

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПОРІВНЯННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ ОСНОВНИХ ХВОЙНИХ ПОРІД

Досліджено фізико-механічні властивості вживаної деревини деяких хвойних порід, а саме сосни ялиці, модрина, ялини. Складено табличні дані вживаної деревини окремих хвойних порід: модрина, сосни, ялини та ялиці. Досліджено наступні фізико-механічні показники вживаної деревини окремих хвойних порід: щільність, твердість ударна поперек волокон, твердість статична, міцність при статичному згині, міцність при сколюванні вздовж волокон, міцність при стиску. Побудовано номограми за результатами досліджень, що дали можливість ефективно провести порівняльний аналіз показників для всіх порід – фізико-механічних параметрів первинної деревини та вживаної деревини деяких хвойних порід. Встановлено, що характеристики свіжозрубаної та вживаної деревини окремих хвойних порід, а саме сосни, ялиці, модрина, ялини різняться в допустимих межах і не більше, ніж на 10-15 %. Вживана деревина окремих хвойних порід за своїми фізико-механічними показниками відповідає вимогам стандартів. На основі одержаних експериментальних досліджень встановлено можливість застосування вживаної деревини окремих хвойних порід вживаної деревини окремих хвойних порід, а саме сосни, ялиці, модрина, ялини для виробництва виробів з деревини із задовільними фізико-механічними властивостями. Проаналізовано економічну доцільність використання вживаної деревини деяких хвойних порід. Обґрунтовано, що переробка вживаної деревини має важливе екологічне та соціальне значення – вигоду від матеріального перероблення цього ресурсу. Крім того, у вживаній деревині зберігається вуглекислий газ, бо після спалювання він вийде у повітря, а це важливо з погляду на екологію довкілля. Встановлено, що вживана деревина окремих хвойних порід є придатним ресурсом для матеріально використання у деревообробному виробництві. З'ясовано, що дослідження та рекомендації будуть корисними для виробництва продукції та навчального процесу під час підготовки фахівців технологів.

Ключові слова: деревинознавство та технології, переробка деревини, вживана деревина, фізико-механічні властивості, міцність, хвойні породи, сосна, ялиця, модрина, ялина.

Актуальність теми. Одним із пріоритетних завдань людства – є збереження довкілля та ощадливе використання природних ресурсів [1-41]. Переробка відходів та повторне використання сировини – є одним із шляхів досягнення цієї мети. Попит на масивну деревину та деревинні композиційні матеріали постійно зростає. Щорічно людство використовує майже 4 млрд. тон деревини, а споживання деревинних плит зростає приблизно на 4 % [23]. За прогнозами міжнародної природоохоронної організації FAO лісистість планети скоротилася до 0,48 га на людину в 2015 р порівняно з 1,17 га у 1960 р. Глобальне вирубування лісів і його вплив на навколишнє середовище, нестача ресурсів змушує виробників деревообробного виробництва шукати альтернативні джерела сировини [17-48]. Якщо шукати ресурси у вигляді деревини, то вони під ногами, тобто це вживана деревина, або спожиті вироби, які ми бачимо щодня біля наших смітників.

¹ Гайда Сергій Володимирович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор кафедри технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-067-791-25-22. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-5661> ResearcherID: ABB-1636-2021 Scopus/authorID=57221587964

² Лесів Лев Едуардович – аспірант кафедри технологій меблів і виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-097-127-42-26. Email: levlesiv123@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3959-5447>

Крім того, на період до 2025 р. країни ЄС мають плани щодо збільшення частки відновлюваних джерел енергії від рівня 6 % у 1997 до 16,4 % від загального споживання первинних енергоресурсів [19, 20, 41]. У 2015 р. у Парижі делегації світових країн підписали Протокол про спільні зусилля щодо зниження рівня емісії парникових газів в атмосферу. Тоді актуальним стає питання використання вживаної деревини [4-21]. Тобто, промислове застосування вживаної деревини окремих хвойних порід є не тільки значним збільшенням сировинної бази для деревообробної галузі, але забезпечить чистоту довкілля [13, 16, 19-22, 43, 45, 48].

