

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОЧАТКОВОГО МОДУЛЯ ПРУЖНОСТІ ТА МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦІЙ ДЕРЕВИНИ РІЗНОГО ВІКУ

METHOD OF DETERMINATION OF THE INITIAL MODULUS OF ELASTICITY AND THE MODULE OF WOOD DEFORMATIONS OF DIFFERENT AGES

Гомон Св.Ст, д.т.н., проф., ORCID 0000-0003-2080-5650, Гомон Св.Св., д.т.н., доц., ORCID 0000-0001-9818-1804, Савицький В.В., к.т.н., доц., ORCID 0000-0001-8807-9486 (Національний університет водного господарства та природокористування, Україна, м. Рівне), Черномаз Н.Ю., к.т.н., ст. викл., ORCID 0000-0002-8051-2633 (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

Gomon S.S., doctor of technical sciences, professor, Gomon S.S., doctor of technical sciences, associate professor, Savitskiy V. V., candidate of technical sciences, associate professor (National university of water and environmental engineering, Rivne), Chornomaz N.Yu., candidate of technical sciences, senior lecturer (Ternopil Ivan Puluj National Technical University)

Приведено методику визначення початкового модуля пружності та модуля деформацій деревини листяних та хвойних порід різного віку. Запропоновано формулу для визначення таких величин. Встановлено, що зі збільшенням віку деревини від 20 до 60 років початковий модуль пружності та модуль деформацій зростають.

Methods for determining the initial modulus of elasticity and modulus of deformation according to current standards are analyzed in detail. The method of determining the initial modulus of elasticity and the modulus of deformations of hardwood and coniferous species of different ages is given. Based on experimental studies, it is established that the dependence of "stress σ - strain u " on a single short-term compression along the fibers with a constant rate of deformation due to the manifestation of plastic deformations occurring at the lowest stresses is nonlinear from the beginning of loading. But with increasing stress, the curvature of the diagram with longitudinal compression of the wood also increases. A formula for determining such values is proposed. Experimental and statistical studies with high reliability have shown the presence of linear correlations between the January modulus of strain and the stress level. The linearity of the dependences is confirmed by the high degree of correspondence of the correlation and experimental values of the deformations: the absolute value of the correlation coefficient r is close

to unity, its reliability r / m_r is always more than four. When constructing the dependence, the experimental points in the voltage range $\eta = (0.2 \dots 0.8)$ were taken in accordance with the recommendations. Diagrams (January module - stress level) for solid wood aged 20 to 60 years with short-term compression along the fibers are constructed. It is established that as the stress level η increases, the cross-sectional value of the modulus of modified wood gradually decreases. It is established that with the increase of wood age from 20 to 60 years the initial modulus of elasticity and the modulus of deformations increase. In the future it is necessary to test solid wood of different ages under the influence of an aggressive environment.

Ключові слова:

Суцільна деревина, початковий модуль пружності, модуль деформацій, рівень напружень, вік, коефіцієнт пластичності.

Solid timber, initial modulus of elasticity, modulus of deformation, stress level, age, coefficient of plasticity.

Вступ. Деревина є пружно-пластичним матеріалом, зі своїми особливими властивостями. Матеріали, деталі, вироби, елементи та конструкції з деревини зустрічаються на кожному кроці в повсякденному житті. Тому дуже важливим фактором є те, що її фізико-механічні властивості є змінними і залежать від віку, вологості, швидкості деформування та від багатьох інших компонентів. Ці всі особливості необхідно враховувати при проектуванні та виготовленні. Дуже важливою характеристикою деревини є початковий модуль пружності та модуль деформацій. Правильне визначення цих двох важливих параметрів безпосередньо впливає при проектуванні матеріалів, виробів, деталей, елементів та конструкцій на основі деревини. Особливим аспектом є вплив віку на механічні властивості деревини, в тому числі і на початковий модуль пружності та модуль деформацій.

