



Механіка руйнування та трибологія
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131- Прикладна механіка
Освітня програма	Прикладна механіка
Статус дисципліни	вибіркова
Форма навчання	дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120/4 кредити ЄКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік
Розклад занять	згідно rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н, професор Майборода Віктор Станіславович, +380679244086, maiborodavs@gmail.com Лабораторні: к.т.н, доцент Джулій Дмитро Юрійович, к.т.н, доцент Слободянюк Іванна Валентинівна
Розміщення курсу	

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 уяв про кристалічну будову твердих тіл.

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

У результаті вивчення дисципліни студент набуде наступних компетентностей:

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК12. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Фахові компетентності (ФК):

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

ФК2. Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні 7 рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності.

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.

Програмні результати навчання:

РН1) вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи;

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;

РН9) знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми.

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

Перелік попередніх навчальних курсів, які необхідні фахівцю для успішного засвоєння дисципліни:

Фізика; Хімія; Матеріалознавство; Технологія металів; Опір матеріалів; Теорія машин і механізмів; Деталі машин; Основи оброблення матеріалів різанням.

У свою чергу дисципліна «Механіка руйнування та трибологія» є базою для подальшої підготовки з дисциплін: Формоутворення поверхонь різанням, Фізика процесів різання, Фінішні методи оброблення матеріалів, Методи і обладнання для підвищення працездатності різального інструменту, Проектування штампів і пресформ.

3. Зміст навчальної дисципліни

На вивчення відводиться 120 годин (4 кредити ЄКТС).

Таблиця 1

Форма навчання	Всього		Розподіл навчального часу та видами занять				Семестр. атестація
	кредитів	годин	Лекції	Практ.	Лабор.	СРС	
Денна	4	120	36	-	36	48	100 балів Залік

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

Форми роботи

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.

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.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Красовский А.Я. Физические основы прочности, к.:Наук.думка, 1977. – 140с.
2. Екобори Т. Физика и механика разрушения и прочности твердых тел. М.:Металлургия, 1971. – 264с.

3. Бернштейн М.Л., Займовский В.А. Структура и механические свойства металлов. М.:Металлургия, 1979. – 495с.

4. Маборода В.С., Бобіна М.М., Лоскутова Т.В., Мініцька Н.В. Основи механіки руйнування. Навчальний посібник. К.:НТУУ"КП",2010.-124 с.- Бібліогр.:с.121.

5. Маборода В.С., Мініцька Н.В. Фізичні основи руйнування матеріалів. Навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050503 «Машинобудування». Київ: НТУУ Електронне навчальне видання НМУ №Е 11/12-216, Рекоменд. Метод. радою НТУУ"КП" 24.05.12, протокол №9. Знайти посилання

6. Майборода В.С., Грабченко А.И., Залого В.А., Внуков Ю.Н. и др. Интегрированные процессы обработки материалов резанием: учебник [для высш. учебн.заведений] А.И.Грабченко, В.А. Залого,Ю.Н.Внуков и др.; под общ. ред. А.И. Грабченко и В.А. Залого. – Сумы: Университетская книга, 2017. -451 с.

Додаткова

7. Рид В. Дислокации в кристаллах, 1957.

8. Ван Бюрен. Дефекты в кристаллах, 1962 г.

9. Халл Д. Введение в дислокации, 1968 г.

10. Мак Лин Д. Механические свойства металлов.

11. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов.

12. Кана Р.У. Физическое материаловедение 3т. Физико-механические свойства металлов и сплавов т.3.

13. Фридель Ж. Дислокации. М.:МИР, 1967. – 643 с.

14. Коттрелл А.Х. Дислокации и пластическое течение в кристаллах, 1958.

15. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости.

16. Давиденков Н.Д. Избранные труды. т.1, 2.

17. Григорович В.К. Твердость и микротвердость металлов. М.:Наука, 1976. – 230 с.

18. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. М.:Наука, 1975. – 576 с.

19. Вест Ч. Голографическая интерферометрия.