Таким чином, дослідження присвячені вирішенню важливого і актуального для промисловості та екології завдання – поповнення сировинної бази для галузей деревообробки, завдяки залученню деревних відходів, а саме вживаної деревини окремих хвойних порід, на основі високих фізико-механічних властивостей.

Мета роботи – дослідження фізико механічних властивостей вживаної деревини окремих хвойних порід та порівняльний аналіз характеристик із первинною деревиною. **Об’єкт дослідження** – вживана деревина окремих хвойних порід. **Предмет дослідження** – основні фізико-механічні властивості вживаної деревини окремих хвойних порід, а саме сосни, ялиці, модрина, ялини та аналіз характеристик.

Матеріали. Вживана деревина є всюди від заміни старих вікон до розбирання каркасів будинків, де асортимент ВЖД габаритний та дуже широкий [6-30].

Головний критерій класифікації ВЖД – це ступінь її забруднення [9, 13, 14, 17, 18, 20, 22, 30]. Якщо простіше це: перша категорія – найбільш чиста та природна; друга категорія – деревина без плівок; третя категорія – з ПВХ плівками; четверта категорія – з атипіренами та антисептиками. ВЖД утворюється на деревообробних виробництвах, у секторі будівництва під час ліквідації і будівництві будівель, у торгівлі (тара, піддони, кабельні барабани ін.), в муніципальному господарстві (вироби з рекреаційних зон і ін.), у сім’ях (старі меблі, столярні вироби і ін.) тощо [7, 17]. Потенційні обсяги ВЖД прораховуються українськими вченими з деревообробної галузі, зокрема С.В. Гайдою, який розраховує та веде статистику потенційного обсягу вживаної деревини вже більше 10 років (рис. 1). В середньому потенційна кількість вживаної деревини в Україні становить 2 млн тон. [3, 6, 11, 13, 15, 30].

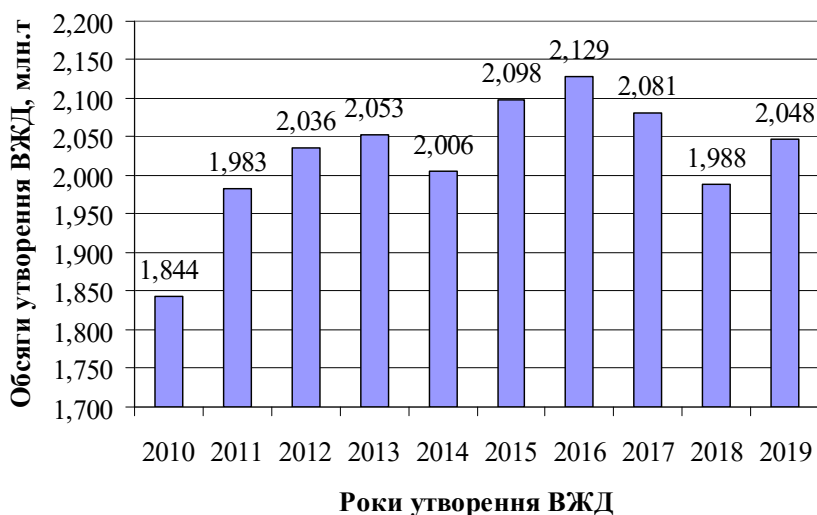


Рис. 1. Потенційні обсяги утворення ВЖД в Україні

Завдання, методика та методи дослідження. Для детального аналізу фізико-механічних властивостей вживаної деревини окремих хвойних порід різних порід необхідно вирішити наступні завдання: Розробити методику експериментальних дослідження для аналізу фізико-механічних властивостей деревини різних хвойних порід та вікових категорій, тобто ВЖД. Детально вивчити існуючі методи випробування деревини. Провести експериментальні дослідження для аналізу фізико-механічних властивостей різних порід. Провести статистичну обробку експериментальних даних. Виконати порівняльний аналіз фізико-механічних властивостей різних порід між вживаною та первинною деревиною.

