

Міністерство освіти і науки України  
Глухівський національний педагогічний університет  
ім. О. Довженка

Факультет технологічної та професійної освіти  
Кафедра професійної освіти та комп'ютерних технологій

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Композиційні матеріали в будівництві з методикою викладання теми»**

Спеціальність: 015 Професійна освіта (Будівництво та зварювання)

ОП «Професійна освіта (Будівництво)»

Освітній ступінь: “ Магістр ”

**Виконавець:**

**Кревсун Володимир Володимирович**

магістрант 62М-Пр(Б) групи

**Науковий керівник:**

**д-р. техн. наук. проф. Єсипенко А.Д.:**

Дата захисту:

Оцінка: \_\_\_\_\_

Підпис членів комісії:

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

ГЛУХІВ 2024

ВСТУП .....	3
РОЗДІЛ I: ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВНИЦТВІ.....	6
1.1 Сутність та властивості композиційних матеріалів.....	6
1.2 Сучасні тенденції у застосуванні композиційних матеріалів у будівельній галузі.....	21
1.3 Екологічний аспект використання композиційних матеріалів.....	28
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ I.....	31
РОЗДІЛ II: МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ "КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ".....	33
2.1 Основи методології викладання дисциплін у професійній освіті....	33
2.2 Використання цифрових технологій у викладанні теми "композиційні матеріали".....	46
2.3 Інтерактивні підходи до навчання властивостей і застосування композиційних матеріалів.....	54
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ II.....	62
РОЗДІЛ III: ПРАКТИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ТЕМИ «КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ».....	63
3.1 Практичні завдання для самостійної роботи студентів з теми «композиційні матеріали».....	63
3.2 Розробка план-конспект заходу для вивчення композиційних матеріалів.....	68
3.3 Платформа Zoom для онлайн навчання.....	82
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ III .....	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90



## **ВСТУП**

У сучасному будівництві значну увагу приділяють впровадженню інноваційних матеріалів, які відповідають вимогам енергоефективності, екологічності та довговічності конструкцій. Однією з найбільш перспективних категорій таких матеріалів є композиційні матеріали. Завдяки поєднанню властивостей різних компонентів, вони забезпечують оптимальні

характеристики, як-от висока міцність, мала вага, стійкість до корозії та зносу. Це робить композиційні матеріали незамінними для сучасних інженерних рішень, зокрема у створенні будівельних конструкцій, що відповідають високим стандартам надійності та функціональності.

Використання композиційних матеріалів у будівництві дозволяє суттєво оптимізувати процес проектування та зведення будівель. Зокрема, ці матеріали забезпечують зменшення ваги конструкцій, що знижує навантаження на фундамент, скорочує час і вартість монтажу. Водночас їхня довговічність і стійкість до негативних впливів навколишнього середовища зменшують витрати на обслуговування та ремонт, що сприяє підвищенню економічної ефективності будівельних проєктів. Окрім цього, екологічні переваги композиційних матеріалів, такі як можливість повторного використання або переробки, сприяють зменшенню негативного впливу будівельної галузі на довкілля.

Розвиток і впровадження композиційних матеріалів вимагає відповідної підготовки майбутніх фахівців у будівельній сфері. Це ставить нові завдання перед системою професійної освіти, яка повинна адаптуватися до сучасних викликів. Зокрема, виникає необхідність розробки інноваційних методик викладання, які дозволять студентам не лише опанувати теоретичні знання, а й набути практичних навичок роботи з композиційними матеріалами. Важливу роль у цьому відіграють інтерактивні методи навчання, такі як лабораторні експерименти, симуляції, аналіз реальних проєктів і використання сучасного програмного забезпечення для моделювання будівельних конструкцій.

Підготовка майбутніх фахівців до роботи з композиційними матеріалами також передбачає вивчення їхніх властивостей, переваг і обмежень. Студенти повинні навчитися враховувати особливості цих матеріалів під час проектування та зведення конструкцій, обираючи найефективніші рішення залежно від умов експлуатації.

#### **Актуальність теми.**

Сучасне будівництво зосереджене на вирішенні завдань забезпечення енергоефективності, екологічності та довговічності споруд, що сприяє пошуку

інноваційних матеріалів. Композиційні матеріали, завдяки своїм унікальним властивостям, широко використовуються у створенні конструкцій, які мають меншу вагу, вищу міцність і стійкість до зносу. Їхнє застосування сприяє адаптації будівельних проєктів до сучасних вимог, скороченню витрат ресурсів і зниженню екологічного впливу.

Розвиток індустрії будівельних матеріалів створює потребу в підготовці фахівців, здатних ефективно працювати з композиційними матеріалами. Для цього необхідне впровадження сучасних методик викладання, які поєднують теоретичну підготовку з практичними заняттями, включаючи лабораторні дослідження, аналіз реальних проєктів і використання цифрових інструментів. Зважаючи на стрімкий розвиток технологій і зростаючі вимоги до якості професійної освіти, дослідження методів викладання теми «Композиційні матеріали в будівництві» є актуальним. Це дозволить сформувати у студентів компетентності, необхідні для вирішення сучасних завдань у будівельній сфері, забезпечуючи високий рівень підготовки майбутніх спеціалістів.[33]

#### **Мета дослідження.**

Розробити теоретичне обґрунтування та методику викладання теми «Композиційні матеріали в будівництві».

#### **Завдання дослідження:**

- Дослідити властивості композиційних матеріалів і їхню роль у сучасному будівництві.
- Проаналізувати сучасні освітні підходи до викладання будівельних дисциплін.
- Вивчити досвід використання композиційних матеріалів у будівництві в різних країнах світу.
- Провести порівняльний аналіз композиційних матеріалів із традиційними будівельними матеріалами за основними параметрами (міцність, вага, довговічність, екологічність).
- Розробити методику викладання теми, яка включає практичні та теоретичні аспекти навчання.

- Організувати круглий стіл для обговорення впровадження композиційних матеріалів у будівельну галузь із залученням здобувачів освіти.

**Об'єкт дослідження.**

Освітній процес підготовки здобувачів освіти у галузі будівництва.

**Предмет дослідження.**

Предметом дослідження є композиційні матеріали в будівництві.

**Методи дослідження.**

Аналіз наукової літератури, порівняльний аналіз, спостереження, опитування студентів, статистична обробка даних.

**Наукова новизна дослідження** полягає у теоретичному обґрунтуванні сучасних композитних матеріалів.

**Практичне значення роботи** полягає у створенні інноваційної методики викладання, яка може бути впроваджена у навчальні програми вищих навчальних закладів для підвищення якості підготовки майбутніх спеціалістів. Окрім цього, розроблені матеріали можуть використовуватись для розробки онлайн-курсів, навчальних посібників і організації практичних занять.

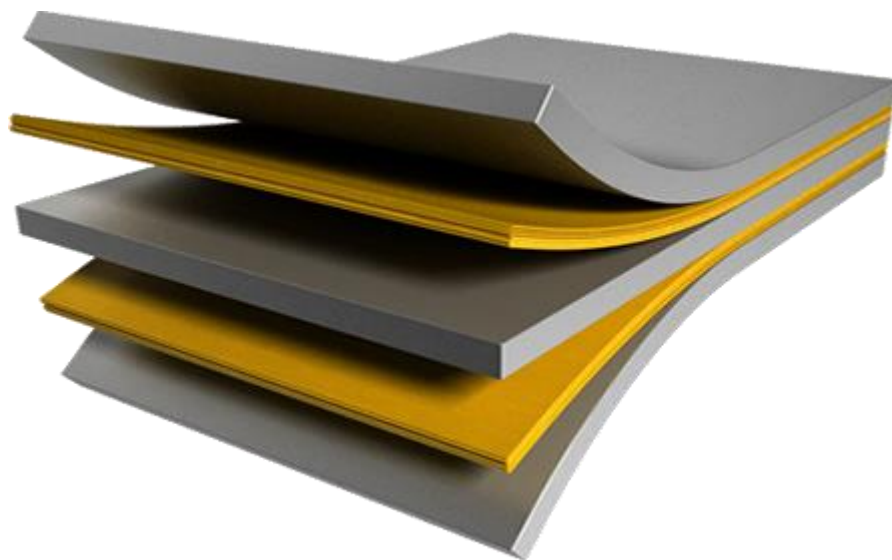
Особистий внесок полягає у детальному вивченні теми, розробці навчальних ресурсів та їхньому впровадженні у освітній процес з подальшим аналізом ефективності методики.

## **РОЗДІЛ I: ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВНИЦТВІ**

### **1.1 Сутність та властивості композиційних матеріалів**

**Композиційні матеріали** (композити) – це інженерні матеріали, які складаються з двох або більше компонентів, що мають різні фізико-механічні властивості та створюють однорідну структуру. Кожен компонент зберігає свої

властивості, але в поєднанні утворює нові матеріали з покращеними характеристиками. Основна мета використання композиційних матеріалів полягає у досягненні властивостей, які перевищують можливості окремих компонентів.



**Рис.1 Композиційні матеріали**

**Основні компоненти композиційних матеріалів:**

1. **Матриця** – основа композиційного матеріалу, яка забезпечує зв'язок між компонентами, рівномірно розподіляє навантаження та захищає наповнювачі від впливу зовнішніх чинників. Матриця може бути полімерною, металевою, керамічною або вуглецевою.

Вона забезпечує зв'язок між наповнювачами, рівномірно розподіляючи навантаження, яке виникає під час експлуатації, по всьому об'єму матеріалу. Це дозволяє знизити концентрацію напружень у слабких місцях конструкції та забезпечити стабільність роботи композиційного матеріалу за різних умов. Крім того, матриця виконує захисну функцію, оберігаючи наповнювачі від дії агресивного середовища, вологи, ультрафіолетового випромінювання, високих або низьких температур, механічних впливів чи корозії.[35]



## Рис.2 Схематичне утворення композиту

Залежно від вимог до композиційного матеріалу, матриця може бути виготовлена з полімерів, металів, кераміки або вуглецю. Полімерна матриця часто використовується через свою легкість, простоту у формуванні та стійкість до хімічного впливу. Вона добре поєднується з волокнистими наповнювачами, створюючи матеріали, які широко застосовуються в авіації, автомобілебудуванні та будівництві. Металева матриця надає матеріалу високої міцності, теплопровідності та стійкості до механічних впливів, що важливо для елементів конструкцій, які працюють в умовах високих температур або значних навантажень. Керамічна матриця характеризується надзвичайною термостійкістю та інертністю до хімічних речовин, завдяки чому її використовують у виробництві матеріалів для роботи в агресивних середовищах або за екстремально високих температур. Вуглецева матриця забезпечує низьку густину та високу міцність, що робить її ідеальним варіантом для інноваційних галузей, таких як космічна техніка чи військова промисловість.

Матриця відіграє важливу роль не лише у формуванні загальної структури композиційного матеріалу, а й у визначенні його кінцевих характеристик, таких як міцність, жорсткість, термостійкість та довговічність. Вибір типу матриці є одним із основних етапів у розробці композитів, оскільки від цього залежить їх здатність виконувати задані функції у конкретних умовах експлуатації.

2. **Наповнювач** – компонент, що відповідає за підсилення міцності, жорсткості та інших механічних властивостей матеріалу. Наповнювачі бувають волокнистими (скляні, вуглецеві, кевларові) або порошковими (метали, кераміка).

Наповнювач є основним функціональним компонентом композиційного матеріалу, який значною мірою визначає його механічні властивості, такі як міцність, жорсткість, ударна в'язкість і зносостійкість. Саме наповнювачі відповідають за підсилення характеристик матеріалу, створюючи основу для досягнення високих експлуатаційних показників. Їхня головна роль полягає у перерозподілі навантажень, що виникають у матеріалі, та забезпеченні стійкості до зовнішніх впливів, таких як ударні навантаження, вібрації або тривала дія агресивного середовища.



**Рис 3. Полімерні композити**

Наповнювачі можна поділити на дві основні групи залежно від їхньої структури: волокнисті та порошкові. Волокнисті наповнювачі є одними з найпоширеніших завдяки своїй здатності забезпечувати високий рівень міцності та жорсткості матеріалу. До них належать скляні волокна, які використовуються для створення матеріалів із високою хімічною стійкістю та відносно низькою вартістю; вуглецеві волокна, що забезпечують поєднання високої міцності, легкості та термостійкості, що особливо цінно в авіації, космічній галузі та

спортивному обладнанні; кевларові волокна, які мають чудову ударостійкість і застосовуються для виробництва бронезилетів, захисних елементів і транспортних засобів.

Порошкові наповнювачі представлені металевими або керамічними матеріалами, які зазвичай додаються для підвищення жорсткості, термостійкості або зносостійкості композитів. Металеві порошки, наприклад алюмінієві чи титанієві, часто використовуються в метало-композитах для збільшення міцності при збереженні помірної густини. Керамічні наповнювачі, такі як оксиди алюмінію чи карбіди, забезпечують надзвичайну стійкість до високих температур і хімічного впливу, що робить їх незамінними для деталей, які працюють у екстремальних умовах.[27]

Перевага наповнювачів полягає у їхній адаптивності – їхні властивості можна змінювати, варіюючи довжину, розмір, форму та орієнтацію у складі композиту. Наприклад, безперервні волокна використовуються для досягнення максимальної міцності в заданому напрямку, тоді як короткі волокна або порошки забезпечують рівномірний розподіл механічних властивостей у матеріалі. Завдяки цьому композити з різними наповнювачами можуть бути налаштовані для виконання специфічних завдань, що робить їх універсальними для багатьох галузей.

Наповнювачі також відіграють важливу роль у забезпеченні довговічності композиційних матеріалів, їхньої стійкості до втоми та розтріскування, особливо в умовах постійних механічних або температурних навантажень. Таким чином, правильний вибір і оптимальне розташування наповнювачів є вирішальним фактором у створенні композиційних матеріалів із заданими експлуатаційними характеристиками.

### **Основні властивості композиційних матеріалів:**

**Висока міцність при малій масі.**

Композити володіють унікальною властивістю витримувати великі механічні навантаження, зберігаючи при цьому відносно невелику вагу. Це робить їх надзвичайно привабливими для застосування у сферах, де вагові характеристики є критичними для продуктивності та ефективності. Такі матеріали забезпечують поєднання високої міцності, жорсткості й довговічності, що дозволяє створювати легкі, але надзвичайно надійні конструкції.

В авіації використання композитів дозволяє значно зменшити масу літаків, що безпосередньо впливає на економію пального та зменшення експлуатаційних витрат. Наприклад, сучасні пасажирські літаки використовують композиційні матеріали для виготовлення фюзеляжів, крил та інших елементів конструкції. Це дозволяє забезпечити високу міцність, здатність витримувати значні аеродинамічні навантаження та стійкість до корозії, які характерні для традиційних металевих матеріалів, водночас зменшуючи вагу літака на десятки відсотків.

У автомобілебудуванні застосування композитів сприяє створенню більш екологічних транспортних засобів. Легкі, але міцні матеріали дозволяють зменшити вагу автомобілів, що веде до зниження споживання пального і, як наслідок, зменшення викидів вуглекислого газу. Крім того, композити часто використовують у виготовленні кузовів, підвісок, обшивок і навіть елементів двигунів, що допомагає покращити аеродинамічні показники та підвищити загальну ефективність роботи транспортного засобу.[18]

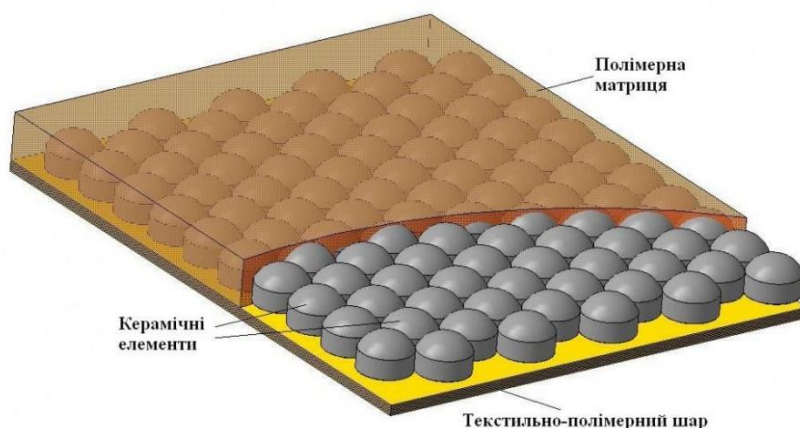
Космічна техніка – це ще одна галузь, де вагові характеристики матеріалів мають вирішальне значення. Композити дозволяють створювати космічні апарати, здатні витримувати екстремальні умови роботи, такі як вплив радіації, різкі перепади температур і сильні механічні навантаження під час запуску. Завдяки легкості композитів стає можливим зменшити вартість виведення апаратів на орбіту, оскільки знижується необхідність у великих обсягах палива. Зокрема, композиційні матеріали використовують для виготовлення панелей сонячних батарей, корпусів супутників, елементів ракет і навіть обладнання для колонізації інших планет.

Таким чином, здатність композитів витримувати великі механічні навантаження при низькій вазі відкриває широкі перспективи для їхнього застосування у високотехнологічних галузях. Це дозволяє досягати оптимального співвідношення між ефективністю, надійністю та економічністю, роблячи композиційні матеріали незамінними в сучасному світі.

### **Хімічна стійкість.**

Завдяки використанню різноманітних типів матриць, композиційні матеріали демонструють чудову стійкість до впливу корозії, агресивних хімічних середовищ і температурних змін, що значно розширює сферу їх застосування. Матриці, які можуть бути полімерними, металевими, керамічними або вуглецевими, забезпечують захист наповнювачів і всієї структури композиту, утворюючи бар'єр, який мінімізує негативний вплив зовнішніх факторів.

Полімерні матриці, наприклад, є інертними до багатьох хімічних речовин, включаючи кислоти, луки та розчинники, завдяки чому композиційні матеріали на їхній основі широко застосовуються в агресивних середовищах, таких як хімічна промисловість або морські умови. Вони також мають низький коефіцієнт теплопровідності, що дозволяє їм витримувати значні температурні коливання без втрати своїх механічних властивостей.



**Рис.4 Полімерні композиційні матеріали**

Металеві матриці, хоч і менш стійкі до корозії порівняно з полімерними, мають високу термостійкість і здатність працювати в умовах екстремальних

температур. Завдяки використанню спеціальних сплавів або захисних покриттів композиційні матеріали з металевою матрицею можуть успішно протистояти окисленню та корозійним процесам навіть у жорстких умовах експлуатації.

Керамічні матриці відзначаються надзвичайною хімічною інертністю та здатністю витримувати високі температури, що робить їх незамінними для застосування в умовах агресивних хімічних середовищ або за температур, які перевищують можливості полімерів чи металів. Завдяки цим властивостям композиційні матеріали на основі кераміки використовуються в енергетиці, металургії та авіакосмічній промисловості.[39]

Вуглецеві матриці поєднують в собі стійкість до корозії, низьку густину та здатність витримувати значні температурні навантаження. Вони забезпечують відмінну захист від агресивного середовища і використовуються в умовах, де одночасно потрібна легкість і міцність матеріалу, наприклад, у виробництві космічних апаратів або військової техніки.