20. Томсен Э., Ч.Янг, Кобаяши Ш. Механика пластических деформаций при обработке металлов. - М.: Машиностроение, 1969.-503 с.

21. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.:Машиностроение, 1977. – 526 с.

22. Буше Н.А. Трение, износ и усталость в машинах. М.:Транспорт, 1987. – 223 с.

23. Фудзии Т., Дзако М. Механика разрушения композиционных материалов. М.:МИР, 1982. – 232 с.

Базовими для вивчення дисципліни є джерела 1-6, решта – факультативні.

Зазначені джерела є у вільному доступі у бібліотеці КПІ та інтернеті.

Наведені джерела повністю відображають зміст вказаних для вивчення тем.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

5.1. РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ ЗА ТЕМАМИ.

Таблиця 2

Найменування розділів, тем	Розподіл начального часу				
	Всього	Лекц.	Прак.	Лаб.	СРС
1	2	3	4	5	6
Семестр 2					
Розділ I. 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	2	1			1
Тема 1.1. Нульмірні дефекти.	2	1			1
Тема 1.2. Одномірні /лінійні/ дефекти.	3	2			1
Тема 1.3. Двомірні /плоскі/ дефекти кристалічної будови твердих тіл.	2	1			1
Тема 1.4. Об'ємні дефекти у твердому тілі	4	2			2
Тема 1.5. Основні механізми зміцнення металевих матеріалів.	5	2		2	1
Розділ II. Напружений та деформований стан твердих тіл					
Тема 2.1. Напружений та деформований стан твердих тіл	8	2		4	2
Тема 2.2. Типи напруженого та деформованого станів твердих тіл	6	1		4	1
Розділ III. Пружність					
Тема 3.1. Основні положення закону Гука.	4	2			2
Тема 3.2. Характеристика коефіцієнтів пружності. Експериментальні методи при визначенні модулів пружності	7	1		4	2
Розділ IV. Непружність					
Тема 4.1. Загальна характеристика та причини її виникнення та проявлення.	6	2		2	2
Тема 4.2. Внутрішнє тертя і гістерезис. Загальні відомості	3	2			1
Розділ V. Пластичність					
Тема 5.1. Основні положення теорії пластичності.	3	1			2
Тема 5.2. Дислокаційний механізм пластичного деформування	8	2		4	2
Тема 5.3. Лінії ковзання при пластичному деформуванні	3	1			2

Найменування розділів, тем	Розподіл начального часу				
	Всього	Лекц.	Прак.	Лаб.	СРС
1	2	3	4	5	6
Тема 5.4. Пластичне деформування при різанні матеріалів	7	1		4	2
Розділ VI. Тертя і знос в вузлах і елементах конструкцій					
Тема 6.1. Закони зовнішнього тертя.	2	1			1
Тема 6.2. Руйнування поверхонь при терті.	6	1		4	1
Розділ VII. Руйнування матеріалів					
Тема 7.1. Типи руйнування. Загальна характеристика крихкого руйнування	5	1		2	2
Тема 7.2. В'язке руйнування. Поняття в'язкості руйнування.	4	1		2	1
Тема 7.3. Поняття межі втомленості. Стадії руйнування від втоми	7	2		4	1
Тема 7.4. Основні признаки розсіяного пошкодження. Механізми зародження тріщин втоми	4	2			2
Розділ VIII. Елементи механіки руйнування композиційних матеріалів					
Тема 8.1. Композиційні матеріали	4	2			2
Розділ IX. Експериментальні методи дослідження механічних властивостей матеріалів					
Тема 9.1. Експериментальні методи дослідження механічних властивостей матеріалів	4	2			2
МКР					3
Всього		36	-	36	48
Залік		2	-	-	-
Всього	120	38	-	36	48

5.2 ЛЕКЦІЇ.