Методика дослідження включала наступні види робіт: Заготовити ВЖД різних хвойних порід. Порізати на заготовки відповідного поперечного перерізу та виготовити зразки. Здійснити випробування взірців на сертифікованій випробувальній установці та необхідних пристроях. Одержані експериментальні дані статистично обробити. Виконати порівняння своїх даних з номативними.

Було задіяно ВЖД першої та другої категорії: старі вікна, балки та крокви альтанки та літнього майданчика, а також паркетні планки після розбору підлоги. Розміри зразків для всіх випробувань мм: $30 \times 20 \times 20$; $150 \times 20 \times 20$; $50 \times 50 \times 50$; $300 \times 20 \times 20$; $50 \times 30 \times 20$; $60 \times 30 \times 30$ (рис. 2).

У роботі застосовано ряд методів, зокрема: експеримент, вимірювання та порівняння. Взірці традиційної і вживаної деревини (ВЖД) окремих хвойних порід виготовляли методом різання. Дослідні зразки вживаної деревини окремих хвойних порід, а саме сосни, ялиці, модрина, ялини випробовували на дослідних установках. Для зменшення системних похибок застосовано метод рандомерізації. Під час визначення характеристик свіжозрубаної та вживаної деревини окремих хвойних порід, а саме сосни, ялиці, модрина, ялини застосовано: фізичні методи дослідження – при визначенні розмірів взірців, вологості, щільності; механічні методи – при визначенні міцності при статичному згині, твердості та стиску. Обробку експериментальних даних проведено методом статистичного аналізу.



Рис. 2. Види взірців різного призначення

До фізико-механічних показників деревини, які будуть розраховуватись та аналізуватись належать: щільність та вологість, твердість ударна та статична, міцність при статичному згині, міцність на стиск, міцність на сколювання,

Порівняння даних характеристик може бути реалізоване за комплексно, за існуючими методами визначення фізичних або механічних величин. В зв'язку з цим виявлення переваг ВЖД над первинною деревиною з використанням їх оцінки є достатньо актуальною задачею порівняльних характеристик деревини, в рамках однієї породи, яле різного віком використання ВЖД.

Методи досліджень ВЖД та ПД окремих хвойних порід, тобто ялинки, сосни, модрина та ялиці для випробування зразків деревинних матеріалів

прийнято згідно діючих на території України нормативних документів, тобто стандартів: Щільність ГОСТ 16483.1-84. Твердість ГОСТ 16483.17-81. Межу міцності при статичному згині ГОСТ 16483.3-84. Міцність на стиск ГОСТ 16483.10-73. Міцність сколювання ГОСТ 21554.6-78.

Результати та обговорення. Фіксування щільності взірців за породою у порівняння вживана деревина окремих хвойних порід (ВЖД) та первинна деревина (ПД) показало не суттєві відмінності не більше 5 %.

Фіксування ударної твердості взірців за породою у порівняння вживана деревина окремих хвойних порід (ВЖД) та первинна деревина (ПД) показало не суттєві відмінності не більше 2 %. (рис. 3).

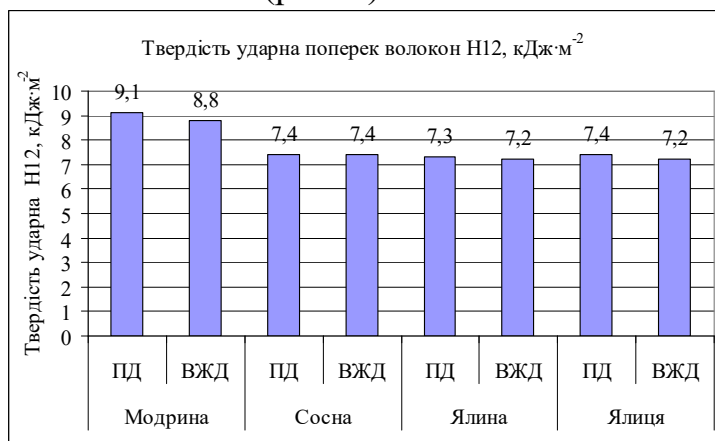


Рис. 3. Показники ударної твердості за породами та ВЖД та ПД

Фіксування статичної твердості взірців за породою у порівняння вживана деревина окремих хвойних порід (ВЖД) та первинна деревина (ПД) показало не суттєві відмінності не більше 1-2 %. (рис. 4, табл. 1).

