

ДОСЛІДЖЕННЯ СІЧНИХ МОДУЛІВ ЛИСТЯНИХ ТА ХВОЙНИХ ПОРІД ДЕРЕВИНИ З РІЗНИМ ПОКАЗНИКОМ ВОЛОГОСТІ

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя;

²Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне

Більшість матеріалів, елементів, виробів та конструкцій на основі деревини працюють як в неагресивних, так і в агресивних середовищах. До агресивних відносять і середовища з підвищеною вологістю. Вологість деревини у таких умовах є вище стандартної (в незахищеному стані), тобто більше 12 %. Вологість деревини безпосередньо впливає на її фізико-механічні властивості, зокрема на початковий модуль пружності та модуль деформації.

Детально наведено методику експериментальних досліджень дерев'яних призм розміром 30x30x120 мм на стиск вздовж волокон за жорсткого режиму навантажень (за приростом переміщення пресу випробувальної машини). Випробуванню піддавались такі породи деревини: хвойні породи — модрина, сосна, ялина; листяні — береза, вільха, ясен. Древа, з яких виготовлені зразки, вирощені, зокрема: сосна, ялина — в лісах Рівненської області; береза, вільха, ясен — в лісах Волинської області; модрина — в лісах Івано-Франківської області.

Дерева, яка піддавалась випробуванню, мала вологість: 30 %, 21 %, 12 % за віку деревини 60 років I сорту без вад і пошкоджень. Заготовки деревини попередньо висушували в лабораторних умовах до усередненої вологості 30 % та у спеціальних сушильних камерах до вологості, відповідно, 21 % та 12 %. Вологість деревини контролювалась за допомогою вологоміра MD-814.

Експериментальні дослідження проводили на сервогидравлічній випробувальній машині СТМ-100 з автоматизованою системою керування і запису даних.

На основі експериментальних досліджень побудовані діаграми (січний модуль—рівень напружень) суцільних листяних (берези, вільхи, ясени) та хвойних (модрини, сосни, ялини) порід деревини з різним показником вологості.

Експериментально-теоретичним шляхом отримані початкові модулі пружності та січні модулі різних порід деревини в межах від 30 % до 12 % вологості.

Встановлено, що зі зменшенням вологості від 30 % до 12 %, початковий модуль пружності та січний модуль суттєво збільшуються.

Ключові слова: суцільна деревина, вологість, модуль деформації, початковий модуль пружності, деформативність.

Вступ

Більшість матеріалів, виробів, елементів та конструкцій на основі деревини працюють, як в неагресивних, так і в агресивних середовищах. До агресивних відносять і середовища з підвищеною вологістю. Вологість деревини у таких умовах є вище стандартної (в незахищеному стані), тобто більше 12 %.

В працях [1], [2] досліджується робота деревини за стандартної вологості на стиск вздовж волокон. Дослідженню ж фізико-механічних властивостей деревини з підвищеним вмістом вологи приділено недостатню увагу, зокрема в роботах [3]—[6]. До того ж ці дослідження проводилися на застарілих установках за приростом навантажень, що не дозволяє повною мірою розкрити суть напружено-деформованого стану матеріалу.

В попередніх роботах [7]—[12] авторів проведені масштабні експериментальні дослідження, де побудовані повні діаграми деформування деревини хвойних та листяних порід різної вологості та

віку деревини за жорсткого режиму випробувань, а також при цьому визначені критичні, граничні деформації та максимальні напруження експериментальним та теоретичним шляхом. На сьогодні для повної картини роботи матеріалу необхідно ще визначити початкові модулі пружності та модулі деформацій, оскільки на них впливає різний вміст вологи в деревині.

Мета роботи — дослідження січних модулів та початкових модулів пружності листяних (берези, вільхи, ясена) та хвойних (модрина, сосни, ялини) на стиск вздовж волокон за жорсткого режиму випробувань різної вологості (30 %, 21 %, 12 %).

Методика експериментальних досліджень

Для розв'язання поставлених задач виготовлено серію зразків 1 сорту суцільної деревини конструкційних розмірів різних порід у вигляді призм, перерізом $30 \times 30 \times 120$ мм (рис. 1). Випробуванню піддавались такі породи деревини: хвойні породи — модрина, сосна, ялина; листяні — береза, вільха, ясен. Дерева, з яких виготовлені зразки, вирощені, зокрема, сосна, ялина — в лісах Рівненської області; береза, вільха, ясен — в лісах Волинської області; модрина — в лісах Івано-Франківської області.

