



Фізичні основи міцності

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13. Механічна інженерія
Спеціальність	131. Прикладна механіка
Освітня програма	Динаміка і міцність машин
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4.0 кредити (120 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: проф., д.т.н., Долгов Микола Анатолійович, mykoladnk+kpi@gmail.com Практичні: доц., к.т.н., Онищенко Євген Євгенович, mykoladnk+kpi@gmail.com

Програма навчальної дисципліни

Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Мета дисципліни.

Мета навчальної дисципліни «Фізичні основи міцності» полягає у застосуванні одержаних теоретичних знань з механіки матеріалів для вирішення конкретних практичних задач. Дисципліна базується на знаннях, які одержані студентом під час вивчення вищої математики, загальної фізики, матеріалознавства, теоретичної механіки, механіки матеріалів і конструкцій, теорії пружності, теорії пластичності та повзучості.

Предмет дисципліни.

Навчальна дисципліна «Фізичні основи міцності» вивчає міцність як одну із фундаментальних властивостей матеріалів та процеси, які виникають під час руйнування елементів конструкцій.

При аналізі конструктивної міцності більшості відповідальних елементів конструкцій виникає необхідність урахування складного (просторового) напружено-деформованого стану, циклічного характеру прикладання навантажень, дефектів різного походження та ін. Все це робить недостатнім використання методик опору матеріалів і теорії пружності, а потребує використання

більш складних теорій та співвідношень.. Знання відповідних методик дозволяє всебічно аналізувати несівну здатність досліджуваних об'єктів.

Результати навчання:

В результаті вивчення дисципліни студенти розвивають і підсилюють такі фахові компетентності як ФК5 (Здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість....) та ФК11 (Здатність критичного аналізу та прогнозування параметрів працездатності нових та існуючих механічних конструкцій...).

Результат навчання – отримання загальних уявлень і знань про фізичні процеси і явища, які визначають процеси деформування та міцність матеріалу і елементів конструкцій під впливом зовнішніх навантажень, знань про методи підвищення конструкційної міцності, зокрема з урахуванням технологічних аспектів, понять про механізми руйнування тіл при наявності тріщин і критерії визначення несучої здатності в цих випадках.

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

Дисципліна ґрунтується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін: Вища математика, Теоретична механіка, Механіка матеріалів і конструкцій, Математична фізика, Теорія пружності, Теорія пластичності.

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Фізичні основи міцності» можна використовувати у подальшому під час виконання бакалаврської дипломної роботи освітньої програми «Динаміка і міцність машин».

3. Зміст навчальної дисципліни

№ з/п	Тема
	Розділ 1. Фізичні основи міцності
1.	Основні поняття щодо кристалічної будови металів
2.	Теоретична та реальна міцність кристалічних тіл
3.	Теорія дефектів кристалеві гратки
4.	Точкові дефекти
5.	Лінійні дефекти - дислокації
6.	Пружні властивості дислокацій
7.	Взаємодія дислокацій з точковими дефектами
8.	Пластична деформація
9.	Механізми утворення тріщин

	Розділ 2. Конструкційна міцність матеріалів
10.	Механічні властивості та конструкційна міцність
11.	Методи підвищення конструкційної міцності
12.	Методи поверхневого зміцнення елементів конструкцій
	Розділ 3. Основи механіки руйнування
13.	Основні види руйнування
14.	Основні види руйнування (продовження)
15.	Силовий критерій руйнування
16.	Енергетичний критерій руйнування
17.	Методи підвищення тріщиностійкості
18.	Концентратори напружень

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Лебедев А.О., Бобир М.І., Ламашевський В.П. Механіка матеріалів. К.: НТУУ «КПІ», 2006. 288 с.
2. Ларіков Л.Н. Структура і властивості металів [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» (освітня програма "Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання") / Ларіков Леонід Нікандрович; КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Сидоренко С.І., Волошко С.М. Електронні текстові дані (1 файл: 14,98 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 329 с. (Серія "Педагогічне надбання: Л.Н. Ларіков.").
3. Холявко В.В. Фізичні основи міцності та руйнування. К. : Вид-во НТУУ КПІ. 2015. 100 с.
4. Дяченко С.С. Фізичні основи міцності та пластичності металів : навч. посіб. Харків: Вид. ХНАДУ, 2003. 226 с.
5. Максименко О.П., Ізмайлова М.К. Конспект лекцій з дисципліни «Теоретичні основи процесів (за фахом)» Частина І, для здобувачів вищої першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 136 – Металургія за освітньо-професійною програмою «Металургія». Кам'янське : ДДТУ, 2016. 63 с.
6. Пчелінцев В.О., Дегула А.І. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів : навч. посіб. Суми : Сумський державний університет, 2012. 247 с.
7. Долгов О.М. Механіка руйнування [Електронний ресурс] : підручник. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2019. 166 с.
8. Зражевський Г.М., Кепич Т.Ю., Куценко О.Г. Основи теорії міцності, деформації та механіки руйнування. К. : Логос, 2005. 169с.