Під час лекційних занять розглядаються наступні питання:

Вступ. Мета та завдання курсу. Основні підходи і методи. Абсолютна міцність. Елементи кристалічної будови твердих тіл. Вчення про механіку руйнування та механічні властивості матеріалів, які визначають особливості і фізичну природу руйнування. Тверде тіло, як об'єкт досліджень. Основні підходи, які застосовуються при вивченні механічних властивостей твердих тіл і процесів, що сприяють руйнуванню твердих тіл при їх експлуатації. Поняття про абсолютну міцність. Природа пружних властивостей твердих тіл. Основні механічні властивості. Кристалічна будова твердих тіл. Прості кристалічні структури металів. Індекси Міллера.

Нульмірні дефекти. Вакансії, міжвузлові атоми, пари Френкеля, атоми заміщення та впровадження. Взаємозв'язок нульмірних дефектів з механічними властивостями.

Одномірні /лінійні/ дефекти. Гвинтові та крайові дислокації. Змішані дислокації. Густина дислокацій. Вектор Бюргерса. Основні властивості дислокацій. Типи руху дислокацій. Пороги на дислокаціях. Поняття про сили, що діють на дислокації. Фізична природа дислокаційного зміцнення матеріалів. Особливості розмноження дислокацій та їх механізми.

Двовірні /плоскі/ дефекти кристалічної будови твердих тіл. Границі субзерен, поняття про полігонізацію, плоскі скупчення дислокацій та двійниковий прошарок. Межа зерен, як вид плоского дефекту. Зміцнюючий ефект Холла-Петча. Тріщини у твердому тілі. Поведінка кристалу з тріщиною у межах пружності. Поняття про жорстоке та м'яке навантаження. Признак термодинаміки тріщиноутворення. Енергетичний підхід при вивченні процесу зростання тріщин. Тріщини у пружно-пластичному середовищі, їх уява з точки зору дислокаційної будови матеріалів.

Об'ємні дефекти у твердому тілі та їх характеристика. Особливості подолання дислокаціями перепон, обумовлених об'ємними дефектами. Взаємодія дефектів у кристалічних ґратках. Дислокації та домішані атоми. Атмосфери Коттрелла.

Субструктурне зміцнення. Пружне і контактне гальмування дислокацій. Формування підпорядкованих дислокаційних субструктур. Твердорозчинне зміцнення матеріалів. Вплив на процеси зміцнення сталей легуючих елементів. Зміцнення інтерметалідами. Полікристалічне зміцнення. Багатофазне зміцнення матеріалів.

Напружений та деформований стан твердих тіл. Напружений та деформований стан твердих тіл. Загальний випадок розтягування твердого тіла. Закон Шміда. Напруження у твердому тілі, як векторна величина. Тензор напружень та його характеристика. Головні напруження. Важливіші залежності між головними напруженнями та максимальними зсувними напруженнями. Компоненти деформації твердого тіла. Зв'язок між деформаціями та переміщенням. Тензор деформації. Головні деформації.

Типи напруженого та деформованого станів твердих тіл. Взаємозв'язок між переміщеннями і деформаціями у твердому тілі при його навантаженні у пружній області. Співвідношення Коши.

Пружність. Основні положення закону Гука. Узагальнений закон Гука. Поняття про анізотропію. Закон Гука для анізотропних матеріалів.

Характеристика коефіцієнтів пружності. Експериментальні методи при визначенні модулів пружності. Вплив температури, попередньої пластичної деформації, наявності легуючих елементів у матеріалі на модулі пружності.

Непружність. Загальна характеристика та причини її виникнення та проявлення. Пружна післядія та релаксація напружень. Стандартне лінійне тіло. Механізм релаксації та пружної післядії у кристалах.

Внутрішнє тертя і гістерезіс. Загальні відомості. Внутрішнє тертя у матеріалах при коливаннях у межах пружності. Внутрішнє тертя у пружно-пластичних межах. Міри внутрішнього тертя в матеріалах.. Механізм Гранатто-Люкке, як розвиток струнної моделі представлення дислокацій, його застосування до визначення процесу пружної післядії з точки зору руху дислокацій. Практичне застосування механізму Гранатто-Люкке.

