

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Кафедра механічної та біомедичної інженерії

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

завідувач кафедри

Колосов Д.Л. 

«29» 08 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Структурні перетворення в біомедичних матеріалах»

Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	132 Матеріалознавство
Рівень вищої освіти.....	Перший (бакалаврський)
Загальний обсяг	4 кредити ЄКТС (120 годин)
Статус.....	вибіркова
Форма підсумкового контролю	диференційований залік
Термін викладання	
Нормативний термін навчання	6 семестр, 11,12 чв.
Скорочений термін навчання	4 семестр
Навчальний рік	2026-2027 н.р
Мова викладання	українська

Викладач: доцент Слупська Юлія Сергіївна

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

Дніпро
2025

Робоча програма навчальної дисципліни «Структурні перетворення в біомедичних матеріалах» для бакалаврів спеціальності 132 (G8) Матеріалознавство / Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка», каф. механічної та біомедичної інженерії – Д.: НТУ «ДП», 2025. – 14 с.

Розробник

- Слупська Юлія Сергіївна – доктор філософії, доцент кафедри механічної та біомедичної інженерії;

Робоча програма регламентує:

- мету дисципліни;
- дисциплінарні результати навчання;
- базові дисципліни;
- обсяг і розподіл за формами організації освітнього процесу та видами навчальних занять;
- програму дисципліни (тематичний план за видами навчальних занять);
- алгоритм оцінювання рівня досягнення дисциплінарних результатів навчання (шкали, засоби, процедури та критерії оцінювання);
- інструменти, обладнання та програмне забезпечення;
- рекомендовані джерела інформації.

Робоча програма призначена для реалізації компетентнісного підходу під час планування освітнього процесу, викладання дисципліни, підготовки студентів до контрольних заходів, контролю провадження освітньої діяльності, внутрішнього та зовнішнього контролю забезпечення якості вищої освіти, акредитації освітніх програм у межах спеціальності.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	4
2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ	4
3 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ	4
4 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ	5
5 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ	6
6 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	11
7 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	12

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни – формування знань та практичних навичок у студентів щодо розуміння процесів структурних перетворень у біомедичних матеріалах, вивчення їх впливу на механічні, хімічні та біологічні властивості, а також розвиток здатності застосовувати ці знання для аналізу та оптимізації матеріалів для медичних застосувань.

2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Дисциплінарні результати навчання (ДРН)	
шифр ДРН	зміст
ДРН-1	Знати основні поняття та визначення структурних перетворень у біомедичних матеріалах, а також розуміти різні типи структурних змін, зокрема фазові перетворення, мікроструктурні зміни, деформаційні та дифузійні процеси, що відбуваються в таких матеріалах.
ДРН -2	Розуміти фізико-хімічні аспекти структурних перетворень у біомедичних матеріалах, зокрема роль термодинамічних і кінетичних процесів, а також застосовувати сучасні методи дослідження структурних змін, включаючи мікроскопічні та спектроскопічні техніки.
ДРН -3	Мати уявлення про типи структурних перетворень, що відбуваються в металевих та полімерних біоматеріалах, зокрема зміцнення титанових сплавів, корозійні зміни та термоокислювальну деградацію полімерів.
ДРН -4	Знати основні типи структурних перетворень у керамічних та композитних матеріалах, зокрема фазові зміни, дефекти і тріщини, а також механізми деградації на межі поділу фаз та втомні процеси в цих матеріалах.
ДРН -5	Розуміти вплив технології 3D-друку та біологічного середовища на структурні зміни в матеріалах, зокрема анізотропію та залишкові напружки, а також корозійні зміни та біологічно індуквані модифікації у матеріалах.
ДРН -6	Ознайомитися з методами запобігання небажаним структурним змінам у біомедичних матеріалах, зокрема захисними покриттями, стабілізацією структури за допомогою наночастинок та контролем умов експлуатації.