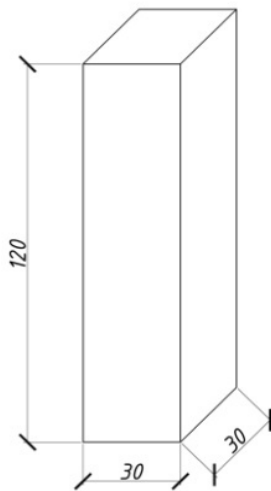


Рис. 1. Геометричні розміри зразків

Дерева, яка піддавалась випробуванню мала вологість: 30 %, 21 %, 12 %. Вік деревини 60 років I сорту без вад і пошкоджень. Заготовки деревини попередньо висушували в лабораторних умовах до усередненої вологості 30 % та у спеціальних сушильних камерах до вологості відповідно 21 % та 12 %. Вологість деревини контролювалась за допомогою вологоміра MD-814.

Експериментальні дослідження проводили на сервогідравлічній випробувальній машині СТМ-100 з автоматизованою системою керування і запису даних [13].

Всі зразки випробовувались за вологості 30 %, 21 %, 12 % деревини одноразовим короткочасним навантаженням на стиск вздовж волокон за жорсткого режиму випробувань, тобто з контролем приросту переміщення плити випробувальної машини.

Результати випробувань

Після обробки отриманих експериментальних даних побудовано графіки відносного деформування суцільної деревини різної вологості (30 %, 21 %, 12 %) вздовж волокон в залежності від напружень, які наведені в роботах [11], [12].

Проведені дослідження показали, що за нелінійної залежності «напруження–деформації» (σ – u) залежність «січний модуль деформацій–напруження» (E' – σ) при стиску вздовж волокон суцільної деревини необхідно приймати лінійними у вигляді такої залежності:

$$E' = \frac{\sigma}{u_c} = E_0 \pm \frac{E_0 - E_{f_{c,0,d}}}{f_{c,0,d}} \cdot \sigma = E_0 \left(1 \pm \lambda_{f_{c,0,d}} \eta \right), \quad (1)$$

де u_c — відносні деформації деревини на стиск вздовж волокон; E_0 — початковий модуль пружності деревини; $f_{c,0,d}$ — максимальні напруження в деревині на стиск вздовж волокон; $\lambda_{f_{c,0,d}}$ — кое-

фіцієнт пластичності деревини вздовж волокон. $\eta = \frac{\sigma}{f_{c,0,d}}$ — рівень напружень в деревині.

Тобто експериментально-статистичні дослідження зразків з різних листяних та хвойних порід показали наявність лінійних кореляційних залежностей між січним модулем деформацій вздовж волокон та рівнем напружень (навантажень) незалежно від вмісту вологи в деревині.

Лінійність залежностей $E' - \eta$ підтверджується достатнім ступенем відповідності кореляційних та дослідних значень деформацій. Для побудови залежності $E' - \eta$ бралися дослідні точки в інтервалі напружень $\eta = (0,2 \dots 0,8)$ згідно з [14].

На основі експериментальних досліджень побудовані діаграми (січний модуль—рівень напружень) суцільної листяних (берези, вільхи, ясена) та хвойних (модрина, сосни, ялини) порід деревини відповідно за вологості 30 %, 21 %, 12 % (рис. 2–4).

З аналізу діаграм (рис. 2—4) випливає, що зменшення вологості деревини від 30 % до 12 % сприяє суттєвому збільшенню початкового модуля пружності суцільної деревини листяних та хвойних порід. Якщо ж вологість деревини більша 30 %, то її основні міцнісні та деформативні показники не змінюються і залишаються такими, які визначені за вологості 30 %.