#### **Можливість створення заданих властивостей.**

Однією з переваг композиційних матеріалів є можливість створення заданих властивостей, що робить їх дуже універсальними і ефективними для специфічних застосувань. Завдяки поєднанню різних матриць та наповнювачів, можна точно налаштувати характеристики матеріалу для досягнення бажаних функціональних якостей, таких як електропровідність, термостійкість, гнучкість, міцність або зносостійкість.

Наприклад, якщо необхідно отримати матеріал, який буде мати високу електропровідність, то для цього використовують наповнювачі, що містять вуглецеві матеріали або метали, такі як графіт чи срібло, які чудово проводять електричний струм. Комбінуючи ці наповнювачі з відповідними полімерними або металевими матрицями, можна створити композит, який має потрібні електричні властивості, одночасно зберігаючи інші важливі характеристики, такі як легкість або міцність.

У випадку, коли потрібна висока термостійкість, використовують матриці, здатні витримувати екстремальні температури, наприклад, керамічні або

металеві матриці, що поєднуються з відповідними наповнювачами, які не лише додають міцності, але й покращують теплопровідність або стійкість до високих температур. Наприклад, композити на основі вуглецевих волокон можуть використовуватися в аерокосмічній техніці, де матеріали повинні витримувати значні температурні коливання.

Для досягнення гнучкості і ударної в'язкості в композитах часто застосовують еластомери або полімери з додаванням пластикових або органічних наповнювачів. Такі матеріали можуть бути використані для створення легких і водночас гнучких виробів, що використовуються в автомобільній промисловості, спортивному обладнанні або в упаковці.

Таким чином, можливість точного налаштування властивостей композиційних матеріалів дає змогу створювати матеріали з унікальними характеристиками, які ідеально підходять для конкретних технологічних задач, зберігаючи при цьому оптимальний баланс між різними експлуатаційними властивостями.

#### **Довговічність.**

Композити володіють високою довговічністю і здатністю зберігати свої властивості протягом тривалого часу експлуатації. Це є однією з їх основних переваг, оскільки вони зменшують потребу в частих ремонтах і заміні матеріалів, що значно знижує витрати на обслуговування і підвищує ефективність виробничих і інженерних процесів.[37]

Матеріали на основі композитів можуть витримувати важкі навантаження, агресивні хімічні середовища, перепади температур та інші зовнішні фактори без значної втрати своїх механічних або фізичних властивостей. Вони не піддаються корозії, мають високу стійкість до стирання і зношування, що дозволяє використовувати їх у складних умовах без необхідності частих ремонтів або заміни частин. Це, зокрема, важливо для таких сфер, як будівництво, автомобілебудування, авіація і космічна техніка, де навіть незначна несправність може призвести до значних витрат або небезпеки.



**Рис. 5. Металеві композиційні матеріали**

Завдяки своїй стійкості до агресивних факторів, композити також менш схильні до старіння матеріалу. Наприклад, полімерні композити на основі армованих волокон не втрачають своїх механічних властивостей під впливом ультрафіолетового випромінювання або вологи, що дозволяє їм зберігати свою функціональність упродовж десятиліть. Також завдяки низькому коефіцієнту тертя, такі матеріали часто використовуються в рухомих частинах механізмів, що дозволяє значно зменшити знос і потребу в регулярному обслуговуванні.

У результаті, використання композитів не тільки забезпечує високу продуктивність і надійність, але й знижує експлуатаційні витрати, що є важливою перевагою для будь-якої галузі, де потрібні матеріали з тривалим терміном служби і низькими витратами на утримання.

#### **Висока енергоефективність.**

Застосування композитів у конструкціях дозволяє значно знижувати витрати енергії завдяки зменшенню ваги конструкцій, що є важливою перевагою в багатьох галузях, зокрема в авіації, автомобілебудуванні, будівництві та транспорті. Легкість композитних матеріалів, що мають високу міцність, дозволяє зменшити загальну масу конструкцій, що, у свою чергу, знижує енерговитрати на транспортування, переміщення, а також на експлуатацію технічних об'єктів.

У авіації, наприклад, використання композитних матеріалів дозволяє виготовляти легші і міцніші компоненти літаків, що зменшує витрати пального та покращує паливну ефективність. Завдяки зменшенню маси, літаки можуть перевозити більше вантажу або пасажирів, що робить перевезення більш економічними та екологічними. Композиційні матеріали, зокрема на основі вуглецевих волокон, є ідеальним вибором для таких конструкцій, оскільки вони поєднують низьку густину з високою міцністю і жорсткістю.

У автомобільній промисловості композити також сприяють зниженню ваги транспортних засобів, що дозволяє зменшити витрати пального і покращити ефективність руху. Легші автомобілі споживають менше енергії, а це безпосередньо знижує їх експлуатаційні витрати та зменшує викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище. Наприклад, у виготовленні кузовів, компонентів підвісок, а також у виробництві електричних автомобілів, де вага має вирішальне значення для дальності поїздки на одному заряді, композиційні матеріали стають ідеальним рішенням.[31]

Зниження ваги конструкцій також має велике значення у будівництві, де композити дозволяють створювати легші, але не менш міцні будівельні елементи. Це може привести до значного зменшення витрат на транспортування матеріалів і роботу будівельної техніки, а також до зниження навантаження на інфраструктуру, що сприяє зменшенню загальних витрат на будівництво. Крім того, зменшення ваги матеріалів дозволяє скоротити витрати на їх виробництво, оскільки для виготовлення легших конструкцій потрібна менша кількість енергії. Отже, застосування композитних матеріалів у конструкціях дозволяє не лише поліпшити технічні характеристики і знизити витрати на обслуговування, а й значно зменшити енерговитрати, що є важливим фактором для досягнення економічної та екологічної ефективності в різних галузях.

### **Сфери застосування:**

#### **Будівництво:**

У будівництві композиційні матеріали використовуються для виготовлення несучих конструкцій, фасадів, а також теплоізоляційних та

шумоізоляційних матеріалів. Завдяки своїй легкості і міцності, композити дозволяють створювати конструкції, які мають високу механічну стійкість і здатні витримувати великі навантаження. Наприклад, в фасадах будівель часто використовуються композити, які забезпечують гарний зовнішній вигляд і одночасно мають високу стійкість до погодних умов. Для тепло- та шумоізоляції композити допомагають знижувати енергетичні витрати та покращувати комфорт у приміщеннях.

### **Медицина:**

У медицині композиційні матеріали застосовуються для виготовлення протезів, ортопедичних пристроїв та стоматологічних матеріалів. Наприклад, у створенні протезів кінцівок використовуються композити на основі вуглецевих або скляних волокон, які мають високу міцність при низькому вазі, що робить протези легкими та зручними для пацієнтів. Ортопедичні пристрої та імпланти також можуть виготовлятися з композитів, що дозволяє зменшити відмови від матеріалів, які можуть викликати відторгнення в організмі.

### **Транспорт:**

У транспортній галузі композити використовуються для виробництва автомобілів, літаків та кораблів завдяки їх легкості та міцності. В авіації композити на основі вуглецевих волокон активно застосовуються для виготовлення конструкцій літаків, що дозволяє знизити їх вагу і, відповідно, витрати пального. В автомобільній промисловості композити сприяють зменшенню маси транспортних засобів, що підвищує ефективність їх роботи та зменшує витрати пального. У суднобудуванні композити використовуються для виготовлення корпусів кораблів, що дозволяє досягти високої міцності при значному зниженні ваги, що є важливим для морських суден.

### **Енергетика:**

У енергетичній галузі композиційні матеріали застосовуються для виробництва лопатей вітрових турбін, а також для електроізоляційних елементів. Лопаті вітрових турбін виготовляються з композитів, щоб забезпечити їх легкість та стійкість до вітрових навантажень, а також для підвищення

ефективності генерації електроенергії. Для електроізоляційних елементів використовуються композити з високими електричними властивостями, які здатні витримувати високі напруги та температури, що робить їх незамінними для енергетичних установок.

Таким чином, композиційні матеріали з їх унікальними властивостями знаходять широке і різноманітне застосування в багатьох галузях, що робить їх важливими для досягнення високої ефективності, надійності та економічної вигоди в різних сферах промисловості.

### **Класифікація композиційних матеріалів**

Композиційні матеріали — це багатокомпонентні матеріали, створені для забезпечення властивостей, які неможливо досягти в однокомпонентних матеріалах. Їх класифікація може здійснюватися за кількома основними критеріями:

#### **1. За типом матриці**

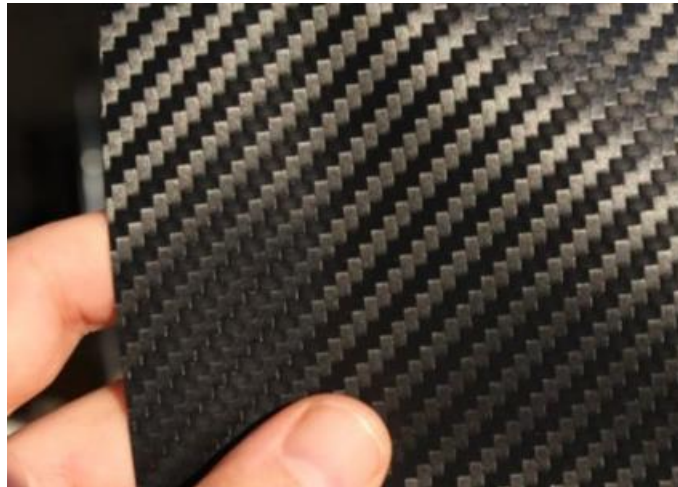
Матриця є основною фазою композиційного матеріалу, яка утримує наповнювач і забезпечує матеріалу загальні властивості.

##### **1. Полімерні композиційні матеріали (ПКМ):**

- Основою є полімери (термопласти або термореактивні смоли).
- Використовуються для виробництва легких, корозійностійких конструкцій.
- Приклади: склопластик, вуглепластик.



**Рис.6. Склопластик**



**Рис.7. Вуглепластик**

**2. Металеві композиційні матеріали (МКМ):**

- Матрицею є метали або їх сплави (алюміній, магній, титан).
- Вони поєднують високу міцність із пластичністю.
- Використовуються в авіації, автомобільній промисловості.

**3. Керамічні композиційні матеріали (ККМ):**

- Основою служить кераміка (алюмінати, карбіди, нітриди).
- Переваги: висока термостійкість і жорсткість.
- Застосовуються в турбінах, теплових екранах.

**4. Вуглецеві композиційні матеріали (ВКМ):**

- Матриця виготовляється з вуглецю або графіту.
- Мають чудові термо- та хімічні властивості.
- Використовуються в космічній та хімічній галузях.

**2. За типом наповнювача**

Наповнювач надає матеріалу специфічних властивостей (міцність, жорсткість, зносостійкість).

**1. Волокнисті композиційні матеріали:**

- Наповнювач — волокна (скловолокно, вуглецеве, базальтове, арамідне).
- Забезпечують високу міцність при мінімальній вазі.

- Приклад: вуглепластик для авіакосмічної техніки.

## **2. Дисперсно-напружені матеріали:**

- Наповнювачем є дрібні частинки (метали, оксиди, карбіди).
- Підвищують зносостійкість та міцність.
- Використання: інструментальні матеріали, абразиви.

## **3. Шаруваті матеріали:**

- Складаються з чергування шарів різних матеріалів (наприклад, метал-метал або метал-кераміка).
- Властивості: висока жорсткість, зменшення вібрацій.
- Приклади: металеві броні, конструкційні панелі.

## **4. Комбінаційні композиційні матеріали:**

- Об'єднують кілька типів наповнювачів (волокна і дисперсні частинки).
- Використовуються для створення багатофункціональних виробів.

## **3. За функціональними характеристиками**

Композиційні матеріали класифікуються залежно від їхнього призначення.

### **1. Конструкційні композиційні матеріали:**

- Використовуються для виготовлення несучих елементів.
- Переваги: міцність, жорсткість, легкість.
- Застосування: літаки, автомобілі, будівництво.

### **2. Функціональні композиційні матеріали:**

- Виконують специфічні функції (електропровідність, магнітні властивості).
- Наприклад, вуглецеві нанотрубки для електроніки.

### **3. Багатофункціональні матеріали:**

- Поєднують конструкційні й функціональні властивості.
- Приклад: самовідновлювальні матеріали, що підвищують довговічність конструкцій.
- Використання: медичні імпланти, інтелектуальні покриття.

## **4. За типом структури**

### **1. Однорідні композиційні матеріали:**

- Наповнювач рівномірно розподілений у матриці.
- Використовуються для ізотропних властивостей.

### **2. Гетерогенні матеріали:**

- Мають складну структуру (наприклад, шаруваті або мікроструктуровані).
- Використання: багатофункціональні конструкції.

### **3. Нанокompозити:**

- Використовують наночастинки як наповнювач.
- Мають унікальні механічні, термічні або оптичні властивості.
- Приклад: матеріали для сонячних батарей, нанопокриття.

## **5. За сферою застосування**

### **1. Автомобільна промисловість:**

- Композиційні матеріали для зниження ваги автомобілів (карбон).

### **2. Авіаційна та космічна техніка:**

- Високоміцні легкі матеріали для крил і фюзеляжів літаків.

### **3. Будівництво:**

- Полімербетон, армований пластик.

### **4. Медицина:**

- Біосумісні матеріали для імплантів, протезів.

### **5. Енергетика:**

- Композити для вітрових турбін, електролізерів.

## **Висновок**

Композиційні матеріали є невід'ємною частиною сучасного матеріалознавства та техніки. Їхні унікальні властивості забезпечують нові можливості в розробці інноваційних технологій і матеріалів, що відповідають викликам сьогодення, особливо у сфері екологічного будівництва та індивідуалізованого проектування.[36]

## 1.2 Сучасні тенденції у застосуванні композиційних матеріалів у будівельній галузі

Композиційні матеріали (або композити) широко використовуються в будівництві завдяки їхнім високим механічним властивостям, довговічності та легкій вазі. Основні тенденції їх застосування включають:

### 1. Розширення сфер застосування

**Зміцнення конструкцій:** Заміна традиційної сталеві арматури композитними матеріалами, такими як склопластикові або вуглепластикові стрижні, стає все більш поширеним рішенням у сучасному будівництві. Композити мають низку переваг, які сприяють підвищенню міцності та довговічності конструкцій.

Основною перевагою є стійкість до корозії. У той час як сталеві арматура може поступово руйнуватися під впливом вологи та агресивних хімічних речовин, композиційні стрижні залишаються стабільними навіть у найбільш несприятливих умовах, наприклад у морському середовищі або в бетоні з високим рівнем лугів. Це дозволяє значно знизити витрати на ремонт та обслуговування конструкцій.

Композити також мають високу міцність на розрив і низьку вагу. Це дає змогу створювати легші, але водночас надійні конструкції, зменшуючи навантаження на фундамент і спрощуючи процес монтажу. Завдяки цим властивостям композити часто використовують у будівництві мостів, тунелів, підпірних стін і навіть висотних будівель.

Застосування композитів дозволяє підвищити ефективність будівельних робіт, особливо в умовах, де корозія сталі є критичним фактором. Ця технологія сприяє створенню інноваційних рішень для довговічних і екологічно безпечних інфраструктур.

**Будівництво мостів і тунелів:** Сучасні мостові та тунельні конструкції дедалі частіше проектуються з використанням композитних матеріалів завдяки

їхній легкості, міцності та стійкості до корозії. Ці властивості роблять композити ідеальним вибором для інфраструктурних об'єктів, що зазнають постійного впливу вологи, температурних коливань і хімічних речовин.



**Рис.8 Будівництво мостів**

Легкість композитів дозволяє суттєво зменшити навантаження на фундамент конструкцій, що особливо важливо у випадках будівництва на слабких ґрунтах або при реконструкції існуючих об'єктів. Завдяки цьому інженери можуть застосовувати більш економічні рішення при проектуванні фундаментів, зменшуючи витрати на будівництво.

Стійкість до корозії значно підвищує довговічність мостів і тунелів, знижуючи потребу в частому ремонті чи заміні елементів. Композити не піддаються руйнуванню під впливом солей, кислот або лужних середовищ, що є критичним для конструкцій, які експлуатуються у складних кліматичних умовах або в місцях з інтенсивним використанням протиожеледних реагентів.

Також композиційні матеріали дозволяють зменшити тривалість будівельних робіт завдяки їх легкому транспортуванню та простоті монтажу. Ці переваги сприяють широкому впровадженню композитів у будівництві мостів і тунелів, забезпечуючи їхню надійність і тривалу експлуатацію.[28]

- **Фасадні системи:**

Композиційні матеріали стають невід'ємною частиною сучасних фасадних систем завдяки їхнім унікальним властивостям. Вони забезпечують поєднання

функціональності, естетики та енергоефективності, що відповідає сучасним вимогам архітектури та будівництва.

Однією з головних переваг композитів у фасадних системах є їхня здатність створювати естетично привабливий вигляд будівлі. Завдяки великій варіативності текстур, кольорів та форм, композити дозволяють втілювати найсміливіші дизайнерські рішення, зберігаючи при цьому міцність і довговічність.

Звуко- та теплоізоляційні властивості композитів сприяють підвищенню енергоефективності будівель. Вони зменшують тепловтрати взимку та перегрівання влітку, забезпечуючи комфортний мікроклімат усередині приміщень. Завдяки цьому значно знижуються витрати на опалення та кондиціонування.

Ще однією важливою перевагою є зниження ваги фасадних систем. Легкі композиційні панелі не створюють значного навантаження на конструкцію будівлі, що дозволяє використовувати їх у реконструкції старих споруд або у висотному будівництві. Це також спрощує процес транспортування та монтажу, що знижує загальні витрати на будівельні роботи.

Композити у фасадних системах є ефективним рішенням для створення довговічних, екологічних і привабливих будівель, що відповідають сучасним архітектурним стандартам

## **2. Екологічність та стійкість**

### **Використання відновлюваних джерел:**

Сучасні тенденції у виробництві композитів акцентують увагу на використанні відновлюваних ресурсів для створення екологічно чистих матеріалів. Біокомпозити, виготовлені із натуральних волокон, таких як льон, коноплі, або базальт, стають перспективним напрямом у будівельній галузі.

Такі матеріали поєднують високу міцність і легкість із екологічною стійкістю. Натуральні волокна, що використовуються у біокомпозитах, є біорозкладними та поновлюваними, що зменшує вуглецевий слід виробництва. Базальтові волокна, у свою чергу, демонструють високу термостійкість та

механічну міцність, що робить їх ідеальним вибором для будівельних конструкцій.

Біокомпозити все частіше використовують у виробництві теплоізоляційних панелей, облицювальних матеріалів і конструктивних елементів. Їх застосування сприяє створенню екологічно безпечних будівель із підвищеною енергоефективністю та довговічністю. Використання таких матеріалів є важливим кроком до зниження негативного впливу будівельної галузі на довкілля.

### **Переробка.**

Сучасний розвиток композитних матеріалів включає не лише створення нових, більш ефективних матеріалів, але й увагу до їхнього впливу на довкілля після завершення життєвого циклу. Переробка композитів, зокрема, розвиток технологій повторного використання компонентів композитів, стає важливою складовою частиною сталого розвитку будівельної галузі.

