



ІНЖЕНЕРІЯ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Робоча програма освітнього компонента (Силабус)

Реквізити освітнього компонента

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології та інженерія</i>
Статус освітнього компонента	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг освітнього компонента	<i>4 кредити 6 ECTS / 120 годин (18 годин лекцій, 36 годин лабораторних занять; 66 годин – самостійна робота студента)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>Лекція 2 години 1 раз у два тижня (1 пара), лабораторні заняття 2 години на тиждень (1 пара) за розкладом на https://schedule.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про викладачів курсу	Лектор: <i>Завідувач кафедри ХТКС к.т.н., доц. Тобілко В.Ю., vtobilko@gmail.com</i> Лабораторні: <i>Старший викладач ХТКС, PhD Бондарева А.І., bondarieva.antonina@edu.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача</i>

Програма освітнього компонента

1. Опис освітнього компонента, його мета, предмет вивчення та результати навчання

Кераміка має унікальні фізико-хімічні властивості, вона використовується в багатьох сферах, поєднує знання науки і мистецтва, відкриває нові можливості для професійного розвитку. Сучасні технології відкривають нові горизонти для інженерії керамічних матеріалів. Вони можуть змінити способи виробництва та застосування керамічних матеріалів.

Освітній компонент «Інженерія керамічних матеріалів» зосереджений на вивченні сучасних технологій виробництва кераміки, технологіях формування, випалу та обробки керамічних матеріалів, прикладах їх використання в якості новітньої конструкційної, вогнетривкої та функціональної кераміки.

***Предмет вивчення освітнього компонента** – фізико-хімічні та технологічні основи синтезу конструкційної, вогнетривкої, функціональної кераміки.*

***Метою** освітнього компонента є формування у студентів поглиблених інженерно-технологічних компетенцій щодо спрямованого конструювання структури, керування фазовими перетвореннями, оптимізації процесів формування та термічної обробки керамічних матеріалів із заданим комплексом функціональних (механічних, термічних, хімічних) властивостей. А саме:*

Інтегральна компетентність: здатність вирішувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми хімічних технологій та інженерії, що передбачає застосування теорій та методів хімічних технологій та інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК):

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 02);
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 03);

Фахові компетентності (ФК):

- Здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач (ФК 01);
- Здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв (ФК 05);
- Здатність оформлювати технічну документацію, згідно з чинними вимогами (ФК 08).

Після засвоєння освітньої компоненти студенти мають продемонструвати такі

результати навчання:

- Коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі (ПРН 02);
- Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики (ПРН 05);
- Обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв (ПРН 07);
- Знання основ технології та проектування хімічних виробництв силікатних та тугоплавких керамічних матеріалів (ПРН 19).

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

Перелік освітніх компонент, знань та умінь, володіння якими необхідні здобувачам вищої освіти рівня бакалавр для успішного засвоєння освітнього компонента:

Пререквізити:	
«Вища математика», «Фізика», «Загальна неорганічна хімія»	ПРН 01. Знати математику, фізику і хімію на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.
«Матеріалознавство», «Хімічна технологія кераміки і скла», «Процеси та апарати хімічних виробництв»,	ПРН 02. Коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі. ПРН 05. Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики ПРН 07. Обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв. ПРН 19. Знання основ технології та проектування хімічних виробництв силікатних та тугоплавких керамічних матеріалів.
Постреквізити:	
Виробнича практика Переддипломна практика	ПРН 05. Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики

Дипломне проектування	ПРН 19. Знання основ технології та проектування хімічних виробництв силікатних та тугоплавких керамічних матеріалів.
-----------------------	--

3. Зміст освітнього компонента

Розділ 1. Інженерія формування та керування мікроструктурою.

Лекція 1. Інженерний підхід до конструювання керамічних матриць.

Лекція 2. Практична реологія та поверхнево-активні речовини у виробництві керамічних матеріалів.

Лекція 3. Інженерія формувальних процесів у технології виготовлення керамічних матеріалів.

Лекція 4. Кінетика спікання у технології технічної кераміки.

Розділ 2. Конструкційна, вогнетривка та кераміка спеціального призначення.

