

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СУЦІЛЬНОЇ ДЕРЕВИНИ КОНСТРУКЦІЙНИХ РОЗМІРІВ З ВРАХУВАННЯМ ФАКТОРА ВОЛОГОСТІ

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

²Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне

Матеріали, елементи та конструкції з деревини можуть експлуатуватися в середовищах з різною вологістю. Вологість деревини безпосередньо впливає на її міцнісні та деформівні властивості.

В даній статті було детально проаналізовано відомі малочисельні роботи вітчизняних та закордонних авторів, які досліджували вплив вологи на різні породи деревини. За даними роботами важко виявити вплив вологості на основні фізико-механічні властивості деревини. І вони, як правило стосувалися випробування деревини за м'якого режиму навантажень, що не в повній мірі відображає їх реальний напружено-деформований стан.

Авторами розроблено методика і експериментально досліджено механічну поведінку різних листяних (берези, вільхи, ясеня) та хвойних (модрина, сосни, ялини) порід дерев на стиск вздовж волокон одноразовим короткочасним навантаженням призматичних зразків за жорсткого режиму випробувань (за приростом переміщень плити випробувальної машини) різної вологості (30%, 21%, 12%). Вік всіх зразків деревини був 60 років. Переріз призм 30x30x120мм I сорту деревини без вад та пошкоджень. Загальна кількість випробуваних зразків – 126 шт.

На основі проведених експериментальних досліджень побудовані повні діаграми деформування деревини листяних (берези, вільхи, ясеня) та хвойних (модрина, сосни, ялини) порід деревини від початку навантаження і до точки граничних деформацій відповідно за вологості 30%, 21%, 12%.

Вперше експериментальним шляхом отримані критичні деформації різних порід деревини за відповідного максимального напруження за різної вологості.

Встановлено, що при зменшенні вологості від 30% до 12%, міцність деревини всіх порід збільшується. Критичні деформації зменшуються.

Ключові слова: суцільна деревина, вологість, міцність, деформівність, напруження, діаграми деформування.

Вступ

Деревина – це один з найпоширеніших матеріалів природного походження, який використовують в різних галузях вітчизняної та закордонної економік. Деревина пов'язана з різними галузями промисловості, зокрема, використовується в будівельній, деревообробній, гірничо-видобувній, річковій та морській галузях, паливно-енергетичному комплексі, машинобудуванні, суднобудуванні, мостових конструкціях та інших. В багатьох випадках під час експлуатації вона зазнає багато різних впливів агресивних середовищ. До таких також відносять середовища з підвищеною вологістю. Деревина, в незахищеному стані, в такому середовищі може мати вологість більше 12 (20) %. Такого впливу зазнають матеріали, елементи та конструкції будівель, інженерних споруд (промислового, цивільного, міського будівництва; мостові конструкції; гірничо-видобувної галузі; річкового та морського призначення, суднобудування та ін.). Також деревини часто експлуатуються зразу після зрізу дерев і такі елементи можуть працювати з вологістю більше 30%.

Більшість робіт вітчизняних та закордонних вчених [1,2,3] стосується роботи деревини за стандартної вологості на стиск вздовж волокон, тобто її роботи за так званих «ідеальних умов експлуатації». Вплив вологості на деревину, ми знаходимо в працях [4,5]. Автори проводили дослідження міцності та деформівності деревини на стиск вздовж волокон на так званих «чистих зразках» перерізом 20x20x30 мм за м'якого режиму випробувань (за приростом навантажень). В літературі є невелика кількість таких досліджень. До того ж на «чистих зразках» не враховується в повній мірі макроструктура деревини, на відміну від конструкційних [6,7,8,9]. В той же час за м'якого режиму навантажень практично неможливо отримати значення критичних деформацій, які встановлюються за максимальних напружень [1,2,3].

Отже, дослідження роботи деревини конструкційних розмірів на стиск вздовж волокон одноразовим короткочасним навантаженням з врахуванням фактору вологості за жорсткого режиму випробувань (за приростом переміщень) має актуальне значення для дослідників.

Мета роботи – дослідження міцнісних та деформівних властивостей різних хвойних (модрина, сосни, ялини) та листяних (берези, вільхи, ясеня) порід деревини конструкційних розмірів на стиск вздовж волокон за жорсткого режиму випробувань різної вологості.