Традиційні композити, особливо ті, що містять полімерні матриці, були складними для переробки через їхню міцність і стійкість до хімічних і механічних змін. Однак, останнім часом значно покращилися технології для обробки таких матеріалів після завершення їхнього використання. Наприклад, сучасні методи термальної переробки дозволяють ефективно відокремлювати волокна від матриці, що дає змогу повторно використовувати їх у нових продуктах, таких як нові композиційні матеріали або будівельні елементи.

Інші технології, як механічне подрібнення або хімічне відновлення, також активно розвиваються. Це дозволяє знизити кількість відходів і повернути значну частину матеріалу до виробничого циклу. В результаті таких інновацій зростає ефективність використання композитних матеріалів, що сприяє зменшенню екологічного сліду будівельної галузі та покращенню її стійкості.

З огляду на зростаючий попит на екологічно чисті та сталі матеріали, переробка композитів стає важливим аспектом у досягненні сталого розвитку будівництва.

### **3. Інтеграція з цифровими технологіями**

**3D-друк композитів:** Однією з найсучасніших тенденцій у виробництві композитів є використання 3D-друку для створення складних конструкцій. Адитивні технології, зокрема 3D-друк, дозволяють виготовляти композиційні матеріали та компоненти з мінімальними витратами матеріалу та з високою точністю. Це відкриває нові можливості для будівництва, виробництва та дизайну, зокрема у створенні складних геометричних форм, які були б неможливі або економічно не вигідні за традиційними методами.

Процес 3D-друку композитів дозволяє застосовувати широкий спектр матеріалів, зокрема пластики, що змішуються з волокнами (наприклад, скловолокно чи вуглецеве волокно), що надає виробам необхідну міцність і легкість. Ці матеріали здатні витримувати значні навантаження, а завдяки адитивним технологіям можна оптимізувати використання матеріалу, зменшуючи відходи та знижуючи загальні витрати.[44]

Перевагою 3D-друку композитних матеріалів є також можливість створення конструкцій з індивідуальними характеристиками, що дозволяє адаптувати продукти під специфічні вимоги, такі як теплоізоляція, механічна міцність, або навіть естетичні параметри. Наприклад, 3D-друк композитів можна використовувати для виготовлення архітектурних елементів, меблів, прототипів або складних конструктивних компонентів для будівництва.

Використання 3D-друку для створення композитних елементів у будівництві і промисловості значно покращує ефективність виробництва, дозволяє зменшити витрати матеріалів і часу, а також відкриває нові можливості для інноваційних проектів з урахуванням унікальних потреб.

#### **4. Покращення властивостей матеріалів**

- **Збільшення вогнестійкості:**

Однією з тенденцій у розвитку композитних матеріалів є збільшення їхньої вогнестійкості. Це особливо важливо для застосувань у будівництві, авіації, космічній галузі та інших сферах, де безпека при високих температурах є критично важливою. Для цього активно розробляються нові матриці для

композитів, здатні витримувати екстремальні температури без втрати своїх фізичних і механічних властивостей.

Сучасні композиційні матеріали часто використовують термостійкі полімери або спеціальні вогнезахисні добавки до основних компонентів. Розробка нових термопластичних та термореактивних матриць дозволяє значно збільшити температуру, при якій матеріали можуть зберігати свою міцність та цілісність. Наприклад, полімери на основі фторопластів або кремнійорганічних сполук демонструють високу термостійкість і використовуються для виготовлення композитів, які можуть витримувати температури понад 300°C без деградації.

Водночас, застосування спеціальних вогнестійких наповнювачів, таких як вогнезахисні покриття, спеціальні мінеральні волокна або додавання інгібіторів горіння до матриці, дозволяє значно підвищити стійкість композитів до займання та поширення полум'я. Ці матеріали не лише поглинають тепло, а й створюють бар'єр, який перешкоджає горінню.

Збільшення вогнестійкості композитів дозволяє застосовувати їх у більш небезпечних та високотемпературних умовах, що значно розширює їхні можливості використання в будівельних конструкціях, транспортних засобах, електроніці та інших сферах, де високі температури є частим фактором. Розвиток таких матеріалів є важливим кроком до забезпечення більш високих стандартів безпеки та ефективності при використанні композитів.

### **Підвищення довговічності: застосування нанотехнологій для створення матеріалів із підвищеною стійкістю до корозії, ультрафіолету та механічного зносу**

Нанотехнології відкривають нові можливості для створення матеріалів, які мають значно покращені властивості, зокрема підвищену стійкість до корозії, ультрафіолетового випромінювання та механічного зносу. Включення наночасток у композиційні матеріали дозволяє значно збільшити їхню довговічність та зносостійкість, що є особливо важливим для використання таких матеріалів у складних умовах, зокрема в будівництві, автомобільній промисловості та аерокосмічній галузі.

Завдяки використанню наночасток, таких як графен, титановий діоксид, або наночастки оксидів металів, вдається створювати матеріали, що мають більш високий рівень захисту від впливу корозії. Ці частки утворюють на поверхні матеріалу захисні плівки, що запобігають проникненню води, кисню або хімічних сполук, які можуть викликати руйнування матеріалів. Окрім того, наночастки сприяють покращенню стійкості до ультрафіолетового випромінювання, знижуючи процеси старіння та знебарвлення поверхні під впливом UV-променів.

Також важливим аспектом є підвищення механічної міцності матеріалів. Включення наночасток дозволяє значно посилити структуру композитів, що забезпечує їх вищу стійкість до механічного зносу, подряпин та інших видів пошкоджень. Це особливо актуально для матеріалів, що використовуються в умовах високих навантажень і динамічних впливів.

Завдяки цим покращенням матеріали на основі нанотехнологій здатні служити довше, знижуючи необхідність у частому ремонті або заміні, що в кінцевому рахунку призводить до зниження витрат на обслуговування та підвищення ефективності використання ресурсів.

## **5. Економічна ефективність**

### **Зниження вартості виробництва: впровадження автоматизованих ліній для виготовлення композитів**

Впровадження автоматизованих ліній для виготовлення композитів є одним із факторів, що дозволяє значно знизити вартість їхнього виробництва. Автоматизація процесу виготовлення композитів дозволяє зменшити потребу в ручній праці, підвищити точність виробництва та знизити ймовірність помилок, що виникають при людському факторі. Водночас автоматизація сприяє оптимізації технологічних процесів, таких як дозування матеріалів, змішування, формування та обробка, що призводить до зменшення витрат на енергію та ресурси.

Автоматизовані лінії здатні працювати з більш високою швидкістю і при цьому забезпечують високу якість продукції, що дозволяє підприємствам

зменшити витрати на дефекти та переконфігурацію виробництва. Це також допомагає скоротити час виробничих циклів і збільшити обсяги виробництва, що робить композити більш доступними для широкого застосування в будівництві, автомобільній та інших галузях.

### **Тривалий термін служби: зниження витрат на обслуговування завдяки високій зносостійкості матеріалів**

Композити, виготовлені з використанням передових технологій та новітніх матеріалів, демонструють високу зносостійкість, що безпосередньо впливає на їхній тривалий термін служби. Завдяки такій властивості, ці матеріали потребують менше обслуговування та ремонту в процесі експлуатації. Висока зносостійкість дозволяє зменшити частоту ремонту або заміни компонентів, що значно знижує витрати на обслуговування та підвищує економічну ефективність використання матеріалів у довгостроковій перспективі.

Використання зносостійких композитних матеріалів також сприяє зниженню витрат на утилізацію відходів, оскільки вони мають більший термін служби, ніж традиційні матеріали, що знижує необхідність у частих замінах і ремонтних роботах. Це дає змогу організаціям заощаджувати кошти на всіх етапах життєвого циклу матеріалів — від виробництва до експлуатації та кінцевої утилізації.

Композиційні матеріали є елементом сучасного будівництва, сприяючи розвитку екологічно чистих, довговічних та функціональних конструкцій.

## **1.3 Екологічний аспект використання композиційних матеріалів**

Використання композиційних матеріалів у будівництві та промисловості має значний екологічний аспект, який враховує вплив на навколишнє середовище протягом всього життєвого циклу матеріалів — від видобутку сировини до утилізації чи повторного використання.

**1. Зменшення викидів CO<sub>2</sub> та енергозбереження:** Багато сучасних композиційних матеріалів, зокрема біокомпозити, виготовлені

із поновлюваних або вторинних ресурсів, таких як льон, коноплі чи перероблені пластики, мають значно менший вуглецевий слід порівняно з традиційними матеріалами, такими як метал чи бетон. Виробництво композитних матеріалів, таких як пластики, армовані волокнами, може потребувати менше енергії, ніж виробництво сталі або бетону, що веде до зменшення загальних викидів парникових газів. Це допомагає в боротьбі з глобальними змінами клімату та сприяє зниженню негативного впливу на навколишнє середовище.

## **2. Поновлювані та біорозкладні матеріали:**

Однією з основних переваг використання композитів на основі натуральних волокон (наприклад, льон, коноплі, базальт) є їх біорозкладність. Вони можуть розкладатися природним шляхом після завершення свого життєвого циклу, зменшуючи кількість відходів, які потрапляють на полігони. Біокомпозити мають потенціал для заміни традиційних пластиків і інших матеріалів, які можуть залишатися в навколишньому середовищі століттями. Виготовлені з природних волокон композити мають менший негативний вплив на екосистеми, оскільки вони не викликають забруднення довкілля токсичними речовинами при розкладі.

## **3. Переробка та повторне використання:**

Однією з тенденцій у розвитку композитних матеріалів є впровадження технологій, які дозволяють ефективно переробляти та повторно використовувати матеріали після завершення їхнього життєвого циклу. Відходи композитів можуть бути перероблені в нові матеріали або використані для виготовлення нових компонентів. Наприклад, деякі композити, такі як склопластик чи вуглепластик, можуть бути перероблені у виготовленні інших конструктивних елементів або в технічних застосуваннях, знижуючи обсяг відходів і потребу в нових природних ресурсах.

## **4. Стійкість до агресивних умов та довговічність:**

Композиційні матеріали часто мають вищу стійкість до корозії, впливу ультрафіолетового випромінювання, хімічних сполук, що робить їх ідеальними для використання в екстремальних умовах. Завдяки своїй довговічності та

стійкості до зношування, композити знижують потребу в частій заміні матеріалів, що допомагає зменшити кількість будівельних відходів і ресурсоемність. Зокрема, у будівництві, використання композитних матеріалів дозволяє значно продовжити термін експлуатації конструкцій, зменшуючи частоту необхідних ремонтів або реконструкцій.

#### **5. Енергоефективність у будівництві:**

У будівельній галузі композиційні матеріали можуть застосовуватися для виготовлення енергоефективних конструкцій, таких як теплоізоляційні панелі та фасади, що сприяють зниженню енергоспоживання будівель. Завдяки своїм теплоізоляційним властивостям, композити допомагають знижувати витрати на опалення та охолодження будівель, що в свою чергу зменшує викиди парникових газів. Вибір композитних матеріалів у конструкціях дозволяє досягти високих показників енергоефективності та зменшити споживання енергоресурсів.

#### **6. Забруднення та токсичність матеріалів:**

Хоча більшість композитних матеріалів є значно більш екологічними за традиційні матеріали, існують деякі виклики, пов'язані з використанням токсичних речовин, таких як певні смоли, що можуть використовуватись для зв'язування волокон. Важливою тенденцією є розробка нових, екологічно чистих смол і матриць, які не містять шкідливих хімічних сполук. Це дозволяє зменшити токсичний вплив композитних матеріалів на довкілля під час їх виробництва та утилізації.

Таким чином, екологічний аспект використання композиційних матеріалів має кілька переваг, зокрема зниження викидів CO<sub>2</sub>, використання поновлюваних ресурсів, переробка та підвищення довговічності матеріалів. Однак, для максимального зменшення негативного впливу на природу важливо продовжувати вдосконалення технологій переробки та зменшення токсичності використовуваних компонентів.

## ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ I

У першому розділі роботи було проведено аналіз теоретичних засад використання композиційних матеріалів у будівництві, що дозволило визначити їхню значущість для сучасної інженерної практики. Композиційні матеріали, завдяки поєднанню унікальних властивостей, отриманих від матриці та армувального елемента, забезпечують високі показники міцності, довговічності, легкості та стійкості до зовнішніх впливів. Дані характеристики відкривають нові можливості у розробці інноваційних конструкцій, адаптованих до специфічних потреб будівельних проєктів.

Розглянуто класифікацію композиційних матеріалів за типом матриці (органічна, металева, керамічна) та армувальних елементів (волокна, частинки, тканини, стрічки). Такий підхід до класифікації дозволяє глибше зрозуміти природу їхніх властивостей та визначити оптимальні сфери застосування. Наприклад, органічні матриці з армуванням волокнами використовуються у легких конструкціях, тоді як металеві або керамічні композиційні матеріали мають перевагу у високоінтенсивних умовах, таких як мости чи промислові споруди.

У процесі дослідження було окреслено основні технології виготовлення композиційних матеріалів, серед яких формування методом укладання шарів, лиття, пресування та інші. Ці технології забезпечують створення матеріалів з необхідними властивостями, але водночас вимагають врахування особливостей виробничого процесу для досягнення оптимальних результатів.

Особливу увагу було приділено екологічним аспектам застосування композиційних матеріалів. У дослідженні наголошено на можливості зменшення споживання природних ресурсів, а також підвищення енергоефективності та довговічності будівельних об'єктів. Важливо також враховувати виклики, пов'язані з утилізацією таких матеріалів, що може потребувати додаткових інноваційних підходів у майбутньому.

Загалом, аналіз теоретичних основ підтвердив, що композиційні матеріали є не лише перспективним напрямом у сучасному будівництві, а й інструментом, який сприяє реалізації завдань сталого розвитку, інноваційного будівництва та підвищення конкурентоспроможності проєктів. Теоретичні напрацювання стануть базою для подальших досліджень у рамках роботи, зокрема для розробки методики викладання теми «Композиційні матеріали в будівництві».

## **РОЗДІЛ II: МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ "КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ"**

### **2.1 Основи методології викладання дисциплін у професійній освіті**

Методологія викладання дисциплін у професійній освіті є основою для ефективного навчання здобувачів освіти, які готуються до професійної діяльності в технічних галузях. Вона включає теоретичні та практичні підходи, що забезпечують оволодіння знаннями та вміннями, необхідними для успішної професійної кар'єри. Основи методології викладання технічних дисциплін базуються на низці принципів, стратегій і методів, що сприяють розвитку компетенцій у майбутніх фахівців.

#### **1. Принципи методології викладання технічних дисциплін**

##### **1.1. Принцип практичної спрямованості навчання**

Технічні дисципліни є важливою складовою професійної освіти, і їх практична спрямованість вимагає застосування специфічних підходів до викладання, які забезпечують ефективне засвоєння знань і вмінь здобувачами освіти. Принцип максимального зв'язку теорії з практикою полягає в тому, що теоретичні знання повинні бути перевірені та закріплені через практичне застосування. Це дозволяє здобувачам освіти не тільки засвоювати абстрактні концепції, але й набувати досвіду, що є важливим для майбутньої професійної діяльності.

Для реалізації цього принципу використовуються різноманітні методи і техніки. Лабораторні роботи дають можливість здобувачам освіти проводити експерименти, спостерігати за результатами і отримувати практичні навички в умовах, наближених до реальних. Тренажери і симулятори є важливим інструментом для моделювання складних ситуацій, де здобувачі освіти можуть застосовувати свої знання без ризику для життя або майна.

Практичні заняття на підприємствах та майстер-класи надають здобувачам освіти унікальну можливість працювати з реальними матеріалами, технікою і

технологіями, а також взаємодіяти з фахівцями, які вже працюють у галузі. Це дозволяє не лише підвищити рівень практичної підготовки, а й адаптувати здобувачів освіти до умов реального виробничого середовища. Таким чином, зв'язок теорії з практикою є основою для формування професійної компетентності в технічних дисциплінах.

## **1.2. Принцип активізації пізнавальної діяльності здобувачів освіти**

Викладання технічних дисциплін повинно орієнтуватися на активну участь здобувачів освіти в процесі навчання, щоб максимально розвивати їхні практичні та аналітичні навички. Активне навчання сприяє формуванню критичного мислення та здатності до самостійного розв'язання проблем, що є надзвичайно важливим для професіонала у технічній сфері. Для цього використовуються різноманітні методи, які забезпечують інтерактивний підхід до навчання.

Одним із таких методів є проблемне навчання, яке передбачає подання здобувачам освіти практичних задач, що вимагають застосування теоретичних знань для їх вирішення. Це дозволяє не лише засвоїти матеріал, а й розвивати здатність до аналізу та пошуку оптимальних рішень. Здобувачі освіти вчаться орієнтуватися в реальних виробничих умовах, де часто потрібно адаптувати теоретичні знання до конкретних ситуацій.

Проектна діяльність є ще одним важливим елементом активного навчання. Вона включає в себе розробку проектів, де здобувачі освіти працюють над реальними або змодельованими завданнями, що дозволяє їм краще усвідомлювати процеси проектування та виробництва. Це не лише розвиває творчі та технічні здібності, але й допомагає здобувачам освіти розуміти важливість колективної роботи та взаємодії в команді. [35]

Робота в малих групах стимулює комунікацію між здобувачами освіти, даючи їм можливість обмінюватися ідеями, поглиблювати знання через дискусії, а також розвивати навички роботи в команді. В умовах групової роботи зростає й мотивація до навчання, оскільки кожен учасник має конкретну відповідальність за успіх колективного завдання.

Нарешті, вирішення реальних виробничих задач є важливим етапом навчального процесу, оскільки здобувачі освіти отримують можливість працювати з реальною технікою, матеріалами та технологіями. Це дозволяє не тільки поглибити їхні знання, але й застосувати їх на практиці, що є критично важливим для розвитку їхніх професійних компетенцій.

Таким чином, використання методів активного навчання в технічних дисциплінах дозволяє значно підвищити ефективність навчального процесу, сприяє розвитку критичного мислення та творчих здібностей здобувачів освіти, а також підвищує їхню готовність до реальних виробничих ситуацій.

### **1.3. Принцип інтеграції знань**

Інтеграція знань з різних дисциплін є важливим елементом у викладанні технічних дисциплін, оскільки дозволяє здобувачам освіти отримувати цілісне розуміння різних аспектів професійної діяльності. Технічні дисципліни часто мають міждисциплінарний характер, що вимагає поєднання знань з математики, фізики, хімії, інженерії, комп'ютерних наук та інших галузей. Застосування міждисциплінарних підходів дозволяє здобувачам освіти не лише освоювати конкретні технічні навички, але й розуміти, як вони взаємодіють із іншими сферами знань.