Аналіз останніх досліджень. Вплив віку на механічні властивості деревини присвячено невелику кількість праць вітчизняних та закордонних вчених [1].

Нами було проведено цілеспрямовані експериментальні дослідження різних порід листяних та хвойних порід деревини різного віку за жорсткого режиму випробувань [2]. Також було побудовано повні діаграми деформування осьовим стиском уздовж волокон за короткочасного навантаження та запропоновано класичну модель дійсної роботи суцільної деревини від початку завантаження і до повного руйнування матеріалу [2]. Для повної картини реальної роботи деревини різного віку не вистачає методики визначення початкових модулів пружності та модулів деформацій, що ми і запропонуємо в даній статті.

Мета роботи – дослідження початкових модулів пружності та модулів деформацій листяних та хвойних на стиск вздовж волокон різного віку (60,

40, 20 років).

Методика досліджень та аналіз результатів. Метод, що використовується в діючих стандартах [3,4] - це багаторазове повторне завантаження-розвантаження (циклічне завантаження до певного рівня з розвантаженням) для вибору пластичних деформацій деревини не приводить до чисто лінійної залежності між напруженнями та деформаціями. Тому таким способом не вдається встановити істинне значення початкового модуля пружності E_o . Тому початковий модуль пружності деревини E_o можливо встановити з умови граничного положення січного модуля пружно-пластичності E' за умов, коли кут нахилу та відносні деформації прямують до 0.

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено, що залежність «напруження σ_c – деформації u_c » за одноразового короткочасного стиску вздовж волокон з постійною швидкістю деформування внаслідок прояву пластичних деформацій, які виникають за найменших напружень, є нелінійною з самого початку завантаження. Але зі збільшенням величини напружень викривлення діаграми за повздовжнього стиску деревини також збільшується [2]. Тому при визначенні початкового модуля пружності та модуля деформацій необхідно враховувати такі закономірності роботи матеріалу. Модуль деформацій (січний модуль пружно-пластичності) деревини та композиційних матеріалів на її основі E' залежить від рівня напружень σ_c .

Враховуючи наші експериментально-теоретичні дослідження зразків конструкційних розмірів суцільної деревини різного віку осьовим стиском уздовж волокон короткочасним навантаженням за жорсткого режиму прикладення навантаження з постійною швидкістю деформування та пропозиції, які наведені в роботі [5], модуль деформацій (січний) можливо записати у наступному вигляді

$$E' = E_o(1 \pm \lambda_{f_{c,0,d}} \eta), \quad (1)$$

де $\lambda_{f_{c,0,d}}$ – коефіцієнт пластичності суцільної деревини за стиску уздовж волокон;

η – рівень напружень в суцільній деревині,.

Для перевірки залежності (1) визначимо початкові модулі пружності та модулі деформацій (січні) листяних (берези, вільхи, ясена) та хвойних (сосни, ялини, модрина) порід деревини за стандартної вологості 12% віком 60 (рис.1), 40 (рис.2), 20 (рис.3) років та проведемо статистичну оцінку отриманих значень (табл. 1).