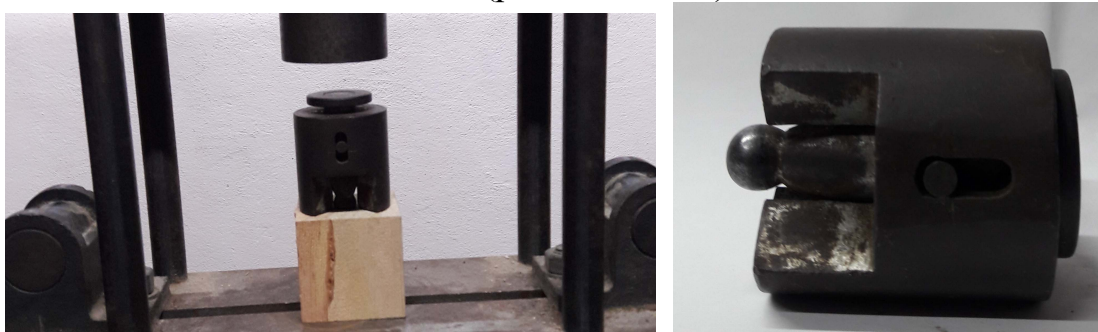


Рис. 4. експеримент на статичну твердість

Показники міцності на статичний згин мали відхилення 5-10 % залежно від породи (рис. 5, табл. 1)

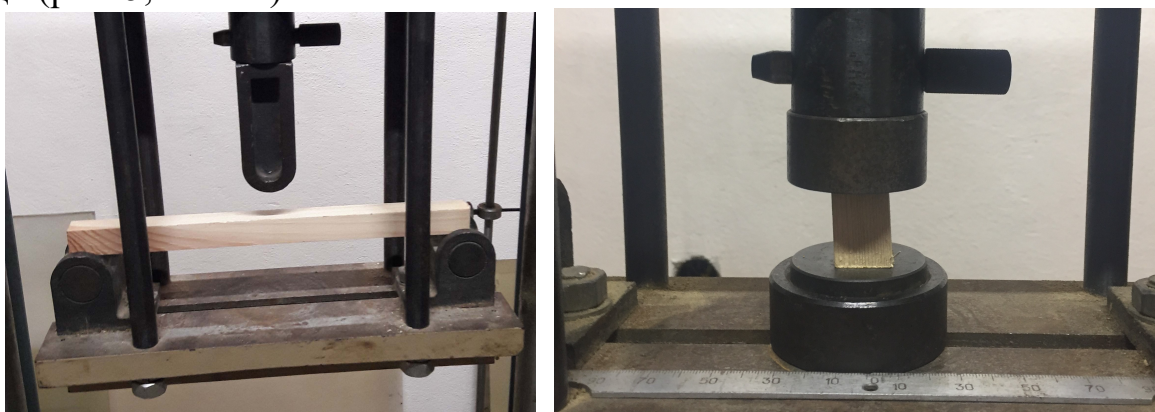


Рис. 5. Випробування на міцність на статичний згин та на стиск

Відхилення показників міцності при сколюванні склали 8 % рис. 6, табл. 1.



Рис. 6. Випробування на міцність при сколюванні

Випробування на стиск показали відхилення також незначні (табл. 1)

Порівняння результатів досліджень фізико-механічних властивостей вживаної та первинної окремих хвойних порід у табл. 1.

Таблиця 1. Фізико-механічні властивості ВЖД і первинної деревини

Показники	Порода деревини (вологість, 12%)							
	Модрина		Сосна		Ялина		Ялиця	
	ПД	ПД	ПД	ВЖД	ПД	ВЖД	ПД	ВЖД
Щільність ρ_{12} , кг/м ³	595	578	518	512	419	407	463	444
Твердість ударна H_{12} , кДж·м ⁻²	9,1	8,8	7,4	7,4	7,3	7,2	7,4	7,2
Твердість статична H_{12} , Н·мм ²	42,8	41,1	28,6	27,3	26,1	25,6	27,5	27,8
Міцність при статичному згині σ_{12} , Н·мм ⁻²	100	94	93	86	83	75	76	71
Міцність при сколюванні τ_{12} , Н·мм ⁻²	9,2	8,9	8,2	7,5	6,7	6,8	7,5	7
Міцність при стиску σ_{12} , Н·мм ⁻²	57	56	55	53	49	48	46	43

Висновки

1. Вживана деревина окремих хвойних порід за своїми фізико-механічними показниками відповідає вимогам стандартів. За результатами досліджень було випробувано деревину чотирьох окремих хвойних порід: модрина, сосни, ялини, та ялиці.