Лекція 5. Конструкційна та високоміцна оксидна кераміка.

Лекція 6. Вогнетривка кераміка та високотемпературні матеріали.

Лекція 7. Інженерія безоксидної кераміки.

Лекція 8. Пориста, проникна та теплоізоляційна кераміка.

Лекція 9. Інженерія біомедичної кераміки та склокерамічних матеріалів

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри хімічної технології кераміки та скла. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

Базова:

1. Корнілович, Б. Ю. Фізико–хімія сучасних неорганічних матеріалів [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів» / Б. Ю. Корнілович, І. В. Пилипенко, І. А. Ковальчук; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,72 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 134 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42130>
2. Barry Carter, C. and Grant Norton, M. Ceramic Materials. Science and Engineering. Springer, 2007. – 716 p.
3. Boch, P. and Niepce, J.C. Ceramic Materials. Processes, Properties and Applications. ISTE, 2001. – 573 p.

Додаткова:

4. Воронов Г. К. Теорія та практика одержання хімічних речовин і матеріалів : конспект лекцій (для студентів 1 курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія) / Г. К. Воронов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 120 с.
5. Савцова О. В. Нові керамічні та скломатеріали спеціального призначення : конспект лекцій для студентів 1 курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія / О. В. Савцова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 106 с.
6. Савцова О. В. Структура та властивості керамічних матеріалів : конспект лекцій для студентів 1 курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія / О. В. Савцова; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 110 с.

Інформаційні ресурси

7. Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance);

8. The American Ceramic Society - <https://ceramics.org/>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з освітнього компонента проводиться паралельно з виконанням студентами лабораторних занять та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№	Дата	Опис заняття
1	2-й тиждень	Ознайомлення з силабусом освітнього компонента «Інженерія керамічних матеріалів». Лекція 1. Інженерний підхід до конструювання керамічних матриць. Взаємозв'язок «склад → технологія → мікроструктура → властивості». Залежність характеристик від меж поділу фаз, розміру зерен та пористості. Інженерний аналіз діаграм стану ($Al_2O_3 - SiO_2$, $MgO - Al_2O_3$, $ZrO_2 - Y_2O_3$) для прогнозування фазового складу та умов виникнення рідкої фази.
2		Лекція 2. Практична реологія та поверхнево-активні речовини у виробництві керамічних матеріалів. Фізико-хімічне керування агрегативною стійкістю висококонцентрованих шлікерних систем. Вибір дефлокулянтів, пластифікаторів та зв'язуючих. Підготовка та поверхневе модифікування високочистих синтетичних порошків.
3	4-й тиждень	Лекція 3. Інженерія формувальних процесів у технології виготовлення керамічних матеріалів. Порівняльний аналіз та розрахунок параметрів формування: сухе, напівсухе та ізостатичне пресування; термопластичне лиття та лиття під тиском. Розрахунок пружного розширення і рівномірності щільності заготовок.
4		Лекція 4. Кінетика спікання у технології технічної кераміки. Кінетика ущільнення при твердофазному та рідиннофазному спіканні. Дифузійні механізми масопереносу. Керування ізотермічною витримкою та режимами охолодження. Застосування добавок-інгібіторів для блокування аномального росту зерен.
5	6 тиждень	Лекція 5. Конструкційна та високоміцна оксидна кераміка Корундова та цирконієва кераміка. Механізми підвищення тріщиностійкості: трансформаційне зміцнення, мікротріщинне зміцнення.
6		Лекція 6. Вогнетривка кераміка та високотемпературні матеріали. Класифікація вогнетривів (алюмосилікатні, периклазові, шпінельні, цирконієві). Фізико-хімія високотемпературного деформування: повзучість під навантаженням, термостійкістьта

		шлакостійкість. Неформовані вогнетриви та високотемпературні в'язучі.
7	8 тиждень	Лекція 7 Інженерія безоксидної кераміки. Особливості синтезу та консолідації матеріалів на основі SiC, Si ₃ N ₄ , BN, B ₄ C. Реакційне спікання, гаряче пресування та гаряче ізостатичне пресування.
8	10 тиждень	Лекція 8. Пориста, проникна та теплоізоляційна кераміка. Методи створення регульованої мезо- та макропористості у керамічних виробках: випал органічних домішок, пряме спінювання, дублювання полімерних матриць. Розрахунок та проектування керамічних фільтрів, носіїв каталізаторів та легковагових вогнетривів.
9	12 тиждень	Лекція 9. Інженерія біомедичної кераміки та склокерамічних матеріалів. Керамічні та склокерамічні біоматеріали: класифікація, характеристика та способи одержання. Гідроксиапатит, як основний компонент біомедичної кераміки.