3 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Вид навчальних занять	Обсяг, години	Розподіл за формами навчання, години					
		денна		вечірня		заочна	
		аудиторні заняття	самостійна робота	аудиторні заняття	самостійна робота	аудиторні заняття	самостійна робота
лекційні	75	34	41	-	-	-	-
практичні	-	-	-	-	-	-	-
лабораторні	-	-	-	-	-	-	-
семінари	45	17	28	-	-	-	-
РАЗОМ	120	51	69	-	-	-	-

4 ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН І РОЗПОДІЛ ОБСЯГУ ЧАСУ ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	ЛЕКЦІЇ	75
ДРН -1	Вступ до дисципліни. Значення структурних змін для біомедичних матеріалів. Основні причини структурних перетворень. Загальний вплив структурних перетворень на функціональні властивості матеріалів.	5
ДРН -1	Типи структурних перетворень у біомедичних матеріалах.	5
ДРН -1 ДРН -2	Фізико-хімічні аспекти структурних перетворень. Енергетичні чинники. Роль дефектів у структурі. Дифузійні процеси як основа структурних перетворень.	6
ДРН -2	Методи дослідження структурних перетворень.	7
ДРН -1 ДРН -3	Структурні перетворення у металевих біомедичних матеріалах. Зміцнення титанових сплавів через фазові перетворення. Роль оксидних шарів у корозійній стійкості титану. Механізми втомного руйнування металевих імплантів. Дифузійне легування та його вплив на структуру металу.	7
ДРН -1 ДРН -3	Структурні перетворення у полімерних біоматеріалах. Зміни молекулярної структури під впливом механічного навантаження. Термоокислювальна деградація полімерів у біологічному середовищі. Утворення гідрогелів: фазові переходи та контрольовані структурні зміни. Старіння полімерів - механізми і наслідки.	8
ДРН -1 ДРН -4	Структурні перетворення у керамічних матеріалах. Фазові зміни у гідроксіапатиті під час термообробки. Деформації та тріщиноутворення у керамічних імплантах. Вплив пористості на механічні та біосумісні властивості. Стабільність кераміки у фізіологічному середовищі.	7
ДРН -1 ДРН -4	Структурні перетворення у композитах Механізми деградації на межі поділу фаз. Втомні процеси у композитних матеріалах. Роль наночастинок у стабілізації структури композитів.	7
ДРН -5	Структурні зміни у матеріалах під час 3D-друку Вплив технологій 3D-друку на мікроструктуру матеріалів. Анізотропія і залишкові напруження у 3D-друкованих структурах. Особливості структури матеріалів, створених методом селективного лазерного плавлення.	7
ДРН -5	Вплив біологічного середовища на структурні перетворення Корозійні зміни у металах у фізіологічному середовищі. Біологічно індуквані зміни у полімерних матеріалах. Взаємодія клітин із матеріалом і структурні наслідки.	8
ДРН -6	Запобігання небажаним структурним змінам Захисні покриття для металів і полімерів. Стабілізація структури за допомогою наночастинок. Контроль структури шляхом регулювання умов експлуатації.	8

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ	45
ДРН -1 ДРН -3	Прогнозування ресурсу роботи металевих імплантатів в умовах циклічних навантажень (втомне руйнування)	5
ДРН -1 ДРН -2	Розрахунок кінетики дифузійного легування біомедичних матеріалів	4
ДРН -2 ДРН -3	Оцінка кінетики біодеградації полімерних імплантатів	4
ДРН -4	Аналіз фазової стабільності та механічних властивостей біокераміки	5
ДРН -5	Оптимізація структури 3d-друкованих імплантатів (ефект "stress shielding")	5
ДРН -4	Розрахунок механічних властивостей композитів та впливу деградації на межі фаз	4
ДРН -3 ДРН -5	Розрахунок швидкості електрохімічної корозії металевих імплантатів	4
ДРН -2 ДРН -6	Розрахунок термічних напружень у захисних покриттях	5
ДРН -3 ДРН -5	Дослідження ступеня набрякання гідрогелевих імплантатів	4
ДРН -3 ДРН -6	Контроль якості термічної обробки імплантатів за зміною твердості	4
РАЗОМ		120

5 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Сертифікація досягнень студентів здійснюється за допомогою прозорих процедур, що ґрунтуються на об'єктивних критеріях відповідно до Положення університету «Про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти».

