

ДОКТОР ФІЛОСОФІЇ

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан будівельно-технологічного факультету



д.т.н., проф.. Гоц В.І.

“ 5 ” квітня 2021 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Вибірковий курс «Нанотехнології композиційних будівельних матеріалів»**

шифр	назва спеціальності
	«Будівництво та цивільна інженерія»

шифр	назва спеціалізації
	«Будівельні матеріали та виробы»

Програма підготовки аспірантів та здобувачів

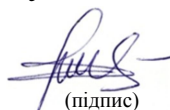
Розробник: Пушкарьова К.К., доктор технічних наук, професор,  
Суханевич М.В., доктор технічних наук, доцент

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри будівельних матеріалів

Протокол № від “ ” березня 2021 року

Завідувач кафедри

(Пушкарьова К.К.)  
(прізвище та ініціали)

  
(підпис)

Схвалено науково-методичною комісією спеціалізації:

Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів

Протокол № 7\_ від “ 29”\_березня\_2021\_\_ року

Голова НМКС

(підпис)

(прізвище та ініціали)



(Майстренко А.А.)

**ВИТЯГ З НАВЧАЛЬНОГО ПЛАНУ 2021-2022 рр.**

шифр	Магістр ОПІ, ОНП	Форма навчання: денна, вечірня									Форма контролю	Семестр	Відмітка про погодження
	Назва спеціальності (спеціалізації)	Кредити	Обсяг годин					Індивідуальна робота					
			Всього	Разом	аудиторних								
					Л	Пз	Лр	СР	К П	Ре ф.			
	Аспіранти та здобувачі	15	450	150	-	150	-	300			залік	3	

## Мета та завдання дисципліни

**Мета курсу:** викладення основних наукових положень сучасного будівельного матеріалознавства щодо принципів побудови композиційних будівельних матеріалів та поглиблення знань про фізико-хімічні основи нанотехнологій, які можуть бути використані при виробництві будівельних композиційних матеріалів і виробів спеціального призначення, а також оволодіння аспірантами *компетентностями* системного наукового аналізу та наукової методології, необхідних для розвитку сучасної науки, вмінням розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної, у тому числі дослідницько-інноваційної діяльності. Об'єктом вивчення даної дисципліни є сучасні композиційні будівельні матеріали спеціального призначення, при виготовленні яких використовують елементи нанотехнологій, або при виготовленні яких використовують нанорозмірні добавки-модифікатори структури.

Завданням цієї дисципліни є ознайомлення із загальними принципами створення наномодифікованих композиційних матеріалів як матеріалів із заданими властивостями, в тому числі спеціального будівельного призначення; визначення галузей використання композиційних матеріалів; виявлення доцільності використання різних типів матриць (в'язучих систем) і армуючих компонентів (наповнювачів) та оптимального використання нанорозмірних елементів для покращення їх структури і властивостей; вибір раціональних технологічних схем і параметрів нанотехнологій у виробництві будівельних композиційних матеріалів.

### Компетентності аспірантів, що формуються в результаті засвоєння дисципліни

<b>Інтегральна компетентність (ІК)</b>	ІК Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми в галузі архітектури та будівництва в сфері будівництва і цивільної інженерії та/або дослідницько-інноваційної діяльності, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.
<b>Загальні компетентності (ЗК)</b>	ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу нових та комплексних ідей.  ЗК02. Здатність до самостійного пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел, формулювати та обґрунтовувати наукові гіпотези, проводити та управляти актуальними науковими дослідженнями інноваційного характеру.  ЗК03. Здатність працювати в міжнародному контексті над ідентифікацією актуальних наукових проблем, генерувати нові креативні ідеї, застосовувати нестандартні підходи до вирішення складних і нетипових завдань з дотриманням прийнятих в науковому світі ключових засад професійної етики, морально-етичних норм та міжкультурних цінностей.  ЗК04. Здатність розробляти інноваційні наукові проекти

