



# Структурна інженерія механічних властивостей матеріалів нового покоління

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг та комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві</i>
Статус дисципліни	<i>вибіркова, з Ф-каталогу</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин, 4 кредити ЕКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доц. Холявко Валерія Вікторівна, контактні дані: м.тел.050-271-5474, e-mail: kholval@ukr.net Лабораторні: к.т.н., доц. Бурмак Андрій Петрович, контактні дані: м.тел.066-511-1732, e-mail: burmak.andrii@iill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom на платформі Сікорський (запрошувальне посилання можна отримати у викладача)</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Знання курсу необхідні для розуміння принципів структурної інженерії матеріалів нового покоління. Основна ідея курсу полягає у визначенні фізичних механізмів, що відповідають за формування механічних властивостей матеріалів протягом поверхневих (зношування) та довготермінових (втома) впливів.

*Особливість подання цієї проблематики студентам освітньої програми* полягає у акцентуванні саме на структурних особливостях матеріалів, що мають відповідний рівень механічних властивостей. Курс є продовженням аналогічного, який викладався протягом першого семестру навчання. Також широко використані компетентності, набуті студентами в процесі опанування ряду дисциплін бакалаврської підготовки.

**Мета вивчення дисципліни:** набуття студентами компетентностей відповідно до освітньої програми:

КЗ.02 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

СК.01 Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення.

СК.02 Здатність планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту

СК.03 Здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується.

СК.04 Здатність оцінювати та забезпечувати якість робіт, що виконуються

СК.09 Здатність обґрунтовано здійснювати вибір технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів і виробів, для конкретних умов експлуатації

СК.16 Здатність на основі аналізу поставленої задачі по дослідженню матеріалів, виробів та покриттів з них вибрати необхідні методи, методики та апаратний комплекс.

СК.17 Здатність здійснювати експертні дослідження зруйнованих виробів, скласти заключення (технічні звіти) та розробляти пропозиції щодо підвищення надійності та довговічності виробів.

*Предмет дисципліни:* теорія та практика визначення рівня механічних властивостей металів та сплавів, що використовуються у техніці при навантаженнях, що можуть викликати деформування чи руйнацію.

#### **Програмні результати навчання:**

РН 1 Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій.

РН 2 Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі

РН 11 Використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства

РН 13 Планувати і виконувати експериментальні матеріалознавчі дослідження, обирати відповідні обладнання та методики, здійснювати статистичну обробку і статистичний аналіз результатів експериментів, обґрунтовувати висновки

РН 17 Розв'язувати прикладні задачі виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів і виробів

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

*Для успішного опанування дисципліни* студентам необхідно знати основні властивості дефектів кристалічної будови матеріалів різної розмірності та основні характеристики деформаційних процесів в матеріалі протягом навантаження. Бажано володіти математикою в обсязі знань середньої школи, вміти працювати в програмі Excel / Image Pro / Origin.

*Міждисциплінарні зв'язки:* Дисципліна **базується** на курсах бакалаврської програми «Кристалографія, кристалохімія та мінералогія», «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів» та на курсі магістерської підготовки «Структурна інженерія механічних властивостей матеріалів нового покоління». Також вона є **базовою** для таких дисциплін: та «Наукова робота за темою магістерської дисертації» та науково-дослідної практики.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Фізичні основи втомного руйнування**

**Тема 1.** Вступ. Предмет і завдання дисципліни. Особливості діаграм деформування матеріалів.

**Тема 2.** Еволюція дислокаційної структури в процесі деформування

**Тема 3.** Структурні перетворення протягом циклічного навантаження

**Тема 4.** Фізичні закони втомного деформування матеріалів.

### **Розділ 2. Фізичні основи зношування матеріалів**

**Тема 1.** Механізми зношування в парах тертя

**Тема 2.** Фізичні закони зношування

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Вся базова література є в електронній бібліотеці кафедри, у науково-технічній бібліотеці ім. Г.І. Денисенка КПІ ім. Ігоря Сікорського та в електронному вигляді у викладача.