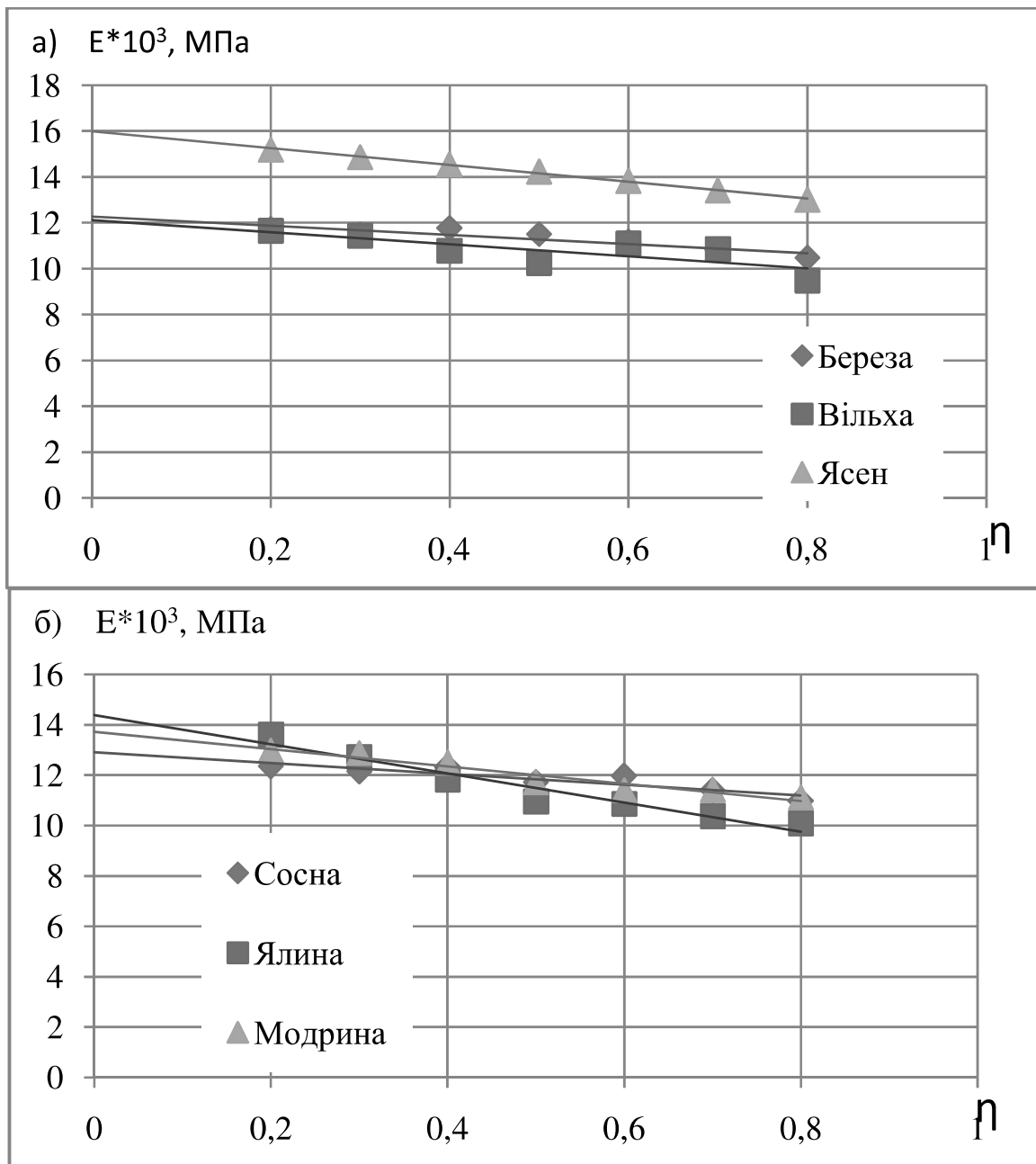


Рис.1. Діаграми « $E-\eta$ » (січний модуль – рівень напружень) різних порід суцільної деревини у віці 60 років за вологості 12%: а) листяних; б) хвойних

За результатами таких експериментально-статистичних досліджень було підтверджено наявність лінійних кореляційних залежностей між модулем деформацій і рівнем напружень. Лінійність залежностей $E' - \eta$ підтверджується хорошим ступенем відповідності кореляційних та дослідних значень відносних деформацій, які приймалися в межах $\eta = 0,2 - \eta = 0,8$ згідно [5].