	<p>впроваджувати їх та управляти ними, взаємодіяти в колективі, виявляти лідерські здібності при виконанні, демонструючи ґрунтовні знання та розуміння філософської методології наукового пізнання.</p> <p>ЗК05. Здатність презентувати результати наукових досліджень, вести фахову наукову бесіду та дискусію із широкою науковою спільнотою та громадськістю, формувати наукові тексти в письмовій формі, у тому числі іноземною мовою, організовувати та проводити навчальні заняття, використовувати прогресивні інформаційно-комунікаційні засоби.</p>
<p><b>Фахові компетентності спеціальності (ФК)</b></p>	<p>ФК01. Здатність до системного аналізу світової науково-технічної інформації, з формулюванням висновків відповідно до цілей дослідження в сфері будівництва та цивільної інженерії.</p> <p>ФК02. Здатність організовувати та управляти науково-професійними видами діяльності із застосуванням інтегрованого знання і розуміння інших суміжних інженерних дисциплін, беручи на себе відповідальність за результати прийнятих рішень.</p> <p>ФК03. Здатність планувати, проводити оригінальні дослідження, якість яких відповідає національному та світовому рівням науки, спрямовані на практичну реалізацію в галузі будівництва та створення фундаментальних засад для суміжних галузей.</p> <p>ФК04. Здатність проводити аналіз об'єкту дослідження та предметної області в сфері будівництва та цивільної інженерії, оцінювати та порівнювати різноманітні теорії, концепції та підходи з предметної сфери наукового дослідження, робити відповідні висновки, надавати пропозиції та рекомендації.</p> <p>ФК05. Здатність використовувати сучасні методи моделювання та прогнозування із використанням новітніх прикладних програм, комп'ютерних систем та мереж, програмних продуктів при створенні нових знань, розробці фізичних, математичних та інших моделей, нових будівельних матеріалів, інженерних систем й конструкцій, удосконалювати методи їх розрахунку, технології їх виготовлення і експлуатації, генерувати ідеї щодо практичного впровадження наукових результатів.</p> <p>ФК06. Здатність моделювати і досліджувати організаційно-технологічні процеси в будівництві з використанням сучасних програмних продуктів та продукувати ідеї щодо впровадження результатів наукового дослідження в будівельну практику.</p> <p>ФК07. Здатність проводити експериментальні дослідження, обробляти й отримувати, впроваджувати їх результати в практику виробництва та в навчальний освітній процес.</p> <p>ФК08. Здатність володіти навчально-методичними та науково-дослідними стандартами в галузі архітектури та будівництва, вміти їх застосовувати при розробці, побудові, впровадженні інноваційних рішень.</p>

ФК09. Здатність презентувати результати досліджень у вигляді публікації, оформлювати заявки на видачу охоронних документів та отримання наукових грантів, оформлювати акти впровадження та наукові звіти, розробляти навчально-методичну літературу та презентації освітніх курсів.

ФК10. Здатність організувати та проводити навчальні заняття за спеціальністю будівництво та цивільна інженерія, удосконалювати педагогічну майстерність, професійні вміння майбутніх вчених та викладачів, застосовувати інноваційні методи навчання і методики викладання фахових дисциплін.

### **7 - Програмні результати навчання**

**(ПР)**

**ПР01.** Здатність продемонструвати знання та розуміння філософської методології наукового пізнання, психолого-педагогічних аспектів професійно-наукової діяльності, власний науковий світогляд та морально-культурні цінності.

**ПР02.** Здатність продемонструвати глибинні системні знання і розуміння вітчизняного та зарубіжного наукового доробку та практичного досвіду, сучасної методологічно-методичної бази проведення наукових досліджень у царині будівництва.

**ПР03.** Володіння знаннями та навичками усного та письмового спілкування державною та іноземними мовами, а також з використанням сучасних інформаційних технологій та засобів комунікації, включаючи спеціальну термінологію, необхідну для повного розуміння іншомовних наукових текстів, проведення літературного пошуку, усного та письмового представлення результатів наукових досліджень, ведення фахового наукового діалогу, працюючи в міжнародному контексті з різними стейкхолдерами галузі, використовуючи навички міжособистісної взаємодії.

**ПР04.** Здатність продемонструвати знання із наукової та професійної підготовки для підтвердження рівня компетентності у виборі методів наукових досліджень, оцінки їх наукової новизни та практичного значення при вирішенні спеціалізованих завдань в сфері будівництва та цивільної інженерії.