Інтеграція знань допомагає розвивати у здобувачів освіти здатність до комплексного мислення, коли вони можуть оцінити проблему з різних точок зору та врахувати вплив різних факторів. Наприклад, у проектуванні технічних систем чи розробці нових матеріалів важливо враховувати не лише технологічні, але й економічні, екологічні та соціальні аспекти. Використовуючи міждисциплінарний підхід, здобувачі освіти здобувають навички, необхідні для ефективного вирішення реальних завдань у професійному середовищі.[28]

Інтеграція знань дозволяє підвищити ефективність навчання, оскільки здобувачі освіти розуміють, як теоретичні основи з різних дисциплін можуть бути застосовані до вирішення конкретних проблем. Наприклад, у навчальному процесі з будівництва можна поєднувати знання з матеріалознавства, інженерії

та екології, щоб здобувачі освіти мали змогу оцінювати вплив вибору матеріалів на стійкість будівель та їх екологічну безпеку.

Такий підхід також сприяє розвитку навичок роботи в команді, оскільки міждисциплінарні проекти часто вимагають взаємодії фахівців з різних галузей. В результаті здобувачі освіти навчаються співпрацювати з іншими спеціалістами, що є важливою складовою їх професійної підготовки. Таким чином, інтеграція знань з різних дисциплін забезпечує більш ефективну підготовку здобувачів освіти, дозволяючи їм не лише засвоювати теоретичні основи, але й успішно застосовувати їх у реальних умовах.

#### **1.4. Принцип науково-дослідницької діяльності**

Залучення здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності є важливим аспектом методології викладання технічних дисциплін, оскільки воно сприяє розвитку низки важливих компетентностей, які є критично важливими для професійного зростання майбутніх фахівців. Науково-дослідницька діяльність дозволяє здобувачам освіти не лише здобувати нові знання, але й розвивати навички, необхідні для самостійної роботи, аналізу та розв'язання складних технічних задач.

Основним результатом такого підходу є формування здатності до **самостійного пошуку інформації**, що є необхідним для розвитку професійних навичок. Здобувачі освіти вчаться не лише застосовувати наявні знання, а й знаходити нові джерела інформації, аналізувати їх, а також оцінювати їхню достовірність та значущість для розв'язання конкретних задач. Цей процес допомагає розвивати **критичне мислення**, оскільки здобувачі освіти мають порівнювати різні джерела та підходи до вирішення однієї і тієї ж проблеми. [26] Залучення до науково-дослідницької діяльності також сприяє розвитку **наукового підходу** до вирішення технічних проблем. Під час дослідницької роботи здобувачі освіти повинні формулювати гіпотези, проводити експерименти, обробляти та інтерпретувати дані, а також робити висновки. Ці навички є важливими для майбутньої професійної діяльності, оскільки в

реальній роботі технічні спеціалісти часто стикаються з необхідністю вирішення нових і складних задач, що потребують системного та обґрунтованого підходу.

**Науково-дослідницька діяльність** також дозволяє здобувачам освіти ознайомитися з останніми досягненнями науково-технічного прогресу, отримати практичний досвід у використанні новітніх технологій та інструментів, що дозволяє їм бути конкурентоспроможними на ринку праці. Через участь у наукових проектах, конференціях, публікаціях та інших наукових заходах, здобувачі освіти здобувають навички, які підвищують їхній потенціал і дозволяють формувати кар'єру в науково-технічній сфері.

В результаті, залучення здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності сприяє їх комплексному розвитку, дозволяючи не тільки засвоювати теоретичні знання, але й здобувати практичні навички пошуку, аналізу і вирішення складних технічних задач за допомогою наукового підходу. Це є важливим кроком до формування висококваліфікованих спеціалістів, які можуть активно впливати на розвиток галузі.[25]

## **2. Методи викладання технічних дисциплін**

### **2.1. Традиційні методи**

Лекції, семінари, лабораторні роботи та інші форми навчання є основними методами викладання технічних дисциплін, що забезпечують систематичне засвоєння теоретичних знань і сприяють розвитку необхідних навичок для розуміння та застосування технічних концепцій. Лекції надають здобувачам освіти загальне уявлення про предмет, де викладач презентує основні поняття та теорії технічних дисциплін. Важливою складовою лекцій є використання наочних матеріалів, таких як слайди та графіки, що допомагають краще засвоїти матеріал.

Семінари дають можливість глибше опрацювати конкретні аспекти теми, обговорювати питання та вирішувати задачі. Вони сприяють розвитку аналітичних навичок і критичного мислення, а також допомагають здобувачам освіти зрозуміти і застосувати теоретичні знання на практиці.

Лабораторні роботи є невід'ємною частиною навчання, оскільки дозволяють застосувати теорію на практиці, працюючи з конкретним обладнанням, приладами та технологіями. Це дає можливість закріпити знання, проводячи експерименти, вимірювання та аналізуючи отримані результати. Інші форми навчання, такі як курсові проекти, майстер-класи та практичні заняття на підприємствах, дозволяють здобувачам освіти вирішувати реальні технічні задачі і працювати в умовах, наближених до професійної діяльності.

Усі ці методи сприяють формуванню комплексних знань і навичок, необхідних для успішного розуміння технічних дисциплін, та підготовки здобувачів освіти до професійної діяльності в технічних сферах.

## **2.2. Активні методи навчання**

Використання методів, таких як групова робота, дискусії, проблемне навчання та проектна діяльність, дозволяє здобувачам освіти не лише отримувати теоретичні знання, а й активно застосовувати їх у реальних або змодельованих умовах. Групова робота сприяє розвитку командних навичок, дозволяє обговорювати різні підходи до вирішення проблем і знаходити оптимальні рішення. Дискусії стимулюють критичне мислення, допомагають аналізувати різні точки зору і розвивати вміння обґрунтовувати власні думки.

Проблемне навчання фокусується на вирішенні конкретних задач, що сприяє розвитку аналітичних і практичних навичок. Здобувачі освіти вчаться знаходити рішення для реальних технічних проблем, що є важливою складовою професійної підготовки. Проектна діяльність, в свою чергу, дає можливість працювати над реальними проектами, розробляти технічні рішення, виконувати дослідження та обґрунтовувати вибір методів і технологій. Це допомагає сформувати практичні навички, необхідні для ефективної професійної діяльності в технічних галузях.[11]

## **2.3. Інтерактивні технології**

Використання комп'ютерних програм, симуляторів та віртуальних лабораторій є невід'ємною частиною сучасного навчального процесу, особливо у сфері технічних дисциплін та професійної освіти. Ці інструменти надають

здобувачам освіти унікальну можливість в інтерактивній формі освоювати складні технічні концепції, моделювати реальні процеси та експериментувати без ризику для обладнання або навколишнього середовища. Наприклад, симулятори можуть бути використані для навчання зварюванню, будівництву або керуванню складним обладнанням, дозволяючи здобувачам освіти поступово освоювати практичні навички у безпечних умовах.

Віртуальні лабораторії створюють можливість проводити експерименти, які потребують дорогого обладнання чи специфічних умов, що робить їх особливо цінними для навчальних закладів із обмеженим фінансуванням. Вони дозволяють моделювати різні сценарії, змінювати параметри та одразу бачити результати, тим самим поглиблюючи розуміння теоретичних знань через їх практичне застосування.

Інтерактивне навчання, побудоване на цих технологіях, активно залучає здобувачів освіти до процесу пізнання, стимулює їхню активну участь у заняттях та формує мотивацію до навчання. Використання ігрових елементів (гейміфікації), змагань та інтерактивних завдань перетворює навчання на захопливий процес, де здобувачі освіти стають не пасивними споживачами знань, а активними учасниками освітнього процесу.[16]

Крім того, цифрові технології забезпечують гнучкість у навчанні: здобувачі можуть самостійно обирати темп, час і місце для роботи з матеріалами. Це сприяє розвитку самоосвітньої компетентності, адже вони вчаться організовувати свій освітній процес, аналізувати інформацію та знаходити шляхи її практичного застосування.

Таким чином, інтеграція цифрових технологій, таких як комп'ютерні програми, симулятори та віртуальні лабораторії, не лише підвищує якість освіти, але й формує сучасні компетенції, які необхідні здобувачам освіти для ефективної діяльності в умовах цифрової економіки.

#### **2.4. Модульне навчання**

Метод модульного навчання полягає в розбитті навчальної програми на логічно завершені одиниці – модулі. Кожен модуль є автономною структурою, яка

містить чітко визначені цілі, очікувані результати навчання, змістовні компоненти, методи і засоби оцінювання. Такий підхід дозволяє здобувачам освіти засвоювати знання поступово, концентруючись на окремих темах і концепціях.

#### **Основні переваги модульної системи:**

1. **Послідовність і структура:** модулі забезпечують логічну організацію навчального процесу, де кожна тема або навичка формується поступово, закріплюючи попередній матеріал.
2. **Гнучкість:** здобувачі освіти можуть працювати в індивідуальному темпі, що особливо важливо для різнорівневих груп або дистанційного навчання.
3. **Персоналізація:** модульна система дає можливість враховувати індивідуальні потреби і можливості здобувачів освіти, дозволяючи поглиблювати знання у визначених темах або адаптувати обсяг матеріалу.
4. **Контроль і корекція:** модулі передбачають проміжний контроль знань і навичок після кожного етапу, що дозволяє вчасно виявити прогалини і коригувати процес навчання.
5. **Практична спрямованість:** кожен модуль часто має практичну складову, яка дозволяє здобувачам освіти застосувати отримані знання для вирішення конкретних задач.

#### **Етапи модульного навчання:**

1. **Планування:** визначення цілей і структури кожного модуля відповідно до загальної програми.
2. **Реалізація:** подача матеріалу в рамках окремого модуля, застосування практичних завдань і інтерактивних методів.
3. **Оцінювання:** перевірка засвоєння матеріалу, аналіз результатів і підготовка до переходу до наступного модуля.

#### **Приклади використання:**

- У професійній освіті модулі можуть бути присвячені окремим етапам технологічного процесу, наприклад, модуль «Складання проєктів» у будівництві або «Технології автоматичного зварювання».

- У загальноосвітніх дисциплінах це можуть бути теми, як-от «Основи екологічної безпеки» або «Програмування на Python».

Модульний підхід створює сприятливі умови для ефективного і структурованого навчання, формуючи у здобувачів освіти комплексні знання і практичні компетенції.

### **3. Оцінка результатів навчання**

#### **3.1. Форми оцінки**

Оцінювання досягнень здобувачів освіти є важливою складовою освітнього процесу, яка дозволяє визначити рівень засвоєння навчального матеріалу, сформованість компетенцій і готовність до професійної діяльності. Використовуються різноманітні форми оцінювання, кожна з яких має свої цілі та переваги:

- Тести: застосовуються для швидкої перевірки знань і навичок, особливо теоретичного характеру. Тести можуть бути як стандартизованими, так і адаптованими під конкретний курс.
- Курсові роботи: дозволяють оцінити здатність здобувачів освіти до самостійної роботи, аналізу інформації, обґрунтування рішень і створення структурованого результату.
- Практичні завдання: забезпечують перевірку навичок і вмінь у виконанні конкретних завдань, що мають прикладне значення.
- Проєкти: формують і оцінюють здатність працювати в команді, креативність, інноваційність і практичне застосування знань. Проєктний підхід дозволяє здобувачам освіти інтегрувати теоретичні знання у вирішення реальних завдань.
- Екзамени: комплексно оцінюють знання та навички, отримані протягом навчання, охоплюючи як теоретичну, так і практичну складову.
- Інші методи: захист презентацій, дискусії, портфоліо досягнень, спостереження та інтерв'ю можуть використовуватися для формування багатовимірної оцінки.

Оцінка повинна бути неупередженою, об'єктивною, охоплювати як теоретичні, так і практичні аспекти. Для цього доцільно застосовувати прозорі критерії оцінювання та надавати зворотний зв'язок здобувачам освіти.[9]

### **3.2. Рефлексія та самооцінка**

Рефлексія та самооцінка відіграють значну роль у освітньому процесі, допомагаючи здобувачам освіти краще зрозуміти свої сильні та слабкі сторони. Ці процеси стимулюють розвиток навичок самостійного аналізу й планування власного навчання.

- Рефлексія: включає осмислення отриманого досвіду, визначення його значущості, аналіз досягнутих результатів і виявлення помилок. Цей процес сприяє розвитку критичного мислення, формуванню стратегії подальшого навчання і професійного розвитку.
- Самооцінка: здобувачі освіти оцінюють власні досягнення, співставляючи їх із заданими критеріями. Це допомагає розвивати відповідальність за результати навчання та сприяє самовдосконаленню.

Інтеграція рефлексії та самооцінки в процес оцінювання може здійснюватися через ведення навчальних щоденників, анкетування, самоаналіз виконаних робіт і спільне обговорення результатів із викладачем.

### **3.3. Компетентнісний підхід**

Компетентнісний підхід в оцінюванні акцентує увагу не лише на перевірці знань, а й на оцінці сформованих умінь, навичок і здатності до їхнього застосування у реальних ситуаціях.

- Оцінка знань: визначення рівня теоретичної підготовки здобувачів освіти.
- Оцінка вмінь: перевірка здатності виконувати практичні завдання, аналізувати інформацію, приймати рішення.
- Оцінка навичок: перевірка здатності ефективно застосовувати знання та вміння у виробничих умовах.

Цей підхід орієнтований на реальні потреби професійної діяльності, що дозволяє готувати фахівців, які можуть адаптуватися до змін у виробничому середовищі, вирішувати складні завдання і демонструвати високий рівень професіоналізму.

Переваги інтеграції компетентнісного підходу:

- Забезпечення відповідності освітнього процесу вимогам ринку праці.
- Формування у здобувачів освіти здатності до самостійного навчання протягом життя.
- Підвищення мотивації здобувачів освіти через практичну орієнтацію навчального процесу.

Комплексне застосування цих трьох складових (різних форм оцінювання, розвитку рефлексії та компетентнісного підходу) дозволяє створити ефективну систему оцінювання, що сприяє професійному зростанню здобувачів освіти.

## **4. Використання сучасних технологій**

### **4.1. Цифрові технології**

Інноваційні цифрові технології трансформують сучасну освіту, роблячи її більш гнучкою, доступною та індивідуалізованою. Їх використання охоплює різноманітні інструменти та платформи, які підвищують ефективність навчального процесу:

- **Онлайн-платформи для навчання:** такі платформи, як Moodle, Google Classroom, або Coursera, забезпечують доступ до матеріалів, організовують навчання та оцінювання в інтерактивній формі. Вони дозволяють викладачам створювати навчальні курси, відстежувати прогрес здобувачів освіти і забезпечувати зворотний зв'язок.
- **Віртуальна і доповнена реальність (VR/AR):** ці технології відкривають нові можливості для практичного навчання. Наприклад, VR дозволяє здобувачам освіти працювати в змодельованих середовищах (будівельні об'єкти, виробничі цехи), а AR накладає цифрові елементи на реальний світ для інтерактивного дослідження об'єктів і процесів.
- **Системи управління навчанням (LMS):** LMS, такі як Canvas або Blackboard, допомагають організувати освітній процес, створювати модульні курси, автоматизувати перевірку завдань і відстежувати академічну успішність.

- **Цифрові засоби для співпраці:** інструменти, як-от Zoom, Microsoft Teams, або Google Meet, підтримують дистанційне навчання, дозволяючи організувати відео-лекції, групові проекти та дискусії в режимі реального часу.

Завдяки цифровим технологіям освітній процес стає більш персоналізованим, оскільки здобувачі освіти мають змогу навчатися у власному темпі, обирати теми для поглибленого вивчення та отримувати індивідуальні рекомендації від викладачів.

#### 4.2. Інтернет-ресурси

Інтернет відкриває безмежні можливості для самостійного навчання і вдосконалення знань здобувачів освіти. Основні ресурси, які активно використовуються в освітньому процесі:

- **Веб-сайти з навчальними матеріалами:** наприклад, Khan Academy, Coursera, Prometheus, які пропонують безкоштовний або платний доступ до якісного контенту.
- **Онлайн-курси та відео-лекції:** такі ресурси, як Udemu чи YouTube (канали TED-Ed, CrashCourse), дозволяють здобувачам освіти вивчати складні теми в зручному форматі.
- **Електронні бібліотеки та бази даних:** ресурси, як-от Google Scholar, JSTOR або Наукова електронна бібліотека України (URAN), забезпечують доступ до наукових статей, підручників і монографій.
- **Форуми та спільноти:** спеціалізовані платформи, такі як Stack Overflow для програмістів, допомагають вирішувати професійні завдання, обмінюватися знаннями та отримувати консультації.

Інтернет-ресурси сприяють розвитку навичок самостійного навчання, критичного мислення та інформаційної грамотності. Вони дозволяють здобувачам освіти не лише вивчати навчальні теми, але й отримувати додаткові знання, які виходять за межі стандартної програми.[7]

Інтеграція цифрових технологій та інтернет-ресурсів у освітній процес створює інноваційне середовище, яке відповідає викликам сучасності та сприяє формуванню конкурентоспроможних фахівців.

## **5. Роль викладача у процесі навчання**

### **5.1. Фасилітатор навчання**

Викладач в сучасному навчальному процесі виступає не лише як джерело знань, а й як фасилітатор (помічник), який сприяє розвитку навичок самостійного навчання у здобувачів освіти. Він допомагає організувати освітній процес, підтримує мотивацію і стимулює досягнення високих результатів.

### **5.2. Постійний професійний розвиток**

Викладачі технічних дисциплін повинні постійно удосконалювати свої професійні навички, впроваджуючи нові методи та інструменти, що відповідають вимогам сучасного ринку праці і технічного розвитку. Постійний розвиток техніки та технологій вимагає від педагогів гнучкості, здатності до адаптації та опанування інноваційних підходів, що сприяють підвищенню ефективності навчального процесу.

Удосконалення професійних навичок включає участь у фахових семінарах, конференціях, тренінгах, освоєння сучасних цифрових технологій і платформ, створення та впровадження навчально-методичних матеріалів, розроблених відповідно до останніх досягнень науки й техніки. Також важливим є обмін досвідом між колегами, співпраця з роботодавцями та профільними організаціями для кращого розуміння сучасних вимог до спеціалістів у технічних галузях.

Таким чином, методологія викладання технічних дисциплін у професійній освіті є комплексним підходом, який поєднує теоретичні знання з практичними вміннями та навичками, сприяючи розвитку компетенцій у здобувачів освіти та їх готовності до професійної діяльності. Ця методологія включає системний аналіз навчальних програм, використання інтерактивних і практико-орієнтованих методів навчання, інтеграцію проектної діяльності та виробничої

практики, що дозволяє формувати в здобувачів освіти необхідні навички для успішної роботи в обраній галузі.

Використання новітніх освітніх технологій, таких як цифрові симуляції, віртуальна реальність, дистанційне навчання, сприяє кращому засвоєнню матеріалу, розвитку критичного мислення та навичок вирішення практичних завдань. Залучення здобувачів освіти до дослідницької діяльності, участі в конкурсах, олімпіадах і науково-практичних заходах також сприяє формуванню у них творчого мислення, вміння працювати в команді та приймати самостійні рішення.

