

КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ З ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ

¹ ВСП Вінницький фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну КНУБА;

² Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті розглянуто сучасні підходи до виробництва та застосування деревно-пластикових композитів (ДПК, WPC) як перспективного будівельного матеріалу. Проаналізовано склад, фізико-механічні властивості, технологічні особливості виготовлення та експлуатаційні характеристики композитів, отриманих поєднанням деревного борошна та термопластів. Детально описано роль вхідної сировини, стабілізаторів та інших добавок у забезпеченні сумісності компонентів та підвищенні довговічності виробів. Наведено приклади застосування WPC у будівництві, ландшафтній архітектурі та суміжних галузях, а також узагальнено основні переваги й недоліки матеріалу. Представлено огляд сучасних тенденцій розвитку ринку та ключових напрямів удосконалення технологій.

Ключові слова: деревно-полімерні композити, властивості матеріалу, деревне борошно, полімери, екструзія, довговічність, застосування..

Abstract

The article discusses modern approaches to the production and application of wood-plastic composites (WPC) as a promising building material. The composition, physical and mechanical properties, technological features of manufacturing, and operational characteristics of composites obtained by combining wood flour and thermoplastics are analyzed. The role of raw materials, stabilizers, and other additives in ensuring the compatibility of components and increasing the durability of products is described in detail. Examples of the use of WPC in construction, landscape architecture, and related fields are given, and the main advantages and disadvantages of the material are summarized. An overview of current market trends and key areas for technological improvement is presented.

Keywords: wood-polymer composites, material properties, wood flour, polymers, extrusion, durability, application.

Вступ

З огляду на швидке зростання попиту на інженерні вироби з деревини у різних галузях, деревно-пластиковий композит (WPC), як найважливіший серед натуральних армованих волокнами композитів, вважається ключовим і перспективним матеріалом для використання як у житловому, так і в промисловому будівництві. Цей матеріал, що є комбінацією деревини та пластику, пропонує унікальні властивості [1-3].

Деревно-полімерні композити (ДПК) — це порівняно новий клас розроблених матеріалів [4-6]. На північноамериканському ринку обсяг продажів WPC сягнув майже 1 мільярда доларів. Європейський ринок, що становить 320 тисяч тонн на рік (станом на 2020 рік), розвивався протягом приблизно 30 років інтенсивної діяльності.

Результати дослідження

Виробляються композити на основі деревини, такі як LVL, PSL, LSL, фанера, OSB, ДСП та ДВП. Основним компонентом композитів на основі деревини є деревний елемент, часто 94% або більше за масою. Властивості композитних матеріалів можна змінити шляхом зміни розмірів і геометрії елементів, а також шляхом комбінування, реорганізації або розшарування елементів. Склеювання в більшості традиційних композитів на основі деревини забезпечується термореактивним клеєм на основі фенолформальдегіду, сечовиноформальдегіду, меламінформальдегіду і ізоціанату.

Композити, також відомі як пластик-деревина або WPC, є альтернативою деревині, виготовлені з екструдованого пластику і деревних волокон. Композит «деревина-пластик» (WPC) складається з дере-

вного волокна/борошна та термопласту (термопластів), таких як поліетилен (PE), поліпропілен (PP), полівінілхлорид (PVC) або полілактид (PLA) [7-9].

Деревні компоненти включають борошно з різних порід дерев (наприклад, клен, дуб, сосна) та широкий спектр сільськогосподарських відходів (пшенична солома, лушпиння, бамбук тощо) [10-13]. Зазвичай вони використовуються у вигляді тирси або дрібних волокон і становлять від 50 до 70% кінцевого продукту. Деревне борошно є найбільш привабливим через його відносно високу насипну щільність і доступність, хоча інші природні волокна також можуть бути альтернативою.

Співвідношення деревини та пластику впливає на індекс текучості розплаву (MFI): чим більше деревини, тим нижчий індекс текучості розплаву. Більшість WPC, армованих деревом, містять близько 50 % деревини, хоча цей показник може варіюватися від дуже малого до 70 %. Найпоширеніші види тирси отримують при переробці деревних порід клену, дубу та сосни.