2. Складено табличні дані вживаної деревини окремих хвойних порід: модрина, сосни, ялини та ялиці. Було досліджено наступні фізико-механічні показники вживаної деревини окремих хвойних порід: щільність, твердість ударна поперек волокон, твердість статична, міцність при статичному згині, міцність при сколюванні вздовж волокон, міцність при стиску.

3. Побудовані номограми за результатами досліджень дали можливість ефективно провести порівняльний аналіз показників для всіх порід. Проведено статистичну обробку за експериментальними даними. Кількість випробувань в кожному дослідженні становила 50.

4. Встановлено, що вживана деревина окремих хвойних порід є придатним ресурсом для матеріально використання у деревообробному виробництві. З'ясовано, що дослідження та рекомендації будуть корисними для виробництва та навчального процесу під час підготовки фахівців технологів. Обґрунтовано, що переробка вживаної деревини має важливе економічне, екологічне та соціальне значення. Крім того, у вживаній деревині зберігається вуглекислий газ, бо після спалювання він вийде у повітря, а це важливо з погляду на екологію довкілля.

Література

1. **COST Action E 31.** (2004). National summary reports on the European market of recovered wood. 335 p.
2. **Gayda S.V.** (2007). Проблема деревної сировини у Європі та Україні / *Problema derevnoyi syrovyny u Yevropi ta Ukraini* [A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 33:55-63 (in Ukrainian).