1. Дяченко С.С. Фізичні основи міцності та пластичності металів: Навч. посібник / С.С. Дяченко. – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2003. – 226 с.
2. Вакуленко И. А. Морфология структуры и деформационное упрочнение стали / И. А. Вакуленко, В. И. Большаков. – Д.: Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2007. – 191 с.
3. Закалов, О.В. Основи тертя і зношування в машинах: Навчальний посібник / О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 322 с.
4. Холявко В.В. Конспект лекцій з дисципліни «Структурна інженерія механічних властивостей матеріалів» [рукопис] / В.В. Холявко. – К. : «Політехніка», 2019. – 275 с.

#### *Додаткова література:*

1. Дослідження динаміки, міцності і технологічності механічних систем : монографія / [Л.М. Мамаєв [та ін.] ; Міністерство освіти і науки України, Дніпровський державний технічний університет "ДДТУ". – Кам'янське : ДДТУ, 2017. – 182 с.
2. Вакуленко, Ігор Олексійович., "Втома металевих матеріалів в конструкціях рухомого складу." (2011). – 154 с.
3. Марущак, М. В., Основні принципи деформаційного зміцнення металів. Аналіз методів та пристроїв, які використовуються для пластичного поверхневого деформування. Diss. ВНТУ, 2018. – 5 с.
- 4.

### Навчальний контент

#### **5. Методика опанування навчальної дисципліни**

Лекцій – 18 годин,

Лабораторних робіт – 18 годин

Для опанування лекційного матеріалу студентам пропонується опрацювати конспект відповідної лекції та презентацію.

#### **Розділ 1. Фізичні основи втомного руйнування**

**Тема 1. Лекція 1.** Структура дисципліни, РСО. Вступ. Особливості діаграм деформування матеріалів.

**Тема 2. Лекція 2.** Еволюція дислокаційної структури в процесі деформування

**Тема 3. Лекція 3.** Основні параметри циклічного навантаження матеріалів.

**Тема 4. Лекція 4.** Основні параметри та фрактографія поверхні втомного руйнування.

**Тема 4. Лекція 5.** Структурні перетворення про мало-та великоциклової втоми

**Тема 4. Лекція 6.** Фізичні основи втомного руйнування. Фактори впливу на втомну міцність матеріалів.

#### **Розділ 2. Фізичні основи зношування матеріалів**

**Тема 1. Лекція 7.** Зношування: основні параметри, визначення та класифікація

**Тема 2. Лекція 8.** Структурні перетворювання в процесі зношування. Вторинні структури

**Тема 2. Лекція 9.** Фізичні основи зношування та методи покращення зносостійкості

Для виконання лабораторних робіт студенти знайомляться з матеріалом в методичних вказівках та готують протокол відповідної роботи.

**Лабораторна робота 1.** Вплив взаємодії рухомих дислокацій на міцнісні характеристики матеріалів. Частина I. Вплив розподілу напружень навколо дислокації на характер взаємодії двох паралельних крайових дислокацій

**Лабораторна робота 2.** Вплив взаємодії рухомих дислокацій на міцнісні характеристики матеріалів. Частина II. Енергетичний критерій дислокаційних реакцій. Дислокаційні ансамблі.