## **2.2 Використання цифрових технологій у викладанні теми "композиційні матеріали"**

### **1. Вступ до теми**

Композиційні матеріали є одним з основних напрямків у розвитку сучасної промисловості, оскільки вони поєднують в собі найкращі властивості різних матеріалів, що дозволяє створювати продукти з оптимальними характеристиками. До основних властивостей композиційних матеріалів можна віднести високу міцність при низькій вазі, корозійну стійкість, термостійкість та можливість налаштовувати властивості матеріалу відповідно до специфічних вимог. Вони широко використовуються в авіації, космонавтиці, будівництві, автомобільній та електронній промисловості, що робить їх вивчення важливим для підготовки кваліфікованих фахівців у технічних галузях.[15]

Використання цифрових технологій у викладанні цієї теми дає можливість значно підвищити ефективність навчання. Цифрові інструменти допомагають зробити матеріал більш доступним і зрозумілим для здобувачів освіти завдяки візуалізації складних наукових і технічних концепцій. Наприклад, використання 3D-моделювання дозволяє візуалізувати будову композиційних матеріалів, а також процеси їх виробництва чи експлуатації в реальних умовах. Це дає

студентам можливість "побачити" властивості матеріалів, що важко передати лише через текст чи традиційні схеми.

Крім того, інтерактивні методи, такі як відео-лекції, симуляції та онлайн-тести, дозволяють залучити здобувачів освіти до активної роботи, сприяючи кращому засвоєнню матеріалу. Цифрові платформи для створення тестових завдань забезпечують миттєвий зворотний зв'язок, що дозволяє швидко коригувати рівень знань студентів та виявляти прогалини в їх розумінні теми. Завдяки цьому викладання стає більш персоналізованим, що позитивно впливає на якість навчання.

Таким чином, використання цифрових технологій дозволяє зробити вивчення композиційних матеріалів не лише більш захоплюючим, а й ефективним, забезпечуючи високий рівень інтерактивності та залучення здобувачів освіти до процесу навчання. Це допомагає студентам краще розуміти складні наукові концепції та готуватися до майбутньої професійної діяльності в умовах сучасних технологій.

## **2. Методи застосування цифрових технологій**

Мультимедійні презентації є інструментом для візуалізації інформації про композиційні матеріали (КМ). За допомогою таких презентацій можна ефективно продемонструвати структуру композиційних матеріалів, показуючи, як різні компоненти, такі як армувальні волокна та матриці, взаємодіють між собою на мікрорівні, що надає матеріалу необхідні властивості. Завдяки анімаціям та високоякісним зображенням студенти можуть вивчити, як ці матеріали виготовляються та застосовуються в різних галузях.

Крім того, мультимедійні презентації дозволяють порівнювати властивості композиційних матеріалів, такі як міцність, термостійкість, вага та корозійна стійкість. Анімації можуть ілюструвати, як ці матеріали поведуться в різних умовах, наприклад, при великих навантаженнях або високих температурах, що дозволяє студентам краще зрозуміти, чому саме КМ використовуються в таких складних галузях, як авіація чи космонавтика.

Ще одним важливим аспектом є демонстрація реальних прикладів використання композиційних матеріалів у таких сферах, як будівництво, транспорт та авіація. Презентація може містити фотографії та відео, які показують, як КМ використовуються у виготовленні будівельних конструкцій, автомобілів, літаків та інших технічних пристроїв. Це допомагає студентам побачити, як теоретичні знання застосовуються на практиці.

Мультимедійні презентації також дають змогу інтегрувати інтерактивні елементи, які дозволяють студентам досліджувати матеріал самостійно. Наприклад, можна додавати кнопки для перегляду додаткової інформації про конкретні матеріали або перевірки їх властивостей. Це сприяє кращому засвоєнню інформації та дозволяє здобувачам освіти глибше зануритися в тему.

Завдяки мультимедійним презентаціям студенти отримують можливість не лише зрозуміти складні наукові концепції, а й побачити реальні приклади їхнього застосування, що робить навчання більш ефективним та цікавим.

**3D-моделювання** є потужним інструментом для демонстрації процесу створення композиційних матеріалів (КМ) або симуляції їхнього використання в реальних умовах. Використання програм, таких як AutoCAD або SolidWorks, дозволяє студентам візуалізувати складні технічні процеси, які важко уявити без допомоги наочного зображення.

Завдяки 3D-моделюванню можна створити віртуальну модель композиційного матеріалу, що дає змогу побачити, як виглядає матеріал на молекулярному рівні, а також як його компоненти взаємодіють між собою. Такі моделі можуть включати різні варіанти армувальних компонентів, матриць та їх поєднання, що дозволяє студентам вивчити, як змінюється структура матеріалу в залежності від його складу.[18]

Крім того, 3D-моделювання можна використовувати для симуляції застосування композиційних матеріалів в різних галузях. Наприклад, можна створити віртуальну модель конструкції з композиційних матеріалів, яка демонструє її роботу в умовах навантаження або при впливі різних факторів, таких як температура чи вологість. Це дозволяє студентам зрозуміти, як КМ

ведуть себе під час експлуатації в реальному світі, що є важливим для їх подальшого використання в технічних та інженерних проектах.

Використання програм, таких як AutoCAD або SolidWorks, для 3D-моделювання дає можливість студентам не тільки побачити, але й розробити свої власні моделі, змінюючи параметри та отримуючи миттєвий зворотний зв'язок. Це створює інтерактивну навчальну середу, що дозволяє глибше зрозуміти принципи роботи з композиційними матеріалами та їхніми властивостями. 3D-моделювання сприяє розвитку навичок проектування та інженерного мислення, що є важливими для професійної підготовки в цій галузі.

**Використання відеоматеріалів** у викладанні теми композиційних матеріалів є ефективним способом для покращення розуміння складних процесів, пов'язаних з їхнім виробництвом та тестуванням. Відео можуть продемонструвати студентам реальні етапи виготовлення композиційних матеріалів, починаючи від їхнього складу та підготовки компонентів до фінального виготовлення продуктів і проведення тестів на міцність, термостійкість, корозійну стійкість та інші властивості.

Відеоматеріали про виробництво композиційних матеріалів можуть містити кадри з виробничих ліній, на яких показано, як виготовляються матеріали, що складаються з матриць і армуючих елементів, а також як ці процеси відбуваються на різних етапах, включаючи формування, пресування, підготовку до тестування та інші технологічні стадії. Це допомагає студентам краще зрозуміти не лише теоретичні аспекти, а й практичні труднощі та нюанси виробничих процесів.

Також корисними є відео, що демонструють різні методи тестування композиційних матеріалів, такі як механічні випробування на злам, випробування на вогнестійкість або тестування на вплив екстремальних температур. Ці відео можуть показати, як матеріали поведуться в реальних умовах, і допомогти студентам побачити, як використовуються композиційні матеріали у практичних застосуваннях.

Завдяки відеоматеріалам студенти можуть отримати більш повне уявлення про весь цикл — від розробки до застосування композиційних матеріалів, а також зрозуміти, чому саме ці матеріали обираються для певних технічних завдань. Відео також можуть бути використані для показу реальних кейсів успішного застосування композиційних матеріалів у різних галузях, таких як авіація, автомобілебудування, будівництво тощо. Це дозволяє зробити навчання більш інтерактивним та наближеним до реального виробничого процесу.

Цифрові тестові завдання є важливим інструментом для перевірки знань студентів з теми композиційних матеріалів. Використання інтерактивних тестів з миттєвим зворотним зв'язком дозволяє не лише ефективно перевірити рівень засвоєння матеріалу, а й стимулювати студентів до активного навчання.

Інтерактивні тести можуть включати різні типи завдань, такі як вибір правильного варіанту відповіді, питання на відповідність, заповнення пропусків чи побудова логічних зв'язків між поняттями. Це дає можливість охопити різні аспекти теми, від базових знань про типи композиційних матеріалів до глибших технічних деталей, таких як їхні властивості, виробничі процеси та способи тестування.[13]

Миттєвий зворотний зв'язок є однією з переваг цифрових тестів. Кожен правильний або неправильний відповідь супроводжується поясненням, що допомагає студентам зрозуміти помилки та поглибити знання. Наприклад, якщо студент вибирає неправильну відповідь, система може пояснити, чому це помилково, і запропонувати додаткові ресурси для кращого розуміння теми.

Інтерактивні тести можна використовувати не лише для перевірки знань, а й для навчання. Завдяки можливості створювати різноманітні завдання та варіанти відповідей, студенти можуть адаптувати своє навчання до власних потреб і швидше освоїти складні концепції. Це також дозволяє проводити регулярні перевірки знань, що сприяє кращому запам'ятовуванню матеріалу та підвищує мотивацію до навчання.

Цифрові тестові завдання з миттєвим зворотним зв'язком створюють інтерактивне навчальне середовище, яке робить процес вивчення композиційних матеріалів більш динамічним і ефективним.

Віртуальні лабораторії є потужним інструментом для моделювання експериментів, які дозволяють студентам вивчати механічні властивості композиційних матеріалів (КМ) без необхідності фізичного доступу до лабораторного обладнання. Завдяки таким лабораторіям студенти можуть проводити різноманітні дослідження та експерименти, симулюючи вплив різних факторів на властивості матеріалів.

У віртуальних лабораторіях можна моделювати механічні випробування композиційних матеріалів, такі як тести на злам, розтягування, стискування, вигин, а також випробування на стійкість до термічних змін і втоми матеріалу. Використання таких лабораторій дозволяє студентам змінювати параметри матеріалу, наприклад, склад компонентів чи товщину армувальних волокон, і спостерігати, як це впливає на його механічні властивості.

Віртуальні лабораторії часто включають інтерактивні інтерфейси, де студенти можуть вибирати різні типи тестів, регулювати умови експерименту та отримувати миттєві результати. Наприклад, вони можуть змоделювати вплив різних температур на міцність композиційного матеріалу або оцінити, як зміна складу матеріалу впливає на його в'язкість та стійкість до механічних навантажень.

Таке моделювання дозволяє не тільки покращити розуміння теоретичних аспектів, але й дає змогу студентам відпрацьовувати практичні навички без необхідності використовувати дороге лабораторне обладнання або витрачати час на підготовку реальних експериментів. Віртуальні лабораторії можуть також включати відтворення реальних ситуацій, в яких композиційні матеріали використовуються, наприклад, у транспортних засобах чи будівельних конструкціях, що надає студентам глибше розуміння їхнього застосування.

Завдяки віртуальним лабораторіям студенти можуть отримати безпечно та ефективно середовище для дослідження механічних властивостей КМ, що

підвищує їхні навички в аналізі і синтезі матеріалів та підготовці до реальних інженерних задач.

### **3. Практичні завдання**

Розробка простого проекту із застосуванням композиційних матеріалів (КМ) за допомогою цифрових інструментів дозволяє студентам не лише вивчати теоретичні аспекти, але й застосовувати отримані знання на практиці. Для цього можна використовувати програмне забезпечення для проектування, таке як AutoCAD, SolidWorks чи Fusion 360, де студенти можуть створити цифрову модель конструкції, що використовує КМ. Проект може бути простим, наприклад, моделлю конструкції з композиційних матеріалів для будівництва, автомобільної промисловості чи інших галузей. Студенти можуть вибирати матеріали, розраховувати їхні механічні властивості, оцінювати зносостійкість та інші фактори, що впливають на ефективність та безпеку конструкції.

Цей процес дозволяє студентам на практиці ознайомитися з етапами проектування та моделювання, а також розвивати навички використання цифрових інструментів для інженерних задач. Окрім того, можна інтегрувати в проект етапи, які включають перевірку міцності, симуляцію навантажень та тестування матеріалів, що дозволить студентам оцінити, чи відповідають їхні проекти вимогам безпеки та ефективності.

Щодо пошуку та аналізу сучасних інновацій у композиційних матеріалах, онлайн-бази даних і спеціалізовані сайти є важливими інструментами для вивчення останніх досягнень у цій галузі. Студенти можуть користуватися платформами, такими як Google Scholar, ResearchGate, Scopus чи Web of Science для пошуку наукових статей, публікацій та патентів, що стосуються нових розробок у сфері КМ. Це дозволяє їм бути в курсі новітніх матеріалів, методів виробництва та інноваційних технологій.

Спеціалізовані сайти та журнали, такі як *Composites Science and Technology* або *Journal of Composite Materials*, також надають актуальну інформацію про сучасні досягнення у дослідженнях композиційних матеріалів, їхні властивості та можливості застосування в різних галузях. Студенти можуть аналізувати

дослідження щодо використання нових видів армувальних волокон, матриць, а також інтеграції нанотехнологій у виробництво КМ.

Ці джерела дозволяють студентам не тільки бути в курсі останніх інновацій, але й активно працювати з науковими матеріалами для розширення своїх знань і навичок у сфері композиційних матеріалів. Таким чином, пошук і аналіз інновацій у КМ через онлайн-бази та спеціалізовані платформи сприяє розвитку критичного мислення та здатності до наукових досліджень.

#### **4. Переваги підходу**

Залучення здобувачів освіти до активної участі у навчанні є важливим аспектом у формуванні глибоких і міцних знань. Включення інтерактивних методів, таких як групові дискусії, мозкові штурми, та рольові ігри, дозволяє студентам не лише здобувати теоретичні знання, а й активно взаємодіяти з матеріалом, що сприяє кращому засвоєнню інформації. Використання цифрових інструментів, таких як віртуальні лабораторії або симулятори, дає змогу студентам безпосередньо взаємодіяти з навчальними процесами та експериментами, що підвищує їхню зацікавленість та мотивує до подальшого навчання.[14]

Інтеграція теоретичних знань з практичними навичками є основою для забезпечення повноцінної підготовки спеціалістів у галузі композиційних матеріалів. Студенти повинні мати можливість застосовувати отримані теоретичні знання в реальних чи моделюваних умовах, таких як розробка проєктів, виконання лабораторних робіт чи створення прототипів за допомогою цифрових інструментів. Це дозволяє їм не лише зрозуміти основи матеріалознавства, а й набути практичних навичок роботи з матеріалами, їх розрахунку та тестування. Використання програм для проєктування, моделювання та тестування композиційних матеріалів допомагає студентам спостерігати, як їхні теоретичні уявлення реалізуються на практиці, що посилює їхнє розуміння.

Актуалізація теми завдяки використанню новітніх інструментів також є складовою ефективного навчання. Технологічний прогрес, включаючи нові

матеріали та методи їх застосування, постійно змінює підходи до навчання та досліджень. Використання актуальних цифрових платформ, таких як спеціалізовані програмні засоби для 3D-моделювання, відеоматеріали, онлайн-курси та ресурси для дослідження новітніх розробок у сфері композиційних матеріалів, дає студентам можливість залишатися в курсі останніх інновацій та трендів у галузі. Це не лише підвищує якість освіти, а й готує здобувачів до швидко змінюваного ринку праці, де вміння використовувати новітні технології є критично важливим.

Загалом, залучення студентів до активного навчання, поєднання теоретичних знань з практичними навичками та інтеграція новітніх інструментів у освітній процес створюють динамічне і інтерактивне середовище, яке сприяє глибшому засвоєнню матеріалу та розвитку важливих професійних компетентностей.

Цифрові технології не лише спрощують вивчення складної теми, а й допомагають готувати здобувачів до професійної діяльності.

### **2.3 Інтерактивні підходи до навчання властивостей і застосування композиційних матеріалів**

Інтерактивні методи навчання дозволяють покращити засвоєння матеріалу, сприяють залученню студентів до активного навчального процесу та розвитку практичних навичок. У контексті композиційних матеріалів можна виділити кілька підходів:

#### **1. Використання мультимедійних технологій**

##### **Віртуальні лабораторії**

Віртуальні лабораторії є ефективним інструментом для вивчення властивостей композиційних матеріалів, який дозволяє моделювати їх створення, тестування та застосування. У такому середовищі студенти можуть експериментувати з різними компонентами матеріалів, наприклад, полімерними

матрицями та армуючими волокнами, змінювати їх співвідношення, а також моделювати вплив температури, тиску та інших умов.

Це дозволяє краще зрозуміти, як різні фактори впливають на кінцеві характеристики матеріалу, зокрема міцність, жорсткість, терmostійкість чи хімічну інертність.

Особливістю віртуальних лабораторій є можливість проведення віртуальних випробувань матеріалів у різних умовах: згинання, розтягнення, вплив високих температур чи хімічних речовин. Студенти мають змогу спостерігати за результатами без ризику псування обладнання чи витрат на матеріали. Також це економічно вигідний і безпечний спосіб навчання, що дозволяє відтворювати навіть складні та небезпечні експерименти. Завдяки інтеграції симуляцій студентам надається можливість вивчати застосування матеріалів у таких галузях, як будівництво, авіація, автомобілебудування чи медицина. Вони можуть проектувати об'єкти із заданими властивостями та оцінювати їхню ефективність.

Віртуальні лабораторії стають особливо цінними завдяки інтерактивності та можливості адаптації до потреб студента, що дозволяє кожному знайти індивідуальний підхід до вивчення матеріалів і підготуватися до реальних виробничих завдань.

### **Освітні відео та анімації**

Освітні відео та анімації є потужним засобом візуалізації складних понять, пов'язаних із композиційними матеріалами. Вони дозволяють показати структуру матеріалів на мікро- та макрорівні, пояснити принципи створення армуючих структур і їх взаємодію з матрицею. З їхньою допомогою можна продемонструвати різні методи виробництва композиційних матеріалів, такі як автоклавне формування, лиття під тиском, намотування чи 3D-друк, що дає змогу студентам отримати комплексне уявлення про виробничий процес.[21]

Відеоматеріали наочно демонструють механічну поведінку матеріалів: розтягнення, стискання, вплив ударних навантажень чи динамічних деформацій. Такі візуалізації дозволяють зрозуміти, чому певні матеріали використовуються

для специфічних завдань, наприклад, у виготовленні авіакосмічних конструкцій, спортивного обладнання чи медичних імплантатів.

Анімації також допомагають пояснити молекулярні процеси, які лежать в основі створення композиційних матеріалів, такі як полімеризація або взаємодія компонентів у багат шарових структурах. Крім того, вони забезпечують можливість порівняння композиційних матеріалів із традиційними, такими як метали чи кераміка, показуючи їх переваги у міцності, корозійній стійкості чи питомій жорсткості.

Освітні відео стають ефективним засобом для поглиблення знань і розвитку зацікавленості студентів у дослідженні композиційних матеріалів. Вони забезпечують доступність навчання, дозволяють зрозуміти складні процеси за допомогою візуалізації та сприяють кращому запам'ятовуванню матеріалу.

## **2. Проєктне навчання**

### **Реалізація практичних проєктів**

Практичні проєкти є важливою складовою навчання, що дозволяє студентам отримати реальний досвід роботи з композиційними матеріалами. Під час таких проєктів учасники створюють макети або прототипи виробів, використовуючи різні техніки та матеріали, зокрема армуючі волокна, полімерні матриці чи багат шарові структури. Цей процес дає можливість студентам на практиці вивчити технології виготовлення, такі як лиття, намотування, вакуумне формування або 3D-друк.

Робота над проєктами сприяє глибшому розумінню того, як властивості композиційних матеріалів впливають на їхнє використання в різних умовах. Наприклад, під час створення прототипу студенти аналізують, як обрати матеріал, що витримає певні навантаження, вплив температури чи агресивного середовища. В результаті вони не лише освоюють основи проєктування, але й отримують навички роботи в команді, розв'язання інженерних задач та адаптації до реальних виробничих вимог.[12]

Такі проєкти також можуть бути орієнтовані на створення інноваційних рішень для сучасних викликів, наприклад, розробку легких, екологічно чистих або економічно ефективних матеріалів, які можна використовувати в авіації, будівництві чи енергетиці.