Фізико-механічні властивості ДПК значною мірою залежать від взаємодії між гідрофільною деревиною та гідрофобним пластиком. Для покращення цієї взаємодії та забезпечення сумісності вводяться сполучні агенти або компатібілізатори [11-14]. Ці добавки сприяють утворенню однофазного композиту, що призводить до отримання матеріалу з кращими властивостями, ніж масивна деревина.

Зв'язуючі речовини можуть забезпечувати адгезію між різними матеріалами або сприяти процесу змочування (сумісності). Наприклад: поліпропілен, щеплений малеїновим ангідридом (МАРР), значно покращує зв'язок. Також успішним є метод модифікації деревного волокна хімічними речовинами з аміногрупами (наприклад, аміносилян, хітин).

Деревина, термопластична матриця та сполучні речовини не є єдиною сировиною, яка використовується у виробництві WPC. WPC також містять спеціальні добавки, які додають у невеликих кількостях для покращення їх обробки та властивостей. Хоча їх склад дуже різноманітний, певною мірою використовуються такі добавки, як світлостабілізатори, пігменти, мастила, фунгіциди та піноутворювачі. Добавки (наприклад, мастила) покращують зовнішній вигляд поверхні. Інші, такі як барвники, зміцнюючі агенти, можуть позитивно впливати на підвищення загальних та спеціальних властивостей для запланованого використання матеріалів. Вони забезпечують інтеграцію полімеру та деревного борошна, сприяючи оптимальним умовам обробки.

Процес виготовлення деревно-пластикового композитного матеріалу (WPC) складається з двох основних технологічних операцій: змішування та екструзія.

Змішування. Тонкий порошок деревини або деревної біомаси з сільськогосподарських відходів змішується з термопластами, такими як поліетилен або поліпропілен, у великому змішувачі. Термопластик може бути первинним або переробленим. WPC на основі поліетилену на сьогодні є найпоширенішими. Добавки, такі як барвники, сполучні речовини, УФ-стабілізатори, спінювачі, піноутворювачі та мастила, допомагають адаптувати кінцевий продукт до цільової області застосування.

Екструзія. Більшість WPC виготовляється за допомогою процесу екструзії, у якому використовуються різні типи екструдерів, наприклад одношнековий або подвійний шнек для формування остаточної форми матеріалу. На рисунку 1 показано приклади основних композиційних матеріалів з використанням деревини. Також проводяться дослідження для зменшення щільності шляхом спінювання серцевини екструдованого профілю або розробки порожнистих секцій. На деяких виробничих підприємствах компоненти об'єднуються та обробляються в гранулювальному екструдері, який виробляє гранули з нового матеріалу. Потім гранули знову розплавляються та формуються будівельний виріб. Інші виробники виготовляють готову деталь за один цикл змішування та екструзії. Екструдовані WPC формуються як у суцільні, так і в порожнисті профілі.

Номенклатура і різновиди композиційних матеріалів для виготовлення будівельних конструкцій постійно збільшуються і потребують їх всебічного дослідження, розроблення нових нормативних документів для можливості широкого застосування у будівництві.

При виробництві композиційних матеріалів з використанням деревини одним з основних параметрів - контроль температури. Завдяки додаванню органічного матеріалу WPC зазвичай обробляються при набагато нижчих температурах, ніж традиційні пластики під час екструзії. Дерево-пластикові композити зазвичай мають нижчу температуру плавлення, тому слід стежити, щоб вони не перегрівалися. Деревно-пластикові композити зазвичай обробляються при температурах приблизно на 50 °C нижчих, ніж той самий матеріал без наповнювача. Більшість деревних добавок починають горіти приблизно при температурі 204°C. Як правило, чим вище співвідношення деревини до пластику, тим нижче температура плавлення.

Оскільки деревно-пластиковий композит створюють із речовини, яка спочатку має форму пасти, його можна формувати майже будь-якої форми та розміру, включаючи дугоподібні чи зігнуті форми.