Лабораторні заняття

Метою проведення лабораторних занять є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення освітнього компонента «Інженерія керамічних матеріалів».

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи
1	Вступне заняття	Ознайомлення з технікою безпеки в хімічній лабораторії.
2	Реологічні випробування керамічних шлікерів.	Побудова кривих течії, визначення межі плинності та розрахунок оптимального дозування дефлокулянта.
3	Дослідження кінетики пресування.	Визначення залежності щільності заготовки від тиску та розрахунок коефіцієнта пружного розширення.
4	Дилатометричний та гравіметричний аналіз кінетики спікання.	Розрахунок лінійної усадки, швидкості ущільнення та пористості за різних температурних режимів.
5	Синтез цирконієвої кераміки	Синтез та оптимізація складу стабілізованої цирконієвої кераміки. Визначення повноти стабілізації тетрагональної фази.
6	Одержання високопористої кераміки	Одержання високопористої кераміки (теплоізоляційного вогнетриву) методом випалу пороутворювачів та розрахунок її структурно-механічних параметрів.
7	Дослідження корозійної стійкості (шлакостійкості) вогнетривів.	Оцінка глибини проникнення та розчинення матеріалу методом тигельної проби під дією силікатного розплаву.
8	Оцінка термостійкості керамічних та вогнетривких матеріалів.	Випробування методом тепломінів (нагрів – загартування) з вимірюванням залишкової міцності.
9	Кількісний мікроструктурний аналіз.	Петрографічний аналіз, обробка мікрофотографій, вимірювання середнього розміру зерен та оцінка розподілу пористості.

9	Заключне заняття	Захист лабораторних занять. Проведення заліку. Проведення заліку
---	------------------	---

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, підготовка до МКР, підготовка РГР, підготовка до заліку. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять (повторення матеріалів лекцій та практичних занять)	1-2 години на тиждень
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	4 годин
Підготовка та виконання РГР	20 годин
Підготовка до заліку	6 годин

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У звичайному режимі роботи університету лекції проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекцій та лабораторних занять є обов'язковим.

На початку кожної лекції проводиться опитування за матеріалами попередньої лекції.

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять (як лекцій, так і лабораторних);
- правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо);
- правила захисту індивідуальних завдань;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів;
- політика дедлайнів та перескладань;
- політика щодо академічної доброчесності;
- інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам Університету.

Зарахування окремих результатів, отриманих в межах неформальної освіти, здійснюється згідно Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів попереднього навчання.

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

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: опитування на лекціях та практичних заняттях, МКР, РГР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: залік.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг здобувача складається з балів, що він отримує за:

- виконанні лабораторних занять;
- написання модульної контрольної роботи;
- виконання індивідуального семестрового завдання - РГР.

Критерії нарахування балів

1. Лабораторні роботи (максимум — 42 бали)

Оцінюються 7 лабораторних робіт. За кожену роботу студент може отримати до 6 балів:

Допуск та виконання (3 бали): підготовка до роботи, якісне проведення експерименту, дотримання правил техніки безпеки, правильні розрахунки та первинний аналіз даних.

Захист роботи (3 бали): оформлений звіт, відповіді на контрольні запитання, розуміння фізико-хімічної суті процесів і обґрунтовані висновки.

Шкала оцінювання однієї роботи:

5.5 – 6.0 балів: Робота виконана бездоганно, розрахунки точні, висновки аналітичні, захист повний (не менше 90% правильних відповідей).

4.5 – 5.4 бали: Робота виконана, є незначні похибки в розрахунках або неточності при відповідях на захисті (75–89% інформації).

