



Проектування сучасних біо-полімерних КОМПОЗИТІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	161 Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	Хімічні технології та інженерія
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	заочна
Рік підготовки, семестр	Третій курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР/РГР
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., доцент Миронюк Олексій Володимирович, o.myronyuk@kpi.ua, myronyuk.oleksiy@ill.kpi.ua Лабораторні: Асистент, Баклан Денис Віталійович d.baklan@kpi.ua Асистент, Білоусова Анна Олегівна a.bilousova@kpi.ua Кудрявцева Олександра Миколаївна
Розміщення курсу	Посилання надається викладачем на установчому занятті

Програма навчальної дисципліни

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

В рамках курсу розглядаються принципи проектування полімерних композиційних матеріалів з урахуванням актуальних вимог до їхніх функціональних, експлуатаційних та екологічних показників. Навчальний матеріал охоплює базові поняття біологічних і біосумісних матеріалів, основні класи біополімерів, їхні властивості, переваги, обмеження та характерні напрями застосування.

Особливу увагу приділено ролі функціональних добавок у керуванні властивостями композитів на етапах компаундування, переробки у виробу та подальшої експлуатації. Розкривається, як введення добавок у малих концентраціях впливає на структуру матеріалу та забезпечує необхідний рівень довговічності, біосумісності й експлуатаційної надійності, що є важливим для сучасних пластиків, покриттів, еластомерів і смарт-матеріалів.

Окремий блок курсу присвячено практичним підходам до формування рецептур біополімерних композитів і обґрунтованому добору компонентів для виробів різного призначення, зокрема для упаковки, споживчих товарів і медичних матеріалів. Узагальнюються критерії, за якими оцінюють кінцеві характеристики та визначають придатність матеріалу до конкретних умов використання.

Предмет освітньої компоненти: проектування складу та структури біополімерних композитів і добір функціональних добавок для отримання потрібних властивостей матеріалу під конкретні умови використання.

Метою дисципліни є посилення фахових компетентностей:

ФК02 Здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації

об'єктів хімічної технології та промислової продукції;

ФК04 Здатність використовувати сучасні матеріали, технології і конструкції апаратів в хімічній інженерії;

ФК10 Здатність розраховувати основні процеси в технологіях неорганічних і органічних зв'язуючих та композиційних матеріалів, проектувати структуру та склад композиційних і полімерних матеріалів для одержання необхідного рівня їх технічних та експлуатаційних властивостей;

та програмних результатів навчання:

ПРО2. Коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництва хімічних речовин та матеріалів на їх основі.

ПРН05. Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики.

ПРН15. Розробляти композиційні матеріали, виходячи з експлуатаційних вимог них, на основі різноманітних органічних та неорганічних сполук та проектувати технологічні лінії їх виробництва

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

Перелік дисциплін, володіння якими необхідні здобувачу вищої освіти для успішного засвоєння дисципліни:

Загальна та неорганічна хімія	Основні поняття і закони хімії. Будова атома. Періодичний закон. Хімічний зв'язок та будова молекул. Окисно-відновні реакції. Теорія комплексних сполук.
Органічна хімія	Теорія хімічної будови і реакційної здатності органічних сполук. Аліфатичні, аlicиклічні та ароматичні вуглеводні. Галоген-, гідроксидні, сульфур- та оксидні сполуки. Нітрогенні та карбонові кислоти. Інші класи органічних сполук.

Фізична хімія	Основних фізико-хімічних властивостей систем, що містять різну кількість складових речовин; діаграм стану різнокомпонентних систем; класифікації та загальних властивостей розчинів; способів вираження складу дво- та трикомпонентних систем;
---------------	--

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Біополімери і біокомпозити: основні поняття

Класифікація біополімерів і біоосновних матеріалів. Аналітичне визначення/підтвердження біо-основності. Вимоги до матеріалів для різних сфер застосування.

Тема 2. Ключові біополімери та приклади біокомпозитів

PLA та PNA: властивості, переробка, типові проблеми та рецептурні рішення через добавки/наповнювачі. Біополімери для медичних і фармацевтичних застосувань (на рівні вимог і прикладів). Європейське регулювання і нормативні аспекти щодо біополімерів (огляд).

Тема 3. Пластифікатори полімерів та біополімерів

Типи пластифікуючої дії. Термодинамічне змащування. Визначення сумісності пари полімер-пластифікатор. Теорії суміщення полімерів та пластифікаторів. Класифікація пластифікаторів.

Тема 4. Наповнювачі полімерних та біополімерних композиційних матеріалів.