Досягнутий рівень компетентностей відносно очікуваних, що ідентифікований під час контрольних заходів, відображає реальний результат навчання студента за дисципліною.

5.1 Шкали

Оцінювання навчальних досягнень студентів НТУ «ДП» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалами. Остання необхідна (за офіційною відсутністю національної шкали) для конвертації (переведення) оцінок здобувачів вищої освіти різних закладів.

Шкали оцінювання навчальних досягнень студентів НТУ «ДП»

Рейтингова	Інституційна
90...100	відмінно / Excellent
74...89	добре / Good
60...73	задовільно / Satisfactory
0...59	незадовільно / Fail

Кредити навчальної дисципліни зараховуються, якщо студент отримав підсумкову оцінку не менше 60-ти балів. Нижча оцінка вважається академічною заборгованістю, що підлягає ліквідації відповідно до Положення про організацію освітнього процесу НТУ «ДП».

5.2 Засоби та процедури

Зміст засобів діагностики спрямовано на контроль рівня сформованості знань, умінь/навичок, комунікації, автономії та відповідальності студента за вимогами НРК до 6-го кваліфікаційного рівня під час демонстрації регламентованих робочою програмою результатів навчання.

Студент на контрольних заходах має виконувати завдання, орієнтовані виключно на демонстрацію дисциплінарних результатів навчання (розділ 2).

Засоби діагностики, що надаються студентам на контрольних заходах у вигляді завдань для поточного та підсумкового контролю, формуються шляхом конкретизації вихідних даних та способу демонстрації дисциплінарних результатів навчання.

Засоби діагностики (контрольні завдання) для поточного та підсумкового контролю дисципліни затверджуються кафедрою.

Види засобів діагностики та процедур оцінювання для поточного та підсумкового контролю дисципліни подано нижче.

Засоби діагностики та процедури оцінювання

ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ			ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ	
навчальне заняття	засоби діагностики	процедури	засоби діагностики	процедури
лекції	контрольні питання за кожною темою;	опитування за лекційним матеріалом;	комплексна контрольна робота (ККР)	визначення середньозваженого результату поточних контролів; виконання ККР під час диференційованого заліку за бажанням здобувача вищої освіти

Під час поточного контролю лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості відповідей контрольних опитувань.

Якщо зміст певного виду занять підпорядковано декільком складовим опису кваліфікаційного рівня за НРК, то інтегральне значення оцінки може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюються викладачем.

За наявності рівня результатів поточних контролів з усіх видів навчальних занять не менше 60 балів, підсумковий контроль може

здійснюватися без участі здобувача вищої освіти шляхом визначення середньозваженого значення поточних оцінок.

Незалежно від результатів поточного контролю кожен студент під час заліку має право виконувати ККР, яка містить завдання, що охоплюють ключові дисциплінарні результати навчання.

Кількість конкретизованих завдань ККР повинна відповідати відведеному часу на виконання. Кількість варіантів ККР має забезпечити індивідуалізацію завдання.

Значення оцінки за виконання ККР визначається середньою оцінкою складових (конкретизованих завдань) і є остаточним.

Інтегральне значення оцінки виконання ККР може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюється кафедрою для кожної складової опису кваліфікаційного рівня за НРК.

5.3 Критерії

Реальні результати навчання студента ідентифікуються та вимірюються відносно очікуваних під час контрольних заходів за допомогою критеріїв, що описують дії студента для демонстрації досягнення результатів навчання.

