

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ПОКАЗНИКІВ ОСНОВНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ В КОНТЕКСТІ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

Проаналізовано стан та проблеми деревообробної галузі лісопромислового комплексу України з позиції циркулярної економіки, так як ця модель економіки акцентує реалізацію своїх принципів на зменшенні залишків та відходів, повторному комплексному використанні деревинних ресурсів в цілому. Проаналізовано показники плитної продукції за шестирічний період (2018-2023 рр.) із середніми показниками виробництва для таких матеріалів: деревинностружкові плити (2698,6 тис. м³), орієнтовано-стружкові плити з деревини (152,7 тис. м³), деревинноволокнисті плити MDF середньої щільності (240 тис. м³), фанера (191,83 тис. м³) та шпон (235,33 тис. м³). Детально проаналізовано динаміку виробництва деревинностружкових плит в Україні за період з 2018 по 2023 рр. з індексами зростання та спадання : 2018/2019 – 88,90 %; 2019/2020 – 97,01 %; 2020/2021 – 133,80 %; 2021/2022 – 108,79 %; 2022/2023 – 94,86 %. Розглянуто тенденцію показників імпорту конструкційних матеріалів (ДСП, фанери, MDF) до України від шести країн-партнерів за період з 2021 по 2023 рр., що засвідчує скорочення імпорту у 2,15 рази – з 312 до 145 млн \$ США, зокрема, частка імпорту конструкційних матеріалів у 2023 р. становила для Польщі (41,28%), Туреччини (20,73%), Румунії (16,27%), Німеччини (13,24%), Латвії (3,98%), Італії (2,35%), Китаю (2,16%). Проаналізовано загальну динаміку розвитку деревинної плитної продукції країн ЄС з 2021 по 2023 рр. для всіх типів плит (від ДСП до фанери, через MDF, OSB, тверді і м'які плити). При випуску продукції на рівні 56,5 млн м³ у 2023 р. визначено відсоток зменшення протягом трьох років на рівні 12,9%. Розглянуто перспективи виробництва деревинних конструкційних плитних матеріалів в Україні в контексті циркулярної економіки, що полягають, в першу чергу, у використанні відходів деревини, як основної ідеї циркулярної економіки щодо перетворення відходів та залишків на ресурс для створення деревинних плитних матеріалів, таких як ДСП, MDF та OSB, що безперечно економить природні ресурси. Розроблено шляхи забезпечення сировиною деревообробну галузь в контексті циркулярної економіки, зокрема для виробництва щитових конструкційних матеріалів.

Ключові слова: матеріали, вироби з деревини, деревинностружкові плити, деревинноволокнисті плити, MDF-плити, орієнтовано-стружкові плити, фанера, шпон, динаміка показників, циркулярна економіка, Industry 5.0.

Вступ. Циркулярна економіка є надзвичайно актуальною в контексті забезпечення деревообробної галузі деревинною сировиною в Україні, що проявляється у зменшенні витрат деревини через більш ефективне використання ресурсів; переробленні та повторному використанні деревини через впровадження заходів із заготівлі вживаної деревини; зниження витрат виробництва та підвищення конкурентоспроможності через нижчу собівартість вторинної деревинної сировини. Це не лише забезпечить сталий розвиток галузі, але й сприятиме збереженню природних ресурсів та підвищенню екологічної свідомості населення.

Актуальність функціонування деревообробної галузі в рамках циркулярної економіки оцінюється оптимізацією використання ресурсів; зниженням виробничих витрат для підприємств; стимулюванням розвитку нових технологій та процесів, які дозволяють більш ефективно використовувати ресурси. Крім того, функціонування деревообробної галузі в рамках циркулярної економіки є ключовим

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.: 032-258-31-75, +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

фактором для забезпечення сталого розвитку України. Це вимагає активної участі всіх зацікавлених сторін, включаючи уряд, бізнес та наукові установи, для впровадження відповідних політик, інновацій та практик.

Мета дослідження – оцінити стан, обґрунтувати проблеми та розробити шляхи розвитку деревообробної галузі в контексті циркулярної економіки, аналізуючи динаміку показників виробництва основних щитових конструкційних матеріалів для меблевого виробництва.

Аналіз наукових праць присвячених залучення додаткових деревинних ресурсів для виробництва конструкційних плитних матеріалів в контексті циркулярної економіки. Деревообробна галузь має великий потенціал для реалізації принципів циркулярної економіки завдяки своїм особливостям та можливостям для повторного використання матеріалів. Тому, тематиці вирішенні проблем сировини присвячено багато наукових праць, зокрема:

- Дослідження присвячені аналізу додаткових деревинних ресурсів [11, 21, 24, 25, 37, 45], вживаної деревини [13, 23, 28, 36, 41, 44, 46] за кількісними та якісними характеристиками [15-18].
- Дослідження присвячені ВЖД, як перспективному ресурсу для використання у виробництві конструкційних матеріалів [9, 10, 11, 17, 22, 23, 29, 33, 35].
- Дослідження присвячені переробленню деревинних залишків [28] та відходів в подрібненому вигляді на вироби: деревостружкові плити (ДСП) [5, 7, 20, 43], деревоволокнисті плити (MDF) [5, 15, 16, 43] або OSB [5, 43].
- Дослідження присвячені переробленню вживаної деревини на конструкційні матеріали: столярні плити (СП) [8, 17, 21, 22, 29, 35], меблеві щити (МЩ) [11, 14, 28, 30, 39] або зрошені та гнуті заготовки [30, 31, 32, 33, 34].
- Дослідження присвячені розробленню прогресивних технологій з перероблення будь-яких додаткових ресурсів на вироби з деревини [6, 13, 21, 28, 47].
- Дослідження присвячені реалізації принципів циркулярної економіки в деревообробній галузі з метою сприяння економічного зростання, збереженню природних ресурсів, покращення екологічної ситуації та підвищення якості життя [1, 2, 3, 4, 17, 18, 38, 40, 42, 47].