**Лабораторна робота 3.** Вплив щільності дислокацій на процеси самоорганізації дислокаційних субструктур.

**Лабораторна робота 4.** Аналіз взаємодії рухомої дислокації з поверхнею матеріалу

**Лабораторна робота 5.** Аналіз процесу локалізації деформації в матеріалі за допомогою умови Консидера.

**Лабораторна робота 6.** Аналіз параметрів циклічного навантаження металевих матеріалів.

**Лабораторна робота 7.** Фрактографічний аналіз втомних зламів

**Лабораторна робота 8.** Фрактографічний аналіз зношених поверхонь пар тертя.

**Лабораторна робота 9.** Підсумкове заняття.

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів в рамках даної дисципліни складається з підготовки до лекційних та лабораторних занять, виконання експрес-тестів до кожної лекції в гугл-формах, проведенні розрахунків в процесі виконання лабораторних робіт та підготовки до МКР та заліку.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни

- *доступ до матеріалів курсу*

Дисципліна у повному обсязі є на платформі дистанційного навчання «Сікорський». Приєднатися можна за запрошувальним посиланням, яке надає викладач. В рамках застосування елементів дистанційного навчання, заняття проводяться у форматі відеоконференцій в Zoom / Meet. Весь необхідний матеріал (презентації, текстовий конспект, тести тощо) викладений у відповідному курсі в G Suite for Education.

Лабораторні заняття проводяться в офлайн форматі. Весь необхідний матеріал (презентації, протоколи робіт, індивідуальні вихідні дані тощо) викладений у відповідному курсі в G Suite for Education.

Викладач вчасно надає студентам доступ до навчальних матеріалів, тестів, МКР тощо.

Протягом лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом; використовує за необхідності додаткові ресурси для лабораторних робіт

- *правила відвідування занять:*

Пропускати заняття без поважної причини не рекомендується.

Якщо з якихось причин студент не може бути присутнім на онлайн /офлайн занятті, він має самостійно опанувати матеріал, виконати тест до лекції. Якщо була пропущена лабораторна робота - виконати розрахунки для відповідного варіанту індивідуального завдання. Наявність увімкненої камери на дистанційних заняттях не є обов'язковою, за виключенням контрольних робіт та заліку.

Якщо протягом офлайн заняття оголошується повітряна тривога – заняття припиняється, студенти та викладач швидко йдуть в укриття. Заняття продовжується після закінчення тривоги (якщо є час), або приймається рішення щодо інших методик відпрацювання матеріалу.

Якщо сигнал тривоги звучить протягом онлайн заняття, воно може бути продовжено тільки у випадку, якщо всі присутні перебувають в безпечному місці. Якщо це не так – заняття переривається. Матеріал лекції студенти опановують самостійно, користуючись презентаційними матеріалами, текстовим конспектом лекції та відповідними відеоматеріалами, які знаходяться в папці лекції в класрумі.

- *правила поведінки на заняттях:*

Протягом заняття студент повинен уважно слухати викладача, відповідати на запитання, не запускати та не переглядати презентації чи інші записи, які не стосуються теми заняття.

Власний рукописний конспект лекцій студент веде за власним бажанням.

Протягом самостійної роботи студентам необхідно уважно опрацьовувати інформацію з конспекта лекцій та за потреби користуватися іншою літературою. Після кожної лекції студенти

повинні виконати тест, який знаходиться у розділі «Тести до лекцій» в класрумі. Студент має виконати тестове завдання до лекційного матеріалу, навіть якщо він був відсутній на лекції;

Для допуску до виконання лабораторної роботи студент повинен мати роздрукований протокол відповідної роботи.

Студенти можуть задавати запитання як протягом заняття, так і в інший час у створеному для цього чаті в Телеграм;

- *правила захисту лабораторних робіт;*

Лабораторні роботи захищаються індивідуально. Захист можливий як протягом відеоконференції, так і в режимі спілкування в реальному часі в телеграмі чи в аудиторії. Студент повинен надати викладачу заповнений протокол роботи з виконаними розрахунками, побудованими графіками залежностей та написаними висновками. Після перевірки правильності розрахунків та висновків викладач задає студенту запитання за темою роботи. Після захисту роботи студент заповнений протокол завантажує у відповідний розділ в класрум.

- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів;*

Штрафні бали нараховуються за:

- несвоєчасний захист лабораторної роботи: -1 бал/тиждень

Заохочувальні бали призначаються за:

- підготовку тез для участі у науковій конференції за темою, що дотична до матеріалів дисципліни: + 5 балів / тези;
- допомогу у створенні відео-, аудіо- контенту з дисципліни: +5 балів / заняття;
- виконані всі тести до лекцій більше ніж на 80% балів +5 бали;
- захист лабораторної роботи до кінця тижня в якому вона задавалася +2 бали;
- захист лабораторної роботи до дня наступної лабораторної роботи +1 бал

- *політика дедлайнів та перескладань;*

На захист кожної лабораторної роботи дається місяць. Захист пізніше цього терміну оцінюється з врахуванням штрафних балів.

МКР зараховується, якщо набрано не менше 50% балів. Переписування контрольної роботи можливе протягом семестру. При цьому студент отримує інший варіант завдання. Якщо при переписуванні отримано більше 50% балів, то оцінка виставляється як середнє арифметичне першої та останньої спроби, але не менше половини від максимально можливої кількості балів.

Тести до лекцій не перескладаються.

- *політика щодо академічної доброчесності;*

При виявленні в роботах (лабораторних чи МКР) ознак списування, робота у того, хто списав не зараховується. В разі неможливості встановлення факту хто у кого списав, робота не зараховується у всіх причетних.

- *інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам Університету.*

Немає

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

*Поточний контроль:*

- тести до лекцій – 5 балів / тест
- МКР – 20 балів,
- Лабораторна робота – 10 балів / робота

## Рейтингова система оцінювання результатів навчання з дисципліни

Семестровий рейтинг студента складається з балів за:

- виконання тестів до лекцій;
- виконання модульної контрольної роботи;
- виконання та захист 9 лабораторних робіт;
- 

### Критерії нарахування балів

Для кожного виду контролю застосовується шкала оцінювання ступеню виконання завдання.

#### 1. Лабораторна робота:

Лабораторні роботи виконуються протягом семестру згідно розкладу. Протоколи робіт та індивідуальні вихідні дані для виконання роботи знаходяться у розділі «Лабораторні роботи» в classroom. Індивідуальне завдання для розрахунків отримує кожен студент (або бригада, якщо група велика і була поділена на бригади). Всі результати розрахунків заносяться до відповідних таблиць, наведених в протоколі. Висновки пишуться по пунктах відповідно до переліку проблем, перелічених у теоретичній частині протоколу. Захист роботи здійснюється у вказані строки. За кожну роботу можна отримати до 5 балів. Рейтингові бали виставляються відповідно до критеріїв:

правильно оформлений протокол і виконані всі завдання, правильно написані висновки	5 балів
неповно оформлений протокол, неправильно побудовані графічні залежності, висновки написані не повно	4 бали
неповно виконане завдання, середнє опанування матеріалу, помилки у розрахунках та висновках, але основне завдання виконано	3 бали
неправильно оформлений протокол, поверхневе опанування матеріалу, висновки часткові	2-1 бали
Студент не орієнтується в питаннях роботи, розрахунки не виконані, висновки не написані	0 балів

#### 2. Модульна контрольна робота:

МКР проводиться після вивчення першого розділу. Кожен студент має індивідуальне завдання. Робота виконується протягом одного дня у розділі «Модульні контрольні роботи» в classroom. За виконання кожного завдання можна отримати зазначену кількість балів. Оцінка за МКР є сумою балів за кожне з виконаних завдань. Якщо завдання виконане не повно, або є помилки у розрахунках – студент отримує меншу кількість балів, відповідно до критеріїв:

- відповідь не повна, поверхнева – 50% балів;
- формула для розрахунків правильна, але є помилки при підрахунку конкретних значень – (50-75)% балів;
- не вказана розмірність отриманої величини – 75% балів;
- вказані лише загальні характеристики, тема не розкрита – 25% балів.