Характеристики наповнювачів: форма та розмір частинок, властивості поверхні, функціональні групи на поверхні. кальцит та арагоніт. Алюмосилікатні наповнювачі.

Інертні наповнювачі. Волокнисті наповнювачі. Основи розрахунку міцності композитів, зміцнених волокном.

Тема 5. Фазове суміщення в композиційних матеріалах

Компатибілізатори та апрети. Керування міжфазною взаємодією і адгезією. Вплив на властивості та стабільність композитів.

Тема 6. Реологічні добавки

Поняття про реологію полімерних композицій при переробці та експлуатації. Типи добавок для середовищ різної полярності та умов переробки

Тема 7. Процесінгові добавки та стабілізація при переробці

Типи процесінгових добавок. Теплові стабілізатори полімерів. Змащувачі для процесу екструзії. Інші процесінгові добавки, що забезпечують технологічність і стабільність властивостей.

Тема 8. Добавки для регулювання поверхневих властивостей

Антиблоки, гідрофілізатори та гідрофобізатори. Антистатики. Класифікація, основні типи. Механізми відведення статичної електрики. Приклади рецептур та дозування.

Тема 9. Пігменти і барвники

Загальне поняття про кольорові пігменти і барвники, основні види, визначення координат кольору. Ахроматичні пігменти – діоксид титану та технічний вуглець: типи, властивості, вплив на колір композитів.

Тема 10. Спеціальні добавки для функціональної стійкості

Антипірени (у т.ч. інтумесцентні системи). Біоцидні добавки. УФ-стабілізатори: основні класи та механізми дії, вибір під умови експлуатації.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та на сторінці курсу в G-Suite. 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. M. Subramanian *Plastics Additives and Testing* – Wiley: Scrivener, 2013.- 228 p.
2. *Plastic Additives: Chemical Reference Standards* Accu Standard, 2007. – 40 p.
3. Ernest W. Flick *Plastics Additives: An Industrial Guide*. Noyes Publications, William Andrew Publishing, New York 2002. – 745 P.
4. Inamuddin *Green Polymer Composites Technology: Properties and Applications*; CRC Press, 2016;
5. Kabasci S., Stevens C. (eds.) *Bio-Based Plastics: Materials and Applications* Wiley, 2014. - 388 p. (Wiley series in renewable resources)

Допоміжна

1. Choo V.K. *Fundamentals of composite materials*. – Delavere:Knowen academic press, inc., 1990. – 313 p.
2. Voet V., Jager J., Folkersma R. *Plastics in the Circular Economy* De Gruyter, 2021. — 301 p. — ISBN 978-3-11-066675-5.
3. Iannace S., Park C.B. (Eds.) *Biofoams: Science and Applications of Bio-Based Cellular and Porous Materials* CRC Press, 2016. — 456 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з виконанням студентами лабораторних робіт 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.

1	Вступна лекція. Місце курсу в Освітній програмі підготовки бакалаврів за напрямом «Хімічні технології». Мета, результати навчання, силабус, формат занять, види контролю та система оцінювання курсу. Джерела інформації. Огляд класів функціональних добавок до полімерних та біополімерних матеріалів. Обговорення.
2	Пластифікатори та пластифікація. Знайомство з явищем пластифікації, принципом дії та основами вибору добавок.
3	Вступ до термодинамічних теорій розчинності. Визначення сумісності компонентів полімерних композитів. Класифікація пластифікаторів. Модульна контрольна робота

Лабораторні роботи

Метою циклу лабораторних робіт є одержання досвіду та навичок використання методів для дослідження складу полімерних матеріалів та властивостей відповідних композицій.

№	Опис заняття
1	Вступне заняття. Опис курсу лабораторних робіт. Організація та вимоги до виконання. Обговорення. Основні питання: Розгляд загальних принципів виконання лабораторних робіт, вимог до оформлення результатів і критеріїв оцінювання. Узгодження підходів до підготовки зразків та фіксації спостережень/вимірювань.
2	Лабораторна робота 1. Вплив функціональних добавок на властивості полімерних матеріалів. Основні питання: Дослідження як введення функціональних добавок змінює поведінку матеріалу та окремі показники його властивостей. Порівняння серій зразків за різних умов/складів для встановлення загальних тенденцій.
3	Лабораторна робота 2. Оцінювання сумісності компонентів полімерних систем. Основні питання: Вивчення взаємодії компонентів у системі та їх проявів під час формування зразків. Оцінка стабільності та однорідності системи за узагальненими експериментальними критеріями. Модульна контрольна робота

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

В заочній формі навчання здобувачі вищої освіти самостійно опрацьовують лекційний матеріал за темами а також за наданими викладачем результатами проведення лабораторних експериментів оформлюють та надають для захисту протоколи лабораторних робіт.