3. **Gayda S.V.** (2000). *Materialy dlya vyhotovlennya vyrobiv z derevyny* [Materials for the Production of wood Products]. Lviv: BMC. – 160 p.
4. **Gayda S.V.** (2007). Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Навч. посібн. – Львів: BMC. – 160 с. (in Ukrainian).
5. **Gayda S.V.** (2008). *Khimichnyy sklad ta stupin zabrudnennya – osnova systematyzatsiyi vzhivanoyi derevyny* [Chemical compound and degree of its contamination as the basis to systematization of post-consumer wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 34:68-79 (in Ukrainian).
6. **Gayda S.V.** (2009). Potential of post-consumer recovered wood and possible ways of it using in Ukraine. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 35:63-83.
7. **Gayda S.V.** (2009). *Vtorychno yspolzuemaya drevesyna – realnyy ystochnyk zameshchenyya ymportnoy drevesyny* [Post-consumer wood is the real source of substituting for the imported wood]. *Newest achievements in a region import of substitution in chemical industry and Production of build materials: proceedings of the International Scientific Technical Conference, Belarusian State Technological University: 186-193* (in Russian)
8. **Gayda S.V.** (2011). *Ekoloho-ekonomichni aspekty vykorystannya vzhivanoyi derevyny* [Ecological and economic aspects of the wood reuse]. *Environmental, Economic and Social Impact of Inefficient and Unsustainable Forest Practices and Illegal Logging in Ukraine: proceedings of the International Scientific and Practical Conference, ENPI-FLEG: 212-218* (in Ukrainian).
9. **Gayda S.V.** (2011). *Osobennosti y perspektivy pryimenenyya vtorychno yspolzuemoy drevesyny* [Features and prospects of application post-consumer wood in Ukraine]. *Young scientists in solving actual problems of science: proceedings of the International Scientific Conference, Siberian State Technological University 1:211-215* (in Russian).
10. **Gayda S.V.** (2011). Recycled of post-consumer wood is for the production of particleboard in Ukraine / *Proceedings of the XXI International symposium Adhesives in Woodworking Industry (Slovakia, Zvolen June 29 – July 01. 2011). TU Zvolen. – P. 108-121.*
11. **Gayda S.V.** (2013). Techniques for utilization of post-consumer wood in the Production of fuel pellets and briquettes. *Adhesives in Woodworking Industry: proceedings of the XXIth International Symposium, Technical university of Zvolen:163-177.*
12. **Gayda S.V.** (2013). *Tekhnolohichni rishennya z pereroblennya vzhivanoyi derevyny* [The technological solutions from recycling of post-consumer wood]. *Formation of a new worldview as the basis of a sustainable development strategy: proceedings of the IthInternational Scientific and Practical Conference, Ukrainian National Forestry University: 5-11* (in Ukrainian).
13. **Gayda S.V.** (2013). Основи формування класифікатора вторинних деревинних ресурсів / *Osnovy formuvannya klasyfikatora vtorynnykh derevynnykh resursiv* [Bases of secondary wood resources classifier formation]. *Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine* 11:208-215 (in Ukrainian).
14. **Gayda S.V.** (2013). Techniques for utilization of post-consumer wood in the production of fuel pellets and briquettes. *Proceedings of the XXI International symposium Adhesives in Woodworking Industry (Slovakia, Zvolen June 23-26. 2013). TU Zvolen, 119-130.*
15. **Gayda S.V.** (2013). Розроблення технології виробництва паливних гранул на основі енергетичного потенціалу вживаної деревини [Development of technology for the production of fuel pellets based on the energy potential of used wood]. *Scientific Bulletin of UNFU* 23.14:83-93. (in Ukrainian).
16. **Gayda S.V.** (2013). Технології та рекомендації до використання вживаної деревини в деревообробленні / *Tekhnologii ta rekomendatsii do vikorystannya vzhivanoї derevini v derevoobroblenni* [Technologies and recommendations on the utilization of post-consumer wood in woodworking industry]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 39(1):48-67 (in Ukrainian).
17. **Gayda S.V.** (2013). Технології та рекомендації до використання вживаної деревини в деревообробленні / *Resursooshchadni tekhnologii pereroblennya vzhivanoї derevini* [Resource-saving technologies of recycling of post-consumer wood]. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine: Technology and Energy of agroindustrial complex* 185(2):271-280, (in Ukrainian).
18. **Gayda S.V.** (2014). Технології перероблення вживаної деревини для виробництва якісних деревинностружкових плит / *Techniques for recycled of post-consumer wood in the production of quality particleboard. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 40:41-51. doi: <https://doi.org/10.36930/42144010>
19. **Gayda S.V.** (2015). *Issledovanye fizyko-mekhanicheskyykh svoystv vtorychno yspolzuemoy drevesyny* [Investigation of physical and mechanical properties of post-consumer wood (PCW)]. *Actual problems of forest complex* 43:175-179 (in Russian).
20. **Gayda S.V.** (2016). A investigation of form of stability of variously designed blockboards made of post-consumer wood. *ProLigno* 12(1):22-31.
21. **Gayda S.V.** (2016). *Ekoloho-tekhnolohicheskye aspekty pererabotky vtorychno yspolzuemoy drevesyny dlya proyzvodstva pressovannykh materyalov* [Ecological and technological aspects of recycling post-consumer

wood for Production compacted materials]. *Lesnoy vestnik / Forestry bulletin of MSFU* 20(3).15-22 (in Russian).

22. **Gayda S.V.** (2016). *Formoustoychivost' stolyarnykh plit iz vtorichno ispol'zuemoy drevesin* [A form of stability of blockboards made of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 46:148-153, (in Russian).

23. **Gayda S.V.** (2017). *Tekhnologiya i svoystva mebel'nogo shchita iz vtorichno ispol'zuemoy drevesiny* [A technology and properties of furniture board made of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 48:34-38, (in Russian).