Аналіз проблем деревообробної галузі з виробництва конструкційних плитних матеріалів в контексті циркулярної економіки вказує на кілька ключових аспектів, які пов'язані з високим рівнем відходів, проблемами з якістю вторинної сировини, широким асортиментом вживаної деревини, обмеженими можливостями перероблення, низькою екологічною свідомістю, високими витратами на впровадження нових технологій, відсутністю або недостатністю законодавчої бази, недостатньою кількістю технологічних рішень. Реалізація цих заходів може значно покращити ситуацію у деревообробній галузі, сприяти збереженню природних ресурсів, підвищенню екологічної стійкості України та поповненню сировинної бази для виробництва конструкційних плитних матеріалів, зокрема. Циркулярна економіка спрямована на мінімізацію відходів і максимальне використання ресурсів протягом всього життєвого циклу продукту. Це забезпечить не тільки збереження природних ресурсів, але й економічну вигоду за рахунок зниження витрат на сировину та утилізацію залишків та відходів.

Для подолання цих проблем деревообробній галузі необхідно впроваджувати інноваційні технології, покращувати управління ресурсами, підвищувати квалі-

ліфікацію кадрів та працювати над стійким розвитком. Важливим є також тісна співпраця з державними органами, громадськими організаціями та науковими інституціями для створення сприятливих умов для розвитку галузі. Впровадження актуальних пропозицій сприятиме стійкому розвитку деревообробної галузі, підвищенню її конкурентоспроможності та зниженню негативного впливу на довкілля. Важливо, щоб ці заходи були реалізовані в комплексі, за активної участі державних органів, бізнесу та громадськості.

Аналіз динаміки показників виробництва основних плитних конструкційних матеріалів. У рамках циркулярної економіки, динаміка показників основних плитних конструкційних матеріалів важлива з огляду на забезпечення стійкості, ефективного використання ресурсів та мінімізацію відходів. Проаналізуємо динаміку обсягів випуску основної продукції деревообробної галузі, зокрема для таких матеріалів: ДСП – деревинностружкові плити (Particleboard, of wood); MDF – деревинноволокнисті плити середньої щільності (Medium density fibreboard); OSB – орієнтовано-стружкові плити з деревини (Oriented strand board (OSB), of wood); фанера та фанерні плити; шпон, завтовшки до 6 мм.

ДСП як щитовий конструкційний матеріал, в першу чергу, призначений для створення сховищ під час виробництва корпусних меблевих виробів. Споживання вітчизняної плити в меблевому секторі України за різними оцінками складає 60-65%, а інші 35-40% припадають на імпорт. За прогнозами експертів, споживання вітчизняної плити зростатиме. Тенденція показників виробництва деревинностружкових плит в Україні, тис.м³ за період з 2018 по 2023 рр. наведено на рис. 1. Динаміка падіння та зростання обсягів виробництва ДСП в Україні між суміжними роками наступна : 2018/2019 – 88,90 %; 2019/2020 – 97,01 %; 2020/2021 – 133,80 %; 2021/2022 – 108,79 %; 2022/2023 – 94,86 %.



Рис. 1. Тенденція показників виробництва деревинностружкових плит в Україні, тис.м³ за період з 2018 по 2023 рр.

Для порівняння обсяги виробництва ДСП у Європі, млн.м³ наведено на рис. 2. У 2023 році у країнах ЄС було вироблено 30,9 млн. м³ ДСП плит.

