



## МЕХАНІКА РУЙНУВАННЯ ТА ТРИБОЛОГІЯ

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131- Прикладна механіка
Освітня програма	Конструювання та дизайн машин
Статус дисципліни	вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЄКТС, 120 год., Лекції – 36 год., лабораторні – 36 год., СРС – 48 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, МКР
Розклад занять	За розкладом на сайті університету. <a href="http://rozklad.kpi.ua">rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н, професор Майборода Віктор Станіславович, Кафедра: Корпус КПІ 22, кімната 109, тел. (044) 204-82-55 e-mail: maiborodavs@gmail.com, тел. +380679244086, Лабораторні: к.т.н, доцент Джулій Дмитро Юрійович e-mail: dzhulii.dmytro@lil.kpi.ua, к.т.н, доцент Слободянюк Іванна Валентинівна e-mail: slobodianiuk.ivanna@lil.kpi.ua
Розміщення курсу	classroom

### Програма навчальної дисципліни

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

Майбутньому фахівцю варто вивчати саме цю дисципліну, оскільки вона призначена для розширення знань про взаємозв'язок процесів руйнування, міцності і механічних властивостей твердих тіл з їх реальною кристалічною будовою, впливом різних факторів на спроможність матеріалів і реальних конструкцій опиратись руйнуванню, особливостями спрямованого керування міцністю та ін., які лежать в основі створення сучасних матеріалів і конструкційних деталей з підвищеними експлуатаційними характеристиками.

**Метою дисципліни** є вивчення механіки руйнування, механічних властивостей матеріалів та їх міцності в залежності від природи будови твердих тіл та дефектів кристалічної структури. Дисципліна передбачає вивчення особливостей пружної, непружної та пластичної поведінки матеріалів, його втомі, тривалої міцності, крихкого та в'язкого руйнування за допомогою фізичних уявлень про кристалічну будову твердих тіл.

**Предмет навчальної дисципліни.** Фізичні і механічні властивості матеріалів, що визначають спроможність матеріалів до руйнування.

Дисципліна "Механіка руйнування та трибологія" відноситься до вибіркової дисципліни циклу професійної підготовки, і вона самостійно не формує компетентностей, проте здатна підсилювати компетентності та результати навчання, які забезпечують нормативні освітні компоненти.

**Вивчення дисципліни сприяє підсиленню наступних компетентностей:**

**Загальні компетентності**

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

**Фахові компетентності**

ФК1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

ФК10. Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук.

**Завершитись навчання має наступними програмними результатами:**

РН2. Використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань;

РН3. Виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин.

РН4. Оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження.

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

Дисципліна "Механіка руйнування та трибологія" базується на наступних дисциплінах:

- Загальна фізика;
- Хімія;
- Матеріалознавство;
- Технологія конструкційних матеріалів;
- Механіка матеріалів і конструкцій;
- Теорія механізмів і машин.

У свою чергу дисципліна "Механіка руйнування та трибологія" може бути корисною для подальшої підготовки з дисциплін:

- Конструкторсько-технологічне забезпечення машинобудівних виробництв.

Частина 3. Технологія машинобудування;

- Дипломне проектування.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

#### **Розділ 1. Дефекти кристалічної будови твердих тіл та їх вплив на механічні властивості матеріалів.**

Вступ. Мета та завдання курсу. Основні підходи і методи. Абсолютна міцність. Елементи кристалічної будови твердих тіл

Тема 1.1. Нульмірні дефекти

Тема 1.2. Одномірні /лінійні/ дефекти

Тема 1.3. Двомірні /плоскі/ дефекти кристалічної будови твердих тіл

Тема 1.4. Об'ємні дефекти у твердому тілі

Тема 1.5. Основні механізми зміцнення металевих матеріалів

#### **Розділ II. Напружений та деформований стан твердих тіл**

Тема 2.1. Напружений та деформований стан твердих тіл

Тема 2.2. Типи напруженого та деформованого станів твердих тіл

#### **Розділ III. Пружність.**

Тема 3.1. Основні положення закону Гука.

Тема 3.2. Характеристика коефіцієнтів пружності. Експериментальні методи при визначенні модулів пружності

#### **Розділ IV. Непружність.**

Тема 4.1. Загальна характеристика та причини її виникнення та проявлення.

Тема 4.2. Внутрішнє тертя і гістерезис. Загальні відомості.

#### **Розділ V. Пластичність**

Тема 5.1. Основні положення теорії пластичності.