### **Аналіз кейсів**

Аналіз кейсів – це навчальний метод, який ґрунтується на вивченні реальних прикладів застосування композиційних матеріалів у різних галузях промисловості. Під час такого аналізу студенти розглядають конкретні ситуації, наприклад, використання вуглецевих волокон у виробництві авіаційних деталей, композитів у будівництві мостів або полегшених матеріалів у створенні електромобілів.

Розбір кейсів допомагає зрозуміти, як композиційні матеріали вирішують конкретні технічні проблеми, наприклад, знижують вагу конструкцій, підвищують їхню довговічність або зменшують витрати енергії. Студенти також аналізують виклики, які виникають при застосуванні таких матеріалів, включаючи їхню вартість, складність виробництва та утилізації.

Особливе значення має вивчення успішних і проблемних кейсів, що дозволяє зрозуміти не лише переваги композиційних матеріалів, але й обмеження їх використання. Такий підхід сприяє розвитку критичного мислення, вміння проводити техніко-економічний аналіз та пропонувати інноваційні рішення для покращення виробничих процесів або створення нових продуктів.

Поєднання практичних проєктів та аналізу кейсів формує у студентів цілісне бачення реального застосування композиційних матеріалів, допомагаючи підготувати їх до майбутньої професійної діяльності.

## **3. Групова робота та інтерактивні вправи**

### **Брейнсторминг і дискусії**

Брейнсторминг і дискусії є інтерактивними методами навчання, що сприяють колективному аналізу властивостей композиційних матеріалів, їх переваг і недоліків у порівнянні з іншими матеріалами. У процесі брейнстормингу студенти активно обмінюються ідеями, формулюють гіпотези,

пропонують можливі варіанти використання матеріалів у різних умовах. Наприклад, вони можуть досліджувати, чому композиційні матеріали є ефективними в авіабудуванні, але мають обмеження в умовах низьких температур або значного механічного зносу.[8]

Дискусії дозволяють критично оцінювати запропоновані рішення, зважувати технічні, економічні та екологічні аспекти застосування матеріалів. В обговореннях можуть підніматися питання технологічної доступності, довговічності, складності виробництва чи рециклінгу композиційних матеріалів. Такий підхід формує у студентів здатність аналізувати різні точки зору, аргументувати свої позиції та знаходити компромісні рішення для складних задач.

### **Ролі та симуляції**

Методика виконання ролей і симуляцій дозволяє студентам опинитися в умовах, наближених до реальних виробничих чи проєктних ситуацій. Учасники імітують роботу в команді, де кожен виконує певну роль: розробника, інженера, аналітика чи замовника. Такий підхід допомагає глибше зрозуміти технічні, економічні та бізнесові аспекти створення виробів із композиційних матеріалів.

Наприклад, інженери можуть пропонувати технічні рішення щодо вибору матеріалів для створення легких і міцних конструкцій, тоді як клієнти фокусуються на вимогах до функціональності, естетики та бюджету. У процесі симуляції студенти моделюють усі етапи проєкту: від аналізу потреб замовника до випробувань і фінальної оцінки ефективності створеного продукту.

Такий підхід сприяє розвитку практичних навичок, таких як командна робота, комунікація, критичне мислення, прийняття рішень в умовах обмежених ресурсів. Він також дозволяє зрозуміти міждисциплінарний характер задач, пов'язаних із використанням композиційних матеріалів, що є важливим у сучасній інженерній практиці.

## **4. Практичні демонстрації та експерименти**

### **Експериментальне тестування**

Експериментальне тестування є одним із найважливіших аспектів навчання, що дозволяє студентам не лише закріпити теоретичні знання, а й здобути практичні навички роботи з композиційними матеріалами. У рамках таких досліджень студенти вивчають механічні властивості матеріалів, наприклад, їхню міцність, жорсткість, ударостійкість або еластичність, за допомогою випробувань на розтяг, стискання чи згинання. Це допомагає зрозуміти, як композиційні матеріали поведуться під навантаженнями та в яких умовах їхнє застосування є найбільш ефективним.

Дослідження теплових властивостей, таких як термостійкість, теплопровідність чи термічне розширення, дозволяють визначити можливості використання матеріалів у високотемпературних середовищах, наприклад, у двигунах чи енергетичних установках. Хімічні випробування допомагають виявити стійкість до корозії, вплив агресивних середовищ чи довговічність у складних умовах експлуатації.

Експериментальне тестування зазвичай проводиться з використанням спеціалізованого обладнання, такого як розривні машини, термоаналітичні установки чи хімічні реактори. Участь студентів у таких досліджах не лише розвиває їхні навички роботи з технікою, а й сприяє розвитку аналітичного мислення та здатності інтерпретувати отримані дані для практичного застосування.

### **Відвідування виробництва**

Екскурсії на підприємства, які займаються виробництвом і застосуванням композиційних матеріалів, є невід'ємною частиною навчального процесу. Це дозволяє студентам побачити реальні умови виготовлення матеріалів, дізнатися про сучасні технології та познайомитися з процесами, які впливають на кінцеву якість продукції.

Під час таких візитів студенти можуть спостерігати за різними етапами виробництва: від підготовки сировини, створення матриць і армуючих елементів до складання готових конструкцій. Вони дізнаються про використання обладнання, такого як автоклави, намотувальні машини чи установки для

вакуумного формування. Це надає практичний контекст теоретичним знанням і дозволяє зрозуміти, як саме композиційні матеріали інтегруються у виробничі цикли.

Окрім того, студенти мають можливість поспілкуватися з фахівцями галузі, дізнатися про актуальні виклики та тренди у використанні композиційних матеріалів, наприклад, у транспорті, будівництві чи авіакосмічній галузі. Це сприяє формуванню уявлення про майбутню професію та розумінню того, як застосовувати набуті знання у реальних умовах. Відвідування виробництва також надихає студентів на створення власних інноваційних проєктів, що сприяє розвитку їхньої творчості та професійного зростання.[24]

## **5. Ігрові технології**

### **Навчальні ігри та симулятори**

Навчальні ігри та симулятори є сучасними інтерактивними інструментами, які допомагають студентам вивчати процеси вибору, створення і застосування композиційних матеріалів у різних галузях. Завдяки гейміфікації навчального процесу, студенти опиняються в ситуаціях, де потрібно приймати рішення на основі отриманих знань. Наприклад, вони можуть працювати в симуляціях, які моделюють конструювання автомобільної деталі або аерокосмічного компонента, вибираючи матеріал залежно від вимог до ваги, міцності, температурної стійкості чи вартості.

Ігри часто включають завдання, де потрібно балансувати між технічними характеристиками матеріалу, бюджетними обмеженнями та екологічними стандартами. Це дозволяє студентам краще зрозуміти міждисциплінарність роботи з композиційними матеріалами. У симуляціях також можуть бути реалізовані різні сценарії використання матеріалів у несподіваних умовах, наприклад, екстремальні температури, високі навантаження або агресивні середовища.

Навчальні ігри підвищують мотивацію студентів, забезпечують безпечне середовище для експериментів і допомагають закріпити знання через

інтерактивну практику. Вони особливо корисні для розвитку стратегічного мислення, аналізу ризиків і прийняття рішень в умовах невизначеності.

### **Квести**

Квести інтегрують знання про композиційні матеріали в серію взаємопов'язаних завдань, які учасники мають розв'язати для досягнення кінцевої мети. Такий підхід сприяє глибшому розумінню теми через активну участь і застосування теоретичних знань у практичних ситуаціях.

Квести стимулюють творчість і командну роботу, оскільки зазвичай виконуються у групах. Це дозволяє студентам навчитися розподіляти завдання, спільно розробляти стратегії та взаємодіяти для досягнення спільної мети. Завдяки інтеграції квестів у освітній процес студенти отримують не лише глибокі знання про композиційні матеріали, але й практичні навички розв'язання реальних задач, що є надзвичайно важливим у їхній майбутній професійній діяльності.

## ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2

У другому розділі магістерської роботи було досліджено методику викладання теми «Композиційні матеріали» у професійній освіті, зокрема в контексті технічних дисциплін. Проведений аналіз підтвердив, що ефективне навчання у цій сфері потребує поєднання традиційних та інноваційних підходів, орієнтованих на розвиток як теоретичних знань, так і практичних навичок студентів.

Розділ розпочато з вивчення основ методології викладання технічних дисциплін. Встановлено, що ефективність освітнього процесу залежить від використання чітко структурованих методичних підходів, інтеграції теорії з практикою та формування у студентів аналітичного мислення. Підкреслено важливість мотивації студентів до вивчення складних технічних тем через застосування проблемно-орієнтованого навчання, кейс-методів та роботи з реальними прикладами використання композиційних матеріалів у будівництві.

Особливу увагу приділено ролі цифрових технологій у викладанні теми «Композиційні матеріали». Описано можливості використання віртуальних лабораторій, симуляцій, мультимедійних презентацій, 3D-моделювання та онлайн-платформ. Цифрові інструменти дозволяють зробити навчання інтерактивним, візуалізувати складні процеси виготовлення та використання композиційних матеріалів, а також забезпечити доступ до навчальних матеріалів у будь-який час.

Розглянуто інтерактивні підходи до навчання, які спрямовані на активну участь студентів у навчальному процесі. Використання групових дискусій, рольових ігор, проектних методів та лабораторних робіт сприяє глибшому розумінню властивостей композиційних матеріалів та їхнього застосування. Таким чином, у розділі було обґрунтовано, що викладання теми «Композиційні матеріали» потребує інтеграції сучасних методик і технологій, які відповідають вимогам технічної освіти та специфіці підготовки спеціалістів у будівництві. Результати дослідження можуть бути використані для створення комплексних програм навчання, що дозволить підвищити ефективність освітнього процесу та підготувати конкурентоспроможних фахівців для ринку праці.

## **РОЗДІЛ III: ПРАКТИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ТЕМИ «КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ»**

### **3.1 Практичні завдання для самостійної роботи студентів з теми «композиційні матеріали»**

#### **1. Дослідження сучасних композиційних матеріалів**

**Завдання:** Знайдіть інформацію про один сучасний композиційний матеріал, який широко застосовується в будівництві, авіації, чи автомобілебудуванні.

1. Опишіть його склад, властивості та переваги.
2. Наведіть приклади його застосування.
3. Підготуйте коротку презентацію (5-7 слайдів) для обговорення в групі.

#### **2. Порівняльний аналіз**

**Завдання:** Порівняйте два види композиційних матеріалів (наприклад, склопластик та вуглепластик) за такими параметрами:

- Міцність;
- Вага;
- Стійкість до впливу навколишнього середовища;
- Вартість виготовлення.

Сформуйте висновок, який з них краще використовувати у певній галузі (оберіть конкретну сферу).

#### **3. Практичне завдання**

**Завдання:** Розробіть просту модель конструкції (наприклад, балки чи плити) із використанням заданого композиційного матеріалу. Розрахуйте, наскільки міцнішою чи легшою ця конструкція буде у порівнянні з традиційними матеріалами (бетон, метал).

#### **4. Кейс-дослідження**

**Завдання:** Прочитайте опис ситуації: Будівельна компанія шукає рішення для заміни металевих конструкцій у мостах на легший, але не менш міцний матеріал. Вам потрібно:

1. Запропонувати варіант композиційного матеріалу.
2. Обґрунтувати його вибір.
3. Представити переваги та можливі ризики його використання.

## **5. Відео-аналіз**

**Завдання:** Перегляньте відео (посилання надається викладачем або знайдіть самостійно) про виробництво композиційних матеріалів. Підготуйте 5-7 питань до відео для обговорення з групою та короткий реферат (200-300 слів) про побачене.

## **6. Екологічний аспект**

**Завдання:** Дослідіть, чи можна переробляти композиційні матеріали після завершення їхнього терміну служби.

- Опишіть, які методи переробки існують.
- Проаналізуйте, чи є композиційні матеріали екологічно безпечними у довгостроковій перспективі.

## **7. Творчий проєкт**

**Завдання:** Уявіть, що ви інженер-дизайнер. Розробіть концепцію нового будівельного елемента або меблевого виробу, створеного із композиційних матеріалів.

- Створіть ескіз.
- Опишіть, які матеріали ви б використали і чому.

## **Порівняльний аналіз: Склопластик vs. Вуглепластик**

### **1. Міцність**

- **Склопластик:**

Склопластик має високу міцність на розтягнення (близько 300-600 МПа), але поступається вуглепластику. Його міцність залежить від пропорції смоли та скловолокна. Особливо стійкий до механічних пошкоджень, однак при сильних ударах можливі тріщини.

- **Вуглепластик:**

Вуглепластик є значно міцнішим за склопластик (міцність на розтягнення до 1000 МПа). Його волокна мають високу жорсткість, що робить його

ідеальним для застосувань, де потрібна максимальна міцність і мінімальна деформація.

**Висновок:** Для галузей, де критично важлива висока міцність (авіабудування, спорт), перевага у вуглепластика.

## 2. Вага

- **Склопластик:**

Щільність склопластику становить близько 1.8-2.0 г/см<sup>3</sup>. Він легший за металеві матеріали, але важчий за вуглепластик.

- **Вуглепластик:**

Щільність вуглепластику становить приблизно 1.5-1.8 г/см<sup>3</sup>, що робить його легшим за склопластик, при цьому він має вищу міцність на одиницю ваги.

**Висновок:** Вуглепластик виграє у застосуваннях, де критично важлива мала вага (автомобілебудування, космос).

## 3. Стійкість до впливу навколишнього середовища

- **Склопластик:**

Добре переносить вплив вологи, ультрафіолету та хімічних речовин. Відрізняється високою корозійною стійкістю, тому широко використовується в умовах агресивного середовища (морські судна, труби).

- **Вуглепластик:**

Має високі показники стійкості до навколишнього середовища, але менш стійкий до корозії, ніж склопластик. Вуглепластик може деградувати при тривалому впливі вологи, якщо не використовувати додатковий захист.

**Висновок:** У хімічно агресивних чи вологих умовах краще використовувати склопластик.

## 4. Вартість виготовлення

- **Склопластик:**

Виробництво склопластику дешевше, оскільки його сировина (скловолокно) доступніша. Вартість залежить від типу смоли, однак в

середньому його виготовлення обходиться в 2-3 рази дешевше за вуглепластик.

- **Вуглепластик:**

Значно дорожчий матеріал через складність виробництва вуглеволокна. Його використання економічно виправдане лише у високотехнологічних галузях (авіація, спорт).

**Висновок:** Склопластик є більш бюджетним рішенням для масового виробництва.

**Підсумковий висновок**

- **Склопластик:** Найкраще підходить для виробів, які потребують стійкості до корозії, середньої міцності та низької вартості (наприклад, у суднобудуванні, резервуарах, трубах).
- **Вуглепластик:** Оптимальний вибір для застосувань, де важлива максимальна міцність при мінімальній вазі (автомобілі, літаки, спортивне обладнання).

**Рекомендована сфера застосування**

1. **Склопластик:** Морські судна, каналізаційні системи, труби для транспортування хімічних речовин.
2. **Вуглепластик:** Каркаси дронів, ракетобудування, спортивний інвентар (велосипеди, ракетки).

Цей матеріал дозволяє здобувачам освіти проаналізувати властивості матеріалів і обрати оптимальне рішення для різних задач у будівництві чи промисловості.

## **3.2 Розробка план-конспекту заходу для вивчення композиційних матеріалів**

### **План-конспект круглого столу на тему: "Дослідження властивостей композиційних матеріалів"**

#### **Мета заходу:**

- Обговорити властивості композиційних матеріалів та їхнє значення в сучасній техніці.
- Обмінятися ідеями щодо методів дослідження властивостей композитів.

#### **Форма проведення:**

Круглий стіл із доповідями, дискусіями.

#### **План заходу:**

##### **1. Вступна частина (10 хв)**

1. Привітання учасників.
2. Ознайомлення з темою круглого столу:

##### *Що таке композиційні матеріали?*

Композиційні матеріали – це багатокомпонентні матеріали, які створюються шляхом поєднання двох або більше різних матеріалів із метою отримання властивостей, що перевершують характеристики кожного окремого компонента. Їх основною особливістю є синергія, завдяки якій композиційні матеріали мають унікальні властивості, недоступні для окремих складових.

Композиційні матеріали складаються з матриці (основи) та наповнювача. Матриця забезпечує цілісність і рівномірний розподіл наповнювача, тоді як наповнювач додає специфічні властивості, такі як підвищена міцність, жорсткість, стійкість до зношування або температури. Матриці можуть бути полімерними, металевими чи керамічними, а наповнювачі – волокнами, частками, порошками або шарами.

Широке використання композиційних матеріалів обумовлене їх високою питомою міцністю, малою вагою, довговічністю, хімічною стійкістю та

можливістю створення індивідуальних характеристик для різних застосувань. Наприклад, у будівництві використовують армований бетон, у транспортній промисловості – вуглепластики, а в авіації – склопластики.

Розробка композиційних матеріалів дозволяє інженерам і конструкторам вирішувати складні технічні завдання, забезпечуючи ефективність і надійність у таких галузях, як аерокосмічна індустрія, медицина, будівництво, енергетика та інші. Унікальні можливості композиційних матеріалів роблять їх невід'ємною частиною в сучасній технологічній еволюції.

*Чому вивчення композиційних матеріалів є важливим?*

Вивчення композиційних матеріалів є важливим через їх широкий вплив на розвиток сучасних технологій, економіки та суспільства. Ці матеріали стали невід'ємною частиною багатьох індустрій завдяки своїм унікальним властивостям і можливостям створення інноваційних рішень.

По-перше, композиційні матеріали дозволяють досягти високої ефективності конструкцій. Вони поєднують міцність, легкість і стійкість до зовнішніх впливів, що особливо важливо для галузей авіації, автомобілебудування, кораблебудування та космічної промисловості. Використання таких матеріалів знижує вагу конструкцій, підвищує енергоефективність і зменшує витрати на експлуатацію.

По-друге, ці матеріали відкривають нові можливості в будівництві. Наприклад, армований бетон, склопластик і вуглепластик забезпечують високу довговічність будівель і споруд, знижуючи потребу в ремонті та реконструкції. Це сприяє підвищенню якості життя та збереженню природних ресурсів.

По-третє, вивчення композиційних матеріалів сприяє екологічній стійкості. Використання екологічно чистих наповнювачів та рециклінгу композиційних елементів дозволяє зменшити негативний вплив виробництва на довкілля. Це особливо важливо в умовах глобальної боротьби зі зміною клімату та виснаженням ресурсів.

Крім того, знання про композиційні матеріали є важливим для підготовки сучасних фахівців у різних сферах. Інженери, будівельники, матеріалознавці та

дизайнери повинні розуміти властивості та застосування таких матеріалів, щоб створювати ефективні, безпечні й інноваційні продукти.

Зрештою, композиційні матеріали є основою для новаторських розробок, які визначають майбутнє технологій. Їх вивчення сприяє розвитку наукового прогресу, створенню нових продуктів і підвищенню конкурентоспроможності національних економік.