Для оцінювання виконання контрольних завдань під час поточного контролю лекційних занять в якості критерія використовується коефіцієнт засвоєння, що автоматично адаптує показник оцінки до рейтингової шкали

$$O_i = 100 a/m,$$

де a – число правильних відповідей або виконаних суттєвих операцій відповідно до еталону рішення; m – загальна кількість запитань або суттєвих операцій еталону.

Індивідуальні завдання та комплексні контрольні роботи оцінюються експертно за допомогою критеріїв, що характеризують співвідношення вимог до рівня компетентностей і показників оцінки за рейтинговою шкалою.

Зміст критеріїв спирається на компетентнісні характеристики, визначені НРК для бакалаврського рівня вищої освіти (подано нижче).

Загальні критерії досягнення результатів навчання для 6-го кваліфікаційного рівня за НРК (бакалавр)

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
Знання		
♦ концептуальні наукові та практичні знання, критичне осмислення	Відповідь відмінна – правильна, обґрунтована, осмислена. Характеризує наявність: - концептуальних знань; - високого ступеню володіння станом питання; - критичного осмислення основних теорій, принципів,	95-100

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
теорій, принципів, методів і понять у сфері професійної діяльності та/або навчання	методів і понять у навчанні та професійній діяльності	
	Відповідь містить негрубі помилки або описки	90-94
	Відповідь правильна, але має певні неточності	85-89
	Відповідь правильна, але має певні неточності й недостатньо обґрунтована	80-84
	Відповідь правильна, але має певні неточності, недостатньо обґрунтована та осмислена	74-79
	Відповідь фрагментарна	70-73
	Відповідь демонструє нечіткі уявлення студента про об'єкт вивчення	65-69
	Рівень знань мінімально задовільний	60-64
	Рівень знань незадовільний	<60
Уміння/навички		
♦ поглиблені когнітивні та практичні уміння/навички, майстерність та інноваційність на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем у сфері професійної діяльності або навчання	Відповідь характеризує уміння: - виявляти проблеми; - формулювати гіпотези; - розв'язувати проблеми; - обирати адекватні методи та інструментальні засоби; - збирати та логічно й зрозуміло інтерпретувати інформацію; - використовувати інноваційні підходи до розв'язання завдання	95-100
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності з негрубими помилками	90-94
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	80-84
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	74-79
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-73
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	рівень умінь/навичок незадовільний	<60
Комунікація		
♦ донесення до	Вільне володіння проблематикою галузі.	95-100

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
фахівців і нефахівців інформації, ідей, проблем, рішень, власного досвіду та аргументації; ♦ збір, інтерпретація та застосування даних; ♦ спілкування з професійних питань, у тому числі іноземною мовою, усно та письмово	Зрозумілість відповіді (доповіді). Мова: - правильна; - чиста; - ясна; - точна; - логічна; - виразна; - лаконічна. Комунікаційна стратегія: - послідовний і несуперечливий розвиток думки; - наявність логічних власних суджень; - доречна аргументації та її відповідність відстоюваним положенням; - правильна структура відповіді (доповіді); - правильність відповідей на запитання; - доречна техніка відповідей на запитання; - здатність робити висновки та формулювати пропозиції	
	Достатнє володіння проблематикою галузі з незначними хибами. Достатня зрозумілість відповіді (доповіді) з незначними хибами. Доречна комунікаційна стратегія з незначними хибами	90-94
	Добре володіння проблематикою галузі. Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано три вимоги)	85-89
	Добре володіння проблематикою галузі. Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано чотири вимоги)	80-84
	Добре володіння проблематикою галузі. Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано п'ять вимог)	74-79
	Задовільне володіння проблематикою галузі. Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано сім вимог)	70-73
	Часткове володіння проблематикою галузі. Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано дев'ять вимог)	65-69
	Фрагментарне володіння проблематикою галузі. Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано 10 вимог)	60-64
	Рівень комунікації незадовільний	<60