Додаткова література (електронні ресурси):

1. Гожій С.П. Основи фізико-технічних та хіміко-термічних процесів для підвищення ресурсу виробів машинобудування. Навч. посіб. з вибіркової компоненти "Основи фізико-технічних

та хіміко-термічних процесів для підвищення ресурсу виробів машинобудування" для студентів галузі знань 13 Механічна інженерія, спеціальностей 131 Прикладна механіка усіх форм навчання. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 104 с.

2. Гарнець В.М., Коваленко В.М. Конструкційне матеріалознавство : підручник. К.: Либідь, 2007. - 384 с.
3. Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. Способи зміцнення металів: Навчальний посібник. Дніпро: НМетАУ, 2021. - 89 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№	Теми аудиторних занять	кіль-сть годин
1	Лекція 1. Основні поняття щодо кристалічної будови металів Кристалічні та аморфні тіла. Основні типи міжатомних зв'язків. Типи просторових кристалічних ґраток металів.	2
2	Лекція 2. Теоретична та реальна міцність кристалічних тіл Теоретична міцність твердих тіл. Теоретична міцність на відрив та зсув. Реальна міцність твердих тіл.	2
3	Лекція 3. Теорія дефектів кристалічної ґратки Дефекти кристалічної ґратки: точкові, одновимірні (лінійні), двовимірні (поверхневі) та тривимірні (об'ємні) дефекти. Інші типи дефектів.	2
4	Лекція 4. Точкові дефекти Різновиди точкових дефектів. Пружні спотворення навколо точкових дефектів. Рухливість точкових дефектів. Електронейтральність. Вплив точкових дефектів на механічні властивості металів.	2
5	Лекція 5. Лінійні дефекти - дислокації Крайова дислокація. Вектор Бюргерса. Рухливість крайової дислокації. Гвинтова дислокація. Поперечна рухливість гвинтової дислокації. Змішана дислокація. Повні та часткові дислокації.	2
6	Лекція 6. Пружні властивості та розмноження дислокацій Енергія дислокації. Сили, що діють на дислокацію. Пружна взаємодія паралельних крайових дислокацій. Пружна взаємодія паралельних гвинтових дислокацій. Перетинання дислокацій. Розмноження дислокацій.	2
7	Лекція 7. Взаємодія дислокацій з точковими дефектами Взаємодія дислокацій з домішковими атомами, вакансіями та міжвузловими атомами. Гальмування дислокацій. Сила Пайерлса. Класифікація механізмів утворення дислокацій.	2
8	Лекція 8. Пластична деформація Деформація ковзанням. Деформація двійникуванням. Деформаційне зміцнення. Основні стадії пластичної деформації. Нагромадження дислокацій. Субструктурне зміцнення.	2
9	Лекція 9. Механізми утворення тріщин Крихке та в'язке руйнування. Фізичний механізм утворення тріщин. Моделі зародження тріщин.	2

10	Лекція 10. Механічні властивості та конструкційна міцність Властивості матеріалу. Поняття “механічні властивості”, “конструкційна міцність” та “конструктивна міцність”. Критерії оцінки конструкційної міцності.	2
11	Лекція 11. Методи підвищення конструкційної міцності Збільшення щільності дислокацій. Створення бар'єрів дислокацій. Створення полів пружних напружень. Раціональне легування. Технологічні та конструкторські методи зміцнення.	2
12	Лекція 12. Методи поверхневого зміцнення елементів конструкцій: Хіміко-термічна обробка. Цементация. Азотування. Ціанування. Нітроцементация. Дифузійна металізація. Поверхнєве гартування сталі. Термомеханічна обробка. Зміцнення методом пластичної деформації.	2
13	Лекція 13. Основні види руйнування Предмет механіки руйнування класифікація руйнувань за характером, причиною та місцем руйнування. Види руйнування.	2
14	Лекція 14. Основні види руйнування (продовження) Втомне руйнування. Корозія. Знос . Руйнування під час удару . Фретинг. Повзучість. Тепловий удар. Заїдання . Схоплювання . Руйнування сколюванням . Радіаційне пошкодження.	2
15	Лекція 15. Силовий критерій руйнування Задачі механіки руйнування. Класична та неklasична схеми руйнування. Силовий підхід у лінійній механіці руйнування. Напруження біля контуру тріщини. Коефіцієнт інтенсивності напружень. Силовий критерій руйнування Ірвіна.	2
16	Лекція 16. Енергетичний критерій руйнування Інтенсивність звільнення енергії. Критерій руйнування Гріффітса. Концепція Гріффітса-Орована-Ірвіна. Стійкий і нестійкий розвиток тріщини.	2
17	Лекція 17. Методи підвищення тріщиностійкості Гальмування тріщин ребрами жорсткості, ремонтною латкою, розвантажувальними отворами та створенням межі розділу на шляху руху тріщини.	2
18	Лекція 18. Концентратори напружень Розподіл напружень в зразках з надрізом. Ефективний концентратор напружень. Фізична природа окрихчування матеріалу концентраторами напружень	
Разом		36