3.6 – 4.4 бали: Робота виконана, але є помилки в обробці даних, висновки формальні, відповіді на захисті неповні (60–74% інформації).

0 балів: Робота не виконана або не захищена.

2. Розрахунково-графічна робота / РГР (максимум — 30 балів)

Тема: «Комплексний інженерно-технологічний розрахунок складу шихти, фазових співвідношень за діаграмою стану та кінетики спікання керамічної/вогнетривкової матриці».

Шкала оцінювання РГР:

27 – 30 балів («Відмінно»): Робота виконана повністю та безпомилково, розрахунки точні, графічні залежності проаналізовані вірно, пояснювальна записка відповідає вимогам.

23 – 26 балів («Добре»): Робота виконана в повному обсязі, але містить незначні похибки в розрахунках або некоректне оформлення графічної частини, які суттєво не впливають на результат.

18 – 22 бали («Задовільно»): Робота виконана з порушенням графіку, містить помилки в методиці розрахунків чи інтерпретації фазових діаграм.

0 – 17 балів («Незадовільно»): Робота не відповідає вимогам, містить грубі систематичні помилки або виявлено факти академічної недоброчесності (не зараховано).

3. Модульна контрольна робота / МКР (максимум — 28 балів):

25 – 28 балів: Повна, обґрунтована відповідь та безпомилковий розв'язок інженерної задачі (не менше 90% інформації).

24 – 21 балів: Повна відповідь, але є незначні неточності або дрібні похибки в розрахунках (75–89% інформації).

20 – 17 балів: Неповна відповідь, є помилки в розрахунках (60–74% інформації).

0 – 16 балів: Відповідь незадовільна або робота не виконана (не зараховано).

Порядок контролю та підсумкового оцінювання

Умови позитивного календарного контролю:

1-й календарний контроль (8-й тиждень): студент повинен мати не менше 9 балів (захищено щонайменше 3 лабораторних робіт).

2-й календарний контроль (14-й тиждень): студент повинен мати не менше 25 балів (захищено не менше 6 лабораторних робіт, зараховано МКР та подано РГР на перевірку).

Умови допуску до семестрового контролю (Заліку):

Виконано та захищено всі 7 лабораторних робіт.

Зараховано МКР (не менше 17 балів).

Подано та захищено РГР (не менше 18 балів).

Поточний рейтинговий бал складає не менше 60 балів.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та набрали 60 і більше балів, отримують відповідну рейтингову оцінку без потреби проходження заходу семестрового контролю.

4. Рейтингова сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 100 балів:

$$R_c = r_{\text{лаб}} + r_{\text{МКР}} + r_{\text{РГР}} = 42 + 28 + 30 = 100 \text{ балів}$$

Сума рейтингових балів, отриманих студентом впродовж семестру, переводиться у підсумкову оцінку згідно з таблицею відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою. Здобувачі, які виконали умови допуску до заліку, але набрали менше 60 балів, а також ті, хто бажають підвищити свою рейтингову оцінку, проходять захід семестрового контролю у формі, яка визначена в силабусі, при цьому семестровий контроль оцінюється у 100 балів.

У цьому разі сума балів, набраних впродовж семестру, анулюється, залікова робота оцінюється згідно п.5.

5. Залікова контрольна робота складається з трьох запитань (2 теоретичних та 1 практичного характеру). Кожне теоретичне запитання оцінюється максимально в 30 балів, а практичне – 40 балів.

6. Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок:

Кількість балів	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не зараховано РГР, МКР, не виконано і не захищено 7 лабораторних робіт	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік запитань до МКР, РГР та заліку наведені у Google Classroom «Інженерія керамічних матеріалів» (платформа Sikorsky-distance).

Робочу програму освітнього компонента (силабус):

Розроблено ст. викладачем кафедри ХТКС, PhD Бондарєвою А.І. та завідувачем кафедри ХТКС к.т.н., Тобілко В.Ю.

Ухвалено кафедрою хімічної технології кераміки та скла (протокол № 15 від 09.06.2026 р.).

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 18.06.2026 р.).