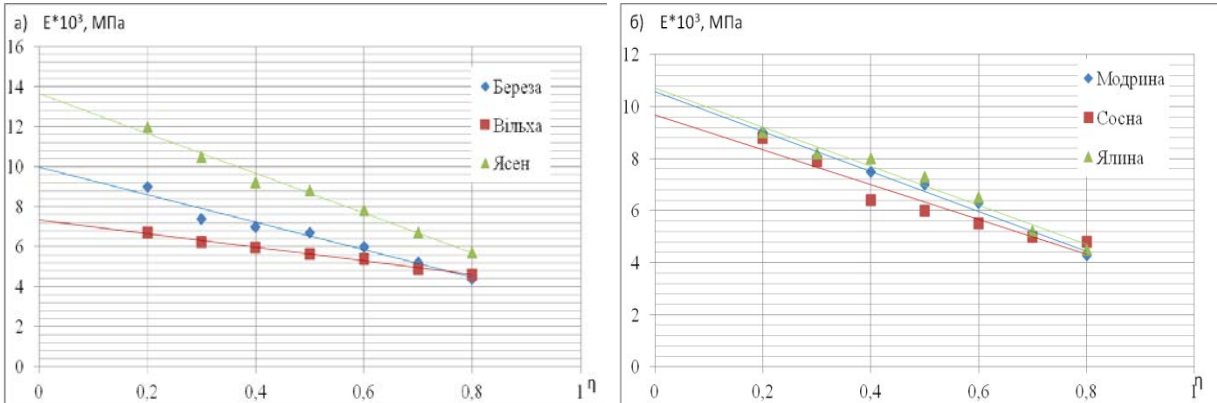


Рис. 2. Діаграми « E — η » (січний модуль—рівень напружень) різних порід суцільної деревини за вологості 30 %: а — листяних; б — хвойних

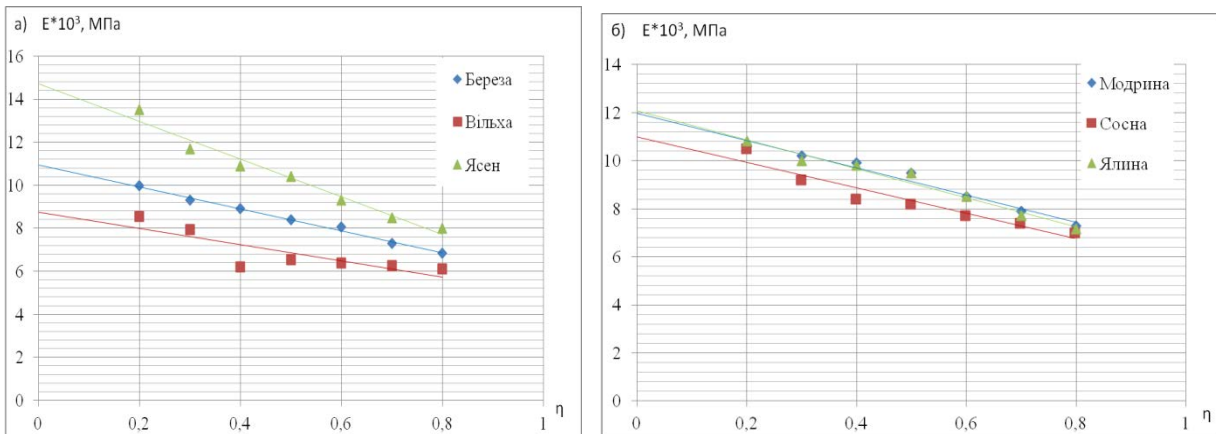


Рис. 3. Діаграми « E — η » (січний модуль—рівень напружень) різних порід суцільної деревини за вологості 21 %: а — листяних; б — хвойних