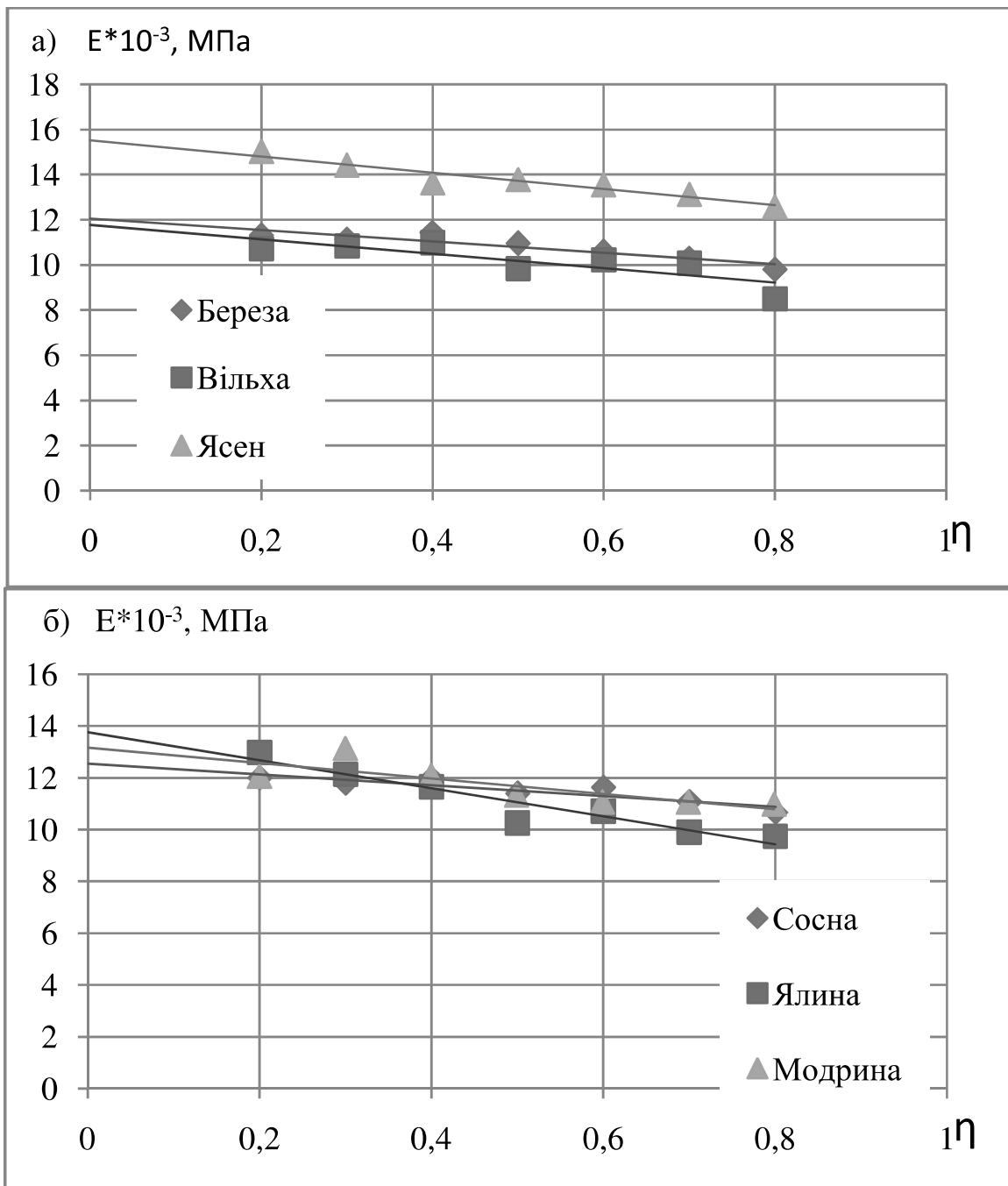


Рис.2. Діаграми «E- η » (січний модуль – рівень напружень) різних порід суцільної деревини у віці 40 років за вологості 12%: а) листяних; б) хвойних

Певною мірою, згідно рис.1,2,3, найбільш наближеним січний модуль пружно-пластичності E' до початкового модуля пружності E_o можливий лише за малих значень напружень σ_c .