**ПР05.** Вміння виявляти зв'язки між сучасними науковими концепціями в суміжних предметних сферах, вміння переоцінювати вже існуючі знання і професійні практики для обґрунтування нових теоретичних та практичних рекомендацій для розв'язування науково-практичних задач в області теоретичних досліджень, застосовувати їх в сфері будівництва та цивільної інженерії.

**ПР06.** Вміння застосовувати універсальні навички дослідника, достатні для розв'язання комплексних проблем у сфері будівництва та цивільної інженерії та пов'язаних з нею дослідницько-інноваційній та/або науково-педагогічній

діяльності за фахом та продукування нових ідей та методів, спрямованих на покращення науково-практичної діяльності в галузі будівництва та архітектури.

**ПР07.** Знання та розуміння теоретичних засад створення нових будівельних матеріалів, конструкцій, розроблення нових технологій, удосконалення організації будівельно-монтажних процесів, що пов'язані зі спорудженням, реконструкцією, реставрацією, ремонтом будівель, споруд і комплексів, у тому числі в особливих умовах.

**ПР08.** Володіння навичками та вміннями у вирішенні наукових і практичних проблем забезпечення екологічної безпеки в сфері будівництва та цивільної інженерії, підвищення економічності та надійності функціонування архітектурно-конструктивно-технологічних систем будівель та споруд, забезпечення раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього середовища.

**ПР09.** Знання та розуміння принципів створення і розвитку ефективних методів розрахунку та експериментальних досліджень споруджених, відновлених та підсилених конструкцій, влаштування інженерних мереж, проектування та виробництва будівельних матеріалів, володіти теоретично-методологічними базисами проектування й організації технологічних процесів, що найбільш повно враховують специфіку впливів зовнішнього середовища, антропогенних факторів, тощо.

**ПР10.** Володіти сучасними інформаційними технологіями для розробки, організації та управління науковими проектами та/або науковими дослідженнями в сфері будівництва та цивільної інженерії, презентації їх результатів у професійному середовищі через сучасні форми наукової комунікації.

**ПР11.** Демонструвати системний науковий світогляд та філософсько-культурний кругозір, який включає розвинене критичне мислення, професійну етику, академічну доброчесність, повагу до різноманітності та мультикультурності в поєднанні з володінням передовими методиками викладання у вищій школі і постійним самовдосконаленням професійного та наукового рівня.

**ПР12.** Здатність до безперервного саморозвитку та самовдосконалення, ефективної самостійної праці, вміння отримувати бажаний результат в умовах обмеженого часу з акцентом на професійну сумлінність і з дотриманням етичних міркувань, уміння та навички проводити моніторинг робіт та вчасно вносити корективи в план робіт за проектом в сфері будівництва та цивільної інженерії.

**ПР13.** Здійснювати успішну інноваційну науково-технічну діяльність у соціально-орієнтованому суспільстві на основі

	<p>міжособистісних взаємовідносин для максимального самовираження на основі терпимості, психологічної сумісності та етики поведінки.</p> <p><b>ПР14.</b> Демонструвати вміння самостійно ставити та розв'язувати організаційно-управлінські завдання на основі дотримання законодавчої бази, принципів доброчесності та відповідальності за успішний кінцевий особистий та командний результат на основі сучасної теорії і практики організації та управління функціонуванням науково-професійних видів діяльності в сфері будівництва та цивільної інженерії.</p> <p><b>ПР15.</b> Здатність формулювати власні авторські висновки, пропозиції та рекомендації на основі аналізу літературних джерел, патентних досліджень, повного циклу теоретичних і експериментальних досліджень, проведених за сучасними методиками.</p>
--	---

## **1. Програма навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль 1.**

**Тема 1.** Вступ. Поняття нанотехнології. Поняття наноматеріалів. Класифікація нанорозмірних частинок за різними критеріями. Методи одержання нанорозмірних матеріалів, методологія визначення та прогнозування оцінки їх властивостей та потенціалу використання у композиційних будівельних матеріалів різного призначення.