3. Розподіл ролей серед учасників:

- Модератор.
- Спікери.
- Експерти (доповідачі з окремих питань).
- Учасники дискусії.

## **2. Основна частина (60 хв)**

### **2.1. Доповіді**

Кожен спікер виступає з короткою доповіддю (5–7 хв). Приклади тем доповідей:

1. **Огляд композиційних матеріалів:** структура, типи, основні властивості.

Композиційні матеріали – це багатокомпонентні системи, створені з двох або більше компонентів, які разом забезпечують унікальні властивості. Вони використовуються для вирішення складних технічних завдань завдяки можливості поєднання різних матеріалів із заданими характеристиками.

#### **Структура**

Композиційні матеріали складаються з двох основних елементів:

1. **Матриця** – основа, яка утримує інші компоненти разом, забезпечуючи форму та рівномірний розподіл навантаження. Матриця може бути:

**Полімерною** (наприклад, епоксидні смоли).



**Металевою** (наприклад, алюмінієві чи магнієві сплави).



**Керамічною** (наприклад, оксиди чи карбіди).



2. **Наповнювач** – матеріал, що надає композиції специфічних властивостей, таких як підвищена міцність, жорсткість, термостійкість. Наповнювачі можуть бути у вигляді:

Волокон (вуглецеві, скляні, кевларові).

Частинок (керамічних, металевих).

Шарів (у багатошарових матеріалах).

## **Типи композиційних матеріалів**

### **Полімерні композити**

Використовують полімерну матрицю, поєднану з наповнювачами, такими як вуглецеві або скляні волокна. Їхні переваги – легкість, стійкість до корозії, висока міцність. Застосовуються в авіації, транспорті, будівництві.

### **Металеві композити**

Металева матриця поєднується з керамічними або вуглецевими наповнювачами. Вони мають високу жорсткість і термостійкість, що робить їх придатними для двигунів і конструкцій у високотемпературних середовищах.

### **Керамічні композити**

Матриця і наповнювач мають керамічну природу. Ці матеріали відрізняються надзвичайною термостійкістю і застосовуються в ракетобудуванні, турбінах, теплоізоляційних покриттях.

### **Гібридні композити**

Поєднують кілька типів наповнювачів (наприклад, скляні та вуглецеві волокна), щоб досягти комплексних характеристик.

### **Основні властивості композиційних матеріалів**

#### **Висока міцність при низькій вазі.**

Композити забезпечують виняткове співвідношення міцності до ваги, що критично важливо для транспорту та авіації.

#### **Корозійна стійкість**

Більшість композиційних матеріалів, особливо з полімерними матрицями, не піддаються корозії.

#### **1. Термостійкість**

Металеві та керамічні композити витримують високі температури, що робить їх незамінними у двигунах і теплообмінниках.

#### **2. Можливість індивідуального налаштування**

Властивості композиційних матеріалів можна регулювати зміною типу і розміру наповнювача або матриці.

#### **3. Еластичність і жорсткість.**

Деякі композиційні матеріали поєднують гнучкість із високою жорсткістю, забезпечуючи широкий спектр застосувань.

#### 4. Довговічність

Завдяки стійкості до зовнішніх впливів, композити мають тривалий термін служби навіть у складних умовах.

#### **Практичне застосування композитів у промисловості: авіація, будівництво, медицина**

Композиційні матеріали завдяки своїм унікальним властивостям – легкості, міцності, довговічності та стійкості до зовнішніх впливів – знайшли широке застосування в різних галузях промисловості. Розглянемо їх використання в авіації, будівництві та медицині.

##### **1. Авіація**

Авіаційна промисловість є одним із найбільших споживачів композитів через суворі вимоги до матеріалів: мінімальна вага, висока міцність і термостійкість.

- **Фюзеляж та крила літаків**

Композити, зокрема вуглепластики та склопластики, використовуються для виготовлення корпусів і крил. Вони значно знижують вагу літального апарата, що підвищує паливну ефективність і зменшує витрати. Наприклад, у літаках Boeing 787 Dreamliner понад 50% конструкції виготовлено з композитів.

- **Лопаті турбін та пропелерів**

Композити з вуглецевих або скляних волокон забезпечують високу жорсткість і міцність при одночасному зменшенні ваги. Це важливо для забезпечення стабільності та ефективності турбін.

- **Теплоізоляційні та вогнестійкі елементи**

Керамічні композити застосовуються у двигунах та елементах, що піддаються високотемпературним навантаженням. Вони стійкі до температур понад 1000°C, що робить їх ідеальними для обшивки камер згоряння та форсунок.

- **Обшивка гелікоптерів і дронів**

Використання композитів дозволяє зменшити вагу та збільшити маневреність, що особливо важливо для безпілотників.

## **2. Будівництво**

У будівництві композиційні матеріали відіграють значну роль завдяки їх довговічності, стійкості до корозії та високій міцності.

- **Армований бетон**

Композити з використанням скловолокон або карбонового волокна застосовуються як заміна металевої арматури. Це підвищує стійкість конструкцій до корозії, що є важливим для мостів, тунелів та морських платформ.

- **Фасадні панелі та облицювання**

Полімерні композити широко використовуються для виготовлення легких і довговічних фасадних матеріалів. Вони стійкі до впливу ультрафіолету, вологи та температурних коливань.

- **Будівельні елементи**

Балки, плити, ферми та опори виготовляються із композитів для зменшення ваги конструкції та підвищення її міцності. Наприклад, склопластикові панелі використовуються для створення куполів та дахів із складною архітектурною формою.

- **Ізоляційні матеріали**

Композити, що поєднують полімери та кераміку, забезпечують високий рівень тепло- та звукоізоляції, підвищуючи енергоефективність будівель.

## **3. Медицина**

У медицині композиційні матеріали застосовуються для створення сучасного обладнання, протезів і матеріалів для імплантації завдяки їхній біосумісності, легкості та довговічності.

- **Протези та ортези**

Вуглепластики та полімерні композити використовуються для виготовлення легких і міцних протезів кінцівок. Вони забезпечують комфорт пацієнта завдяки низькій вазі та високій гнучкості.

- **Стоматологічні матеріали**

Композити з полімерною матрицею застосовуються для пломб, коронок та мостів. Вони забезпечують естетичний вигляд, довговічність та стійкість до зношування.

- **Імпланти**

Керамічні композити, наприклад на основі оксиду цирконію, використовуються для виготовлення суглобових імплантів. Вони мають високу зносостійкість, біосумісність та довговічність.

- **Медичне обладнання**

Композиційні матеріали застосовуються у виробництві легких і міцних каркасів для томографів, рентгенівських апаратів та іншого медичного обладнання.

- **Хірургічні інструменти**

Завдяки легкості та високій міцності композити дозволяють створювати інструменти, зручні для використання та стійкі до стерилізації.

## **2 Дискусія**

Модератор ставить питання для обговорення:

1. Як структура композиційних матеріалів впливає на їхні властивості?

Структура композиційних матеріалів є значним фактором, що визначає їхні фізико-механічні, термічні, електричні, хімічні та інші властивості. Композиційні матеріали складаються з матриці (основи) і наповнювача, які разом утворюють новий матеріал із властивостями, що перевершують характеристики окремих компонентів. Матриця забезпечує цілісність структури, а наповнювач надає матеріалу специфічних властивостей, таких як міцність, жорсткість, стійкість до зношування чи високих температур. Властивості матеріалу залежать від типу, розміру, форми та розподілу наповнювача, адгезії між компонентами, а також співвідношення між матрицею та наповнювачем.

Наприклад, волокнисті композиційні матеріали, такі як вуглепластик, отримують високу міцність завдяки довгим і міцним волокнам, рівномірно розподіленим у матриці. У той же час пористі структури, що містять мікропорожнини, сприяють зниженню густини матеріалу, але можуть впливати

на його механічну стійкість. Орієнтація волокон, їхня щільність і тип матриці визначають, чи буде матеріал гнучким, жорстким, термостійким або еластичним.

Значну роль відіграє також мікроструктура матеріалу: наявність і розподіл дефектів, таких як пори чи мікротріщини, можуть знижувати механічну міцність або стійкість до корозії. Межі між компонентами впливають на ефективність передачі напружень і визначають загальну довговічність композиційного матеріалу. Таким чином, структурні характеристики композиційного матеріалу прямо впливають на його властивості, і зміна одного з компонентів або його розташування може суттєво змінити кінцеві експлуатаційні характеристики.

## 2. Які методи дослідження є найбільш ефективними?

Дослідження композиційних матеріалів потребує комплексного підходу, який враховує їхню складну багатоконпонентну структуру. Найбільш ефективними методами є:

### 1. Мікроскопічний аналіз

- **Оптична мікроскопія** дозволяє вивчати макроструктуру матеріалу, визначати розмір і розподіл наповнювача.
- **Сканувальна електронна мікроскопія (SEM)** забезпечує детальний аналіз мікроструктури, включаючи поверхню матриці та наповнювача, межі розділу фаз.
- **Трансмійсна електронна мікроскопія (TEM)** використовується для дослідження нанорівневих структур і дефектів.

### 2. Механічне тестування

- **Випробування на розтяг, стиск і згин** для визначення міцності, жорсткості та еластичності.
- **Ударна в'язкість** дозволяє оцінити здатність матеріалу протистояти раптовим навантаженням.
- **Тестування на втомлюваність** важливе для матеріалів, які експлуатуються в умовах циклічних навантажень.

### 3. Теплофізичні методи

- **Диференціально-сканувальна калориметрія (DSC)** аналізує теплові властивості, такі як температура плавлення, склування чи розкладу.
- **Термогравіметричний аналіз (TGA)** оцінює термічну стійкість і масові втрати при нагріванні.

#### 4. Спектроскопічні методи

- **ІЧ-спектроскопія** для аналізу хімічного складу компонентів і взаємодій між матрицею та наповнювачем.
- **Раманівська спектроскопія** дозволяє досліджувати структурні зміни на молекулярному рівні.

#### 5. Методи неруйнівного контролю

- **Ультразвукове дослідження** для виявлення внутрішніх дефектів, таких як порожнини чи тріщини.
- **Рентгенографія** дозволяє оцінити структуру матеріалу без руйнування зразка.
- **Комп'ютерна томографія (КТ)** забезпечує тривимірну візуалізацію внутрішньої структури.

#### 6. Комп'ютерне моделювання та симуляція

Використовуються для прогнозування поведінки матеріалу під різними навантаженнями та оптимізації складу композиції.

#### 7. Хімічний аналіз

- **Спектрометрія мас** або **атомно-емісійний аналіз** для визначення складу матеріалу та домішок.

3. Чому композиційні матеріали заміняють традиційні метали та пластики?

Композиційні матеріали заміняють традиційні метали та пластики завдяки їхнім унікальним властивостям, які часто перевершують характеристики окремих компонентів. Основними причинами цього є:

##### 1. Висока міцність і жорсткість при низькій густині

Композиційні матеріали мають відмінне співвідношення міцності до ваги. Це дозволяє зменшувати масу конструкцій без втрати їхньої міцності, що особливо важливо в авіаційній, автомобільній та космічній галузях.

## **2. Корозійна стійкість**

На відміну від металів, композиційні матеріали не піддаються корозії, що подовжує термін їхньої експлуатації в агресивних середовищах, наприклад, у морській воді чи хімічно активних середовищах.

## **3. Зносостійкість**

Деякі композиційні матеріали мають підвищену стійкість до зношування, що робить їх ідеальними для використання в механізмах із високим тертям або навантаженням.

## **4. Можливість адаптації властивостей.**

Змінюючи тип, кількість або орієнтацію наповнювача, можна створювати матеріали з точно заданими властивостями, такими як електропровідність, теплопровідність, ударна міцність або еластичність.

## **5. Тепло- і звукоізоляційні властивості**

Багато композиційних матеріалів мають низьку теплопровідність і гарні акустичні характеристики, що робить їх корисними для ізоляції в будівництві чи транспорті.

## **6. Стійкість до втомлюваності**

Композиційні матеріали довше зберігають свої властивості під дією циклічних навантажень порівняно з металами.

## **7. Естетичні та ергономічні переваги**

Легкість обробки композиційних матеріалів дозволяє створювати складні форми та високоякісні поверхні, що актуально для промислового дизайну та споживчих товарів.

## **8. Економічність у довгостроковій перспективі**

Хоча початкова вартість композиційних матеріалів може бути вищою, їхня довговічність, легкість обслуговування та зменшення ваги конструкцій (а отже, й витрат на енергію) роблять їх економічно вигідними.

## 9. Екологічність

У багатьох випадках композиційні матеріали дозволяють використовувати вторинну сировину або знижувати енергоспоживання при виробництві, що сприяє екологічній стійкості.

4. Які перспективи застосування композиційних матеріалів у нових галузях ?

Перспективи застосування композиційних матеріалів у нових галузях пов'язані з їхньою універсальністю, легкістю, міцністю та можливістю адаптації властивостей. У будівництві вони можуть замінювати традиційні матеріали, забезпечуючи підвищену стійкість до навантажень і впливів навколишнього середовища.

В медицині використовуються для створення протезів, імплантатів і хірургічних інструментів, що характеризуються високою біосумісністю. У відновлюваній енергетиці їх застосовують для виготовлення лопатей вітряків і компонентів сонячних панелей завдяки їхній легкості та довговічності. В електроніці перспективними є композити з провідними наповнювачами для створення гнучких електронних пристроїв, сенсорів і елементів енергозбереження.

Транспортна галузь використовує композиційні матеріали для зниження ваги й покращення аеродинамічних характеристик автомобілів, літаків і кораблів. У сфері військових технологій вони знаходять застосування в броні, легких шоломах і деталях техніки завдяки високій стійкості до ударів і вибухів. Також зростає інтерес до використання композиційних матеріалів у харчовій і текстильній промисловості, де вони можуть замінювати пластики, пропонуючи більш екологічні й функціональні рішення.

Учасники дискутують, наводять приклади, обмінюються думками.

### 3. Практична частина (20 хв)

#### 1. Демонстрація зразків:

Учасники розглядають зразки композиційних матеріалів (склопластик, вуглепластик тощо)

Учасники розглядають зразки композиційних матеріалів, таких як склопластик, вуглепластик та інші, для ознайомлення з їхньою структурою, властивостями та потенційними сферами застосування. Склопластик, наприклад, складається з матриці (зазвичай полімерної) та армувального шару зі скловолокна, що забезпечує високу міцність і стійкість до корозії, а також широко використовується в будівництві, транспорті та суднобудуванні. Вуглепластик, виготовлений із вуглецевих волокон і полімерної матриці, демонструє виняткове співвідношення міцності до ваги та стійкість до втоми, що робить його популярним у авіації, космічній галузі та спортивному обладнанні.

Оглядаючи зразки, учасники звертають увагу на текстуру, щільність, вагу та міцність матеріалів, порівнюючи їх із традиційними металами чи пластиками. Вони також аналізують особливості виробництва, наприклад, орієнтацію волокон або якість зчеплення між матрицею і наповнювачем. Такий практичний підхід сприяє кращому розумінню технічних і експлуатаційних переваг композиційних матеріалів.

- Демонстрація основних властивостей (наприклад, легкості, міцності).

**Склопластик** і **вуглепластик** є популярними композиційними матеріалами завдяки їх унікальним властивостям. Ось детальний опис їхніх характеристик:

#### **Склопластик**

Складається з полімерної матриці (зазвичай поліефірної або епоксидної смоли) і армувального шару зі скловолокна.

#### **Основні властивості:**

- **Міцність:** Висока міцність на розтяг і стиск завдяки армуванню скловолокном.
- **Легкість:** Має значно меншу густину порівняно з металами, що зменшує вагу конструкцій.
- **Стійкість до корозії:** Не піддається корозії в умовах підвищеної вологості, хімічного впливу та морської води.

- **Теплоізоляція:** Має низьку теплопровідність, що робить його хорошим теплоізоляційним матеріалом.
- **Діелектричні властивості:** Не проводить електричний струм, тому широко використовується в електротехніці.
- **Гнучкість:** Володіє певною еластичністю, що знижує ризик утворення тріщин при механічних навантаженнях.
- **Економічність:** Вартість виробництва є відносно низькою порівняно з вуглепластиком.

#### **Недоліки:**

- Відносно менша жорсткість і міцність порівняно з вуглепластиком.
- Менша термостійкість.
- Схильність до старіння під впливом ультрафіолетового випромінювання.

#### **Вуглепластик**

Цей матеріал складається з полімерної матриці (переважно епоксидної смоли) і армувального шару з вуглецевих волокон.

#### **Основні властивості:**

- **Висока міцність:** Має дуже високу міцність на розтяг і жорсткість завдяки армуванню вуглецевими волокнами.
- **Низька густина:** Ще легший за склопластик, забезпечуючи чудове співвідношення міцності до ваги.
- **Стійкість до втомлюваності:** Вуглепластик краще витримує циклічні навантаження, що робить його ідеальним для авіації та космосу.
- **Термостійкість:** Має вищу стійкість до високих температур порівняно зі склопластиком.
- **Стійкість до корозії:** Не піддається корозії, що забезпечує довговічність у агресивних середовищах.
- **Естетичність:** Часто використовується у вигляді відкритих структур (наприклад, карбоновий дизайн), що додає сучасного вигляду виробам.

#### **Недоліки:**

- Висока вартість виробництва через складний технологічний процес і вартість вуглецевих волокон.
- Крихкість: Хоча матеріал дуже міцний, він менш еластичний, ніж склопластик, і може ламатися при сильних ударах.
- Обмежена екологічність: Утилізація вуглепластику є складнішою, ніж склопластику.

### **Порівняння**

- Склопластик дешевший і більш універсальний, але має меншу жорсткість і міцність.
- Вуглепластик легший, міцніший і жорсткіший, але дорожчий і менш гнучкий.

Обидва матеріали широко використовуються в авіації, автомобілебудуванні, будівництві, суднобудуванні, спортивному обладнанні та електротехніці, залежно від специфічних вимог до міцності, ваги та вартості.

## **2. Обговорення результатів: Модератор запитує:**

### **Які властивості найбільше вразили?**

Найбільше враження справляють легкість, висока міцність та стійкість до корозії композиційних матеріалів. Особливо цікавою є їх здатність поєднувати, здавалося б, несумісні характеристики, такі як жорсткість і легкість. Унікальність термостійкості вуглепластику та його виняткове співвідношення міцності до ваги також викликають захоплення, як і діелектричні властивості та економічність склопластику.

### **Як властивості впливають на практичне застосування?**

Властивості композиційних матеріалів визначають їхнє широке застосування в різних галузях. Легкість і міцність сприяють зниженню ваги конструкцій у транспорті та авіації, зменшуючи витрати пального й підвищуючи ефективність. Стійкість до корозії забезпечує довговічність у будівництві, суднобудуванні та хімічній промисловості. Жорсткість і стійкість до втомлюваності роблять вуглепластик незамінним у спорті, космічних технологіях і військових розробках. Тепло- та електроізоляційні властивості

склопластику дозволяють використовувати його в електротехніці й енергетиці. Таким чином, унікальні характеристики цих матеріалів відкривають можливості для створення інноваційних виробів і технологій.