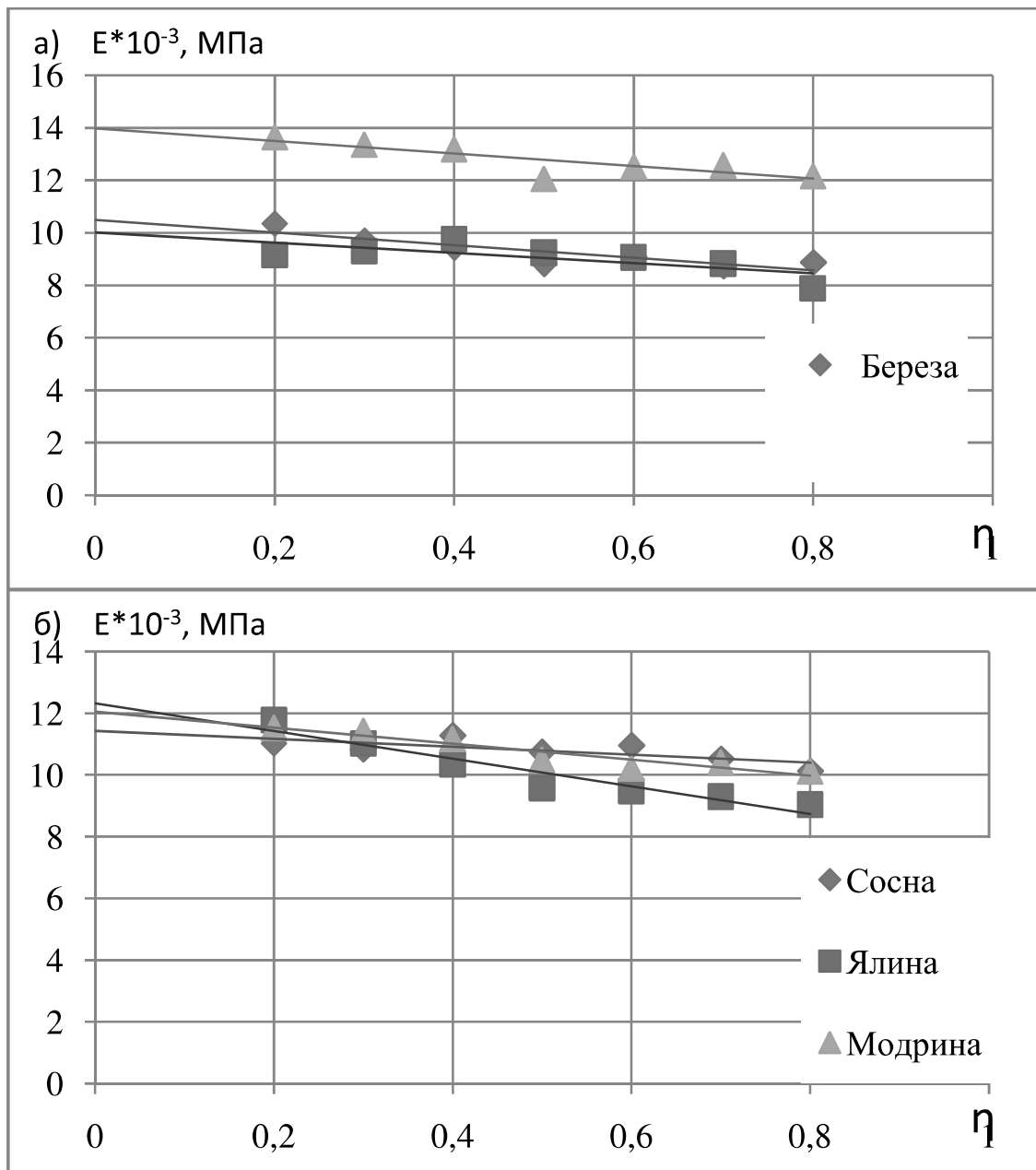


Рис.3. Діаграми « $E-\eta$ » (січний модуль – рівень напружень) різних порід суцільної деревини у віці 20 років за вологості 12%: а) листяних; б) хвойних

Встановити початковий модуль пружності E_0 за кутом нахилу прямої, яка буде дотична до кривої «напруження σ_c – деформації u_c » в точці початку координат практично неможливо без встановлення аналітичної залежності цієї кривої.