Методика експериментальних досліджень

Для вирішення поставлених задач було виготовлено серію зразків 1 сорту суцільної деревини конструкційних розмірів різних порід у вигляді призм перерізом 30x30x120 мм (Рис.1). Дані розміри призм дозволяють враховувати мікро- та макроструктуру деревини та забезпечують відсутність впливу тертя між плитою пресу та торцем зразка. Випробуванню піддавались наступні породи деревини: хвойні породи – модрина, сосна, ялина; листяні – береза, вільха, ясен. Деревина, з яких були виготовлені зразки, були вирощені, зокрема, сосна, ялина - в лісах Рівненської області; береза, вільха, ясен – в лісах Волинської області; модрина – в лісах Івано-Франківської області.

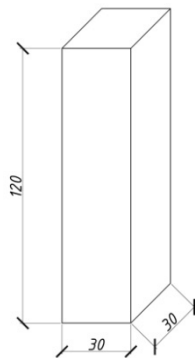


Рисунок 1 – Геометричні розміри зразків

Деревина, яка піддавалась випробуванню мала вологість: 30%, 21%, 12%. Вік деревини 60 років. 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. Зразки випилювали із заздалегідь заготовлених довгих брусків.

Експериментальні дослідження проводили на сервогідроліній випробувальній машині СТМ-100 з автоматизованою системою керування і запису даних [10,11] (рис. 2). Інтерфейс з програмним забезпеченням показано на рис. 3. Максимальне навантаження випробувальної машини складає 10 т.

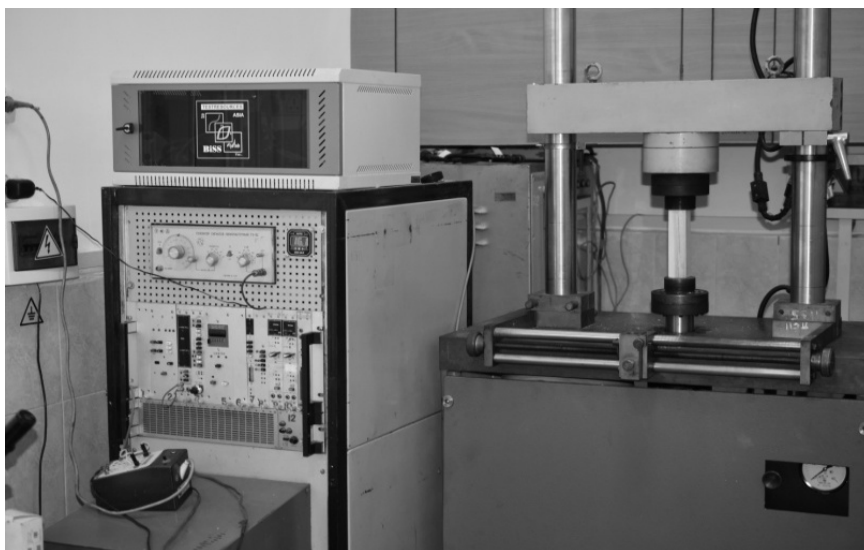


Рисунок 2 – Сервогідроліній випробувальна машина СТМ-100

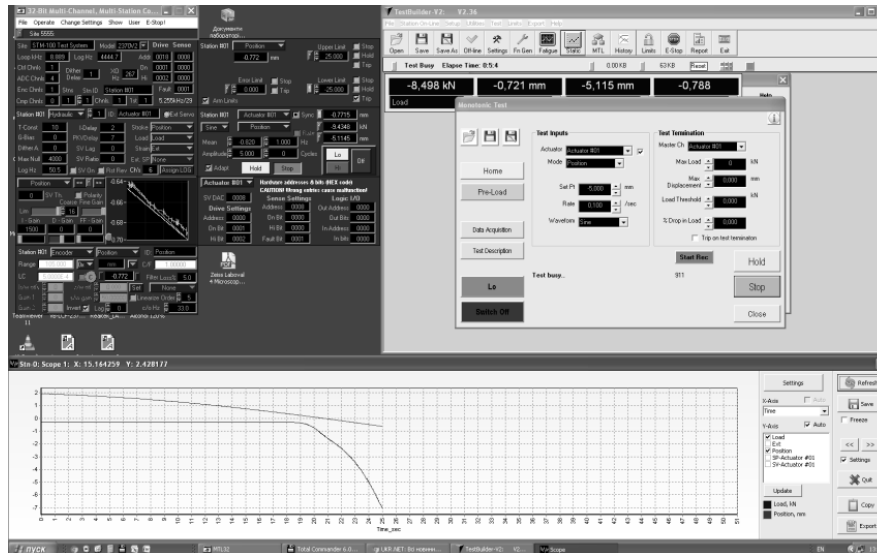


Рисунок 3 – Інтерфейс програм

Навантаження зразків проводилося і контролювалося за допомогою ПК та відповідного програмного забезпечення. При випробуванні зразків записували швидкість переміщення, силу та час.