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
Відповідальність і автономія		
♦ управління складною технічною або професійною діяльністю чи проектами; ♦ спроможність нести відповідальність за вироблення та ухвалення рішень у непередбачуваних робочих та/або навчальних контекстах; ♦ формування суджень, що враховують соціальні, наукові та етичні аспекти; ♦ організація та керівництво професійним розвитком осіб та груп; ♦ здатність продовжувати навчання із значним ступенем автономії	Відмінне володіння компетенціями менеджменту особистості, орієнтованих на: 1) управління комплексними проектами, що передбачає: - дослідницький характер навчальної діяльності, позначена вмінням самостійно оцінювати різноманітні життєві ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особисту позицію; - здатність до роботи в команді; - контроль власних дій; 2) відповідальність за прийняття рішень в непередбачуваних умовах, що включає: - обґрунтування власних рішень положеннями нормативної бази галузевого та державного рівнів; - самостійність під час виконання поставлених завдань; - ініціативу в обговоренні проблем; - відповідальність за взаємовідносини; 3) відповідальність за професійний розвиток окремих осіб та/або груп осіб, що передбачає: - використання професійно-орієнтованих навичок; - використання доказів із самостійною і правильною аргументацією; - володіння всіма видами навчальної діяльності; 4) здатність до подальшого навчання з високим рівнем автономності, що передбачає: - ступінь володіння фундаментальними знаннями; - самостійність оцінних суджень; - високий рівень сформованості загальнонавчальних умінь і навичок; - самостійний пошук та аналіз джерел інформації	95-100
	Упевнене володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано дві вимоги)	90-94
	Добре володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано три вимоги)	85-89
	Добре володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано чотири вимоги)	80-84
	Добре володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано шість вимог)	74-79
	Задовільне володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано сім вимог)	70-73
	Задовільне володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано вісім вимог)	65-69
	Рівень відповідальності і автономії фрагментарний	60-64
	Рівень відповідальності і автономії незадовільний	<60

6 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Технічні засоби навчання:

- Персональний комп'ютер або ноутбук;
- Мультимедійна система для демонстрації презентацій;

Ліцензійне ПЗ:

- Активованій акаунт університетської пошти (student.i.p@nmu.one), MS Teams, MS Power Point на Microsoft Office 365.
- Платформа MS Windows,
- Дистанційна платформа Moodle.

7 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Базові

1. Матеріалознавство та технологія металів: підручник для здобувачів проф. (проф.-тех.) освіти / Власенко А. М. – Київ: Літера ЛТД, 2019. – 224 с.
2. Biomaterials Science / Edited by William Wagner, Shelly Sa-kiyama-Elbert, Guigen Zhang, Michael Yaszemski. - Academic Press, 2020. – 1616 p.
3. Від традиційних до нових матеріалів. Новітні матеріали і речовини ХХІ століття: навч. посіб. Ч. 5 / О. Т. Богорош, С. О. Воронов, В. М. Крамар, О. Г. Шайко-Шайковський. — Чернівці: ЧНУ, 2018. – 216 с.
4. Шматко І.О. Основи медичного матеріалознавства. Посібник / І.О. Шматко, Ю.О. Ляшенко. - Черкаси, 2019. – 98 с.
5. Наноматеріалознавство і нанотехнології: навч. посіб. / А. І. Кондир ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2016. - 450 с.

Допоміжні

1. Тимофєєва Л.А., Федченко І.І. Матеріалознавство та ТКМ: Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – 74 с.
2. Сталі та сплави з особливими властивостями : навч. посіб. / О. П. Гапонова, А. Ф. Будник. – Суми: Сумський державний університет, 2014. – 240 с.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Структурні перетворення в біомедичних матеріалах»**

для бакалаврів спеціальності 132 (G8) Матеріалознавство

Розробник:
Слупська Юлія Сергіївна

В редакції автора

Підготовлено до виходу в світ
у Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19