Таким чином можна констатувати, що початковий модуль пружності і модуль деформацій (січний) деревини та композиційних матеріалів на її основі можна з великою точністю встановити аналітично за формулою (1) або графічно за допомогою діаграми «січний модуль – рівень напружень» при значеннях $\eta=0$.

Таблиця 1

Основні параметри і статистики кореляційних рівнянь регресії « $E' - \eta$ »
суцільної деревини листяних та хвойних порід

Назва зразка	Кореляційне рівняння	r	m_r	$\frac{r}{m_r}$	$V, \%$
Вік деревини 60 років					
БС-12-60	$E' = 12,286 \cdot (1 - 0,044 \cdot \eta)$	0,901	0,071	13	1,71
ЯсС-12-60	$E' = 15,989 \cdot (1 - 0,064 \cdot \eta)$	0,998	0,001	732	3,13
ВС-12-60	$E' = 12,061 \cdot (1 - 0,057 \cdot \eta)$	0,939	0,044	12	1,78
СС-12-60	$E' = 12,910 \cdot (1 - 0,047 \cdot \eta)$	0,905	0,068	13	1,71
ЯЛС-12-60	$E = 14,386 \cdot (1 - 0,090 \cdot \eta)$	0,969	0,023	42	2,57
МС-12-60	$E = 13,716 \cdot (1 - 0,058 \cdot \eta)$	0,966	0,058	38	1,55
Вік деревини 40 років					
БС-12-40	$E' = 12,138 \cdot (1 - 0,045 \cdot \eta)$	0,901	0,071	13	1,71
ВС-12-40	$E' = 11,757 \cdot (1 - 0,106 \cdot \eta)$	0,886	0,068	11	3,81
ЯсС-12-40	$E' = 15,487 \cdot (1 - 0,066 \cdot \eta)$	0,998	0,001	740	3,13
МС-12-40	$E' = 12,540 \cdot (1 - 0,048 \cdot \eta)$	0,905	0,068	13	1,72
СС-12-40	$E' = 13,291 \cdot (1 - 0,060 \cdot \eta)$	0,966	0,025	13	1,78
ЯЛС-12-40	$E' = 13,726 \cdot (1 - 0,139 \cdot \eta)$	0,969	0,023	42	2,57
Вік деревини 20 років					
БС-12-20	$E' = 10,585 \cdot (1 - 0,034 \cdot \eta)$	0,772	0,153	5	1,93
ВС-12-20	$E' = 9,957 \cdot (1 - 0,106 \cdot \eta)$	0,786	0,145	5	4,81
ЯсС-12-20	$E' = 14,099 \cdot (1 - 0,055 \cdot \eta)$	0,987	0,010	101	0,62
МС-12-20	$E' = 11,432 \cdot (1 - 0,037 \cdot \eta)$	0,753	0,164	5	2,10
СС-12-20	$E' = 12,061 \cdot (1 - 0,057 \cdot \eta)$	0,939	0,044	21	0,62
ЯЛС-12-20	$E' = 12,322 \cdot (1 - 0,139 \cdot \eta)$	0,954	0,034	28	1,78

Також наведемо гістограму динаміки зміни початкового модуля пружності (рис.4). Даний показник також стає меншим в інтервалі від 60 до 20 років: для призм берези – на 17,1%; вільхи – на 12,1%; ясена – на 14,3%; модрина – на 13,2%; сосни – на 13,1%; ялини – на 17,0%.

Висновки.

1. Наведено методику визначення початкового модуля пружності та модуля деформацій суцільної деревини листяних та хвойних порід різного віку за осьового стиску уздовж волокон.