Практичні заняття

№ з/п	Теми практичних занять	Кількість годин
1	Фізичні основи міцності	4
2	Використання методів тензометрії для дослідження напруженого стану та процесів руйнування елементів конструкцій	4
3	Дослідження консольного згину елементів конструкцій	4
4	Визначення впливу температури на похибку вимірювання деформації при випробуваннях на згин	4
5	Визначення механічних характеристик матеріалів при випробуваннях на розтяг	4
6	Визначення механічних характеристик матеріалів при випробуваннях на стиск	4

7	Вимірювання твердості за Брінеллем як неруйнівний метод оцінювання характеристик міцності пластичних матеріалів	4
8	Визначення характеристик пластичності сталі неруйнівним методом	4
9	Силовий критерій руйнування	4
Разом		36

Платформа дистанційного навчання:

Для більш ефективної комунікації з метою розуміння структури навчальної дисципліни «Фізичні основи міцності» і засвоєння матеріалу використовується електронна пошта, електронний кампус КПІ, та сервіс для проведення онлайн- нарад Zoom, за допомогою яких:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку з студентами стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання навчальних завдань та їх оцінювання.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Теми самостійних робіт	Кількість годин
1	Розрахунок напружень, які викликають адгезійне руйнування покриттів	12
2	Міцність конструкцій за наявності тріщин	12
3	Методи гальмування тріщин	12
4	Визначення роботи адгезії полімерного зв'язувача до волокна	12
5	Шляхи підвищення міцності та пластичності металів	12
6	Методи поверхневого зміцнення металів	12
7	Дефекти, які виникають під час термічної обробки сталі	16
Разом		78

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюються. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання студентами практичних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Терміни виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Своєчасне виконання практичної роботи (за кожну таку роботу)	+ 4 бали	Порушення термінів виконання практичної роботи (за кожну таку роботу), модульної контрольної роботи	0 балів

Пропущені контрольні заходи

Індивідуальне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання, але до терміну виставлення поточної атестації (або заліку/ іспиту), оцінюються зі штрафними балами.

Індивідуальне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання та після терміну виставлення поточної атестації (або заліку/ іспиту), не оцінюються.

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>.

Навчання іноземною мовою

Навчальна дисципліна «Фізичні основи міцності» не передбачає її вивчення англійською мовою. У процесі викладання навчальної дисципліни використовуються матеріали та джерела англійською мовою.

Враховуючи студентоцентризований підхід, за бажанням україномовних студентів, допускається вивчення матеріалу за допомогою англійськомовних онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Фізичні основи міцності» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім осіб з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

	Контрольний захід	63	Ваговий бал	Кількість	Всього
1.	Практична робота	63	7	9	63
2.	Залік	37	40	1	37
Всього					100

Результати оголошуються кожному студенту окремо у присутності або в дистанційній формі (у системі Moodle або е-поштою).

Поточний контроль: модульна контрольна робота, оцінювання дистанційного навчання

1. Модульна контрольна робота

№ з/п	Модульна контрольна робота	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	90	30	3	90
2.	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	75	25	3	75
3.	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації)	60	20	3	60
4.	Відповідь на тестове запитання з варіантами відповідей	10	10	1	10
5.	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	3	0
Максимальна кількість балів					100

2. Дистанційне навчання

Виставлення оцінки за дистанційне навчання шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів у системі Moodle передбачено лише для контрольних запитань і результатів тестування за виконання індивідуального завдання.

Виставлення оцінки за контрольні заходи (практичні роботи, модульна контрольна робота) шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів не передбачено.