Тема 5.2. Дислокаційний механізм пластичного деформування.

Тема 5.3. Лінії ковзання при пластичному деформуванні.

Тема 5.4. Пластичне деформування при різанні матеріалів.

#### **Розділ VI. Тертя і знос в вузлах і елементах конструкцій**

Тема 6.1. Закони зовнішнього тертя.

Тема 6.2. Руйнування поверхонь при терті.

#### **Розділ VII. Руйнування матеріалів.**

Тема 7.1. Типи руйнування. Загальна характеристика крихкого руйнування.

Тема 7.2. В'язке руйнування. Поняття в'язкості руйнування.

Тема 7.3. Поняття межі втомленості. Стадії руйнування від втоми.

Тема 7.4. Основні признаки розсіяного пошкодження. Механізми зародження тріщин втоми.

#### **Розділ VIII. Елементи механіки руйнування композиційних матеріалів**

Тема 8.1. Композиційні матеріали

**Розділ IX. Експериментальні методи дослідження механічних властивостей матеріалів.**

Тема 9.1. Експериментальні методи дослідження механічних властивостей матеріалів

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

##### **Основна література**

1. Інструментальні матеріали для виготовлення різального інструменту: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою "Конструювання та дизайн машин" спеціальності 131 "Прикладна механіка" / В.С. Майборода, Д.Ю. Джулій, І.В. Слободянюк, Н.В. Гаврушкевич // Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. –112 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47773>
2. Долгов О. М. Механіка руйнування [Електронний ресурс] : підручник / О. М. Долгов ; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» . – Дніпро : НТУ « Дніпровська політехніка » , 2019. – 166 с. <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/154416>
3. Фізичні основи руйнування матеріалів. Навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050503 "Машинобудування" / В.С. Майборода, Н.В. Мініцька // Київ: НТУУ "КПІ", 2012. – 152 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/1981>

##### **Додаткова література**

1. Основи механіки руйнування. навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навч. за напр. підгот. "Інженерне матеріалознавство" / В.С. Майборода, М.М. Бобіна, Т.В. Лоскутова, Н.В. Мініцька // Київ: НТУУ "КПІ", 2010. – 124 с. <https://discovery.kpi.ua/Record/000253061>
2. Основи механіки руйнування Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни для студентів спеціальності 7.090204 "Інструментальне виробництво" / В.С. Майборода, Н.В. Мініцька, В.І. Солодкий // Київ: "Політехніка", 2006. – 24 с. <https://discovery.kpi.ua/Record/000186358>
3. Ясній П.В. Курс лекцій "Механіка руйнування зварних конструкцій" для студентів спеціальності 7.092301 всіх форм навчання./П.В.Ясній, Міністерство освіти та науки України Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – 2006. – 100 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/736>

#### **Навчальний контент**

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

###### **Лекційні заняття**

Лекції проводяться з використанням наочних засобів представлення матеріалу за з використанням методичних матеріалів, доступ до яких наявний у студентів.

Студенти залучаються до обговорення лекційного матеріалу та задають питання, щодо його сутності.

## **Лабораторні роботи**

На лабораторних заняттях застосовуються форми індивідуальної та колективної роботи (командна робота, парна робота) для реалізації завдань викладача на набуття навичок самостійної практичної роботи.

Під час вивчення курсу застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями:

1) методи проблемного навчання (проблемний виклад, частково-пошуковий (евристична бесіда) і дослідницький метод);

2) особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання («мозковий штурм», «аналіз ситуацій» і ін.);

3) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів (електронні презентації, застосування на основі комп'ютерних і мультимедійних засобів практичних завдань, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (програмні засоби, мобільні застосунки і ін.).

В період роботи за принципом онлайн навчання більшу увагу студентів звертають на необхідність поглиблення знань завдяки використанню спеціальних освітніх дидактичних засобів, що знаходяться у вільному доступі в мережі Інтернет. Окрім того, студентів залучають до активного користування довідниковою і спеціальною літературою. Додатково організовується індивідуальна робота, направлена на коригування результатів навчання в дистанційній формі.

## **Самостійна робота**

Години, відведені на самостійну роботу студента, призначені для опанування навчальної дисципліни, зокрема, підготовка до лекцій та лабораторних робіт, а також підготовка до модульної контрольної роботи та заліку.