Пластичність. Основні положення теорії пластичності. Основні моделі пластичних тіл. Схематизація діаграм розтягування і деформування матеріалів в межах пластичності. Матеріали з лінійним і степінним зміцненням. Зв'язок між напруженнями і деформаціями в межах пластичності. Рівняння Леві-Мізеса. Особливості пластичного деформування твердих тіл з різною кристалічною будовою. Пластичне деформування об'ємноцентрованих, гексагональних щільно упакованих, граньцентрованих кристалічних матеріалів, його особливості. Смуги Чернова - Людерса.

Дислокаційний механізм пластичного деформування. Вплив домішок у матеріалі, стану поверхні, наявності на поверхні поверхнево-активних речовин, швидкості навантаження на особливості пластичного деформування. Ефект Ребіндера - адсорбційного полегшення деформації. Явище акустичної емісії при пластичному деформуванні.

Лінії ковзання при пластичному деформуванні. Плоско деформований стан. Диференційні рівняння ліній ковзання. Застосування умов пластичності до ліній ковзання, основні властивості ліній ковзання.

Пластичне деформування при різанні матеріалів. Механізм безперервного утворення стружки. Механізми Ернста і Мерчанта. Теорія Шиффера. Експериментальні дослідження процесів пластичного деформування матеріалів при різанні.

Тертя і знос в вузлах і елементах конструкцій. Закони зовнішнього тертя.

Закон Амонтона, закон Кулона. Взаємодія шорстких поверхонь при терті. Молекулярна (адгезійна) і механічна взаємодія реальних поверхонь деталей при терті. Зміна властивостей поверхонь деталей під час тертя, розвиток дефектів будови матеріалів.

Руйнування поверхонь при терті. Класифікація видів руйнування фікційних зв'язків. Особливості руйнування поверхонь тертя. Основні закономірності процесів контактної взаємодії ковзаючих поверхонь.

Руйнування матеріалів. Типи руйнування. Загальна характеристика крихкого руйнування. Основні признаки. Температура крихкості. Перехід від крихкого руйнування до в'язкого. Особливості руйнування ОЦК та ГЦК матеріалів.

В'язке руйнування. Поняття в'язкості руйнування. Особливості та критерії в'язкого руйнування. Експериментальні методи дослідження процесу руйнування. Фрактографія. Види руйнувань.

Поняття межі втомленості. Стадії руйнування від втоми. Загальні відомості про втомлюваність матеріалів і механізми руйнування від втоми. Основні закономірності руйнування від втоми. Межа витривалості. Признаки втомленого пошкодження. Розсіяне пошкодження від втоми.

Основні признаки розсіяного пошкодження. Механізми зародження тріщин втоми. Стадії втомленого руйнування. Методи визначення характеристик опору втомі. Вплив технологічних, конструктивних і експлуатаційних факторів на опір втомі. Вплив стану поверхні на опір втомі. Масштабний фактор. Частота навантаження і опір втомі. Випадкове навантаження і опір втомі. Розсіяне пошкодження матеріалів від втоми.

Елементи механіки руйнування композиційних матеріалів. Композиційні матеріали. Загальні відомості про композиційні матеріали та вимоги, що висувають перед ними. Визначення композиційного матеріалу. Типи композитів. Композити, як типовий представник анізотропного твердого тіла. Правило сумішей. Елементи механіки ортотропних і багатошарових композитів. Їх характеристика і особливості поведінки при навантаженні і руйнуванні. Лінійна і нелінійна механіка руйнування композитів. Руйнування композитів при статичному навантаженні. Міцність композитів, армованих безперервними, дискретними волокнами, частинками.