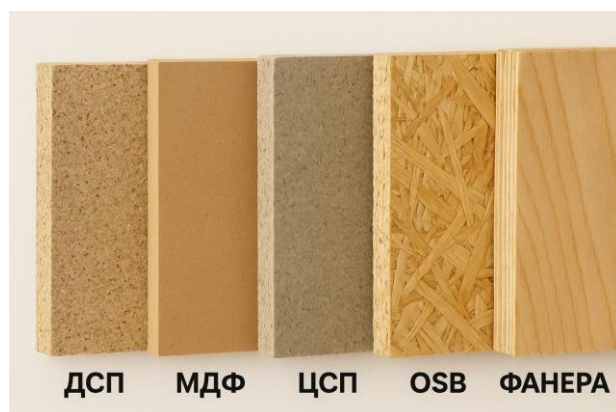


Рис. 1. Залежність густини бутану і пропану д температури

ДПК все ще є новими матеріалами порівняно з довгою історією натуральної деревини як будівельного матеріалу. Але поки що деревно-пластикові композити (WPC) є одними з найважливіших і потенційних інженерних виробів з деревини, які широко використовуються в сферах будівництва, ландшафту та транспорту. Поступово його почали використовувати для заміни звичайних деревних композитів. Найбільш поширене використання WPC в Північній Америці відкриті палубні підлоги, але також використовується для перил, огорож, ландшафтних брусів, обшивки та сайдингу, паркових лавок. У міру збільшення потужності WPC розробляються нові матеріали, такі як дверні рейлінги, рейки та віконні лінії. Переваги та недоліки деревно-пластикових композитних матеріалів наведені в таб. 1.

Таблиця 1 – Переваги та недоліки деревно-пластикових композитних матеріалів.

Переваги	Недоліки
Легка обробка, високу міцність, достатню міцність утримання кріплень, менший ризик розтріскування.	УФ-розкладання та часткова вразливість до грибків.
Екологічність — виготовляються з переробленого пластику та деревних відходів, можливість повторної переробки.	При постійні підвищені вологості — можливе викривлення та цвіль.
Висока вологостійкість, атмосферостійкість та стійкість до гниття.	Велика середня густина.
Можливість формування складних форм та вигинів.	Потреба суворого дотримання інструкцій монтажу.
Не потребують фарбування — доступні у різних кольорах.	Можливе естетичне старіння поверхні.
Низькі експлуатаційні витрати. Вигідна окупність — 3–5 років.	Широкий діапазон терміну служби — від 10 до 100 років.

Більшість досліджень у багатьох країнах зосереджено на довговічності та тривалому терміні служби WPC через великий інтерес до його використання поза приміщеннями. Насправді WPC спочатку продавався як природний засіб, що розкладається проти грибків або нападів комах. Однак було показано, що WPC все одно поглинає деяку кількість вологи та зрештою розкладається, але набагато повільніше, ніж тверда деревина. З огляду на всеосяжний досвід Північної Америки, технічні труднощі зовнішнього застосування повинні бути вирішені разом з проблемами маркетингу шляхом цілеспрямованого просування на практиці державними органами: оптимізація властивостей WPC за допомогою суміші деревини та натуральних волокон, покращення процесу екструзії, поглинання вологи, а також відповідних добавок у поєднанні з цілеспрямованим впровадженням на ринок продуктів WPC.

Висновки

Деревно-пластикові композити (ДПК) є інноваційним будівельним матеріалом з відходів деревини, які успішно поєднують переваги натуральних волокон і полімерів. Завдяки їхній здатності до формування складних форм, високій вологостійкості та стійкості до гниття, а також використанню вторинної сировини (переробленого пластику та деревних відходів), ДПК позиціонуються як екологічна та практична альтернатива традиційній деревині в широкому спектрі застосувань — від ландшафтного дизайну до елементів будівельних конструкцій.

