



## Керамічні композиційні матеріали

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	132 Матеріалознавство
Освітня програма	ОПП Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити, 28 год лекції, 18 год практичні, 74 год самостійна робота
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік / МКР
Розклад занять	<a href="https://schedule.kpi.ua/">https://schedule.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., старший дослідник, Солодкий Є.В., <a href="mailto:evgen.solodky@gmail.com">evgen.solodky@gmail.com</a> Практичні: к.т.н., старший дослідник, Солодкий Є.В., <a href="mailto:evgen.solodky@gmail.com">evgen.solodky@gmail.com</a>
Розміщення курсу	

#### Програма навчальної дисципліни

##### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Вивчаючи дисципліну, студенти навчаться прогнозувати фізико-механічні властивості композиційних матеріалів в залежності від їх хімічного, фазового складу та структури. Набуті знання дадуть змогу передбачати фізико-механічні властивості матеріалів в залежності від способів отримання та умов експлуатації. Дозволять обґрунтовувати з фізико-хімічної, економічної та екологічної точки зору вибір технологічного процесу отримання матеріалів, виробів з них з заданими фізико-механічними властивостями.

**Метою** навчальної дисципліни є підсилення у студентів **загальних компетентностей**:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність застосування знань у практичних ситуаціях;
- здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями;
- здатність працювати автономно;

**та фахових компетентностей спеціальності:**

- здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів;
- здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем;
- здатність застосовувати сучасні підходи оптимізації та дизайну матеріалів для удосконалення їх властивостей залежно від умов експлуатації;

**Предмет** навчальної дисципліни “Керамічні композиційні матеріали” – вивчення природи фізико-механічних властивостей тугоплавких і композиційних матеріалів, які визначаються їх кристалічною будовою, типом хімічного зв’язку, мікро- та макроструктурою, розміром та формою, станом поверхні та умовами експлуатації.

Після засвоєння навчальної дисципліни студент повинен продемонструвати такі **результати навчання**:

**знання:**

- логіки та методології наукового пізнання;
- основних технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та умов їх застосування;
- фізико-хімічних основ формування заданої структури консолідованих матеріалів;
- сучасних методик вдосконалення властивостей матеріалів залежно від умов їх експлуатації;

**уміння:**

- використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми;
- поєднувати теорію і практику для розв’язування завдань матеріалознавства
- обирати послідовність та параметри технологічних процесів для одержання виробів з дисперсних матеріалів для заданих умов експлуатації.

**2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліна викладається в восьмому семестрі підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення навчальної дисципліни “Керамічні композиційні матеріали”:

- фізика;
- хімія;
- фізична хімія;
- кристалографія, кристалохімія та мінералогія;
- фізика конденсованого стану;

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни «Композиційні керамічні матеріали» необхідні для підготовки дипломної роботи/проєкту та формування інтегральної компетентності першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

**3. Зміст навчальної дисципліни**

Розділ 1. Класифікація керамічних композиційних матеріалів. Принципи конструювання. Армуючі складові керамічного композиційного матеріалу.

Розділ 2. Керамоматричні композити

Тема 2.1 Композиційні керамічні матеріали на основі ZrO<sub>2</sub>.

Тема 2.2 Композиційні керамічні матеріали на основі карбиду бору.

Тема 2.3 Композиційні керамічні матеріали на основі карбиду кремнію.

Тема 2.4 Композиційні керамічні матеріали на основі оксиду алюмінію.

Тема 2.5 Композиційні керамічні матеріали на основі оксидів рідкоземельних металів.

Тема 2.6 Ультратугоплавкі керамічні тугоплавкі метериали

Розділ 3. Методи отримання керамічних композиційних матеріалів

Розділ 4 Спрямовано армовані керамічні композиційні матеріали.

Розділ 5 Наноструктурні композиційні керамічні матеріали.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література

1. Лобода Г. П. Матеріалознавство тугоплавких металів та сполук / Г. П. Кисла, В. В. Федорчук, М. О. Сисоєв, П. І. Лобода. – Київ : Центр навчальної літератури 2017. – 320 с.
2. Копань В. Композиційні матеріали / В. Капоть. – Київ : «Пульсари», 2004. – 196 с.
3. Електротехнічна кераміка на основі алюмосилікатів лужних та лужноземельних металів : монографія / Г. В. Лісачук О. Ю. Федоренко, Р. В. Кривобок [та ін.]. – Харків : ТОВ «Планета-Прінт», 2020. – 200 с.

##### Інформаційні ресурси

1. <https://www.scopus.com/>
2. <https://scholar.google.com/>
3. <https://link.springer.com/>
4. <https://www.sciencedirect.com/>
5. <https://www.wiley.com/en-us>
6. <https://webofknowledge.com/>

Перераховані літературні джерела є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського і можуть бути використані для отримання базових знань щодо механічних властивостей керамічних композиційних матеріалів.

#### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

##### Зміст лекційних занять

Лекція 1. Вступ. Ознайомлення з РСО та організацією навчального процесу у очному та/чи дистанційному режимі.