Експериментальні методи дослідження механічних властивостей матеріалів. Експериментальні методи дослідження механічних властивостей матеріалів. Випробування матеріалів на розтягування-стискання. Визначення межі пропорційності, пружності, текучості, міцності, руйнування. Модуль пружності. Випробування матеріалів на твердість за Брінелем, Вікерсом, Роквеллом. Мікротвердість. Склерометрія. Динамічні методи. Методи випробувань на ударну в'язкість. Методи і обладнання для випробування матеріалів на знос. Випробування матеріалів на втому. Випробування матеріалів у екстремальних умовах.

5. Лабораторні роботи

На лабораторних роботах студенти опановують методи визначення і розрахунку спеціальних фізико-механічних характеристик матеріалів, що безпосередньо впливають на здатність матеріалів чинити опір руйнуванню розрахунку при різноманітних умовах навантаження, методів обробки отриманих експериментальних даних і їх аналізу.

Основні завдання циклу лабораторних занять є набуття практичних навичок з опрацюванням діаграми розтягу матеріалів; контролю матеріалів на мікро- та макротвердість та особливостями підготовки зразків для досліджень; з методом визначення модуля зсуву матеріалу.

Звіт з лабораторних робіт оформлюється у паперовому вигляді і захищається на останньому лабораторному занятті до початку заліку за курсом.

Тематика лабораторних робіт охоплює основні розділи дисципліни.

№ з/п	Назва теми
1	Визначення основних механічних характеристик маловуглецевої сталі з діаграми розтягу.
2	Одержання діаграми розтягнення алюмінієвого і титанового сплаву.
3	Мікро- та макротвердість матеріалів.
4	Акустична емісія при навантаженні матеріалів.
5	Визначення модуля зсуву матеріалів при закручуванні.
6	Визначення модуля пружності динамічним методом.
7	Поверхнева твердість інструментальних матеріалів.

Математично-програмне забезпечення для виконання лабораторних робіт. Для виконання лабораторних робіт застосовується стандартне програмне забезпечення на ЕОМ: пакет Microsoft Excel, Golden Software Grapher й Surfer, MatchCAD 6.0 Plus.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота спрямована на засвоєння лекційного матеріалу, рекомендованої літератури, підготовки до МКР, для самостійної роботи передбачено 48 год.

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.

7. Контрольні роботи

Метою проведення модульних контрольних робіт є перевірка знань, засвоєних студентами в процесі вивчення відповідних розділів кредитного модуля.

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.

Політика та контроль

8. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Вивчення дисципліни відбувається згідно графіку навчального процесу з обов'язковим відвідуванням всіх видів занять.

Правила поведінки на заняттях.

Правила поведінки на заняттях регламентуються етичними нормами: всі учасники освітнього процесу в університеті повинні дотримуватись вимог чинного законодавства України, Статуту і Правил внутрішнього розпорядку НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», загальноприйнятих моральних принципів, підтримувати атмосферу доброзичливості, відповідальності, порядності й толерантності, дбайливо ставитися до університетського майна.

Під час аудиторних занять студенти повинні дотримуватись діючих правил охорони праці, безпеки життєдіяльності і правил пожежної безпеки, а в разі навчання за дистанційною формою виконувати вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я під час роботи з екранними пристроями.

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 залікового завдання та лабораторних робіт та на кожній лекції передбачений експресконтроль набутих знань на попередніх заняттях, що дає можливість студентам отримати до 9 балів за позитивні відповіді. В разі негативної відповіді студент повинен протягом тижня в індивідуальному порядку здати викладачу неопрацьовану тему.

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 можна відпрацювати лише одну пропущену лабораторну роботу. Відпрацювання лабораторних робіт відбувається лише за розкладом викладача відповідно до його педагогічного навантаження. Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті до початку заліку.

Відвідування та виконання 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 контрольної роботи на вищу оцінку є неможливим.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Студенти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.

Порушення термінів виконання певного виду робіт враховується згідно рейтингової системи оцінювання.

Заохочувальні бали не передбачені.

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.

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>.

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

Оцінювання здобувача вищої освіти

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) відповіді на завдання експресконтролю на лекціях;
- 2) виконання та захист лабораторних робіт;
- 3) відповіді на завдання МКР;
- 4) відповідь під час заліку.