24. **Gayda S.V.** (2017). Використання нечітких експертних систем для підтримки прийняття рішень в процесі сортування вживаної деревини / *Vykorystannya nechitkykh ekspertnykh system dlya pidtrymky pryynyattya rishen' v protsesi sortuvannya vzhyyvanoyi derevyny* [Using fuzzy expert systems for decision support in the process of post-consumer wood sorting]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 43:5-20 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42174301>

25. **Gayda S.V.** (2017). Комплексні дослідження зміни пружних властивостей вживаної деревини ялиці з віком / *Kompleksni doslidzhennya zminy pruzhnykh vlastyvostey vzhyyvanoyi derevyny yalytsi z vikom* [The complex studies on the change of elastic properties of post-consumer fir wood with age]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 43:58-72 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42174308>

26. **Gayda S.V.** (2018). A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 44, 15-25. (in Ukrainian).

27. **Gayda S.V.** (2018). Strength of combined blockboard made of post-consumer wood (PCW). *Bulletin of KhNTUA* 197:3-9, (in Ukrainian).

28. **Gayda S.V.** (2018). Дослідження та аналіз характеристик щитових конструкцій із вживаної деревини / *Doslidzhennya ta analiz kharakterystyk shchytovykh konstruktсий iz vzhyyvanoyi derevyny* [A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 44:14-24 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42184402>

29. **Gayda S.V.** (2018). Технологія МДФ-фасадів / *Tekhnolohiyi MDF-Fasadiv* [MDF Facade Technologies]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 44:70-83 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42184410>

30. **Gayda S.V.** (2019). *Naukovo-tekhnichni osnovy vykorystannya vzhyyvanoyi derevyny v derevoobrobtsi* [Scientific and technical basis of post-consumer wood use in woodworking]: dissertation of the Doctor of Technical Sciences, specialty 05.23.06 – woodworking technology, furniture making and wood products manufacturing. – Lviv: Ukrainian National Forestry University. – 465 p.

31. **Gayda S.V.** [2007]: Проблема деревної сировини у Європі та Україні / *Problema derevnoyi syrovyny u Yevropi ta Ukrayini* [A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 33:55-63 [in Ukrainian].

32. **Gayda S.V., Bilyy Ya.M.** (2016). The investigation of the shape stability of glued panels made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 42, 69-79. <https://doi.org/10.36930/42164211> (in Ukrainian).

33. **Gayda S.V., Dyak T.P.** (2011). The analysis of economic efficiency of post-consumer wood use for particleboard manufacture for LLC Swisspan Limited // *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 37.2:129-136. doi: <https://doi.org/10.36930/421137221>

34. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2013). Технология очистки вторично используемой древесины иглофрезерными станками [The technology of cleaning recycled wood with needle milling machines] // *Actual problems and prospects of the development of LPK: materials II NTK.*, September 9-11, 2013 – Kostroma. – P. 36-39. (in Russian).

35. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2018). Shape stability as a quality criterion for PCW-made blockboards. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 185-192. <https://doi.org/10.15421/411834> (in Ukrainian)

36. **Gayda S.V., Maksimiv V.M., Kiyko O.A., Ferenc O.B.** (2013). Залишки деревини та деревина після споживання. Класифікація. Терміни та визначення [Wood residues and post-consumer wood. Classification. Terms and definitions] / Agreement No. 08.24-11-1: draft international standard ISO. – Lviv: NLTU of Ukraine – 53 p. (in Ukrainian).

37. **Gayda S.V., Maksymiv V.M.** (2007). *Analiz, osoblyvosti, problemy ta dosvid vykorystannya dodatkovykh resursiv syrovyny – vidkhodiv ta vzhyyvanoyi derevyny* [Analysis, features, problems and experience of the use of additional resources of raw material – wastes and of used wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 33:63-73 (in Ukrainian).

38. **Gayda S.V.** (2013). The technological solutions for recycling of post-consumer wood. *Proceedings of I International Interdisciplinary Scientific Conference Formation of stable outlook as the basis of sustainable development (Ukraine, Lviv, 14-16 March 2013) UNFU: Lviv*, 5-11.