Лекція 2. Визначення основних понять. Класифікація керамічних композиційних матеріалів. Термомеханічна та кінетична сумісність фаз. Література:[1]-[3].

Лекція 3. Класифікація армуючих складових керамічних композиційних матеріалів. Література:[1]-[3].

Лекція 4. Керамоматричні композиційні матеріали. Поверхня взаємодії. Властивості. Застосування. Література:[1]-[3].

Лекція 5. Композиційні керамічні матеріали на основі  $ZrO_2$ . Властивості. Застосування. Література:[1]-[3].

Лекція 6. Композиційні керамічні матеріали на основі карбїду бору. Властивості. Застосування. Література:[1]-[3].

Лекція 7. Композиційні керамічні матеріали на основі карбїду кремнію. Властивості. Застосування. Література:[1]-[3].

Лекція 8. Композиційні керамічні матеріали на основі оксиду алюмінію. Властивості. Застосування. Література:[1]-[3].

Лекція 9. Композиційні керамічні матеріали на основі оксидів рідкоземельних металів. Властивості. Застосування. Література:[1]-[3].

Лекція 10. Ультратугоплавкі керамічні матеріали. Властивості. Застосування. Література:[1]- [3].

Лекція 11. Методи отримання керамічних композиційних матеріалів. Спікання без тиску. Спікання під дією зовнішніх полів. Активоване спікання. Література:[1]-[3].

Лекція 12. Спрямовано армовані композиційні матеріали. Технології отримання. Література:[1]- [3].

Лекція 13. Наноструктурні композиційні керамічні матеріали. Вплив наноструктури на фізико-механічні властивості композиційних матеріалів. Особливості технологій отримання. Література:[1]-[3].

## Лекція 14. Залік

### Основні завдання циклу практичних занять:

Закріплення студентами теоретичних положень навчальної дисципліни і набуття умінь та досвіду їх практичного застосування.

#### Зміст практичних занять

1. Розрахунок теоретичних значень термомеханічної сумісності композиційних керамічних матеріалів в залежності від вмісту та природи фазових складових (4 год)
2. Розрахунок модулів пружності композиційних керамічних матеріалів в залежності від вмісту та природи фазових складових (4 год)
3. Розрахунок ефекту зміцнення керамічної матриці керамічними дисперсними керамічними частинками (4 год)
4. **Модульна контрольна робота (2 год)**
5. Розрахунок ефекту зміцнення керамічної матриці керамічними дискретними та безперервними керамічними волокнами (4 год)

### 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота здобувачів (загальна тривалість 74 години) з дисципліни полягає в:

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для детального ознайомлення з сучасними тенденціями аналізу механічної поведінки матеріалів – в розрахунку 1,5 години на 1 годину лекційного заняття – 42 години;
- підготовці до виконання практичних занять – в розрахунку 1 годин на 1 годину виконання практичного заняття – 16 годин;
- підготовка до МКР – 6 годин;
- підготовці до семестрового контролю – заліку – 10 годин.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед здобувачем:

- Відвідування усіх видів занять є бажаним.
- Завдання пропущеного практичного заняття здобувач повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі. Під час практичних занять дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, використання власних хмарних ресурсів, тощо.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно використання опрацьованих методик дослідження для розв'язання реальних задач за тематикою власних наукових досліджень. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.
- Політикою едделайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

### Поточний контроль:

- Експрес-опитування на лекційних заняттях – максимум 4 балів, всього 48 балів.
- Опитування стосовно теоретичних відомостей в рамках практичної роботи – максимум 9 балів, всього 36 балів.
- 1 модульна контрольна робота, що проводиться на 13-му навчальному тижні. Максимальна оцінка 16 балів. Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль знаходиться в Додатку А.

### Календарний контроль:

Календарний контроль (КК) проводиться на 7-8 та 14-15 тижнях семестру навчання. Для позитивного оцінювання 1-го КК студенту необхідно виконати мінімум 50 % завдань з практичних робіт №1. Для позитивного оцінювання 2-го КК студенту необхідно виконати мінімум 50 % завдань з практичних робіт №2 і №3 та написати МКР щонайменше на 10 балів.

### Семестровий контроль: залік.

Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 60 балів за умови виконання усіх лабораторних робіт.

У випадку незгоди з семестровим рейтингом, здобувач має право проходити співбесіду, проте при цьому його рейтинг анулюється.

Співбесіда проводиться у вигляді усного опитування і включає 3 теоретичне питання зі списку Додатку Б, на підготовку якого виділяється 1 академічна година. Відповідь на питання оцінюється за 100-бальною шкалою, відповідно:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 10-5 балів, за неправильне використання термінів на 5 балів.