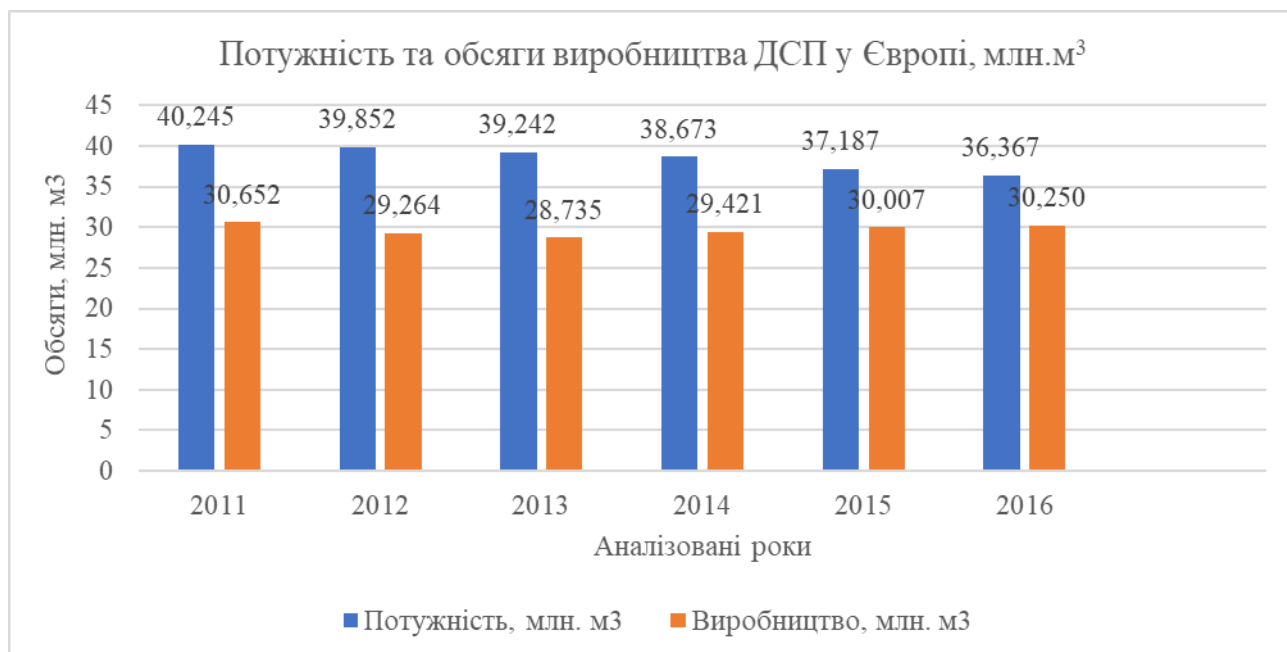


Рис. 2. Тенденція показників потужності та обсягів виробництва деревинно-стружкових плит у Європі, млн.м³ за період з 2011 по 2016 рр.

Перспективним конструкційним матеріалом, що випускається в Україні є OSB плити.

Тенденція показників виробництва OSB плит в Україні, тис.м³ за період з 2018 по 2023 рр. наведено на рис. 3. ТОВ «SWISS KRONO» виготовляє в Україні плити типу OSB/3, що придатні для використання у вологих умовах, форматом 2500×1250 мм, згідно розробленої «Інструкції з експлуатації плити OSB/3. OSB 16.21.13-16.00 ІЕ:2020». Динаміка обсягів виробництва OSB плит в Україні між суміжними роками наступна : 2018/2019 – 93,75%; 2019/2020 – 106,67 %; 2020/2021 – 103,75%; 2021/2022 – 78,31 %; 2022/2023 – 115,38 %.



Рис. 3. Тенденція показників виробництва OSB плит в Україні, тис.м³ за період з 2018 по 2023 рр.

Виробництво OSB плит у світі розвивається швидкими темпами. Основні імпортери цих плит такі як США та Канада стрімко будують нові заводи. Країни ЄС також не відстають. Якщо у 1997 р. в Європі було виготовлено тільки 0,6 млн. м³ OSB плит, то у 2023 р. у країнах ЄС було вироблено 6,6 млн. м³ (рис. 4).

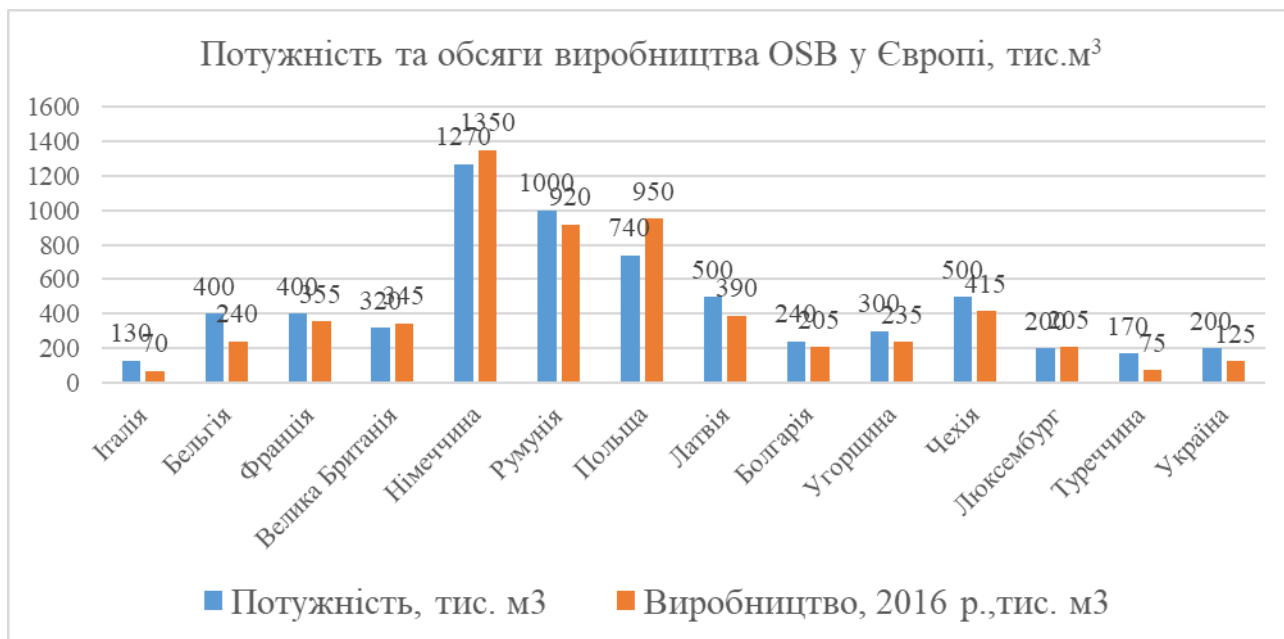


Рис. 4. Потужності та обсяги виробництва OSB плит у Європі, тис.м³

Іншим конструкційним матеріалом є деревинноволокнисті плити (ДВП). Перш за все, класифікацію ДВП здійснюють за щільністю: м'які (SDF, 100-400 кг/м³); плити середньої щільності (MDF, 400-800 кг/м³); тверді (HDF, 830-870 кг/м³); надтверді (950-1100 кг/м³). Дані плити мають однорідну дрібнодисперсну структуру та однакові фізико-механічні властивості у всіх напрямках, що зумовлює їх високі показники. Наприклад, для плит товщиною 18 мм при щільності 700...750 кг/м³, межа міцності при згині становить 40 МПа; межа міцності при розтягу перпендикулярно пласті – 0,8 МПа; модуль пружності – 3500 МПа.