№ з/п	Дистанційне навчання	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь на контрольні запитання в онлайн-системі Webex або Zoom	40	10	4	40
2.	Відповідь на тести у системі Moodle	50	10	5	50
3.	Вчасність проходження дистанційного навчання	10	10	1	10
Всього					100

У разі виявлення академічної не доброчесності під час дистанційного навчання — контрольний захід не враховується, студент до захисту не допускається.

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.

Критерій			Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації ⁴			8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг ⁵		> 15 балів	> 30 балів
	Виконання практичних робіт	Практична робота № 1-5	+	+
		Практична робота № 6-9	—	+
	Виконання модульної контрольної роботи	Модульна контрольна робота	—	—

Семестровий контроль: залік

Обов'язкова умова допуску до екзамену/заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг	RD ≥ 30

Умови допуску до семестрового контролю:

1. Виконання практичних робіт;
2. Позитивний результат першої та другої атестації;
3. Відвідування 60% лекційних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою 2

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

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто викладачем згідно із наперед визначеними процедурами.

Додаткова інформація стосовно процедури оскарження результатів: студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Додаткова інформація стосовно іспиту/заліку/співбесіди:

На заліку студентам дозволяється користуватись учбово-методичним забезпеченням з практичних занять.

10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Основні поняття щодо кристалевої будови металів.
2. Теоретична та реальна міцність кристалевих тіл.
3. Теорія дефектів кристалевої ґратки.
4. Точкові дефекти.
5. Лінійні дефекти – дислокації.
6. Плоскі дефекти.
7. Пружні властивості та розмноження дислокацій.
8. Взаємодія дислокацій з домішковими атомами.
9. Атмосфера Коттрелла.
10. Атмосфера Сузукі.
11. Деформація ковзанням.
12. Деформація двійникуванням.
13. Деформаційне зміцнення.
14. Крихке руйнування.
15. В'язке руйнування.
16. Механічні властивості.
17. Критерії оцінки конструкційної міцності.
18. Збільшення щільності дислокацій.
19. Створення бар'єрів дислокацій.
20. Створення полів пружних напружень.
21. Технологічні та конструкторські методи зміцнення.
22. Методи поверхневого зміцнення елементів конструкцій.
23. Зміцнення методом пластичної деформації.
24. Класифікація руйнувань за характером руйнування.
25. Класифікація руйнувань за причиною руйнування.
26. Класифікація руйнувань за місцем руйнування.
27. Види руйнування матеріалів.
28. Силовий підхід у лінійній механіці руйнування.
29. Напруження біля контуру тріщини.
30. Коефіцієнт інтенсивності напружень.
31. Силовий критерій руйнування Ірвіна.
32. Інтенсивність звільнення енергії.
33. Критерій руйнування Гріффітса.
34. Концепція Гріффітса-Орована-Ірвіна.

35. Стійкий і нестійкий розвиток тріщини
36. Гальмування тріщин ребрами жорсткості.
37. Гальмування тріщин ремонтною латкою.
38. Гальмування тріщин розвантажувальними отворами.
39. Гальмування тріщин створенням межі розділу на шляху руху тріщини
40. Перенапруження в зоні дії концентратора напружень
41. Фізична природа окрихчування матеріалу концентраторами напружень

Можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних курсів

1. Проходження онлайн-курсів у системі Moodle

Дистанційне навчання через проходження онлайн-курсів у системі Moodle за певною тематикою допускається за умови погодження з студентами. У разі, якщо невелика кількість студентів має бажання пройти онлайн-курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але студенти повинні виконати всі завдання, які передбачені у навчальній дисципліні (практичні роботи, модульна контрольна робота).

2. Проходження онлайн-курсів на платформі Coursera

Студентам пропонуються курси на платформі *Coursera*, які дають їм можливість отримання кредитів у якості змішаного чи додаткового навчання, а також отримати додаткові бали з навчальної дисципліни.

Курси з каталогу *Coursera for Campus* або он-лайн курси обрані самими студентами з більш широкого каталогу *Coursera* доповнюють навчальну програму з дисципліни. Перелік дистанційних курсів наведено на сайті кафедри біомедичної інженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського: <http://bmi.fbmi.kpi.ua/non-formal-education>

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склад: проф., д.т.н., Долгов Микола Анатолійович

Ухвалено

кафедрою динаміки міцності машин та опору матеріалів (протокол № 5 від 16 грудня 2021 року);

Погоджено

Методичною комісією НН MMI (протокол № 5 від 17 грудня 2021 року).