**Тема 2.** Методи оцінки впливу наномодифікації різних типів матриці композиційних матеріалів на їх структуру і властивості та експлуатаційні характеристики.

**Тема 3.** Способи наномодифікації цементної матриці («Знизу-вверх», «Зверху-вниз», «Синергія» тощо) та їх вплив на властивості композиційних розчинів і бетонів.

**Тема 4.** Способи наномодифікації керамічної та скляної матриці, вплив високотемпературної технології одержання композиційних матеріалів на їх експлуатаційні властивості.

**Тема 5.** Способи наномодифікації керамічної та скляної матриці, вплив високотемпературної технології одержання композиційних матеріалів на їх експлуатаційні властивості.

**2.Теми практичних занять**  
(для денної форми навчання)

Назва тем практичних занять	Кількість годин
<b>Тема 1. Методи одержання нанорозмірних речовин для модифікації композиційних будівельних матеріалів</b>	
1.1. Механічні методи одержання нанорозмірних речовин з мінеральної сировини(нанокремнезем, наноцемент, нановапняк, наноглини);	10
1.2.Золь-гель метод одержання оксидних наноречовин (наносилікат, наноалюмінат, нанооксид титану, наноцеоліт);	10
1.3. Високотемпературні методи одержання вуглецевих наноречовин-нанотрубок, нанопластин.	10
<b>Тема 2. Методологія визначення та прогнозна оцінка впливу нанорозмірних частинок на властивості композиційних будівельних матеріалів</b>	
2.1. Дослідження взаємозв'язку «склад- структура-технологія- властивості» для будівельних матеріалів природного та штучного походження	10
2.2. Оцінка впливу складу та структури в ієрархічному ланцюгу «нано-мікро-мезо-макро» на експлуатаційні властивості композиційних будівельних матеріалів.	10
2.3. Регулювання складу та структури виробів на основі різних типів матриць.	10
<b>Тема 3. Способи наномодифікації цементної матриці</b>	
3.1. Спосіб «Зверху-вниз».	8
3.2. Спосіб «Знизу-вверх»	8
3.3. Спосіб «Синергія»	8
3.4. Комбіновані способи	6
<b>Тема 4. Способи наномодифікації мінеральних матриць, які твердіють при високотемпературній обробці.</b>	
4.1. Способи наномодифікації керамічних матриць та регулювання властивостей	15
4.2. Способи наномодифікації скляних матриць та регулювання властивостей	15
<b>Тема 5. Способи наномодифікації полімерних матриць</b>	
5.1. Модифікація зернистими нанодобавками	15
5.2. Модифікація вуглецевими нанодобавками	15



### 3. Самостійна робота

передбачає опрацювання теоретичного курсу, підготовку виконання дисертаційної роботи (формулювання теми, гіпотези та визначення необхідних методів дослідження)

№	Назва теми	Кількість годин, денна/заочна
1	<b>Тема 1.</b> Поняття нанотехнології, наноматеріалів. Класифікація нанорозмірних частинок за різними критеріями. Методи одержання нанорозмірних матеріалів, методологія визначення та прогнозування їх властивостей та потенціалу використання у композиційних будівельних матеріалів різного призначення	60/60
2	<b>Тема 2.</b> Методи оцінки впливу наномодифікації різних типів матриці композиційних матеріалів на їх структуру і властивості та експлуатаційні характеристики.	60/60
3	<b>Тема 3.</b> Способи наномодифікації цементної матриці та їх вплив на властивості композиційних розчинів і бетонів.	60/60
4	<b>Тема 4.</b> Способи наномодифікації керамічної та скляної матриці, вплив високотемпературної технології одержання композиційних матеріалів на їх експлуатаційні властивості.	60/60
5	<b>Тема 5.</b> Способи наномодифікації полімерної матриці, вплив нанорозмірних частинок різного складу на покращення механічних та експлуатаційних властивостей пластмасових композитів.	60/60
	<b>Разом за модулем</b>	<b>300/300</b>

### 4. Методи навчання

З метою формування професійних компетенцій широко впроваджуються інноваційні методи навчання, що забезпечують комплексне оновлення традиційного процесу навчання, а саме: презентації (оглядові, тематичні, проблемні) з використанням комп'ютерних технологій, практичні заняття, самостійна робота під контролем викладача при вирішенні технологічних задач.