Плити MDF – це конструкційний та один з найперспективніших матеріалів для меблевої промисловості. Останнім часом меблева промисловість України все більше починає використовувати прогресивні конструкційні плитні матеріали, зокрема деревинноволокнисту плиту середньої щільності межах (400-800 кг/м³) — MDF (Medium Density Fiberboard). Вважається, що споживання MDF у 2023 році в Україні склало близько 400-450 тис. м³, що, при населенні України у 2023 р. на рівні 33,2 млн осіб, становить 12-13,5 м³/1000 чоловік. Оскільки, в країнах ЄС споживання деревинноволокнистих плит становить майже 11 млн. м³, а при населенні 448,4 млн осіб в 2023 р., показник на 1000 чоловік сягав 24,5 м³. Тому, вбачається високий потенціал розвитку цього ринку в Україні, зокрема протягом наступних 5-8 років він може скласти не менше 1 млн. м³. І, звісно, Коростеньський завод MDF потужністю 300 тис. м³ в рік, що функціонує під торговою маркою REZULT, буде забезпечувати плитою зростаюче споживання.

Тенденція показників виробництва MDF-плит середньої щільності (400-800 кг/м³) в Україні, тис.м³ за період з 2018 по 2023 рр. наведено на рис. 5. Динаміка падіння та зростання обсягів виробництва MDF-плит в Україні між суміжними

роками наступна : 2018/2019 – 114,95 %; 2019/2020 – 112,56 %; 2020/2021 – 109,56 %; 2021/2022 – 84,73 %; 2022/2023 – 113,30 %.

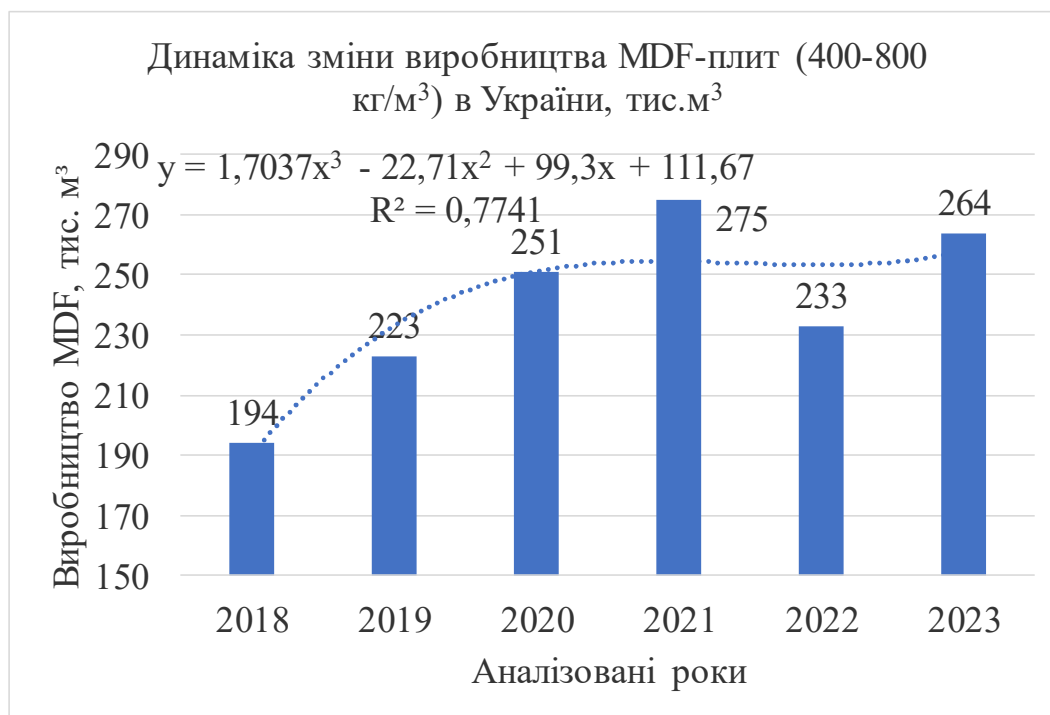


Рис. 5. Тенденція показників виробництва MDF-плит середньої щільності (400-800 кг/м³) в Україні, тис.м³ за період з 2018 по 2023 рр.

Масове виробництво ДВП мокрим способом почалося ще 100 років тому – у 1924 році. Індустріальним методом перша плита MDF була виготовлена в 1965 році в США. В Європі перші плити MDF з'явилися у 70-х роках. Сьогодні у країнах ЄС працюють понад 50 підприємств із виробництва плит MDF, що виготовляють більше 38-40 % від світового виробництва (рис. 6). У 2023 році у країнах ЄС було вироблено 11,1 млн. м³ MDF плит.