Всі зразки випробовувались за усередненої вологості 30%, 21%, 12% деревини за одноразового короткочасного поздовжнього волокнам стиску та при температурі навколишнього середовища 180С. Експериментальні дослідження проводили за жорсткого режиму випробувань, тобто з контролем приросту переміщення плити випробувальної машини. Перед початком кожного випробування проводилось додаткове вимірювання перерізу зразків та їх вологості. До випробувань допускалися призми з перерізом 30x30x120 мм (± 1 мм) та з вологістю $\pm 1\%$. Якщо зразки не відповідали даним параметрам, то вони вибраковувались.

Кількість призм, які піддавались випробування з кожного виду деревини за вологості 30% - 6 шт, за вологості 21% - 6 шт, за стандартної вологості – 9 шт. Загальна кількість досліджених призм становила 126 шт. Перед випробуванням зразки центрували на плиті випробувальної машини.

Результати випробувань

На основі проведених експериментальних досліджень побудовані повні діаграми деформування «напруження σ – поздовжня деформація ϵ » деревини листяних (берези, вільхи, ясена) та хвойних (модрина [12], сосни, ялини) порід деревини від початку навантаження і до точки граничних деформацій відповідно за усередненої вологості 30%, 21%, 12% (рис. 4, 5). На даних діаграмах завжди спостерігаємо дві ділянки: висхідну та спадну. Це свідчить про те, що деревина за різної вологості працює не тільки до точки максимального напруження, а і має певну залишкову (закритичну) міцність після проходження цієї точки.

З отриманих діаграм, було визначено усереднені критичні деформації за відповідних усереднених максимальних напружень всіх досліджуваних порід деревини (табл. 1).

Проаналізувавши отримані результати випробувань (рис. 5, 6) та табл.1 приходимо до висновку, що зменшення вологості деревини від 30% до 12% сприяє суттєвому збільшенню її міцності для листяних та хвойних порід – у 2,1-2,4 раз. При цьому деформівність листяних та хвойних порід зменшується. Зменшення деформівності можна пояснити тим, що деревина з більшою вологістю є більш пластичним матеріалом в порівнянні з деревиною з меншою вологістю.