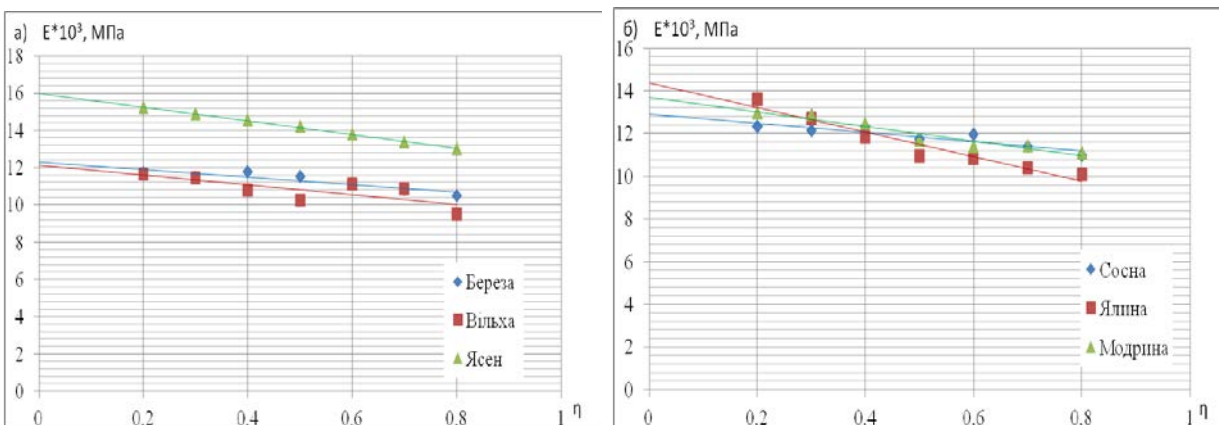


Рис. 4. Діаграми « E — η » (січний модуль—рівень напружень) різних порід суцільної деревини за вологості 12 %: а — листяних; б — хвойних

На основі отриманих даних побудовані графіки залежності «початковий модуль пружності— вологість деревини» (рис. 5), що дає можливість отримати показники початкового модуля пружності деревини (берези, вільхи, ясени, модрини, сосни, ялини) в межах від 30 % до 12 % вологості.

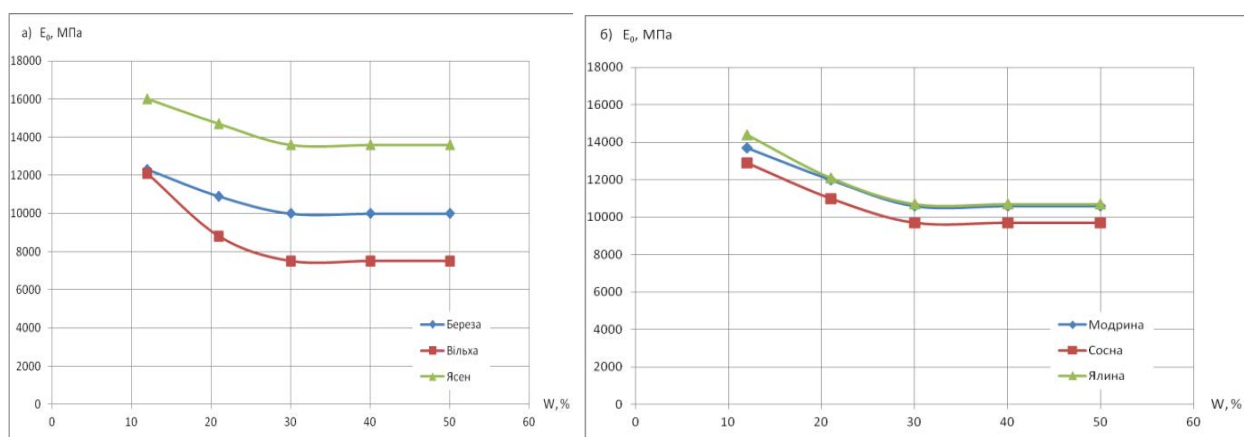


Рис. 5. Залежність початкового модуля пружності від вологості різних порід суцільної деревини: а — листяних; б — хвойних

На рис. 6 зображена гістограма зміни початкового модуля пружності деревини в залежності від вологості 30 %, 21 %, 12 %.

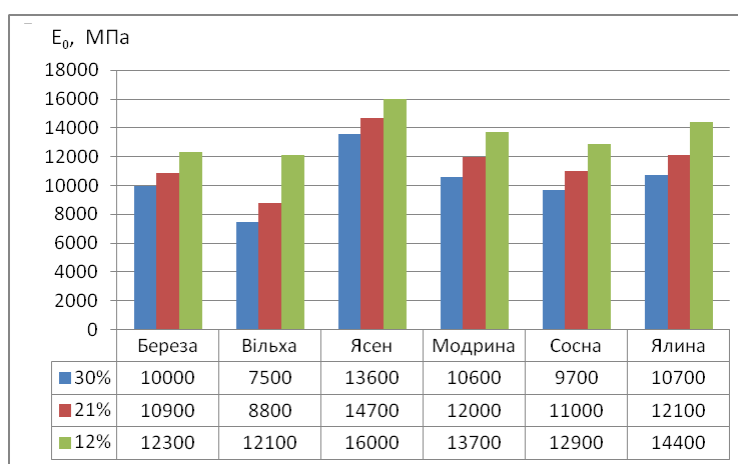


Рис. 6. Гістограма зміни початкового модуля пружності від вологості різних порід суцільної деревини

