzi dorozhn'oho budivnytstva: zbirnyk tez dopovidey II mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi molodykh uchenykh ta studentiv, 6 lystopada 2024 roku, m. Luts'k. Luts'k: LNTU, 2024. S. 26-27.
- [3]. Hill C. (2011). Wood modification: An update. BioResources, 6 (2), Pp. 918–919.
- [4]. Sandberg D., Kutnar A., Mantanis G. (2017). Wood modification technologies - a review. iForest - Biogeosciences and Forestry. 10(6), 895-908.
- [5]. Pinchevs'ka O.O., Horbachova O.YU. Vlastyvoli termomodyfikovanoyi derevyny hraba. Suchasni budivel'ni konstruktsiyi z metalu, derevyny ta plastmas. Odesa: ODABA, 2017. Vyp. 21. S. 71-77.
- [6]. Tsapko YU.V., Likhn'ovs'ky R.V. Doslidzhennya struktury modyfikovanoyi derevyny. Budivel'ni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika. Kyiv, 2013. Vyp. 49. S. 170–174.
- [7]. Ved' V.V., Yariz V.O., Chernichenko V.A., Bykov L.F. Optymizatsiya i modernizatsiya sposobiv hlybokoho prosochennya derevyny. Voprosy khymy y khymycheskoy tekhnolohyy. Dnipropetrovs'k, 2006. №3. S. 179-182.
- [8]. Peretyatko B., Havrylko O., Bilins'ky B. (2019). Analiz tekhnolohichnykh skhem prosochennya derevyny u avtoklavnykh pechakh. Visnyk Natsional'noho universytetu "L'vivs'ka politekhnika". Seriya: Teoriya i praktyka budivnytstva, 912, 139–145.
- [9]. Sasovs'ky T.A. Napruzhenno-deformovanyy stan balok iz kleyenoyi derevyny za diyi malotsyklovykh navantazhen': dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.01. Rivne, 2018. 200 s.
- [10]. Aleksiyeveets' V.I. Robota ta rozrakhunok stalevykh nahel'nykh z'yednan' derev'yanykh konstruktsiy za povtornykh navantazhen': avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.01. Nats. un-t vod. hosp-va ta pryrodokorystuvannya. Rivne, 2011. 21 s.
- [11]. DSTU EN 336–2003. Pylomaterialy konstruktsiyni iz khvoynykh porid ta topoli. Rozmiry. Dopustymi vidkhylennya. Kyiv: Minrehionbud Ukrayiny, 2004. 8 s.
- [12]. DSTU EN 408:2007. Lisomaterialy konstruktsiyni. Konstruktsiyna ta kleyena sharuvata derevyna. Vyznachennya deyakykh fizychnykh ta mekhanichnykh vlastyvostey. Kyiv. Derzhspozhyvstandart Ukrayiny. 2012.
- [13]. DSTU EN 380-2008. Lisomaterialy konstruktsiyni. Zahal'ni nastanovy shchodo metodiv vyprobuvannya na statychne navantazhennya. Kyiv: Minrehionbud Ukrayiny, 2010. 8s.
- [14]. DSTU 3129:2015. Derevyna. Metody vidboru zrazkiv i zahal'ni vymohy do fizyko-mekhanichnykh vyprobuvan' nevelykykh bezdefektnykh zrazkiv. Kyiv: Minrehion Ukrayiny, 2016. 9 s.

INFLUENCE OF SINGLE AND SHORT-CYCLE LOADS ON THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF GLUE-LAIME PINE WOOD MODIFIED WITH EPOXY RESIN

Chapiuk O.S., PhD, associate professor,
ochapiuk1983@gmail.com: ORCID: 0000-0003-0283-1863

Homon O.O., senior laboratory assistant
olyahomons@gmail.com

Lutsk National Technical University

Annotation: Wood is a natural unique material. It has its own exclusive physical and mechanical properties. Wood has many advantages compared to other materials. It is used in virtually all industries. The structure and unique physical and mechanical properties allow it to be used in the manufacture of a variety of products. The aim of the work is to conduct experimental studies of glued pine wood modified with epoxy resin under the influence of single short-term and low-cycle loads, construct deformation diagrams, and establish strength and deformation indicators. The method of experimental research of untreated and modified glued pine wood under the action of single short-term and low-cycle loads in axial compression along the fibers is presented. The method of wood modification with epoxy resin has been improved. Modified and unmodified prisms were tested under single and low-cycle loads on a STM-100 testing machine under axial compression along the fibers. Experimental studies of untreated and modified glued pine wood under the action of single short-term and low-cycle loads under axial compression along the fibers have been conducted. Averaged deformation diagrams of modified and unmodified glued pine wood under single short-term and low-cycle loads have been constructed. According to the results of experimental studies, the ultimate strength and corresponding deformability of untreated and modified glued pine wood were established, both under single short-term and low-cycle loads. Modification of glued pine wood with epoxy resin increases the ultimate strength by 1.27 times, while the deformability decreases by 1.05 times. The effect of low-cycle loads reduces the ultimate strength of untreated glued laminated timber by 1.06 times, while the deformability increases by 1.13 times. For modified wood, the same pattern is observed: the ultimate strength decreases by 1.07 times, while the deformability, in turn, increases by 1.08 times.

Keywords: modified glued laminated timber, low-cycle loads, epoxy resin, modification, strength, deformability.