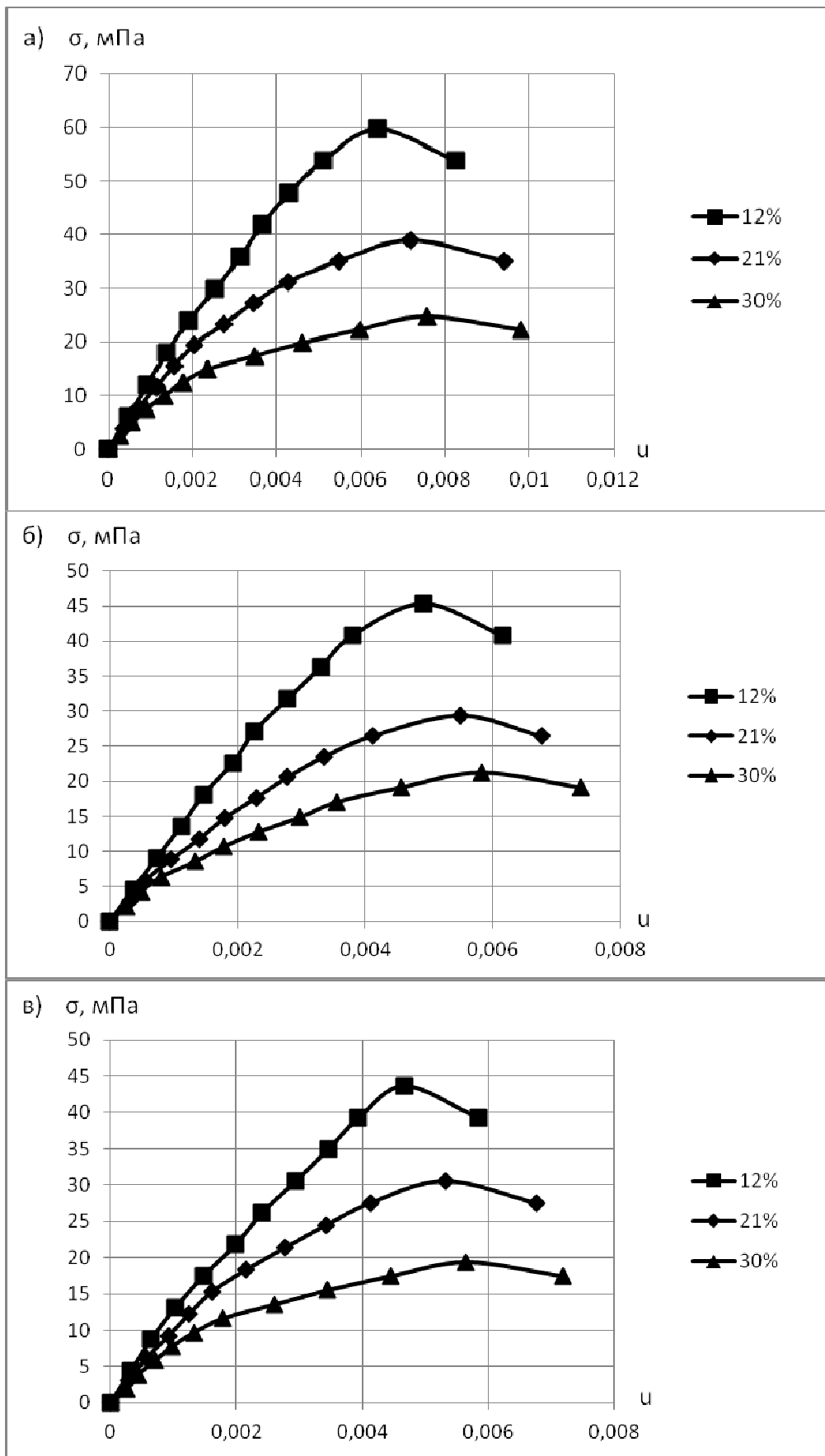


Рисунок 4 – Діаграми деформування « σ - u » суцільної деревини конструкційних розмірів хвойних порід з обмеженням в точці граничних деформацій за різної вологості: а) модрина; б) сосна; в) ялина