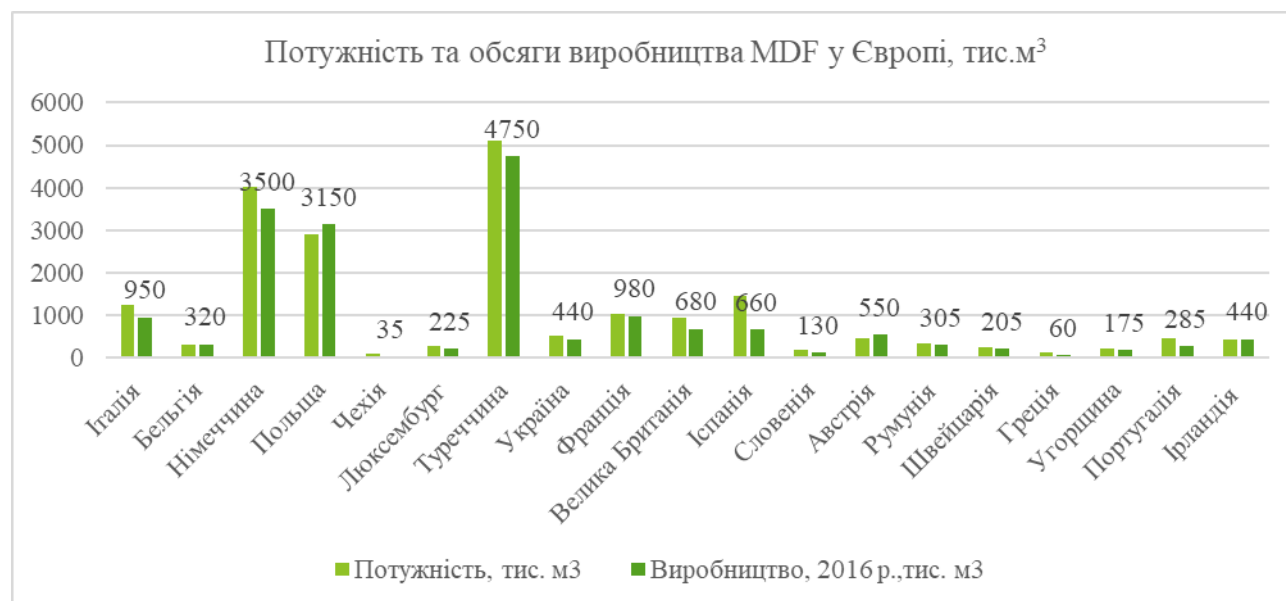


Рис. 6. Потужності та обсяги виробництва MDF плит у Європі, тис.м³ у 2016 р.

Необхідно зазначити, що у рамках циркулярної економіки, динаміка показників фанери, шпону та інших конструкційних матеріалів також базується на

принципах стійкості, ефективності ресурсів та мінімізації впливу на довкілля. Це включає інновації у виробництві, застосування екологічних стандартів та регуляцій, а також адаптацію до змінних умов ринку та уподобань споживачів.

Тенденція показників виробництва фанери в Україні, тис.м³ за період з 2018 по 2023 рр. наведено на рис. 6. Динаміка обсягів виробництва фанери між суміжними роками наступна: 2018/2019 – 93,16 %; 2019/2020 – 102,26 %; 2020/2021 – 106,63 %; 2021/2022 – 105,18 %; 2022/2023 – 101,97 %. Для порівняння у 2023 р. у країнах ЄС було вироблено 2,6 млн. м³ фанери.



Рис. 6. Тенденція показників виробництва фанери в Україні, тис.м³ за період з 2018 по 2023 рр.

Тенденція показників виробництва шпону в Україні, тис.м³ за період з 2018 по 2023 рр. наведено на рис. 7. Динаміка падіння та зростання обсягів виробництва шпону в Україні між суміжними роками наступна : 2018/2019 – 101,41 %; 2019/2020 – 95,83 %; 2020/2021 – 116,91 %; 2021/2022 – 108,68 %; 2022/2023 – 103,04 %.



Рис. 7. Тенденція показників виробництва шпону в Україні, тис.м³ за період з 2018 по 2023 рр.

Загальна динаміка розвитку деревинної плитної продукції країн ЄС була представлена у звіті EPF (European Wood-based Panels Federation) 19-21 червня 2024 року в Ризі на загальних зборах Європейської федерації деревинних плит, які проводив Latvijas Finieris. Організація EPF представила результати виробництва європейського сектору деревинних плит за 2023 рік для всіх типів плит (від ДСП до фанери, через MDF, OSB) і за всіма регіонами Європи. Тенденція показників виробництва деревинних плит європейського сектору, млн.м³ за період з 2021 по 2023 рр. наведено на табл. 1. Динаміка падіння загальних обсягів виробництва деревинних плит в країнах ЄС між суміжними роками наступна : 2023/2021 – на 12,9 %; 2022/2021 – на 7,1 %; 2023/2022 – на 6,3 %.

Таблиця 1. Динаміка виробництва деревинних плит в країнах ЄС, млн.м³

Продукція	Production	2023	2022	2021	23/22	22/21	23/21
ДСП	Particleboard	30,9	32,5	34,5	-5,0	-5,9	-10,5
MDF	MDF	11,1	12,5	13,8	-11,4	-9,3	-19,6
ОСБ	OSB	6,6	6,5	7,2	2,0	-10,2	-8,4
Тверді плити	Hardboard	0,4	0,5	0,5	-17,0	-4,5	-20,7
М'які плити	Softboard	4,8	5,2	5,6	-6,1	-8,6	-14,2
Фанера	Plywood	2,6	3,1	3,1	-15,2	-1,8	-16,7
Сума	Total	56,5	60,2	64,8	-6,3	-7,1	-12,9

Аналіз імпорту основних компонентів для меблевих виробів. Тенденція показників імпорту конструкційних матеріалів (ДСП, фанери, MDF) до України тис. \$ США від шести країн-партнерів за період з 2021 по 2023 рр. наведено на рис. 8. Загалом обсяг імпорту ДСП, MDF та фанери протягом 2022 та 2023 рр. скоротився вдвічі – з 312 до 145 млн \$ США. За даними Державної митної служби України, частка імпорту конструкційних матеріалів у 2023 р. за згаданими країнами була наступною: Польща (41,28%), Туреччина (20,73%), Румунія (16,27%), Німеччина (13,24%), Латвія (3,98%), Італія (2,35%), Китай (2,16%).