Висновки

1. Розроблена методика експериментальних досліджень призм на стиск вздовж волокон за жорсткого режиму випробувань різних порід деревини з різним показником вологості (30 %, 21 %, 12 %).
2. Експериментально-теоретичним методом отримані значення початкових модулів пружності та січних модулів для берези, вільхи, ясеня, модрини, сосни, ялини.
3. Встановлено, що зі зменшенням вологості від 30 % до 12 %, початковий модуль пружності деревини усіх порід істотно збільшується.
4. В подальшому необхідно провести такі ж дослідження для різних порід клеєної та модифікованої деревини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. В. Быков, «Экспериментальные исследования прочности и деформативности древесины сибирской лиственницы при сжатии и растяжении вдоль волокон с учетом длительного действия нагрузки.» *Известия вузов. Строительство и архитектура*, № 8, с. 3-8, 1967.
- [2] А. М. Иванов, «Исследования диаграммы механических испытаний древесины» *Известия вузов. Строительство и архитектура*, № 4, с. 116-122, 1959.
- [3] Я. Г. Агбалян, «Влияние влажности на длительную прочность и деформативность элементов деревянных конструкций из лиственницы при статическом изгибе.» автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01. Москва, 18 с, 1974.
- [4] Д. В. Антипов, «Прочность и деформативность клеелесной балки с учётом времени, влажности и температуры эксплуатации.» дис. канд. техн. наук: 05.23.01. Тамбов, 173 с, 2010.
- [5] А. М. Боровиков, «Влияние температуры и влажности на упругость, вязкость и пластичность древесины.» дис. канд. техн. наук: 05.21.05. Воронеж, 310 с, 1970.
- [6] В. Madsen, "Recommended moisture adjustment factor for lumber stresses." *Can. J. Civil Engineering*, vol. 9, № 4, pp. 602-610, 1982.

[7] С. С. Гомон, і П. С. Гомон, «Побудова дійсних діаграм механічного стану деревини « σ - ϵ » суцільного перерізу ялини та берези за жорсткого режиму випробувань. Ресурсоekonomні матеріали, конструкції, будівлі та споруди.» *Зб. наук. праць*. Рівне: Вид-во НУВГП, вип 38, с. 321-330. 2020.

[8] S. S. Gomon, and L. M. Pilipaka, "Experimental studies of the glued wood strength and deformation properties under hard test mode," *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського, серія «Технічні науки»*, т. 31 (70), № 3, с. 130-135, 2020.

[9] S. S. Gomon, "Influence of age factor on main strength and deformative properties of timber," *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, вип. 13, с. 35-41, 2020.

[10] P. Yasniy, S. Gomon, and P. Gomon, "On approximation of mechanical condition diagrams of coniferous and deciduous wood species on compression along the fibers," *Scientific Journal of TNTU, Ternopil*, vol 97, no 1, pp. 57-64, 2020.

[11] П. В. Ясній, і С. С. Гомон, «Експериментальні дослідження суцільної деревини конструкційних розмірів з врахуванням фактора вологості,» *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, т. 28, № 1, с. 41-48, 2020.

[12] П. В. Ясній, С. С. Гомон, В. П. Дмитрук, «Міцність та деформівність деревини модрина з різним показником вологості за жорсткого режиму випробувань,» in *Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua"*. Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 319-322. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://sci-conf.com.ua>.

[13] П. В. Ясній, *Пластично деформовані матеріали: витома і тріщиноотривкість*, моногр. Львів: Світ, 1998. 292 с.

[14] Л. П. Макаренко, і Г. А. Фенко, «Практический способ определения модуля упругости упруго-пластических характеристик бетона при сжатии,» *Известия вузов. Строительство и архитектура*, № 10, с. 141-147, 1970.

Рекомендована кафедрою опору матеріалів та прикладної механіки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 19.08.2020

Ясній Петро Володимирович — д-р техн. наук, професор, професор кафедри будівельної механіки, ректор, e-mail: petroyasniy@gmail.com.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль;

Гомон Святослав Святославович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри міського будівництва та господарства, e-mail: slavagomon@ukr.net.