На самостійну роботу винесені наступні теми:

- Вивчення основних класів міжатомних зв'язків у твердих тілах і способів руйнування твердих тіл. Стереографічні проекції у кристалографії і їх практичне використання

- Енергетичні характеристики нульмірних дефектів.

- Теплові коливання атомів. Динамічні властивості дислокацій, Лінійне натягнення дислокацій

- Двійникування і його дислокаційний механізм. Типи тріщин та їх характеристика.

- Дислокації та пари Френкеля.

- Девіатор напружень і деформацій. Шаровий тензор напружень і деформацій.

- Визначення напружень та деформацій у кристалічних матеріалах через взаємодію атомів у ґратках.

- Дефект модуля пружності. Ефект Баушингера.

- Фізична природа межі текучості. Зміцнення матеріалу при гальмуванні дислокацій, деформаційне зміцнення. Повзучість і її дислокаційний механізм. Сітки Генкі-Прандтля, Прагера. Графічне відображення умов рівноваги стружки при ортогональному різанні.

- Зміна структури поверхні при терті. Циклічні структурні перетворення. Види зносів і закономірності процесів зношування матеріалів. Запобігання процесам зносу.

- Теорія комірок. Динамічне деформування композитів і їх поведінка при руйнуванні.

- Обладнання та зразки для іспитів. Ознайомитись з конструктивними особливостями обладнання та принципом його дії для проведення досліджень матеріалів на знос в умовах поверхневого тертя.

## Політика та контроль

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

#### Відвідування занять

Відвідування лекцій чи відсутність на них, не оцінюється. Проте, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Відвідування лабораторних робіт є обов'язковим. У разі відсутності студента на лабораторній роботі, у тому числі і за станом здоров'я, йому необхідно пропущену роботу відпрацювати. На одному занятті (2 год.) можна відпрацювати лише одну пропущену лабораторну роботу. Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті до початку заліку.

Відвідування модульних контрольних робіт є обов'язковим. Якщо студент пропустив МКР з поважних причин, наприклад, за станом здоров'я, то за наявності підтверджуючого документа (довідки) він може протягом тижня написати пропущену контрольну роботу. В іншому випадку МКР не оцінюється. Перескладання модульної контрольної роботи на вищу оцінку не передбачено.

#### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень. Детальніше: НАКАЗ №НОН/228/2022 ВІД 21.07.2022 "Про затвердження нової редакції положення про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського", [https://document.kpi.ua/2022\\_НОН-228](https://document.kpi.ua/2022_НОН-228).

#### Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

#### Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

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

**Поточний контроль:** лабораторні роботи, модульні контрольні роботи, експрес опитування за темою заняття.

**Календарний контроль:** провадиться 2 раз на семестр за встановленим графіком як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** залік.

Рейтингова оцінка  $R$  студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- відповіді на завдання експрес-контролю на лекціях  $r1$ ;
- виконання лабораторних робіт  $r2$ ;
- модульну контрольну роботу  $r3$ ;
- залік  $r4$ .

Додатково РСО передбачає можливість нарахування заохочувальних та штрафних балів.

### **Експрес-контроль на лекції ( $r1$ )**

Максимальна сумарна кількість балів, які можна одержати за позитивні результати експрес-контролю на лекціях  $r1 = 15$  балів. Лектор випадковим чином проводить опитування на початку лекції по пройденому матеріалу на попередніх лекціях.

### **Лабораторні роботи ( $r2$ )**

Ваговий бал однієї лабораторної роботи – 10 балів. Мінімальна кількість балів, яка повинна бути набраною, щоб лабораторна робота вважалась зарахованою складає 6 балів, тобто 60% від максимальної кількості за одну роботу (табл. 1).

Таблиця 1

#### **Рейтингові бали за одну лабораторну роботу**

<b>Бали</b>	<b>Критерії оцінювання</b>
10,0	Робота виконана повністю, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
9,0	Робота виконана з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
8,0	Робота виконана з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань .
7,0	Робота виконана з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
6,0	Робота виконана із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0,0	Робота не виконана, звіт не представлений.

Мінімальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

$$r2_{min} = 6 \text{ балів} \times 4 = 24 \text{ бали.}$$

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

$$r2_{max} = 10 \text{ балів} \times 4 = 40 \text{ балів.}$$

Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті до початку заліку за курсом.

### **Модульна контрольна робота**

Робочим навчальним планом передбачено проведення однієї модульної контрольної роботи (МКР) в обсязі 3 год. МКР відбувається у вигляді трьох контрольних робіт по 1 год. кожна.