#### **4. Підсумкова частина (10 хв)**

1. Формулювання висновків:
2. Оцінка активності учасників.
3. Подяка учасникам за участь.

#### **Результати заходу:**

1. Сформовані знання про властивості композиційних матеріалів.
2. Вироблені пропозиції щодо використання композитів у промисловості.

### **3.3 Платформа Zoom для онлайн навчання**

#### **Вступ: Що таке Zoom?**

Zoom — це платформа для відеоконференцій, яка забезпечує синхронну онлайн-комунікацію через відео, аудіо та текст. Інструмент став особливо популярним у сфері освіти завдяки своїй простоті використання, доступності й багатофункціональності.

#### **Особливості Zoom для навчання**

##### **1. Відеоконференції у реальному часі.**

Завдяки високій якості відео та аудіо, Zoom забезпечує комфортне середовище для проведення лекцій, практичних занять та семінарів у режимі реального часу. Викладачі мають змогу донести інформацію максимально доступно, використовуючи не лише голосове спілкування, а й візуальні матеріали, які сприяють кращому розумінню складних тем. Наприклад, під час інтерактивної лекції з використанням Zoom викладач може демонструвати презентацію, пояснюючи головні моменти, а здобувачі освіти у цей час можуть ставити запитання в голосовому режимі або через чат, отримуючи миттєві роз'яснення. Це створює ефект присутності, сприяє активному залученню студентів у процес навчання та допомагає формувати глибше розуміння теми.



## **2. Запис сесій.**

Zoom надає можливість записувати зустрічі, що є надзвичайно корисною функцією для освітнього процесу. Це дозволяє здобувачам освіти зберігати доступ до матеріалів лекцій, практичних занять чи семінарів для подальшого перегляду. Такий підхід особливо зручний для тих, хто не зміг бути присутнім на занятті через об'єктивні причини, або для тих, хто бажає поглиблено вивчити матеріал. Наприклад, студент, який готується до тестування на тему використання екологічних матеріалів у будівництві, може переглянути запис лекції, звертаючи увагу на важливі деталі чи моменти, які були недостатньо зрозумілими під час першого прослуховування. Це забезпечує індивідуалізацію навчання, дозволяючи кожному студенту працювати у своєму темпі.

## **3. Спільний доступ до екрану.**

Функція спільного доступу до екрану в Zoom дозволяє викладачам ділитися візуальними матеріалами у реальному часі, що значно підвищує ефективність навчального процесу. Завдяки цьому викладач може демонструвати презентації, відео, графіки, документи або програмне забезпечення, необхідне для пояснення теми. Наприклад, під час заняття з лабораторної роботи викладач може відкрити PDF-файл із покроковими інструкціями та показувати кожний етап виконання завдання. Це дозволяє студентам одночасно спостерігати за поясненнями й отримувати візуальну підтримку, що знижує ймовірність помилок та сприяє кращому засвоєнню матеріалу.

Інтегрований чат дозволяє ставити запитання без перебивання лекції. Також можливий обмін файлами, що спрощує спільну роботу.

**Приклад:** Студент надсилає своє запитання про специфіку самостійної роботи в чат, щоб викладач відповів після пояснення основного матеріалу.

#### 4. "Breakout Rooms" (Кімнати для групової роботи)

Функція "Breakout Rooms" у Zoom дає можливість розподіляти здобувачів освіти на окремі групи, створюючи невеликі віртуальні кімнати для роботи. Це особливо корисно для завдань, які вимагають командної співпраці, дискусій або вирішення проблем. Кожна група може працювати незалежно, обговорювати свої ідеї, розробляти стратегії або виконувати спільні проєкти, не заважаючи іншим. Після завершення групової роботи учасники можуть повернутися до основної сесії, щоб представити свої результати або поділитися висновками. Такий підхід сприяє активному залученню, формує комунікативні навички та дозволяє здобувачам освіти отримати практичний досвід роботи в команді.

**Приклад:** Під час заняття на тему "Smart Materials in Construction" групи створюють міні-проєкти для практичного використання таких матеріалів.

#### 5. Інтерактивні інструменти

Zoom пропонує кілька інтерактивних інструментів, які сприяють залученню здобувачів освіти та підвищують ефективність навчального процесу.

Функція опитувань дозволяє викладачам створювати миттєві питання, на які студенти можуть відповісти в реальному часі. Це дає змогу швидко оцінити рівень засвоєння матеріалу, дізнатися думку аудиторії або розпочати дискусію. Наприклад, під час заняття викладач може поставити запитання на тему екологічних технологій у будівництві, щоб з'ясувати, наскільки здобувачі освіти знайомі з поняттям.[12]

Реакції у вигляді емодзі дозволяють студентам висловлювати свою думку чи підтримку без необхідності переривати лекцію. Наприклад, здобувачі освіти можуть використовувати значок «палець угору», щоб показати, що їм зрозуміло пояснення, або «аплодисменти», щоб подякувати за цікаву ідею.

Інтерактивна функція "білий екран" слугує як віртуальна дошка для заміток, схем чи ідей, які можна створювати у реальному часі. Викладач або здобувачі освіти можуть малювати, писати текст чи позначати певні моменти, що допомагає візуалізувати складні концепції та підтримує активне обговорення. Цей інструмент особливо ефективний під час мозкового штурму чи пояснення алгоритмів.[11]

Всі ці функції роблять процес навчання більш динамічним, інтерактивним і адаптованим до потреб сучасних здобувачів освіти.

**Приклад:** Викладач під час заняття створює інтерактивне опитування щодо впливу цифрових технологій на навчання.

### **Переваги Zoom для освітнього процесу**

#### **1. Гнучкість**

Zoom є універсальною платформою, яка підтримує роботу на різних пристроях, таких як персональні комп'ютери (ПК), планшети та смартфони. Це дає здобувачам освіти гнучкість у виборі пристрою для участі в заняттях і дозволяє їм долати обмеження, пов'язані з фізичними умовами чи відстанню. Наприклад, студент може бути вдома, на роботі чи навіть у подорожі, і все одно мати можливість приєднатися до лекції чи семінару, використовуючи мобільний телефон або планшет. Така доступність значно підвищує рівень залученості здобувачів освіти в процес, оскільки вони можуть брати участь у навчанні в будь-який час і з будь-якого місця, за умов наявності інтернет-з'єднання. Це створює додаткові можливості для дистанційного навчання, зробивши його більш інклюзивним і зручним.

#### **2. Масштабованість**

Zoom є надзвичайно гнучкою платформою, яка підходить як для індивідуальних консультацій, так і для занять з великою кількістю учасників. Для індивідуальних консультацій викладачі можуть створювати приватні зустрічі, де вони можуть безпосередньо взаємодіяти з кожним студентом, відповідати на запитання та надавати персоналізовану допомогу. Це особливо корисно для предметів, які потребують детальних роз'яснень або для студентів,

які потребують додаткового пояснення з певних тем.З іншого боку, Zoom також підтримує проведення занять з великою кількістю учасників — до 1000 осіб. Це робить платформу ідеальною для великих лекцій, семінарів або конференцій, де викладач може звертатися до аудиторії, демонструвати навчальні матеріали, проводити опитування чи організовувати дискусії за допомогою чатів. У таких випадках Zoom забезпечує необхідні інструменти для управління великими групами, наприклад, функцію «Mute All» для контролю звуку, або можливість розподіляти учасників на окремі групи за допомогою «Breakout Rooms» для роботи над завданнями. Така універсальність дозволяє використовувати Zoom для різних типів навчальних активностей — від індивідуальних занять до масштабних лекцій або онлайн-подій.

### **3. Економія часу та ресурсів**

Онлайн-заняття значно зменшують або навіть усувають необхідність витрачати час на дорогу до навчальних закладів, що є великою перевагою для здобувачів освіти. Вони можуть брати участь у заняттях із будь-якого місця, де є доступ до інтернету, що економить час, який зазвичай витрачається на поїздки. Це особливо зручно для студентів, які живуть у віддалених районах або мають обмежений доступ до транспорту.Завдяки онлайн-формату здобувачі освіти можуть організувати свій час більш ефективно, що дозволяє їм краще поєднувати навчання з іншими обов'язками, такими як робота, сімейні справи чи особисті інтереси. Також це дає можливість учасникам бути більш зосередженими на самому навчальному процесі, без стресу через поїздки або затримки через погодні умови чи дорожні пробки.Враховуючи ці переваги, онлайн-заняття створюють можливість для більш гнучкого, зручного та доступного навчання, що відповідає вимогам сучасного освітнього середовища.

### **4. Доступність для різних груп населення**

Онлайн-заняття через платформу, таку як Zoom, створюють рівні можливості для студентів з обмеженими фізичними можливостями та тих, хто знаходиться в віддалених районах. Завдяки відсутності необхідності фізичної присутності в класі, ці студенти можуть брати повноцінну участь у навчальному

процесі, незалежно від своїх фізичних обмежень чи географічного розташування.

Для студентів з обмеженими можливостями, Zoom надає можливості для налаштування субтитрів або використання інших технологій допомоги, що дозволяє їм краще сприймати навчальний матеріал. Наприклад, можна активувати голосові підказки для слабозорих студентів або використовувати жестову мову для глухих або слабочуючих учасників.

Завдяки цим можливостям, онлайн-заняття роблять освіту більш інклюзивною та доступною для широкого кола здобувачів освіти, сприяючи їхній рівноправній участі в навчальному процесі.

### **Виклики та рішення**

- **Проблеми з інтернет-з'єднанням:** Використання аудіо замість відео або збереження запису для перегляду пізніше.
- **Труднощі технічної адаптації:** Проведення вступного інструктажу для здобувачів освіти та викладачів.

### **Заключення**

Zoom — це потужний інструмент для навчання, який дозволяє забезпечити якісний освітній процес навіть у дистанційному форматі. Його інтерактивні функції сприяють залученню здобувачів освіти, полегшують комунікацію та роблять навчання доступнішим.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ III

У межах розділу було розроблено практичні матеріали з теми «Композиційні матеріали», що сприяють розвитку самостійності, критичного мислення та професійних навичок у студентів. Завдання охоплюють широкий спектр компетенцій: від глибокого аналізу та порівняння властивостей сучасних композитів до оцінки їх ефективності у різних галузях. Це дозволяє здобувачам освіти не тільки засвоїти теоретичні знання, а й набути навичок критичного аналізу та порівняльного дослідження, необхідних для вирішення професійних завдань.

Розглянуті види завдань – дослідницькі, порівняльні, творчі та кейс-орієнтовані – дозволяють інтегрувати сучасні підходи до навчання. Наприклад, кейс-дослідження мотивують студентів шукати оптимальні матеріали для конкретних умов, враховуючи їх властивості, переваги та обмеження. Такі завдання розвивають навички аналізу, системного мислення та аргументації.

Особливу увагу приділено порівняльному аналізу склопластику та вуглепластику. Це допомогло визначити оптимальні сфери їх застосування: склопластик для корозійностійких конструкцій у суднобудуванні та хімічній промисловості, а вуглепластик – для легких і міцних елементів в авіації та спорті. Такі дослідження підкреслюють значення композиційних матеріалів у розвитку сучасних технологій.

Круглий стіл та інтерактивні методи, включаючи демонстрацію зразків і дискусії, сприяли активному обговоренню властивостей композитів, їхньої структури та перспектив застосування. Це не лише розвиває критичне мислення, але й забезпечує формування комунікативних навичок.

Використання платформи Zoom для онлайн-навчання забезпечує додаткові можливості для організації навчального процесу. Інтерактивні функції платформи, такі як «Breakout Rooms», опитування та спільний доступ до екрану, сприяють залученню студентів та покращують якість освітнього процесу, роблячи його доступним і гнучким.

Таким чином, розроблені матеріали та запропоновані підходи формують комплексне середовище для навчання, яке відповідає сучасним викликам професійної підготовки в інженерно-технічних галузях. Вони сприяють розвитку компетенцій, необхідних для ефективної роботи з інноваційними матеріалами в умовах швидкої технологічної еволюції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреева, Т. В. Інформаційно-комунікаційні технології в освіті: методологія та практика / Т. В. Андреева. – Київ: Вид-во КНУ ім. Т. Шевченка, 2020. – 234 с.
2. Биков, В. Ю. Хмарні технології в освітньому середовищі: монографія / В. Ю. Биков. – Київ: Педагогічна преса, 2018. – 321 с.
3. Ващенко, Л. І. Цифрова педагогіка: основи, інновації, перспективи / Л. І. Ващенко. – Одеса: Фенікс, 2019. – 276 с.
4. Воронов, І. І. Формування професійних компетентностей майбутніх педагогів / І. І. Воронов. – Харків: Освіта, 2021. – 198 с.
5. Гребеник, О. В. Використання мультимедіа в професійній освіті / О. В. Гребеник // Науковий вісник. – 2022. – № 4. – С. 45–52.
6. Гребінець, В. І. Композиційні матеріали у сучасному будівництві / В. І. Гребінець. – Харків: Основа, 2020. – 312 с.
7. Державний стандарт професійної освіти України (затв. постановою Кабінету Міністрів України від 30.06.2015 № 751) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua>.
8. Єфремов, В. І. Будівельні матеріали: підручник / В. І. Єфремов. – Київ: Вища школа, 2018. – 278 с.
9. Зимова, Т. О. Цифрова трансформація освіти: виклики та можливості / Т. О. Зимова // Освіта ХХІ століття. – 2021. – № 2. – С. 67–75.
10. Івченко, О. М. Інноваційні будівельні матеріали в енергозберігаючих технологіях / О. М. Івченко. – Одеса: Видавництво ОНУ, 2022. – 245 с.
11. Карпов, М. М. Використання інтерактивних технологій у професійній підготовці педагогів / М. М. Карпов. – Вінниця: ПП "Друкарня", 2022. – 208 с.
12. Карпов, М. М. Цифрові підходи до викладання матеріалознавства / М. М. Карпов. – Одеса: Фенікс, 2020. – 211 с.

13. Ковальчук, Л. І. Цифрова грамотність майбутніх учителів: навчальний посібник / Л. І. Ковальчук. – Львів: Світ, 2021. – 191 с.
14. Комаров, Д. В. Розвиток критичного мислення в педагогічній освіті / Д. В. Комаров. – Харків: Основа, 2019. – 256 с.
15. Кондакова, О. А. Цифрові інструменти для дистанційного навчання / О. А. Кондакова. – Київ: Наукова думка, 2021. – 178 с.
16. Корженко, О. В. Самоосвітня діяльність у системі професійної підготовки / О. В. Корженко // Професійна освіта. – 2022. – № 5. – С. 33–40.
17. Косенко, Н. М. Використання цифрових платформ у навчанні / Н. М. Косенко. – Дніпро: Ліра, 2020. – 203 с.
18. Кравець, Л. П. Інтерактивні методи навчання майбутніх педагогів / Л. П. Кравець // Освітологія. – 2021. – № 2. – С. 82–89.
19. Лисенко, О. П. Сучасні матеріали для будівництва мостів / О. П. Лисенко. – Київ: Аграрна наука, 2019. – 189 с.
20. Ляшенко, І. А. Композиційні матеріали: структура, властивості, застосування / І. А. Ляшенко. – Львів: Світ, 2019. – 264 с.
21. Марченко, В. В. Будівельні матеріали: практичний посібник / В. В. Марченко. – Харків: Видавництво ХНУ, 2020. – 180 с.
22. Нікулін, А. В. Сучасні методики використання композиційних матеріалів у будівництві / А. В. Нікулін. – Запоріжжя: ЗНУ, 2021. – 291 с.
23. Остапенко, С. Г. Екологічні аспекти будівництва: використання композиційних матеріалів / С. Г. Остапенко. – Вінниця: Вид-во ВНТУ, 2020. – 197 с.
24. Петров, О. М. Ефективність використання композитів у будівництві / О. М. Петров // Сучасна освіта. – 2021. – № 6. – С. 23–28.
25. Петрова, В. С. Композиційні матеріали для медичних застосувань / В. С. Петрова. – Львів: Світ, 2021. – 172 с.
26. Подільський, П. А. Композиційні матеріали у транспортному будівництві / П. А. Подільський. – Київ: Техніка, 2020. – 234 с.

27. Поліщук, Т. І. Інноваційні матеріали для будівництва / Т. І. Поліщук // Будівельний вісник. – 2021. – № 3. – С. 17–22.
28. Романенко, В. О. Армування бетону композитними матеріалами: посібник / В. О. Романенко. – Львів: Наука, 2019. – 187 с.
29. Сидоренко, І. Г. Вплив новітніх будівельних матеріалів на енергоефективність споруд / І. Г. Сидоренко. – Одеса: Астропринт, 2022. – 256 с.
30. Сидоров, Г. М. Вплив цифрових технологій на будівельну інженерію / Г. М. Сидоров. – Харків: Видавництво ХНУ, 2021. – 243 с.
31. Скрипник, А. В. Використання 3D-друку в будівництві з композитних матеріалів / А. В. Скрипник. – Запоріжжя: ПП "Друкарня", 2021. – 213 с.
32. Соловйов, М. П. Новітні технології виготовлення композитів / М. П. Соловйов // Матеріалознавство. – 2022. – № 5. – С. 45–52.
33. Сотников, В. М. Дослідження довговічності будівельних композитів / В. М. Сотников. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 284 с.
34. Ткаченко, В. І. Стійкість композитів у складних умовах / В. І. Ткаченко. – Дніпро: Ліра, 2020. – 202 с.
35. Ткаченко, О. В. Екологічні композиційні матеріали для будівельної галузі / О. В. Ткаченко. – Дніпро: Ліра, 2020. – 198 с.
36. Травкін, С. І. Композити: властивості і застосування / С. І. Травкін // Будівельна наука. – 2021. – № 4. – С. 33–40.
37. Удовенко, О. С. Стійкість композитних матеріалів до зовнішніх факторів / О. С. Удовенко. – Київ: Наукова думка, 2021. – 245 с.
38. Удовенко, С. В. Впровадження новітніх технологій у будівельній галузі / С. В. Удовенко // Матеріалознавство. – 2021. – № 2. – С. 51–57.
39. Федоренко, А. М. Інновації у виробництві композиційних матеріалів / А. М. Федоренко. – Київ: Наукова думка, 2022. – 221 с.
40. Федоренко, А. М. Лабораторні дослідження композиційних матеріалів / А. М. Федоренко. – Харків: Основа, 2022. – 196 с.

41. Чередніченко, С. О. Використання цифрових платформ для викладання будівельних дисциплін / С. О. Чередніченко // Освіта ХХІ століття. – 2020. – № 3. – С. 67–72.

42. Шевченко, І. М. Композиційні матеріали в енергозберігаючих конструкціях / І. М. Шевченко. – Полтава: Полтавський університет, 2021. – 214 с.

43. Шевченко, І. М. Композиційні матеріали для авіаційної промисловості / І. М. Шевченко. – Одеса: Астропринт, 2020. – 193 с.

44. Яровий, А. О. Інноваційні тенденції у використанні композитів в інфраструктурі / А. О. Яровий. – Київ: Техніка, 2020. – 180 с.