Сума вагових балів кредитного модуля, семестрова атестація з якого передбачена у вигляді заліку, має дорівнювати розміру шкали PCO ($R=100$).

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Експрес-контроль на лекції.

Максимальна сумарна кількість балів, які можна одержати за позитивні результати експрес-контролю на лекціях $r_1=9$ балів. Лектор випадковим чином проводить опитування на початку лекції по пройденому матеріалу на попередніх лекціях.

2. Виконання та захист лабораторних робіт.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи: $r_2=41$ бал. Система оцінювання лабораторних робіт представлена в табл.

Таблиця 4

Рейтингові бали за виконання та захист лабораторної роботи

№ з/п	Назва теми заняття	Оцінювання	Робота не виконана, звіт не представлений	Робота виконана, отримано вірні результати, але не захищена	Звіт має помилки, відповіді лише на окремі питання	Зауваження до отриманих результатів, відповідь на частину питань	Несуттєві зауваження до звіту, відповіді на більшість запитань	Зауважень до звіту нема, є відповіді на всі запитання
1	Визначення основних механічних характеристик маловуглецевої сталі з діаграми розтягу.	До 5	0	1	2	3	4	5
2	Одержання діаграми розтягнення алюмінієвого і титанового сплаву.	До 5	0	1	2	3	4	5
3	Мікро- та макротвердість матеріалів	До 5	0	1	2	3	4	5
4	Акустична емісія при навантаженні матеріалів	До 6	0	1,5	2,5	3,5	4,5	6
5	Визначення модуля зсуву матеріалів при закручуванні.	До 6	0	1,5	2,5	3,5	4,5	6
6	Визначення модуля пружності динамічним методом	До 7	0	1,5	3	4	5,5	7
7	Поверхнева твердість інструментальних матеріалів.	До 7	0	1,5	3	4	5,5	7
	Всього	41	0					

Контрольні роботи (r3)

Кожна модульна контрольна робота складається з трьох завдань.

Ваговий бал кожної модульної контрольної роботи та критерії оцінювання представлені в таблиці 5.

Максимальна кількість балів за три контрольні роботи відповідно складає: r3=50 балів.

Таблиця 5

Рейтингові бали за модульну контрольну роботу

Критерій оцінювання	МКР1	МКР2	МКР3
Вірна відповідь більш ніж на 90 % питань	14	17	19
Вірна відповідь на 90 % питань	11	14	15
Вірна відповідь на 80 % питань	9	10	11
Вірна відповідь на 70 % питань	6	7	8
Вірна відповідь на 60 % питань	3	4	6
Вірна відповідь менш ніж на 60 % питань або студент був відсутній	0	0	0

Пропущені контрольні заходи оцінювання

За наявності поважних причин студент повинен завчасно (за 1 день) повідомити викладача про причини можливого пропуску контрольного заходу.

Якщо завчасно повідомити не вдалось, студент протягом одного тижня має зв'язатись із викладачем для погодження форми і порядку усунення заборгованості.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами.

Таблиця 6

Критерій	Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації	8-й тиждень	14-й тиждень
Умови отримання позитивної атестації	15	27

Семестрова атестація

Умови допуску до заліку

Відсутність заборгованостей з лабораторних робіт, виконання всіх МКР та попередня рейтингова оцінка, що має бути не менша $RD > 0,4R_c$ (40 балів).

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 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 (рис. 1).