39. Gayda S.V., Maksymiv V.M., Tunytsya T.Yu. (2008). *Rozroblennyya klasyfikatora vzhyyvanoyi syrovyny* [Elaboration of post-consumer wood classifier]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 34:55-68 (in Ukrainian).
40. Gayda S.V., Maksymiv V.M., Tunytsya T.Yu. (2010). Analysis of management approaches for post-consumer recovered wood in Ukraine. In *Trends in Furnishings and Housing: proceedings of the International Scientific Conference, Mendel University in Brno*:161-177.
41. Gayda S.V., Semonchuk I.S. (2019). *Doslidzhennyya fizyko-mekhanichnykh vlastyvostey vzhyyvanoyi derevyyny* [Investigation of the physical-mechanical properties of used wood]: proceedings of the LXXIth Scientific and Technical Conference, Ukrainian National Forestry University: 235-237 (in Ukrainian).
42. Geletukha G., Zhelyezna T., Matveev Yu., Zhovmir M. (2003). Bioenergy development in Ukraine: state of the art and perspectives // *Proceedings of the 8th Polish-Danish workshop on biomass for energy. Starbienino, 12-15 June 2003. / Gdansk University of technology. – Gdansk. – P. 9-18.*
43. Holzmann M. (2005). Management von Altholz in Österreich – Mengen, Qualitäten, Aufbereitung, Verwertung; Diplomarbeit an der Fachhochschule Burgenland, Pinkafeld, September.
44. Mantau, U., Steierer F., Hetsch S., Prins Ch. (2008). Wood resources availability and demands – Part I National and regional wood resource balances 2005; Background paper to the UN-ECE/FAO Workshop on Wood balances. – Geneva.
45. Marutzky R. (1997). Qualitätsanforderungen und Entsorgungswege für Rest- und Gebrauchtholz. In: *Alt- und Restholz – Energetische und stoffliche Verwertung, Beseitigung, Verfahrenstechnik, Logistik, VDI-Verlag, Düsseldorf. – S. 114-118.*
46. Peek, R.-D. (2006). German experience on wood residues / Federal Research Center for Forestry and Forest Products (BFH) Leuschnerstr. 91, D-21031 Hamburg, Germany. – 12 p.
47. Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz V (Altholzverordnung). (2006). Art. 2 a der Verordnung vom 20. BGBl. I Nr. 48. – S. 2298, 2331.
48. Werner F., Althaus H.-J., Richter K. and Scholz R.W. (2007). Post-Consumer Waste Wood in Attributive Product LCA / Context specific evaluation of allocation procedures in a functionalistic conception of LCA/Int J LCA 12(3). – P. 160-172.

UDC 674-419.22:674.055

Assoc. prof. S.V. Gayda, L.E. Lesiv – UNFU

A determination and comparison of properties of post-consumer wood of the basic conifers

The physical-mechanical properties of post-consumer wood (PCW) coniferous wood, namely pine, fir, larch, spruce, were investigated. Tabular data of post-consumer wood of individual coniferous species are compiled: larch, pine, spruce and fir. The following physico-mechanical indices of used coniferous wood are investigated: density, impact hardness of fibers, static hardness, static flexural strength, chipping strength along fibers, compressive strength. Nomograms based on the research results have been constructed, which made it possible to efficiently carry out a comparative analysis of indicators for all breeds – physical-mechanical parameters of primary wood and post-consumer wood of some coniferous species. It is established that the characteristics of freshly chopped and used timber of separate coniferous species, namely pine, fir, larch, spruce, differ within acceptable limits and not more than 10-15%. Post-consumer wood coniferous timber meets the standards in terms of their physico-mechanical characteristics. On the basis of the obtained experimental researches the possibility of using used wood of separate coniferous breeds of post-consumer wood coniferous, namely pine, fir, larch, spruce for the production of wood products with satisfactory physical and mechanical properties was established. The economic feasibility of using some coniferous wood is analyzed. It is substantiated that the processing of used wood is of great environmental and social importance – the benefits of material processing of this resource. In addition, the used wood stores carbon dioxide, because after burning it will be released into the air, which is important in terms of environmental ecology. It is established that post-consumer wood of individual coniferous species is a suitable resource for material use in woodworking. It has been found that the research and recommendations will be useful for the production of products and the training process in the training of technologists.

Keywords: wood science & technology, wood processing, post-consumer wood, physical and mechanical properties, strength, coniferous species, pine, fir, larch, spruce.