### 5. Методи контролю

Контроль здійснюється з дотриманням вимог об'єктивності, індивідуального підходу, систематичності і системності, всебічності та професійної спрямованості контролю.

**Поточний контроль** здійснюється під час проведення практичних занять і під час виконання дисертаційної роботи під контролем викладача.

**Модульний контроль** полягає у відповідях на контрольні питання з відповідної теми. Аспірант отримує допуск до заліку з навчальної дисципліни за умови виконання всіх видів навчальної роботи, передбачених робочою програмою.

**Підсумковий семестровий контроль (залік)** призначений для аспірантів, які з поважних причин не набрали необхідну кількість балів (60 балів), або для тих, хто бажає підвищити свій бал, і здійснюється у формі усних або письмових відповідей на запитання до семестрового контролю.

## 6. Розподіл балів, які отримують аспіранти

Поточне опитування, тестування та самостійна робота		Сума
М 1	Семестр. Контроль (залік)	
60	40	100

## 7. Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання

0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни
------	----------	--	---

## **8. Умови допуску до підсумкового контролю**

Аспіранту, який має підсумкову оцінку за дисципліну від 35 до 59 балів, призначається додаткова залікова сесія. В цьому разі він повинен виконати додаткові завдання, визначені викладачем.

Аспірант, який не здав та/або не захистив індивідуальні завдання, не допускається до складання заліку.

Аспірант, який не виконав вимог робочої програми по змістових модулях, не допускається до складання підсумкового контролю. В цьому разі він повинен виконати визначене викладачем додаткове завдання по змісту відповідних змістових модулів в період між основною та додатковою сесіями.

Аспірант має право на опротестування результатів контролю (апеляцію). Правила подання та розгляду апеляції визначені внутрішніми документами КНУБА, які розміщені на сайті КНУБА та зміст яких доводиться до аспірантів на початку вивчення дисципліни.

## **9. Рекомендована література**

1. Современные композиционные материалы /Под ред. Л. Браутмана, Р. Крока.- М.: Мир, 1970.- 672 с.
2. Композиционные материалы. Справочник. /Под ред. Карпиноса Д.М. – К.: Наукова думка, 1985.-592 с.
3. Будівельне матеріалознавство: підручник / П.В.Кривенко, К.К.Пушкарьова, Б.В.Барановський та ін.. - К.:Лири, 2012. – 624 с.
4. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение: Учеб. Пособие для строит. спец. Вузов.- М.: Высшая школа, 2002.- 701 с.
5. Штарк И., Вихт Б. Долговечность бетона . – К.:Оранта, 2004.- 301 с.
6. Сучасні українські будівельні матеріали, вироби та конструкції: науково-практ. довідник /За редакцією Пушкарьової К.К. – К.: Асоціація ВСБМВ, 2012. – 664 с.
7. Гоц В.І., Павлюк В.В., Шилюк П.С. Бетони і будівельні розчини: підручник. – К.: Основа, 2016. – 568 с.

8. Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.. Цементные бетоны с минеральными наполнителями.- Київ.- Будівельник, 1991.- 137 с.
9. Процессы самоорганизации структуры строительных материалов. Монография/ Пушкарева Е.К., Шейнич Л.А. -К.: Гамма-принт, 2009.- 153 с.
10. Композиционные материалы в машиностроении / Пилиповский Ю. Л. и др.- К., Техника, 1990.- 141с.
11. Полимерные композиционные материалы в строительстве /Под ред. В.И.Соломатова.- М.: Стройиздат,1988.- 132 с.
12. Рабинович Ф.Р. Дисперсноармированные бетоны. М.:Стройиздат, 1989.-174с.
13. Пономарев А.Н. Нанобетон: концепция и проблемы / Инженерно – строительный журнал. – 2009. - №2, с. 54-58.
14. Пономарев А.Н. Нанобетон: концепция и проблемы / Инженерно – строительный журнал. – 2009. - №2, с. 54-58.
15. Sobolev K., Ferrada-Gutierrez V. How Nanotechnology Can Change the Concrete World. Part 2. // AMERICAN CERAMIC SOCIETY BULLETIN, №1,2005. Pp. 16-19.
16. Пономарев А.Н. Высококачественные бетоны. Анализ возможностей и практика использования методов нанотехнологии/ Инженерно-строительный журнал, - 2009.- №6, с.19-28
17. Езерский В.А. Перспективы применения наномодифицированного бетона/ Строительные материалы.- 2011. - № 9, с. 70-71.
18. Жуков М.О. Исследование возможности применения модификаторов на основе углеродных наноструктур в технологии эффективных строительных материалов / Молодой ученый. — 2012. — №5 с/ 16-20.
19. Ваучский М.Н. Перспективы наномодификации бетона/ Инженерно – строительный журнал. – 2009. - №4.
20. Киреев В.А. Нанотехнологии: история возникновения и развития // Наноиндустрия. – 2008. – № 2. – С. 2-10.