Якщо оцінка за співбесіду менша ніж за рейтингом, здобувач отримує більшу з оцінок, що отримані за результатами співбесіди або зарейтингом.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

### 8.1 Критерії нарахування балів.

#### Модульна контрольна робота.

Сумарна максимальна оцінка складає 16 балів, відповідно:

- 14 балів – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);



- 12 балів – достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв’язування завдання з незначними неточностями);
- 10 балів – неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- 0 балів – відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

### **Практичні роботи**

Виконання практичної роботи максимально оцінюється у 9 балів:

- повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове виконання);
- достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне виконання з незначними неточностями);
- неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (робота виконана з певними недоліками);
- відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

### **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

- Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перерахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перерахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".
- Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль знаходиться в Додатку Б.
- Лекційний курс планується таким чином, щоб розглянути можливість створення нових композиційних матеріалів з покращеними фізико-механічними властивостями застосовуючи сучасні підходи по вибору фазових складових та технології отримання з них композиційних матеріалів.  
Практичні заняття проводяться у такій послідовності, щоб максимально дати студентам теоретичні основи для виконання розрахунків.

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено доцент, к.т.н, старший дослідник, Солодкий Євгеном Васильовичем

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 17 від 22 червня 2024 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 12/24 від 28 червня 2024 р.)

Перелік питань на модульну контрольну роботу  
по курсу: “Керамічні композиційні матеріали”

- 1) Класифікація керамічних композиційних матеріалів.
- 2) Механічні властивості керамічних композиційних матеріалів.
- 3) Структурні рівні матеріалів.
- 4) Технології отримання керамічних композиційних матеріалів
- 5) Спрямовано армовані композиційні матеріали. Особливості структури та технологій її отримання
- 6) Композиційні керамічні матеріали на основі  $ZrO_2$ . Структура та властивості. Застосування.
- 7) Композиційні керамічні матеріали на основі карбіду бору. Структура та властивості. Застосування.
- 8) Наноструктурні композиційні керамічні матеріали.
- 9) Вплив наноструктури на фізико-механічні властивості композиційних керамічних матеріалів.
- 10) Особливості технологій отримання наноструктурних композиційних керамічних матеріалів.
- 11) Радіопрозорі композиційні керамічні матеріали
- 12) Композиційні керамічні матеріали на основі оксидів рідкоземельних металів. Структура та властивості. Застосування.
- 13) Композиційні керамічні бронематеріали. Класифікація. Властивості.
- 14) Спрямовано армовані композиційні матеріали. Особливості структури та технологій її отримання
- 15) Композиційні керамічні матеріали на основі карбіду кремнію. Структура та властивості. Застосування.
- 16) Композиційні керамічні матеріали на основі нітриду кремнію. Структура та властивості. Застосування.
- 17) Композиційні керамічні матеріали на основі оксиду алюмінію. Структура та властивості. Застосування.
- 18) Сучасні методи консолідації керамічних матеріалів.

Перелік питань на семестровий контроль  
по курсу: “Керамічні композиційні матеріали”

- 1) Класифікація керамічних композиційних матеріалів.
- 2) Термомеханічна сумісність фаз.
- 3) Кінетична сумісність фаз.
- 4) Класифікація армуючих складових керамічних композиційних матеріалів.
- 5) Керамоматричні композиційні матеріали. Класифікація
- 6) Поверхня взаємодії в керамоматричних композитах
- 7) Композиційні керамічні матеріали на основі  $ZrO_2$ . Властивості.
- 8) Композиційні керамічні матеріали на основі  $ZrO_2$ . Застосування.
- 9) Композиційні керамічні матеріали на основі карбіду бору. Властивості.
- 10) Композиційні керамічні матеріали на основі карбіду бору. Застосування.
- 11) Композиційні керамічні матеріали на основі карбіду кремнію. Властивості.
- 12) Композиційні керамічні матеріали на основі карбіду кремнію. Застосування.
- 13) Композиційні керамічні матеріали на основі оксиду алюмінію. Властивості.
- 14) Композиційні керамічні матеріали на основі оксиду алюмінію. Застосування.
- 15) Композиційні керамічні матеріали на основі оксидів рідкоземельних металів. Властивості.
- 16) Композиційні керамічні матеріали на основі оксидів рідкоземельних металів. Застосування.
- 17) Ультратугоплавкі керамічні матеріали. Властивості.
- 18) Ультратугоплавкі керамічні матеріали. Застосування.
- 19) Методи отримання керамічних композиційних матеріалів. Класифікація методів.
- 20) Спінання керамічних композиційних матеріалів без тиску.
- 21) Спінання керамічних композиційних матеріалів під дією зовнішніх полів. Класифікація.
- 22) Іскроплазмове спікання керамічних композиційних матеріалів.
- 23) Активоване спікання керамічних композиційних матеріалів.
- 24) Мікрохвильове спікання керамічних композиційних матеріалів.
- 25) Гаряче пресування керамічних композиційних матеріалів.
- 26) Спрямовано армовані композиційні матеріали. Технології отримання.
- 27) Технології отримання спрямовано армованих композиційних матеріалів.
- 28) Властивості спрямовано армованих композиційних матеріалів.
- 29) Спрямовано армовані композиційні матеріали. Особливості структури.
- 30) Радіопрозорі композиційні керамічні матеріали.
- 31) Композиційні керамічні бронематеріали. Класифікація. Властивості.