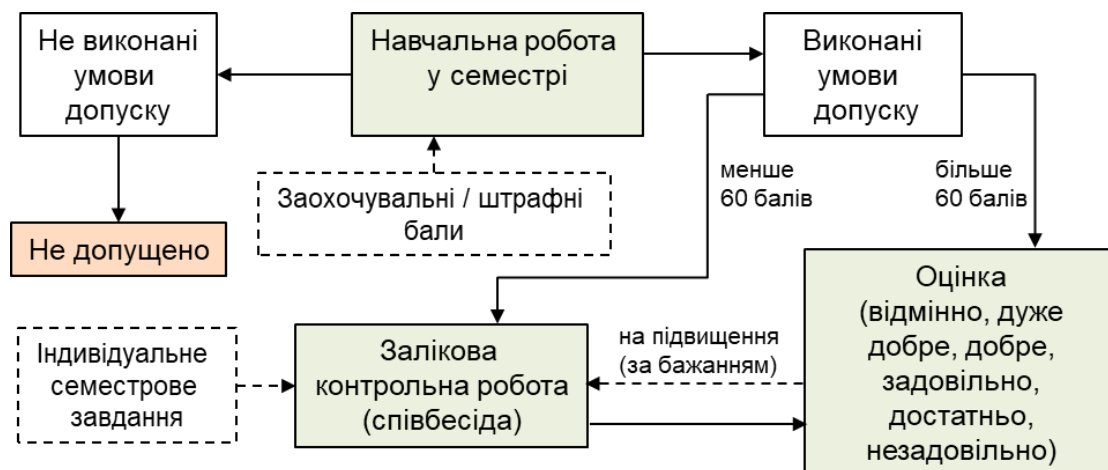


Рис. 1 – Блок-схема функціонування РСО з дисципліни

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 лабораторні роботи залишаються, а бали отримані за модульні контрольні роботи та експресконтроль скасовуються.

Залікове зняття проводиться у вигляді усної співбесіди або залікового завдання. Залікове завдання складається з п'яти питань. Кожне питання максимально оцінюється у 10 балів. Максимальна кількість балів отриманих за залікову контрольну роботу складає 50 балів:

$$r_4 = 10 \text{ балів} \times 5 \text{ питань} = 50 \text{ балів.}$$

Критерій залікового оцінювання визначається як сума якості відповідей на кожне завдання білета за табл. 5.

Таблиця 7

Кількість балів за одне завдання білета

Бали	Критерій оцінювання
10	Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві зауваження та неточності
9,0	Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відповідь на переважну більшість питань, творче мислення
8,0	Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки
7,0	Достатня відповідь (не менше 60% інформації) є зауваження, відповідь тільки на частину питань
6,0	Задовільна відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відповідь на поодинокі питання, не може пояснити результати
0	Відповідь невірна або менше 60% інформації, або вона відсутня

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни

1. За результатами заходів поточного контролю з дисципліни, заохочувальних та штрафних балів без залікової контрольної роботи:

$$R = r_1 + r_2 + r_3 = 9 + 41 + 50 = 100 \text{ балів}$$

2. За результатами заходів поточного контролю з дисципліни з заліковою контрольною роботою:

$$R = r_2 + r_4 = 9 + 41 + 50 = 100 \text{ балів}$$

Для отримання відповідної оцінки з дисципліни студент має набрати певну кількість балів, згідно з таблицею перерахунку (табл. 8).

Рейтингові бали	Оцінка за університетською шкалою
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
60	Незадовільно
Невиконання умов допуску	Не допущено

Процедура оскарження результатів контрольних заходів оцінювання

Студенти мають можливість протягом одного тижня після проведення контрольного заходу підняти будь-яке питання, яке стосується процедури їх оцінки. У разі незгоди з отриманим результатом студент повідомляє письмово викладача (на електронну пошту, формат зазначення теми повідомлення: шифр групи, назва КМ, оскарження результатів. Обґрунтований текст заперечення). До або після (на перерві) найближчого практичного заняття у присутності заявника, старости, та двох інших студентів групи відбувається обговорення ситуації з погодженням процедури проходження нового контрольного заходу.

10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В умовах **on-line** лекційні заняття проводяться з використанням платформи дистанційного навчання «Сікорський» <https://www.sikorsky-distance.org/>.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) склав:

Складено _____ д.т.н., професор Майборода В.С.

Ухвалено кафедрою конструювання машин (протокол № 1 від 31.08.2021)

Погоджено Методичною комісією ММІ (протокол № __ від _____)