МКР зараховується, якщо студент набрав більше 50% балів.

#### 3. Тести після лекцій:

Після кожної лекції в розділі «Тести після лекцій» студент в гугл-формі виконує тест. Запитання тесту складаються з тем, обговорених протягом лекції. Кожен тест складається з 10 запитань. Кожне запитання – 1 бал. Оцінка за тест – сума набраних балів за правильні відповіді на запитання.

До кінця семестру бажано виконати всі тести до лекцій не менше ніж на 5 балів кожен.

### Застосування РСО з дисципліни

Сутність РСО з дисципліни доводиться до студентів на першій лекції. Рейтинг з дисципліни ведеться на сторінці «Журнал дисципліни» у розділі «Загальні питання» в classroom та в «Електронному кампусі». Студенти своєчасно інформуються про всі отримані рейтингові оцінки.

*Календарний контроль:*

- проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- позитивний результат – якщо набрано не менше 50% балів станом на дату контролю (для другого контролю обов'язково зарахування МКР, для обох контролів – зарахована визначена кількість лабораторних робіт). Вимоги для атестації на кожному календарному контролі викладач зазначає у відповідній колонці в «Журналі дисципліни» в класрумі.

**Семестровий контроль:** залік

**Умови допуску до семестрового контролю:**

- захищені всі лабораторні роботи та завантажені всі протоколи до класруму;
- зарахована МКР;
- сума балів за тести після лекцій перевищує 50% від максимально можливої кількості відповідних балів.

Студенти, які набрали протягом семестру недостатньо рейтингових балів з дисципліни, зобов'язані до початку заліку підвищити його. Якщо студент бажає підвищити свою оцінку, він може писати підсумковий заліковий тест, результати якого і будуть виставлені у відомість.

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

## 9. Додаткова інформація з дисципліни

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (наприклад, як додаток до силабусу);*

**Теоретичні питання:**

1. Структурні особливості етапів пластичної деформації.
2. Еволюція структури матеріалу в процесі пластичного деформування.
3. Типи та особливості циклічного навантаження матеріалів.
4. Особливості руйнування внаслідок малоциклової втоми.
5. Особливості руйнування внаслідок великоциклової втоми.
6. Особливості кривих Велера та петель гістерезису при втомному навантаженні.
7. Втомне зміцнення та знеміцнення.
8. Вплив технологічних факторів на втомну міцність.
9. Вплив конструкційних факторів на втомну міцність.
10. Вплив експлуатаційних факторів на втомну міцність.
11. Шляхи підвищення довговічності.
12. Види зношування. Особливості процесу зношування.
13. Структурні перетворення при терті.
14. Фактори, що впливають на величину зносу.
15. Шляхи підвищення зносостійкості з позицій молекулярно-механічної теорії зношування.

**Практичні питання:**

1. Поле напружень навколо дислокації.
2. Взаємодія двох крайових дислокацій.
3. Взаємодія двох гвинтових дислокацій
4. Рух дислокацій з порогами.
5. Рух розтягнутої дислокації в кристалі.

6. Перетин двох розтягнутих дислокацій.
7. Експериментальне визначення границі витривалості матеріалів.
8. Особливості кривих Велера (істинна та умовна границя витривалості).
9. Експериментальні методики визначення зносостійкості матеріалів (інтегральні).
10. Експериментальні методики визначення зносостійкості матеріалів (диференційні).

- *можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;*

Для зарахування сертифікатів онлайн курсів, студент повинен повідомити викладача до початку занять на курсах та надати перелік тем, що будуть розглядатися. Зарахування відбувається відповідно до «Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті».

- *інша інформація для студентів/аспірантів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.*

немає

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

**Складено** доцентом кафедри ФМТО, к.т.н., доц. Холявко Валерією Вікторівною.

**Ухвалено** кафедрою ФМТО (протокол № 12 від 22 червня 2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 12/23 від 28 червня 2023 р.)