Самостійна робота студента (СРС) на заочній формі навчання протягом семестру включає самостійне опрацювання лекційного матеріалу за темами, а також оформлення протоколів лабораторних робіт за наданими викладачем результатами.

№	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Ключові характеристики наповнювачів. Вплив морфології та поверхні на структуру й властивості композитів. Елементарні розрахунки структури композиту в залежності від співвідношення до критичної концентрації.	6
2	Класи наповнювачів. Армування полімерних композитів за рахунок введення наповнювачів. Розрахунки армуючого ефекту і основні поняття зміцнення.	6
3	Реологічні властивості композицій. Необхідність модифікації реології напівпродуктів. Способи зміни характеру течії рідких систем. Основні принципи вибору модифікаторів для рідин різної природи: водні та неводні середовища.	6
4	Типи процесингових добавок. Проблеми, які обумовлюють необхідність їх використання. Теплові стабілізатори полімерів. Змашувачі для процесу екструзії. Добавки для регулювання поверхневих властивостей: антиблоки, гідрофілізатори та гідрофобізатори. Приклади формулювання рецептур.	6
5	Колір композицій і кольорові пігменти. Вимірювання координат кольору та класифікація кольорів та відповідних пігментів за системами CIELAB, CMYK і т.д. Діоксид титану як основний ахроматичний білий пігмент: технологічний процес одержання, основні типи, принципи введення в композиції та сумісність.	6
6	Технічний вуглець як основний ахроматичний чорний пігмент пластиків, еластомерів та тонкошарових покриттів. Типи вуглецю, процеси суміщення з полімерними матрицями та режими диспергування.	6
7	Добавки для спеціальних функцій та систем I. Антипірени – добавки, які підвищують вогнестійкість полімерних композиційних матеріалів. Пасивний захист від пожежі – інтумесцентні покриття. Принцип роботи та механізми проектування. Ультрафіолетові стабілізатори: класифікація по відношенню до матриці, в якій використовуються, основні механізми дії.	6
8	Добавки для спеціальних функцій та систем II Біоцидні добавки: фунгіциди та альгіциди. Принцип роботи, основні критерії вибору біоцидів для умов експлуатації матеріалів. Модифікатори ударної в'язкості полімерів. Добавки для водних композицій: диспергатори, змочувачі та піногасники.	6
9	Основи та класифікація біополімерів. Ключові поняття біополімерів і біосумісних матеріалів, їх класифікація. Вимоги до матеріалів для різних сфер застосування.	6

10	Полілактид (PLA) та Полігідроксисилканоати (PHA). Структура, властивості, переробка, хімічна модифікація, властивості та застосування.	6
11	Екологічні полімерні нанокомпозити. Синтез, поліпшені механічні та термічні властивості, а також екологічні переваги. Застосування в упаковці, біомедичних пристроях та електроніці, аналітичні методи характеристики їх структури та продуктивності.	6
12	Європейське регулювання і нормативні аспекти щодо біополімерів. Стандарти біорозкладності, компостуваності та вмісту біоматеріалів. Теми включають відповідні директиви ЄС, процеси сертифікації, вимоги до маркування та вплив цих нормативних актів на виробництво, маркетинг та екологічну стійкість у галузі біопластиків.	6
13	Лабораторна робота 3. Дослідження властивостей дисперсних компонентів та їх впливу на композиції. Основні питання: Аналіз характеристик дисперсних компонентів та їхнього впливу на поведінку композитних матеріалів. Встановлення зв'язку між властивостями компонентів і змінами в системі.	4
15	Лабораторна робота 4. Модифікація та дослідження поверхневих властивостей дисперсних матеріалів. Основні питання: Розгляд підходів до зміни поверхневих характеристик дисперсних матеріалів та оцінювання результативності модифікації. Вивчення того, як поверхневі зміни відображаються на взаємодії компонентів у композиції.	4
16	Лабораторна робота 5. Формування структури полімерних матеріалів за участю функціональних добавок. Основні питання: Дослідження впливу добавок на процеси формування структури матеріалу під час отримання та/або подальшої обробки зразків. Порівняння структурних проявів і пов'язаних з ними змін властивостей за різних умов.	4
17	Лабораторна робота 6. Дослідження властивостей біополімерних матеріалів та підходів до їх модифікації. Основні питання: Оцінка базових властивостей біополімерних матеріалів. Розгляд загальних підходів до модифікації біополімерів та порівняння отриманих ефектів за узагальненими показниками.	4
3	Опрацювання протоколів лабораторних робіт (виконання розрахунків, оформлення)	10
5	Виконання та захист РГР	10
6	Підготовка до МКР	6
9	Підготовка до заліку	6
	Всього	120