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне

P. V. Yasniy¹
S. S. Gomon²

Investigation of Cutting Modules of Deciduous and Coniferous Species with Different Humidity Index

¹Ternopil Ivan Puluj National Technical University;

²National University of Water and Environmental Engineering, Rivne

Most wood-based materials, elements, products and structures work in both non-aggressive and aggressive environments. Aggressive also include environments with high humidity. Humidity of wood in such conditions is higher than standard (in an unprotected condition), that is more than 12 %. The humidity content of wood directly affects its physical and mechanical properties, in particular the initial modulus of elasticity and the modulus of deformation.

The method of experimental researches of wooden prisms in the size of 30×30×120 mm on compression along fibers at a rigid mode of loadings (on increase of movements of a press of the testing machine) is in detail given. The following species of wood were tested: coniferous species — larch, pine, spruce; deciduous — birch, alder, ash. The trees from which the samples were made were grown, in particular, pine, spruce — in the forests of Rivne region; birch, alder, ash — in the forests of Volyn region; larch — in the forests of Ivano-Frankivsk region.

The tested wood had a humidity content of 30 %, 21 %, 12 % at the age of 60 years and grade without defects and damage. Wood blanks were pre-dried in the laboratory to an average humidity of 30 % and in special drying chambers to a humidity of 21 % and 12 %. The humidity of the wood was controlled using a humidity meter MD-814.

Experimental studies were performed on a servo-hydraulic testing machine STM-100 with an automated control and data recording system.

On the basis of experimental researches diagrams (secant modulus—stress level) of continuous deciduous (birch, alder, ash-tree) and coniferous (larch, pine, spruce) breeds of wood were constructed.

The initial modulus of elasticity and modulus of deformation of different types of wood in the range from 30 % to 12 % of humidity were obtained experimentally and theoretically.

It is established that with a decrease in humidity from 30 % to 12 %, the strength of wood of all species increases the initial modulus of elasticity and the modulus of deformation increases significantly.

Keywords: solid wood, humidity, cutting modulus, initial modulus of elasticity, deformability.

Yasniy Petro V. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Structural Mechanics, Rector, e-mail: petroyasniy@gmail.com;

Gomon Svyatoslav S. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Urban Planning and Development, e-mail: slavagomon@ukr.net

П. В. Ясний¹
С. С. Гомон²

Исследование секущих модулей лиственных и хвойных пород древесины с разным показателем влажности

¹Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя;

²Национальный университет водного хозяйства и природоиспользования, Ровно

Большинство материалов, элементов, изделий и конструкций на основе древесины работают, как в неагрессивных, так и в агрессивных средах. К агрессивным относят также среды с повышенной влажностью. Влажность в таких условиях является выше стандартной (в незащищенном состоянии), то есть более 12 %. Влажность непосредственно влияет на ее физико-механические свойства, в частности на начальный модуль упругости и модуль деформаций.

Подробно изложена методика экспериментальных исследований деревянных призм размером 30×30×120 мм на сжатие вдоль волокон по жесткому режиму нагрузок (по приросту перемещений пресса испытательной машины). Испытанию подвергались такие породы древесины: хвойные породы — лиственница, сосна, ель; лиственные — береза, ольха, ясень. Деревья, из которых изготовлены образцы, выращены, в частности, сосна, ель — в лесах Ровенской области; береза, ольха, ясень — в лесах Волынской области; лиственница — в лесах Ивано-Франковской области.

Экспериментальные исследования проводили на сервогидравлической испытательной машине СТМ-100 с автоматизированной системой управления и записи данных.

На основе экспериментальных исследований построены диаграммы (секущий модуль—уровень напряжений) сплошной лиственных (березы, ольхи, ясеня) и хвойных (лиственницы, сосны, ели) пород древесины с разным показателем влажности.

Экспериментально-теоретическим путем получены начальные модули упругости и модули деформаций различных пород древесины в пределах от 30 % до 12 % влажности.

Установлено, что с уменьшением влажности от 30 % до 12 %, начальный модуль упругости и модуль деформаций существенно увеличивается.

Ключевые слова: сплошная древесина, влажность, начальный модуль упругости, секущий модуль, деформативность.

Ясний Петр Владимирович — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры строительной механики, ректор, e-mail: petroyasniy@gmail.com ;

Гомон Святослав Святославович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры городского строительства и хозяйства, e-mail: slavagomon@ukr.net