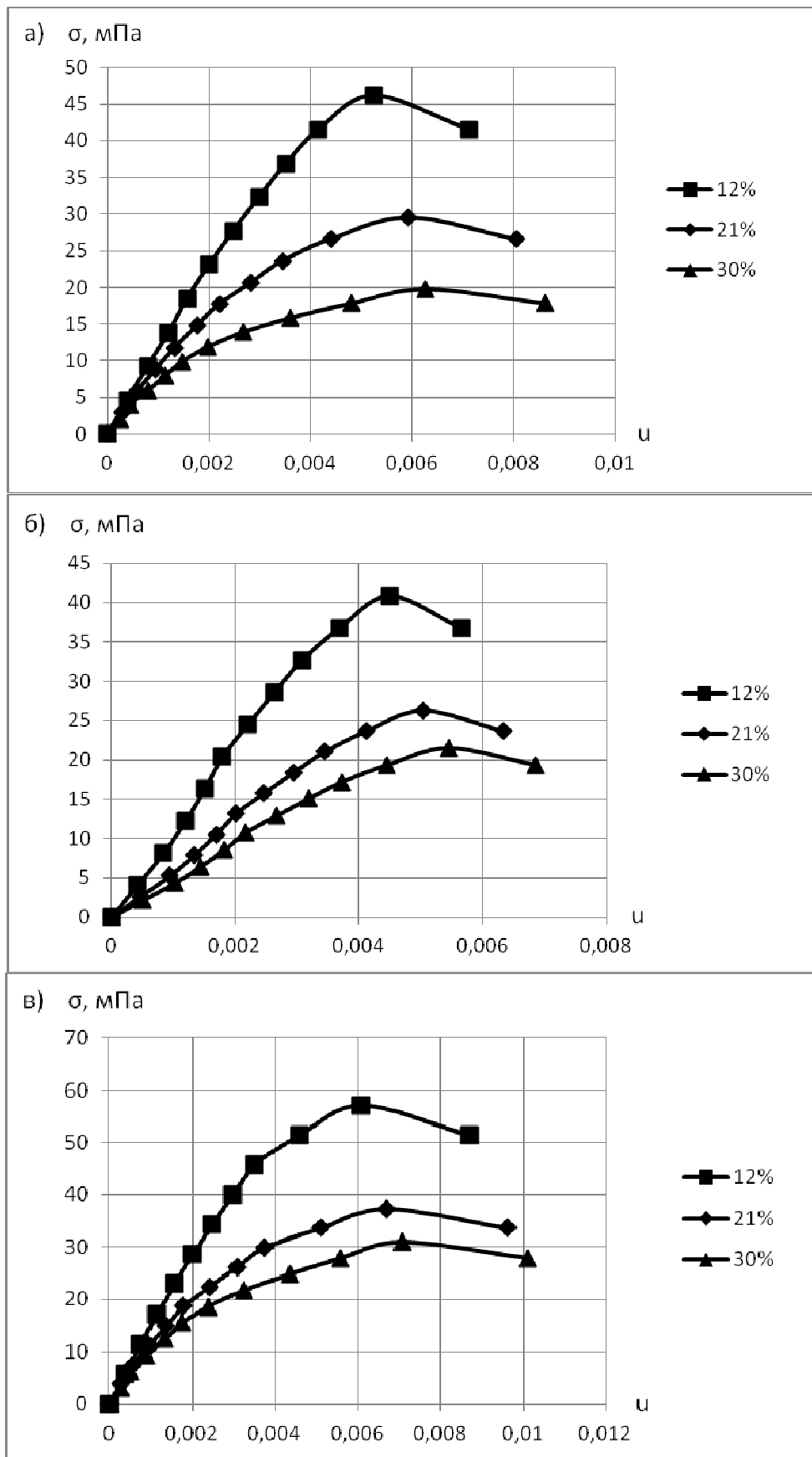


Рисунок 5 – Діаграми деформування « σ - u » суцільної деревини конструкційних розмірів листяних порід з обмеженням в точці граничних деформацій за різної вологості: а) береза; б) вільха; в) ясен

Середні критичні деформації деревини листяних та хвойних порід та їх відповідні середні максимальні напруження

№ _{з/п}	Порода деревини	Відносна вологість деревини					
		30%		21%		12%	
		$u_{c,0,d}$	$f_{c,0,d}$, МПа	$u_{c,0,d}$	$f_{c,0,d}$, МПа	$u_{c,0,d}$	$f_{c,0,d}$, МПа
1	Береза	0,00627	19,8	0,00593	29,5	0,00525	46,1
2	Вільха	0,00545	21,5	0,00504	26,3	0,00450	40,8
3	Ясен	0,00708	31,0	0,00671	37,4	0,00610	57,2
4	Модрина	0,00756	24,8	0,00717	38,9	0,00640	59,7
5	Сосна	0,00582	21,3	0,00549	29,4	0,00491	45,3
6	Ялина	0,00565	19,4	0,00532	30,6	0,00467	43,6

Отже, лише жорсткий режим навантаження дає можливість отримати повні діаграми деформування і визначити критичні та граничні деформації різної вологості. За м'якого режиму без спеціального обладнання [8] це зробити практично неможливо.

Підтверджено, пружно-пластичний характер усіх досліджених порід деревини, що відображається нелінійністю висхідних віток побудованих діаграм (Рис.4,5) за різної вологості. Отримані результати досліджень можуть бути використані для уточненої оцінки напружено-деформованого стану та тримкості матеріалів та елементів, конструкцій з деревини за стандартної (12%) та підвищеної вологості (більше 12%).