Контрольна робота-1 виконується за розділами 1 і 2. Контрольна робота-2 виконується за розділами 3, 4 і 5. Контрольна робота-3 виконується за розділами 6,7,8 і 9.

Одна контрольна робота складається з кількох завдань. Завдання оновлюються кожного семестру. Ваговий бал однієї контрольної роботи – 15 балів.

Оцінювання контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці 2.

Таблиця 2

### Рейтингові бали за одну контрольну роботу

Бали	Критерій оцінювання
15	Вірна відповідь більш, ніж на 95 % питань
13,5	Вірна відповідь більш, ніж на 85 % питань
12	Вірна відповідь більш, ніж на 75 % питань
10,5	Вірна відповідь більш, ніж на 65 % питань
9	Вірна відповідь більш, ніж на 60 % питань
0	Вірна відповідь менш, ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Максимальна кількість балів за три контрольні роботи відповідно складає:

$$r_3 = 15 \text{ балів} \times 3 = 45 \text{ балів}$$

### Штрафні та заохочувальні бали

Загальний рейтинг з дисципліни включає штрафні та заохочувальні бали, які додаються до суми вагових балів усіх контрольних заходів.

Нарахування штрафних балів не передбачено.

Заохочувальні бали можуть нараховуватися за виконання творчих робіт: робота у наукових гуртках з підготовкою матеріалів доповідей або статей для публікації, участь у наукових і науково-практичних конференціях і семінарах, олімпіадах з дисципліни, конкурсах робіт, рефератів та оглядів наукових праць, аналіз сучасної нормативно-правової бази з дисципліни у країні та її відповідність вимогам міжнародних стандартів тощо. Кількість нарахованих балів залежить від отриманих результатів.

Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10% від рейтингової шкали, тобто  $100 \times 0,1 = 10$  балів.

### Умови календарного контролю

Календарний контроль з навчальної дисципліни (освітнього компонента) проводиться, як правило, на 7-8 та 14-15 тижнях кожного семестру. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю. Результати календарного контролю заносяться у модуль "Календарний контроль" Електронного кампусу.

### Критерії залікового оцінювання

Рейтингова система оцінювання складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних та штрафних балів. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на останньому занятті з дисципліни в семестрі.



Необхідною умовою допуску до заліку є виконання та захист всіх лабораторних робіт.

Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі. Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідно до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

У цьому випадку бали, отримані за індивідуальну роботу залишаються, а бали отримані за модульні контрольні роботи скасовуються.

Максимальна кількість балів, отриманих за залікову контрольну роботу, складає 45 балів:

$$r_4 = 45 \text{ балів.}$$

Критерій залікового оцінювання визначається як сума якості відповідей на кожне завдання білета за табл. 3.

Таблиця 3

**Кількість балів за одне завдання білета**

Бали	Критерій оцінювання
45,0	Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві зауваження та неточності
40,5	Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відповідь на переважну більшість питань, творче мислення
36,0	Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки
31,5	Задовільна відповідь (не менше 65% інформації) є зауваження, відповідь на частину питань
27,0	Достатня відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відповідь на окремі питання.
0,0	Відповідь невірна або менше 60% інформації, або вона відсутня

### Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни

За результатами заходів поточного контролю з дисципліни, заохочувальних балів

- без залікової контрольної роботи:

$$R = r_1 + r_2 + r_3 = 15 + 40 + (15 + 15 + 15) = 100 \text{ балів}$$

- із заліковою контрольною роботою:

$$R = r_1 + r_2 + r_4 = 15 + 40 + 45 = 100 \text{ балів}$$

Для отримання відповідної оцінки з дисципліни студент має набрати певну кількість балів, згідно з таблицею перерахунку (табл. 4).

Таблиця 4

**Таблиця перерахунку рейтингових балів в оцінки**

Рейтингова оцінка здобувача	Університетська шкала оцінок рівня здобутих компетентностей
95 – 100	Відмінно

85 – 94	Дуже добре
75 – 84	Добре
65 – 74	Задовільно
60 – 64	Достатньо
Менше 60 балів	Незадовільно
Не виконані умови допуску до семестрового контролю	Не допущено

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

Професор кафедри конструювання машин,  
доктор технічних наук

Віктор МАЙБОРОДА

**Ухвалено** кафедрою конструювання машин(Протокол №6 від 15.12.2021 р.)

**Погоджено** методичною комісією навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту (Протокол №5 від 17.12.2021 р.).