2. Запропоновано формулу для визначення початкового модуля пружності та модуля деформацій суцільної деревини листяних та хвойних порід різного віку.

3. Встановлено, що при зміні віку деревини від 60 до 20 років початковий модуль пружності та модуль деформацій зменшується.

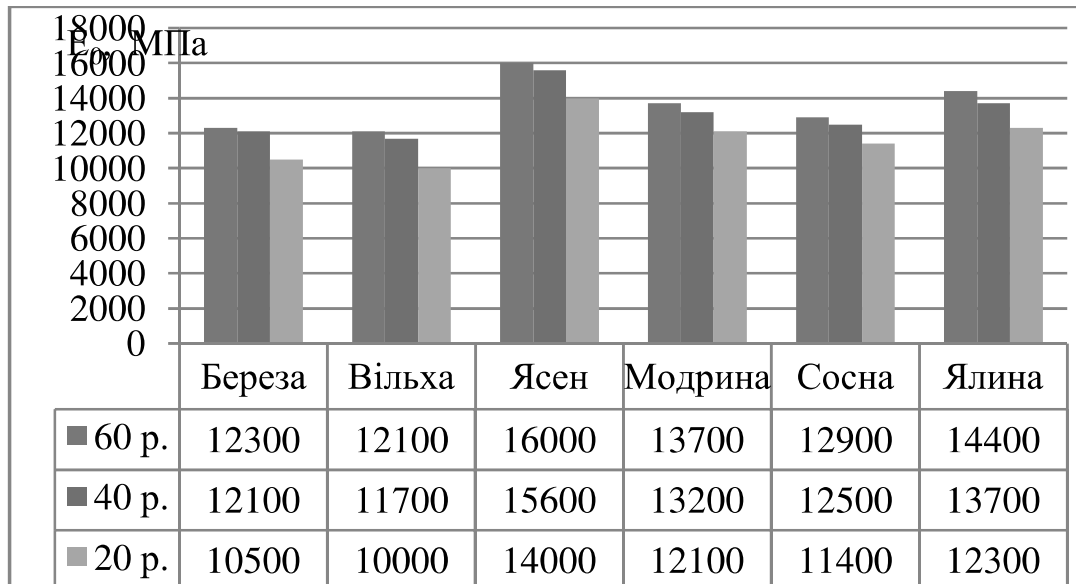


Рис.4. Динаміка зміни початкового модуля пружності листяних та хвойних порід деревини за різного показника віку

1. Тутурин С.В. Механическая прочность древесины: дис. ... докт. техн. наук: 01.02.04. – Москва, 2005. 318с.

Tuturin S.V. Mekhanicheskaya prochnost' drevesiny: dis. ... dokt. tekhn. nauk: 01.02.04. – Moskva, 2005. 318s.

2. Номон S.S. Fluence of age factor on main strength and deformative properties of timber. Modern technologies and calculation methods in construction. Lutsk, 2020. №. . Pp. 35–41.

3. ДБН В.2.6-161:2017. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. Київ: Укрархбудінформ, 2017. 111с.

DBN V.2.6-161:2017. Konstruktsiyi budynkiv i sporud. Derev'yani konstruktsiyi. Osnovni polozhennya. Kyuyiv: Ukrarkhbuildinform, 2017. 111s.

4. ГОСТ 16483.10–73. Древесина. Метод определения модуля упругости при сжатии вдоль волокон.

GOST 16483.10–73. Drevesina. Metod opredeleniya modulya uprugosti pri szhatii vdol' volokon.

5. Макаренко Л.П., Фенко Г.А. Практический способ определения модуля упругости и упруго-пластических характеристик бетона при сжатии. Известия вузов. Строительство и архитектура. 1970. №10. С. 141–147.

Makarenko L.P., Fenko G.A. Prakticheskiiy sposob opredeleniya modulya uprugosti i uprugoplasticheskikh kharakteristik betona pri szhatii. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. 1970. №10. S. 141–147.