#### **Додаткова**

21. Захарченко П.В., Долгий Е.М. та інші. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали. Підручник. К.; КНУБА, 2005. 512с.
22. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження у будівництво/ Рунова Р.Ф.,Гоц В.І., Назаренко І.І., Сівко В.Й. та інші- К., УВПК „Екс об”- 2008- 306 с.
23. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны.- М.: Стройиздат,1990.–396с.

#### **Інформаційні ресурси**

1. [http://library.knuba.edu.ua/.....](http://library.knuba.edu.ua/)

## **10. Питання до модульного контролю (заліку)**

1. Яка мета отримання композиційних матеріалів ? Які загальні ознаки композиційних матеріалів ? Які критерії класифікації композиційних матеріалів ?
2. Яка мінімальна кількість компонентів в композиційних матеріалах та
3. їх фізичний стан ?
4. Що таке нанорозмір, наноматеріали, нанотехнології?
5. Що таке нано-, мікро-, мезо- та макроструктура цементного розчину та бетону?
6. Що таке адитивність, синергетизм та агресивність добавок ?
7. Що є загальною рисою всіх композиційних матеріалів? Наведіть загальні ознаки композиційних матеріалів.
8. Що таке адитивний ефект при композиційній побудові композиційних матеріалів? Наведіть приклади.Що таке синергетичний ефект при композиційній побудові композиційних матеріалів? Наведіть приклади.
9. Дати визначення наномодифікації композиційних матеріалів. Навести приклади. Охарактеризувати відмінність від традиційних композитів.
10. Особливості введення наномодифікуючих добавок до складу будівельних розчинів та бетонів.
11. Наведіть основні види наномодифікуючих добавок для бетону. Якими методами їх отримують? Яка цінова політика?
12. Як впливають наномодифікуючі добавки на водонепроникність гідроізоляційних розчинів?
13. Який механізм впливу наномодифікуючих добавок на міцнісні показники будівельних розчинів і бетонів?

14. Що таке епітаксіальне нарощування продуктів гідратації при твердінні наномодифікованих цементних систем? Яку роль відіграють вуглецеві нанодобавки?
15. Навести характеристики структури і властивості композиційних матеріалів з крупним, дрібним заповнювачами та мікронаповнювачами та нанонаповнювачами.
16. Навести характеристики структури та властивості композиційних матеріалів з нанодобавками мінерального складу.
17. Навести основні напрямки наномодифікації цементних композитів, навести нові властивості та покращення традиційних характеристик.
18. Навести характеристики структури та властивості композиційних матеріалів з нанодобавками вуглецевого складу.
19. Навести характеристики структури та властивості наномодифікованих композиційних матеріалів зі скляними матрицями.
20. Навести характеристики структури та властивості наномодифікованих композиційних матеріалів з керамічними матрицями.
21. Навести характеристики структури та властивості наномодифікованих композиційних матеріалів з полімерними матрицями.
22. В чому полягає перевага наномодифікованих цементних систем над традиційними цементними композитами?
23. Наведіть приклади сучасних наномодифікованих бетонів та галузі їх застосування.
24. Дайте приклади сучасних будівельних об'єктів, зведених з використанням наномодифікованих будівельних матеріалів.