Висновки

- За результатами експериментальних досліджень побудовані повні діаграми деформування за одночасного стискування різних порід деревини з врахуванням фактору вологості (30%, 21%, 12%) з обмеженням в точці граничних деформацій на сучасній випробувальній машині СТМ-100.
- Експериментально отримані значення критичних деформацій деревини для берези, вільхи, ясени, модрина, сосни, ялини за відповідного максимального напруження та вологості.
- Встановлено, що при зменшенні вологості від 30% до 12%, міцність деревини усіх порід збільшується, а критичні деформації зменшуються.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Иванов А.М. Исследования диаграммы механических испытаний древесины. Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1959. №4. С. 116 – 122.
2. 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.
3. Белянкин Ф.П. Длительное сопротивление дерева: научное пособие. Москва: Госстройиздат, 1934. 134с.
4. Бойко М.Д. Влияние температурно-влажностного состояния древесины на ее прочность. М.: Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1952. 96 с.
5. Madsen B. Recommended moisture adjustment factor for lumber stresses. Can. J. Civil Engineering. 1982. Vol. 9. №4. P. 602-610.
6. Тутурин С.В. Механическая прочность древесины: дис. ... докт. техн. наук: 01.02.04. – Москва, 2005. 318с.
7. Вареник К. А. Расчет центрально-сжатых деревянных элементов с учетом ползучести: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Новгород Великий: НГУ им. Ярослава Мудрого, 2015. 167 с.
8. Гомон С.С., Гомон С.С., Сасовський Т.А. Діаграми механічного стану деревини сосни за одноразового короткочасного деформування до повної втрати міцності матеріалу. Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Зб. наук. праць. Рівне: Вид-во НУВГП, 2012. Вип 23. С. 166-171.
9. 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. Зб. наук. праць. Рівне: Вид-во НУВГП, 2020. Вип 38. С. 321-330.
10. Ясній П.В. Пластично деформовані матеріали: втрома і тріщинотривкість: монографія. Львів: Світ, 1998. 292 с.
11. Yasnii P. V. et al. Microcrack initiation and growth in heat-resistant 15Kh2MFA steel under cyclic deformation // Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct. Blackwell Science Ltd, 2005. Vol. 28, № 4. P. 391–397.
12. Ясній П.В., Гомон С.С., 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 the 6th International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Kharkiv, Ukraine, 2020. Pp. 319-322. URL: <https://sci-conf.com.ua>.

REFERENCES

- Ivanov A.M. Issledovaniya diagrammy mekhanicheskikh ispytaniy drevesiny. Izv. vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. 1959. №4. S. 116 – 122.
- Bykov V.V. 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, 1967. №8. S.3-8.
- Belyankin F.P. Dlitel'noye soprotivleniye dereva: nauchnoye posobiye. Moskva: Gosstroyizdat, 1934. 134s.
- Boyko M.D. Vliyaniye temperaturno-vlazhnostnogo sostoyaniya drevesiny na yeye prochnost'. M.: Gos. izd-vo literatury po stroitel'stvu i arkhitekture, 1952. 96 s.
- Madsen B. Recommended moisture adjustment factor for lumber stresses. Can. J. Civil Engineering. 1982. Vol. 9. №4. P.602-610.
- Tuturin S.V. Mekhanicheskaya prochnost' drevesiny: dis. ... dokt. tekhn. nauk: 01.02.04. – Moskva, 2005. 318s.
- Varenik K. A. Raschet tsentral'no-szhatikh derevyannykh elementov s uchetom polzuchesti: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.01. Novgorod Velikiy: NGU im. Yaroslava Mudrogo, 2015. 167 s.
- Gomon S.S., Gomon S.S., Sasov'skiy T.A. Diahrami mekhanichnoho stanu derevyny sosny za odnorazovoho korotkochasnoho deformuvannya do povnoyi Vtrata mitsnosti materialu. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, Budivli ta sporudy. Zb. nauk. prats'. Rivne: Vyd-vo NUVHP, 2012. Vyp 23. S. 166-171.
- Gomon S.S., Gomon P.S. Pobudova diysnykh diahram mekhanichnoho stanu derevyny «s-u» sutsil'noho pererizu yalyny ta berezy za zhorstkoho rezhymu vyprobuvan'. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Zb. nauk. prats'. Rivne: Vyd-vo NUVHP, 2020. Vyp 38. S. 321-330.
- Yasniy P.V. Plastychno deformovani materialy: vtoma i trishchynotryvkist': monohrafiya. L'viv: Svit, 1998. 292 s.
- Yasniy P. V. et al. Microcrack initiation and growth in heat-resistant 15Kh2MFA steel under cyclic deformation // Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct. Blackwell Science Ltd, 2005. Vol. 28, № 4. P. 391–397.
- Yasniy P.V., Gomon S.S., 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 the 6th International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua". Kharkiv, Ukraine, 2020. Pp. 319-322. URL: <https://sci-conf.com.ua>.

Ясний Петро Володимирович – д.т.н., професор, професор кафедри будівельної механіки, ректор Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. petroyasniy@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1928-7035.

Гомон Святослав Святославович – к.т.н., доцент, доцент кафедри міського будівництва та господарства Національного університету водного господарства та природокористування, Рівне. slavagomon@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3401-0760.