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- **правила відвідування занять:** відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.
- **правила поведінки на заняттях:** студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- **політика дедлайнів та перескладань:** якщо студент не проходив або не з'явиться на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;
- **політика щодо академічної доброчесності:** Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Матеріалознавство»;
- **при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем** (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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:** виконання та захист лабораторних робіт, МКР, РГР.
2. **Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. **Семестровий контроль:** Залік
4. **Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг більше 60 балів.
5. **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

Рейтинг студента з освітньої компоненти складається з балів, що він отримує за:

- 1) Виконання та захист лабораторних робіт (ЛР),
- 2) Написання модульних контрольних робіт (МКР) та проходження опитувань.
- 3) Виконання розрахункової графічної роботи (РГР)

Лабораторні заняття	РГР	МКР 1	МКР 2	Додаткові бали
42	8	25	25	10

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Робота на лабораторних роботах

Ваговий бал – 7 балів. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 7 балів x 6 лабораторних робіт = 42 бали.

Критерії оцінювання лабораторних робіт передбачається в два етапи:

1. Виконання лабораторної роботи – 1 бал;

Оформлення протоколу – 4 бали:

- 1) Правильність обробки даних та достовірність одержаного результату – 2 бали.
 - 2) Охайність протоколу, оформлення відповідно до вимог, завантаження в Google Classroom – 1 бал
 - 3) Правильно написані висновки – 1 бал
- Захист лабораторної роботи (відповідь на 2 питання за змістом): 2 або 0 балів за правильну та неправильну відповіді). Для допуску до захисту здобувач освіти зобов'язаний подати до Google Classroom належним чином оформлені протоколи виконаних лабораторних робіт.

Модульний контроль

Передбачається дві контрольні роботи.

Ваговий бал першої контрольної дорівнює 25 балів.

За відповіді на питання максимально можна одержати 15 балів

За співбесіду, яка складається з двох уточнюючих питань – 10 балів (по 5 балів за кожне).

Повна і вичерпна відповідь – 5 балів

Неточна, але в цілому правильна відповідь – 3-4 бали

Схематична відповідь – 1-2 бали

Немає відповіді або неправильна відповідь – 0 балів

Ваговий бал другої контрольної дорівнює 25 балів.

За відповіді на питання максимально можна одержати 15 балів

За співбесіду, яка складається з двох уточнюючих питань – 10 балів (по 5 балів за кожне).

Повна і вичерпна відповідь – 5 балів

Неточна, але в цілому правильна відповідь – 3-4 бали

Схематична відповідь – 1-2 бали

Немає відповіді або неправильна відповідь – 0 балів

Розрахункова графічна робота

Ваговий бал дорівнює 8 балів.

За роботу максимально можна одержати 4 балів

Захист розрахункової графічної роботи (відповідь на 4 питання за змістом): 1 або 0 балів за правильну та неправильну відповіді).

Загальна сума балів, яку студент одержує за ці види робіт розраховується по завершенню курсу як сума балів з вищенаведених пунктів.

У випадку, якщо ця сума становить менше 60 балів – студент не допускається до здачі заліку.

У випадку якщо кількість балів знаходиться в межах від 60 до 100 – студентові пропонується одержати залік «автоматом» із відповідною оцінкою. В цьому випадку студент самостійно приймає рішення про доцільність одержання оцінки «автоматом» або складання заліку.

Загальний рейтинг розраховується виходячи з рівняння:

$$R = r_{\text{лаб}} + r_{\text{мкр1}} + r_{\text{мкр2}} + r_{\text{реп}} = 42 + 25 + 25 + 8 = 100$$

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги до оформлення рефератів, перелік контрольних питань до МКР та заліку наведені у Google Classroom «Проектування сучасних біополімерних композитів» (платформа Sikorsky-distance).

Робочу програму освітнього компонента (силабус):

Складено асистентом кафедри ХТКМ, Білоусовою А.О. та завідувачем кафедри хімічної технології композиційних матеріалів д.т.н., доц. Миронюк О.В.

Ухвалено кафедрою ХТКМ (протокол № 19 від 27.06.2025)

Погоджено методичною комісією факультету (протокол № 10 від 26.06.2025)