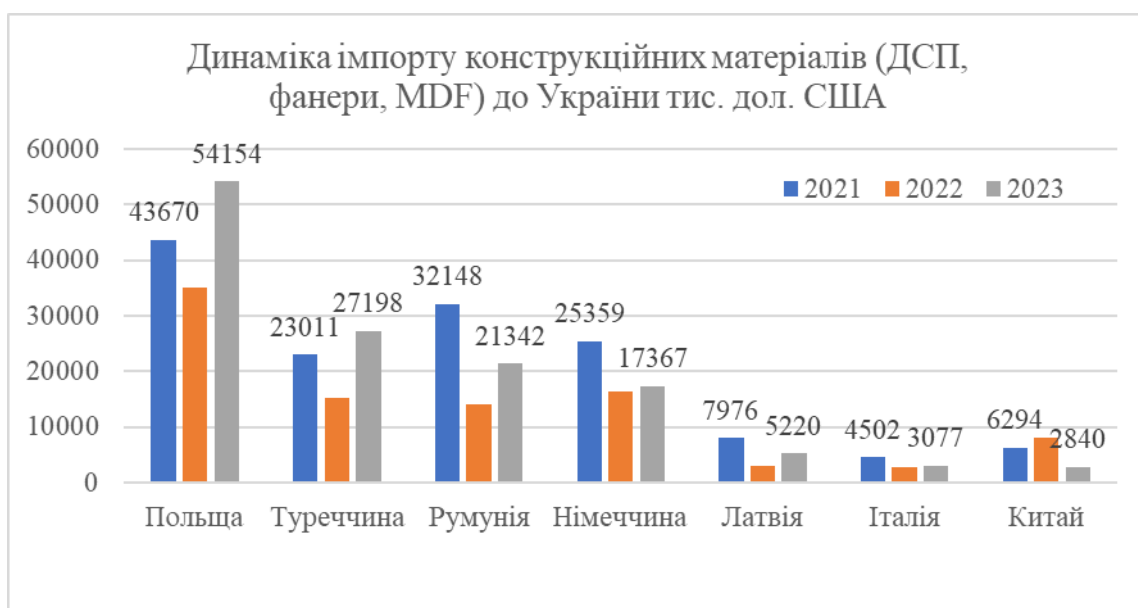


Рис. 8. Тенденція показників імпорту конструкційних матеріалів (ДСП, фанери, MDF) до України тис. \$ США за період з 2021 по 2023 рр.

Розроблення шляхів забезпечення сировиною деревообробної галузі в контексті циркулярної економіки є важливим кроком до сталого розвитку та збереження природних ресурсів. Циркулярна економіка спрямована на мінімізацію відходів і максимальне використання ресурсів протягом всього життєвого циклу продукту. Основні шляхи наступні:

- Використання відновлюваних ресурсів методом активного впровадження практик сталого управління лісами, включаючи планові рубки, висадку нових дерев та підтримку біорізноманіття. Перероблення деревинних залишків методом впровадження ефективних технологій щодо залучення цього додаткового ресурсу до виробництва конструкційних матеріалів.
- Реалізація принципів циркулярної економіки шляхом підтримки програм збирання та перероблення старих дерев'яних виробів для повторного використання у виробництві. Оптимізація виробничих процесів шляхом впровадження технологій, які знижують відходи виробництва та підвищують ефективність використання деревини. А також розроблення виробів з деревини з урахуванням можливості їх ремонту, повторного використання та рециклінгу.
- Розширення джерел сировини, тобто використання швидкоростучих видів дерев способом культивування видів дерев, які швидко ростуть і можуть забезпечити стабільні обсяги сировини. Впровадження цих шляхів забезпечення сировиною в деревообробній галузі в контексті циркулярної економіки сприятиме збереженню природних ресурсів, зменшенню негативного впливу на довкілля та створенню більш стійкої та ефективної економіки.

Висновки.

1. Проаналізовано стан та проблеми деревообробної галузі лісопромислового комплексу України з позиції циркулярної економіки, так як ця модель економіки акцентує реалізацію своїх принципів на зменшенні залишків та відходів, повторному комплексному використанні деревинних ресурсів в цілому.

2. Проаналізовано показники плитної продукції за шестирічний період (2018-2023 рр.) із середніми показниками виробництва для таких матеріалів: деревинностружкові плити (2698,6 тис. м³), орієнтовано-стружкові плити з деревини (152,7 тис. м³), деревинноволокнисті плити MDF середньої щільності (240 тис. м³), фанера (191,83 тис. м³) та шпон (235,33 тис. м³).

3. Детально проаналізовано динаміку виробництва деревинностружкових плит в Україні з 2018 по 2023 рр. з індексами зростання та спадання: 2018/2019 – 88,90 %; 2019/2020 – 97,01 %; 2020/2021 – 133,80 %; 2021/2022 – 108,79 %; 2022/2023 – 94,86 %.

4. Розглянуто тенденцію показників імпорту конструкційних матеріалів (ДСП, фанери, MDF) до України від шести країн-партнерів за період з 2021 по 2023 рр., що засвідчує скорочення імпорту у 2,15 рази – з 312 до 145 млн \$ США, зокрема, частка імпорту конструкційних матеріалів у 2023 р. становила для Польщі (41,28%), Туреччини (20,73%), Румунії (16,27%), Німеччини (13,24%), Латвії (3,98%), Італії (2,35%), Китаю (2,16%).

5. Проаналізовано загальну динаміку розвитку деревинної плитної продукції країн ЄС з 2021 по 2023 рр. для всіх типів плит (від ДСП до фанери, через MDF, OSB, тверді і м'які плити). При випуску продукції на рівні 56,5 млн м³ у 2023 р. визначено відсоток зменшення протягом трьох років на рівні 12,9%.

6. Розглянуто перспективи виробництва деревинних конструкційних плитних матеріалів в Україні в контексті циркулярної економіки, що полягають, в першу чергу, у використанні відходів деревини, як основної ідеї циркулярної економіки щодо перетворення відходів та залишків на ресурс для створення деревинних плитних матеріалів, таких як ДСП, MDF та OSB, що безперечно економить природні ресурси. Розроблено шляхи забезпечення сировиною деревообробну галузь в контексті циркулярної економіки, зокрема для виробництва щитових конструкційних матеріалів.

References

1. **Blomsma, F., & Brennan, G.** (2017). The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity. *J. Ind. Ecol.*, 21, pp. 603-614, <https://doi.org/10.1111/jiec.12603>.
2. **Circular economy** industry platform. <http://www.circulary.eu/project/renault-closed-loop/>
3. **Circularity Gap Report** (2022). five years of analysis by Circle Economy https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/1_report_cgr_global_2022.
4. **European Commission** (2015). Closing the Loop – an Action Plan for the Circular Economy. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels. (2015), <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
5. **European Panel Federation**. <https://europanel.org/press-release-epf-agm-2024>
6. **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).
7. **Gayda S.V.** (2014). *Teoreticheskoye obosnovaniye podkhoda po prognozirovaniyu prochnosti drevesnostruzhechnykh plit iz vtorichno ispol'zuyemoy drevesiny* [The theoretical rationale for the approach on the prediction the strength of particleboard from recycled wood]. *Actual problems of forest complex* 38:212-216 (in Russian).
8. **Gayda S.V.** (2015). Modeling properties of blockboards made of post-consumer wood on the basis of the finite element method. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 41, 39-49. <https://doi.org/10.36930/42154106>
9. **Gayda S.V.** (2016). A form of stability of blockboards made of post-consumer wood. *Actual problems of forest complex*, 46, 148-153 (in Russian).
10. **Gayda S.V.** (2016). Research on physical and mechanical characteristics of front blockboards made from post-consumer wood [Дослідження фізико-механічних характеристик фасадних столярних плит із вживаної деревини]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 33-50.
11. **Gayda S.V.** (2016). Технологічні підходи до поверхневого очищення вживаної деревини голкофрезерним інструментом / *Tekhnolohichni pidkhody do poverkhnevoho ochyshchennya vzhivanoyi derevyyny holkofrezernym instrumentom* [Technological approaches to cleaning of surface of post-consumer wood of needle-milling tools]. *Bulletin of KhNTUA* 178:3-11(in Ukrainian).
12. **Gayda S.V.** (2017). A technology and properties of furniture board (FB) made of post-consumer wood (PCW). *Actual problems of forest complex*, 48, 34-38 (in Russian).
13. **Gayda S.V.** (2017). Комплексні дослідження зміни пружних властивостей вживаної деревини ялиці з віком / *Kompleksni doslidzhennya zminy pruzhnykh vlastyvostey vzhivanoyi derevyyny 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>
14. **Gayda S.V.** (2017). Using fuzzy expert systems for decision support in the process of post-consumer wood sorting. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 43, 5-20. <https://doi.org/10.36930/42174301> (in Ukrainian).
15. **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. <https://doi.org/10.36930/42184402> (in Ukrainian).
16. **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>
17. **Gayda S.V.** (2019). Scientific and technical basis of the use of used wood in woodworking: thesis of the Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.23. – Lviv: UNFU. – 465 (in Ukrainian).
18. **Gayda S.V.** (2020). Analysis of structures and technologies of manufacture of modern furniture facades. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 46, 54-64. <https://doi.org/10.36930/42204606> (in Ukrainian).
19. **Gayda S.V.** (2023). Determination of the circularity indicator in the forest sector according to the principles of the circular economy. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 99-114. <https://doi.org/10.36930/42234908> (in Ukrainian).

20. **Gayda S.V., Dyak, T.II.** (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. <https://doi.org/10.36930/421137221> (in Ukrainian).
21. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2013). Технологія очистки вторично використовуваної деревини иглофрезерними 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.
22. **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)
23. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2020). Determining the regime parameters for the surface cleaning of post-consumer wood by a needle milling tool. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1(107)), 89-97. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212484>.
24. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2020). The investigation of properties of blockboards made of post-consumer wood. *Poznan : Drewno*, 63(206), 77-102. <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10>.
25. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2021). Властивості вживаної деревини як визначальний чинник якості меблевих виробів / *Vlastyvosti vzhivanoyi derevyny yak vyznachal'nyy chynnyk yakosti meblevykh vyrobiv* [Properties of used wood as a determining factor in the quality of furniture products]. *Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine* 23:152-162, (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/412135>
26. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2023). Study of Physical and Mechanical Properties of Post-Consumer Wood of Different Age. *Drewno. Prace naukowe. Doniesienia. Komunikaty*, 66(212), 00010. <https://doi.org/10.53502/wood-177453>.
27. **Gayda S.V., Kiyko, O.A., Guz M.M.** (2022). Research of the structure of stump and rootwood for effective use in the production of wood products. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 2022, Vol. 64 (3), 131–142, doi: <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0011>
28. **Gayda S.V.** (2018). Strength of combined blockboard made of post-consumer wood (PCW). *Bulletin of KhNTUA* 197:3-9, (in Ukrainian).
29. **Gayda S.V., Petryshak I.V.** (2020). Study of the influence of breed and grinding modes on the specific productivity of grinding skin. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 46, 5-15. <https://doi.org/10.36930/42204601> (in Ukrainian).
30. **Gayda S.V., Petryshak I.V., Humeniuk Zh.Ya.** (2021): Determination of the influence of rock and grinding modes on the surface roughness of wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 47:5-15 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42214701>.
31. **Gayda S.V., Voytovych I.G.** (2017). Durability and stability of elements for beam furniture products made from post-consumer wood are investigated. *Bulletin of KhNTUA*, 189, 62-70 (in Ukrainian).
32. **Gayda S.V., Voytovych I.G., Orikhovskyy R.Ya.** (2020). Дослідження технологічних процесів виготовлення ніжок столів обідніх різних конструкцій / *Doslidzhennya tekhnologichnykh protsesiv vyhotovlennya nizhok stoliv obidnikh riznykh konstruktsiy* [Research of technological processes of production of legs of tables of various designs]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 46:36-49, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42204604>
33. **Grytsak S.A., Gayda S.V.** (2020). Comparative analysis of physical and mechanical characteristics of bent elements from different tree species. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 46:16-27 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42204602>
34. **Grytsak S.A., Gayda S.V., Kushpit A.S., Salapak L.V.** (2023). Analysis of the efficiency of structural and technological solutions in the production of component units of lattice furniture products. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 49: 61-72, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42234905>
35. **Lesiv, L.E.** (2020). Study of the characteristics of combined of blockboards made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 48, 69-86. <https://doi.org/10.36930/42224806> (in Ukrainian).
36. **Medvid, L.V.** (2018). Systematization of wood waste – the basis of their effective use. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 44, 91-104. <https://doi.org/10.36930/42184412> (in Ukrainian).
37. **Medvid, L.V.** (2021). Post-consumer wood – an additional reserve of raw materials for construction materials. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 47, 34-46. <https://doi.org/10.36930/42214706> (in Ukrainian).

38. Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *J. Bus. Ethics*, № 140(3). P. 369-380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>.
39. Podibka, T.I., & Kiyko, O.A. (2019). A study of the influence of the transverse dimensions of beech of strips on the form of stability of furniture board. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 45, 155-171. <https://doi.org/10.36930/42194521> (in Ukrainian).
40. Project «CircHive – Developing & piloting biodiversity footprinting & natural capital accounting via a 'beehive' of sectoral hubs, for sustainable transition to a circular EU bioeconomy». Project Schedule: Start Date 01.12.2022 End Date 30.11.2027.
41. Ratajczak, E. (2003). *Zasoby odpadów drzewnych w Polsce* / E. Ratajczak, A. Szostak. Poznań: Czysza Energia, – Vol. 6. – P. 122-125.
42. Reike, D., & Vermeulen Walter, J.V. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? // *Resources, Conservation and Recycling*. P. 246-264.
43. State Statistics Service of Ukraine. <https://www.ukrstat.gov.ua>
44. Suominen, T., Kunttu, J., Jasinevičius, G., Tuomasjukka D., & Lindner M. (2017). Trade-offs in sustainability impacts of introducing cascade use of wood, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32:7,588-597, <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1342859>.
45. Titus, B.D., Brown, K., & Helmisaari, H.S. et al. (2021). Sustainable forest biomass: a review of current residue harvesting guidelines. *Energ Sustain Soc* 11, 10. <https://doi.org/10.1186/s13705-021-00281-w>.
46. Tuomasjukka, D., Athanassiadis, D., & Vis, M. (2017). Threefold sustainability impact assessment method comparison for renewable energy value chains, *International Journal of Forest Engineering*, 28:2, 116-122, <https://doi.org/10.1080/14942119.2017.1318549>.
47. Xu, X.; Lu, Y.; Vogel-Heuser, B.; Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0 – Inception, conception and perception. *J. Manuf. Syst.* 61:530-535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>.

UDC 674.001

Prof. S.V. Gayda, Doktor of Sciences – UNFU

Analysis of the dynamics of indicators of basic construction materials in the context of the circular economy

The state and problems of the woodworking branch of the forestry complex of Ukraine are analyzed from the point of view of the circular economy, since this economic model emphasizes the implementation of its principles on the reduction of residues and waste, and the repeated comprehensive use of wood resources as a whole. The indicators of board production for the six-year period (2018-2023) were analyzed with the average production indicators for the following materials: wood particleboards (2698.6 thousand m³), oriented strand boards made of wood (152.7 thousand m³), medium density fiberboard MDF (240 thousand m³), plywood (191.83 thousand m³) and veneer (235.33 thousand m³). The dynamics of chipboard production in Ukraine for the period from 2018 to 2023 was analyzed in detail with growth and decline indices: 2018/2019 – 88.90%; 2019/2020 – 97.01%; 2020/2021 – 133.80%; 2021/2022 – 108.79%; 2022/2023 – 94.86%. The trend of indicators of the import of construction materials (particleboard, plywood, MDF) to Ukraine from six partner countries for the period from 2021 to 2023 was considered, which shows a 2.15-fold decrease in imports - from 312 to 145 million \$ USA, in particular, the share the import of construction materials in 2023 was for Poland (41.28%), Turkey (20.73%), Romania (16.27%), Germany (13.24%), Latvia (3.98%) , Italy (2.35%), China (2.16%). The general dynamics of the development of wooden board products of the EU countries from 2021 to 2023 for all types of boards (from particleboard to plywood, through MDF, OSB, hard and soft boards) were analyzed. With production output at the level of 56.5 million m³ in 2023, the percentage of decrease over three years was determined at the level of 12.9%. The prospects for the production of wooden structural board materials in Ukraine in the context of the circular economy, which consist, first of all, in the use of wood waste as the main idea of the circular economy regarding the transformation of waste and residues into a resource for the creation of wooden board materials, have been considered. such as chipboard, MDF and OSB, which definitely saves natural resources. Ways of providing the woodworking industry with raw materials in the context of the circular economy, in particular for the production of panel construction materials, have been developed.

Key words: materials, wood products, particleboards, fiberboards, MDF boards, oriented strand boards (OSB), plywood, veneer, dynamics of indicators, circular economy, Industry 5.0.