Незважаючи на значні успіхи, подальший розвиток і комерційне впровадження ДПК вимагають вирішення технічних проблем, зокрема оптимізації їхньої довговічності та стійкості до поглинання вологи в умовах зовнішньої експлуатації. Майбутні дослідження мають бути зосереджені на вдосконаленні суміші деревини, натуральних волокон та добавок, а також на вдосконаленні процесу екструзії. Це дозволить повною мірою розкрити потенціал ДПК як надійного, довговічного та економічно вигідного будівельного матеріалу, що значно розширить його частку на світовому ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 616 . (2021).
2. Ковальський В. П. Японська технологія обробки деревини вогнем [Текст] / В. П. Ковальський, О. О. Червінська // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції "Прикладні науково-технічні дослідження", 3-5 квітня 2018 р. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2018. – С. 149.
3. Ковбасюк Д. О., Тимошенко В. О., Ковальський В. П. Типи екологічних будинків // Матеріали LIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. Електрон. текст. дані. 2024. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2024/paper/view/20994>.
4. Білоус Д. А. Сучасні органічні теплоізоляційні матеріали [Електронний ресурс] / Д. А. Білоус, В. П. Ковальський, А. В. Бондар // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023)», Вінниця, 22 червня 2023 р. – Електрон. текст. дані. – 2023. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/paper/view/18862>.
5. Bereziuk V. et al. High-precision ultrasonic method for determining the distance between garbage truck and waste bin //Mechatronic Systems 1. – Routledge, 2021. – С. 279-290.
6. ISO 12467:2012 – Фіброцементні плити. Випробування.
7. Підгорна О. В. Будівельні матеріали та вироби на основі відходів деревини [Електронний ресурс] / О. В. Підгорна, В. С. Абрамович, А. В. Бондар // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. – Електрон. текст. дані. – 2018. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2018/paper/view/4928>.
8. Лівінський О.М. Опоряджувальні роботи. – Київ: Вища школа, 2010. – 573 с.
9. Матеріали та вироби з деревини [Електронний ресурс] / Н. О. Палій ; науковий керівник В. П. Ковальський // Матеріали XLIII регіональної науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, Вінниця, 5-14 березня 2014 р. – Вінниця : ВНТУ, 2014. –Режим доступу: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2014/inbtegp/txt/Paliy.pdf>.
10. Дзюбенко А. Ю. Аналіз порівняння влаштування вентиляованого та монолітного фасаду при реконструкції будівель [Електронний ресурс] / А. Ю. Дзюбенко, В. П. Ковальський // Матеріали LII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23 червня 2023 р. – Електрон. текст. дані. – 2023. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17784>.
11. Вітюк В. В. Аналіз сучасних природних енергоефективних матеріалів для зведення огорожувальних конструкцій стін та їх утеплення [Електронний ресурс] / В. В. Вітюк, Ю. С. Бікс // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 22-24 березня 2017 р. - Електрон. текст. дані. - 2017. - Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2017/paper/view/3011>.

12. Дзюбенко А. Ю., Ковальський В. П. Концепція використання утеплювача на основі піноізолу при влаштуванні вентилязованого фасаду. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Інноваційні технології в будівництві–2024», Вінниця, 20-22 листопада 2024 р. Електрон. текст. дані. 2024. URI:<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/viewFile/22656>
13. Wójcik, W., Bereziuk, O. V., Lemeshev, M. S., Bohachuk, V., Polishchuk, L., Bezsmertna, O., Smailova, S., and Kurmagazhanova, S. "Metrological Aspects of Controlling the Rotational Movement Parameters of the Auger for Dewatering Solid Waste in a Garbage Truck." International Journal of Electronics and Telecommunications 69 (2) (2023): 233-238. <https://doi.org/10.24425/ijet.2023.144355>
14. Azarenkov, V. et al. "Modern teaching methods in pedagogy and philology." Primedia eLaunch (2023): 580

Притолук Наталя Анатолівна– спеціаліст вищої категорії, викладач-методист, Вінницький фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну Київського національного університету будівництва і архітектури e-mail: 19pna70@gmail.com

Ковальський Максим Вікторович - студент групи 21Б-1, відділення архітектури будівництво та урбаністика, Вінницький фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну Київського національного університету будівництва і архітектури koval10mv@gmail.com

Слободян Владислав Сергійович— студент групи БМ-24Бмс, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: antoniukantonina@gmail.com

Науковий керівник: **Ковальський Віктор Павлович** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com

Natalia Prytolyuk A. – senior specialist, lecturer-methodologist, Vinnytsia Professional College of Construction, Architecture and Design of the Kyiv National University of Construction and Architecture e-mail: 19pna70@gmail.com

Maksym Kovalskyi V. – student of group 21B-1, Department of Architecture, Construction and Urban Planning, Vinnytsia Professional College of Construction, Architecture and Design of the Kyiv National University of Construction and Architecture koval10mv@gmail.com

Vladislav Slobodyan S. – student of group BM-24Bms, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: wladsllobodiyn@gmail.com

Supervisor: **Kovalskiy Viktor P.** — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com