П. В. Ясний¹
С.С. Гомон²

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЛОШНОЙ ДРЕВЕСИНЫ КОНСТРУКЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ВЛАЖНОСТИ

¹Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя

²Национальный университет водного хозяйства и природоиспользования, Ровно

Материалы, элементы и конструкции из древесины могут эксплуатироваться в различных средах с различной влажностью. Влажность непосредственно влияет на прочностные и деформируемые свойства.

В данной статье проанализировано существующие немногочисленные работы отечественных и зарубежных авторов, исследовавших воздействие влаги на различные породы древесины. По данным работ трудно выявить влияние влажности на основные физико-механические свойства древесины. Они, как правило, касались испытания древесины при мягком режиме нагружения, не в полной мере отражая их реальное напряженно-деформированное состояние.

Разработана методика и проведены экспериментальные исследования различных лиственных (березы, ольхи, ясеня) и хвойных (лиственницы, сосны, ели) на кратковременное сжатие вдоль волокон при жестком режиме испытаний различной влажности (30%, 21%, 12%). Возраст всех образцов древесины был 60 лет. Сечение призм 30х30х120мм I сорта древесины без пороков и поврежденных. Общее количество испытываемых образцов - 126 шт. Экспериментальные исследования проводили на сервогидравлической испытательной машине. На базе экспериментальных исследований и обработки результатов построены полные диаграммы деформирования древесины лиственных (березы, ольхи, ясеня) и хвойных (лиственницы, сосны, ели) пород древесины от начала нагружения до точки предельных деформаций при влажности 30%, 21%, 12%.

Впервые экспериментальным путем получены значения критических деформаций различных пород древесины при максимальном напряжении при различной влажности.

Было установлено, что при уменьшении влажности от 30% до 12%, прочность древесины всех пород увеличивается. Критические деформации при этом уменьшаются.

Ключевые слова: сплошная древесина, влажность, прочность, деформативность, напряжения, диаграммы деформирования.

Ясний Петр Владимирович – д.т.н., професор, професор кафедри строительной механики, ректор Тернопольского национального технического университета имени Ивана Пулюя.
retroyasniy@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1928-7035.

Гомон Святослав Святославович – к.т.н., доцент, доцент кафедры городского строительства и хозяйства Национального университета водного хозяйства и природоиспользования, Ровно.
slavagomon@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3401-0760.

P. Yasniy¹
S. Gomon²

EXPERIMENTAL RESEARCH OF CONTINUOUS WOOD WITH STRUCTURAL DIMENSIONS TAKING INTO ACCOUNT THE MOISTY FACTOR

¹Ternopil Ivan Puluj National Technical University

²National University of Water and Environmental Engineering, Rivne

Materials, elements and structures made of wood can be operated in environments with different humidity. Humidity of wood directly affects its strength and deformable properties.

The works of domestic and foreign authors who studied the effect of moisture on the strength and deformability of wood of different species were analyzed in detail. It turned out that there are very few such works. According to these works, it is difficult to detect the effect of moisty on the basic physical and mechanical properties of wood. And they usually concerned the testing of wood under a soft load regime, which does not fully reflect their real stress-strain state.

We have developed a method of experimental studies of various deciduous (birch, alder, ash) and coniferous (larch, pine, spruce) compression along the fibers with a single short-term load under a rigid test mode (by increasing the displacement of the press plate) with different moisture (30%, 21% , 12%). The age of all wood samples was 60 years. Section of prisms 30x30x120mm and grades of wood without defects and damages. The total number of tested samples - 126 pcs.

After conducting experimental research and processing the results, complete diagrams of deformation of wood "σ-u" deciduous (birch, alder, ash) and coniferous (larch, pine, spruce) wood species from the beginning of loading and to the point of ultimate deformation, respectively, at a moisty of 30% , 21% , 12%.

For the first time, critical deformations of different wood species at the corresponding maximum stress at different moisty were obtained experimentally.

It was found that with a decrease in moisty from 30% to 12%, the strength of wood of all species increases. The critical deformations herewith are reduced.

Key words: solid wood, humidity, strength, deformability, stress, strain diagrams.

Yasniy Petro – Dh.D, professor, Department of Structural Mechanics, rector, Ternopil Ivan Puluj National Technical University.

Gomon Svyatoslav – Ph.D, associate professor, Urban Planning and Development, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne.