



МІЦНІСТЬ ПРИ ЗМІННИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Динаміка і міцність машин</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,5 кредити, 165 годин (36 год. – лекцій, 36 год. – практичних, 93 год. – самостійна робота)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua/?groupId=643f5371-98b5-4620-95aa-b0cb0062550e
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н, професор, Шукаєв Сергій Миколайович, s.shukayev@kpi.ua</i> Практичні / Семінарські: <i>к.т.н., доцент, Лавренко Ярослав Іванович, lavrenko.iaroslav@gmail.com</i>

Програма навчальної дисципліни

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

В навчальній дисципліні «Міцність при змінних навантаженнях» розглядаються питання раціонального проектування деталей машин та елементів конструкцій за умови їх експлуатації при змінних навантаженнях.

Поряд з лекціями передбачається проведення практичних занять, що охоплюють всі основні розділи курсу. Вирішальне значення має самостійна робота студентів, яка включає в себе вивчення лекційного матеріалу та рекомендованої літератури, оволодіння методиками розрахунку елементів конструкцій за умов регулярного і нерегулярного навантажування.

Мета дисципліни.

Метою навчальної дисципліни «Міцність при змінних навантаженнях» є формування та розвиток компетентностей студентів згідно зі стандартом вищої освіти України за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»:

1. Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми.

2. Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

ФК1. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для

знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.

ФК7. Здатність оптимізувати конструкцію виходячи з техніко-економічних, експлуатаційних та технологічних вимог за параметрами міцності та надійності.

Предмет дисципліни.

Навчальна дисципліна «Міцність при змінних навантаженнях» вивчає комплекс взаємопов'язаних задач, з яких складається розрахунок на міцність і довговічність деталей машин та елементів конструкцій за змінного навантажування; методи підвищення витривалості елементів конструкцій за допомогою конструкційних та технологічних заходів.

У навчальному процесі за дисципліною «Міцність при змінних навантаженнях» застосовуються:

- метод проблемно-орієнтованого навчання;
- стратегія активного навчання, за якою зв'язок педагога з студентами здійснюється за допомогою опитувань, самостійних, контрольних робіт, тестів тощо;
- особистісно-орієнтовані розвиваючі технології, засновані на активних формах і методах навчання (командна робота (team-based learning), парна робота (think-pair-share), метод мозкового штурму, тощо);
- евристичні методи (методи створення ідей, методи вирішення творчих завдань, методи активізації творчого мислення).

Програмні результати навчання:

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Міцність при змінних навантаженнях» студенти зможуть:

РН2. Розробляти і ставити на виробництво нові види продукції, зокрема виконувати дослідно-конструкторські роботи та/або розробляти технологічне забезпечення процесу її виготовлення;

РН12. Обґрунтовано визначати вихідні дані для розробки технічних рішень, застосовувати стандартні методики розрахунків при проектуванні елементів машинобудівних конструкцій;

РН15. Здійснювати інженерно-інформаційну підтримку виробу на всіх стадіях його експлуатації.

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

Дисципліна «Міцність при змінних навантаженнях» має професійний характер за структурно-логічною схемою програми підготовки магістра за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Вивчення дисципліни «Міцність при змінних навантаженнях» базується на знаннях студентів, які вони отримали при вивченні курсів вищої математики, теоретичної механіки, механіки матеріалів і конструкцій, деталей машин, теорії пружності, теорії пластичності та повзучості, теорії коливань та стійкості руху.

«Міцність при змінних навантаженнях» тісно пов'язана з дисциплінами загальної та професійної підготовки: «Числові і аналітичні методи аналізу динаміки і міцності машин та стійкості руху», «Ймовірнісні методи в механіці», «Теорія надійності машин і конструкцій», «Міцність при експлуатаційних навантаженнях» та інші вибіркові дисципліни.

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Міцність при змінних навантаженнях» можна використовувати у

подальшому під час опанування навчальних дисциплін з вибірових дисциплін освітньо-професійної програми «Механічна інженерія».

Необхідні навички:

1. Виконання розрахунків деталей машин і елементів конструкцій на міцність за статичного навантажування методами механіки матеріалів і конструкцій, теорій пружності і пластичності;
2. Виконання механічних випробувань матеріалів в умовах статичного навантажування;
3. Здійснення пошуку довідкової літератури та державних стандартів; критичного аналізу, оцінки і синтезу набутої інформації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Програмні результати навчання, контрольні заходи та терміни виконання оголошуються студентам на першому занятті.

№ з/п	Тема	Програмні результати навчання	Основні завдання	
			Контрольний захід	Термін виконання
Розділ 1. Вступ				
1.	Мета і завдання курсу. Історичний нарис. Поняття про багатоциклову і малоциклову втому. Механізми зародження і зростання тріщини. Повна крива втоми	РН 2	Опитування за темою заняття	1-й тиждень
2.	Еволюція філософії проектування на втому. <ul style="list-style-type: none"> • метод нескінченного ресурсу; • метод безпечного ресурсу; • метод безпечного руйнування; • метод допустимості пошкоджень; • множинне втомне пошкодження 	РН 2	Опитування за темою заняття	2-й тиждень
Розділ 2. Багатоциклова втома				
3.	Цикл напружень і його параметри. Характеристики опору втомному руйнуванню. Випробування на втому	РН 2	Опитування за темою заняття	3-й тиждень
4.	Вплив експлуатаційних факторів на величину границі витривалості. <ul style="list-style-type: none"> ✓ асиметрія циклу; ✓ температура; ✓ частота навантажування 	РН 12	Опитування за темою заняття	4-й тиждень

5.	<p>Вплив конструкційних факторів на границю витривалості:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ концентрація напружень; ✓ абсолютний розмір деталі <p>Вплив технологічних факторів на величину границі витривалості:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ якість обробки поверхні; ✓ корозія; ✓ поверхневе зміцнення ➤ технологічна анізотропія матеріалу 	PH 12	Опитування за темою заняття	5-й тиждень
6.	<p>Вплив неоднорідності напруженого стану.</p> <p>Вплив напруженого стану на границю витривалості:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ теорія Серенсена ✓ теорія Писаренка-Лебедева ✓ узагальнений критерій Біргера <p>Врахування асиметрії циклу при складному напруженому стані</p>	PH 12	Опитування за темою заняття	6-й тиждень
7.	<p>Загальний коефіцієнт зниження границі витривалості.</p> <p>Розрахунки на втому за коефіцієнтом запасу міцності при регулярному навантаженні:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ визначення коефіцієнту запасу; ✓ розрахунки на втому при симетричному регулярному навантаженні; ✓ розрахунки на втому при несиметричному регулярному навантаженні; ✓ розрахунки на втому при регулярному навантаженні в умовах складного напруженого стану <p>Розрахунок довговічності з врахуванням середнього напруження у циклі.</p>	PH 12, 15	Розрахункова робота, виконання завдання №1	7-й тиждень
Розділ 3. Втомна міцність за нерегулярного навантаження				
8.	<p>Режими навантажування:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ блокове навантажування; ✓ випадкове навантажування; ✓ міра пошкоджень 	PH 2	Опитування за темою заняття	8-й тиждень

9.	Схематизація випадкового процесу навантажування: <ul style="list-style-type: none"> ✓ метод екстремумів; ✓ метод розмахів; ✓ метод дощу 	PH 12	Модульна контрольна робота	9-й тиждень
10.	Схематизація випадкового процесу навантажування: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Метод дощу (ASTM, E1049) 	PH 12	Опитування за темою заняття	10-й тиждень
11.	Гіпотези накопичення пошкоджень: <ul style="list-style-type: none"> ✓ лінійна гіпотеза накопичення пошкоджень; ✓ модифікації гіпотези лінійного накопичення пошкоджень; ✓ гіпотези нелінійного накопичення пошкоджень 	PH 2	Опитування за темою заняття	11-й тиждень
12.	Розрахунки на міцність за нерегулярного змінного навантажування: <ul style="list-style-type: none"> ✓ стандартні спектри навантажування; ✓ загальний алгоритм визначення циклічної довговічності за нерегулярного навантаження 	PH 12, 15	Опитування за темою заняття	12-й тиждень
13	Розрахунки на міцність за нерегулярного змінного навантажування: <ul style="list-style-type: none"> ✓ приклади розрахунку на втому за нерегулярного навантажування 	PH 12, 15	Розрахункова робота, виконання завдання №2	13-й тиждень
Розділ 4. Малоциклова втома				
14	Малоциклова втома: <ul style="list-style-type: none"> ✓ закономірності циклічного деформування; ✓ діаграми циклічного пружно-пластичного деформування; ✓ діаграма Морроу; ✓ узагальнена діаграма деформування 	PH 2	Опитування за темою заняття	14-й тиждень

15	Малоциклова втома: <ul style="list-style-type: none"> ✓ критерії граничного стану за малоциклового навантажування; ✓ метод розрахунку на міцність і довговічність елементів машин і конструкцій за малоциклового навантажування 	РН 12, 15	Опитування за темою заняття	15-й тиждень
16	Багатовісна малоциклова втома металевих сплавів: <ul style="list-style-type: none"> ✓ пропорційне і непропорційне навантажування; ✓ ефект додаткового деформаційного зміцнення за непропорційного навантажування; ✓ моделі багатовісної втоми за пропорційного навантажування; ✓ моделі багатовісної втоми за непропорційного навантажування; 	РН 2	Опитування за темою заняття	16-й тиждень
17	Багатовісна малоциклова втома металевих сплавів: <ul style="list-style-type: none"> ✓ моделі втомної довговічності за концепцією «критичної площини»; ✓ приклади розрахунку. 	РН 12	Розрахункова робота, виконання завдання №3	17-й тиждень
18	Підсумкове заняття	РН 2, 12, 15	-	-

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Вакуленко І.О. Втома металевих матеріалів в конструкціях рухомого складу. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Вид – во Дніпропетр. нац.ун – ту з – го трансп. ім. акад. В.Лазаряна, 2011, 154с. Режим доступу: http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1740/1/Vakulenko_Metal%20fatigue.pdf
2. Розрахунки на опір втомленості: навч.-метод. посіб. з розділу курсу «Опір матеріалів» [для студ. машинобуд. спеціальн.] / Б.М. Киркач, В.І. Конохов, С.Ю. Погорілов, та ін. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – 104 с. Режим доступу: <http://web.kpi.kharkov.ua/sopromat/wp-content/uploads/sites/29/2013/07/Ustalost-.pdf>
3. Ясній П.В. Міцність і довговічність елементів конструкцій за змінної амплітуди навантаження: монографія / Ясній П.В., Пиндус Ю.І., Ясній О.П. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулія, 2013. – 173 с. [ELARTU — Інституційний репозитарій ТНТУ імені Івана Пулія:](#)

Міцність і довговічність елементів конструкцій за змінної амплітуди навантаження

4. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни «Міцність при змінних навантаженнях» для студентів напряму підготовки 131 «Прикладна механіка» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; уклад. С. М. Шукаєв, Я. І. Лавренко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,19 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – 44 с. – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/18310>

5. Dowling, Norman E. Mechanical behavior of materials: engineering methods for deformation, fracture, and fatigue. Pearson, 2012. С. 977. Режим доступу: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2271706>

Додаткова література

1. Stephens, R. I., Fatemi, A., Stephens, R. R., & Fuchs, H. O. Metal fatigue in engineering. John Wiley & Sons, 2000. С. 472. – Режим доступу: <https://www.twirpx.com/file/988974/>

2. ДСТУ 2444-94 Розрахунки та випробування на міцність. Опір втомі. Терміни та визначення. - К.: Держстандарт України, 1994. - 71 с.

3. ГОСТ 25.504-82 Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости. - М.: Издательство стандартов, 1982. - 81 с.

4. ГОСТ 25.502-79 Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость. - М.: Издательство стандартов, 1986. - 34с.

5. ГОСТ 25.101-83 Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статистического представления результатов. - М.: Издательство стандартов, 1983. - 29 с.

6. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (ПНАЭ Г-7-002-86) / Госатомэнергонадзор СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 525 с.

7. Schijve, Jaap (ed.). Fatigue of structures and materials. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009.

8. Schijve, Jaap. Fatigue of structures and materials in the 20th century and the state of the art. International Journal of fatigue, 2003, 25.8: 679-702. – Режим доступу: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.602.832&rep=rep1&type=pdf>

9. ASTM, 1995. ASTM E1049-85 Standard Practices for Cycle Counting in Fatigue Analysis, s.l.: ASTM. (https://www.slideshare.net/Yo_Creo/astm-e-1049-85-standard-practice-for-cycle-counting-in-fatigue-analysis).

10. Smith, R. A., & Hillmansen, S. (2004). A brief historical overview of the fatigue of railway axles. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, 218(4), 267-277. – Режим доступу: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1243/0954409043125932>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Разом	Лекції	Практичні	Лаборатор	Інд. заняття	СРС
Розділ 1. Вступ						
Тема 1. Поняття про багатоциклову і	6	2		-	-	4

малоциклову втому. Механізми зародження і зростання тріщини. Повна крива втоми						
Тема 2. Еволюція філософії проектування на втому	6	2		-	-	4
Розділ 2. Багатоциклова втома						
Тема 3. Цикл напружень і його параметри. Характеристики опору втомному руйнуванню. Випробування на втому	10	2	2	-	-	6
Тема 4. Вплив експлуатаційних факторів на величину границі витривалості	12	2	4	-	-	6
Тема 5. Вплив конструкційних і технологічних факторів на границю витривалості	12	2	4	-	-	6
Тема 6. Вплив неоднорідності напруженого стану та виду напруженого стану на границю витривалості. Врахування асиметрії циклу при складному напруженому стані	12	2	4	-	-	6
Тема 7. Загальний коефіцієнт зниження границі витривалості. Розрахунки на втому за коефіцієнтом запасу міцності при регулярному навантаженні. Розрахунок довговічності з врахуванням середнього напруження у циклі	12	2	4	-	-	6
Розділ 3. Втомна міцність за нерегулярного навантаження						
Тема 8. Режими нерегулярного навантажування. Міра пошкоджень	9	2	2	-	-	5
Тема 9. Методи схематизації випадкового процесу навантажування	12	4	2	-	-	6
Тема 10. Гіпотези накопичення пошкоджень.	9	2	2	-	-	5
Тема 11. Розрахунки на міцність за нерегулярного змінного навантажування	13	4	4	-	-	5
Розділ 4. Малоциклова втома						
Тема 12. Малоциклова втома: закономірності циклічного деформування; діаграми циклічного пружно-пластичного деформування	8	2	2	-	-	4
Тема 13. Критерії граничного стану за малоциклового навантажування. Метод розрахунку на міцність і довговічність елементів машин і конструкцій за малоциклового навантажування	12	2	4	-	-	6
Тема 14. Багатовісна малоциклова втома металевих сплавів: пропорційне і непропорційне навантажування	12	6	2	-	-	4
Підготовка до екзамену	20	-	-	-	-	20
Всього годин	165	36	36	-	-	93

№ з/п	Теми лекційних занять	Кількість годин
1	<p>Лекція 1. Введення до курсу</p> <p><i>Заплановано:</i> Мета і завдання курсу. Історичний нарис. Поняття про багатоциклову і малоциклову втому. Механізми зародження і зростання втомної тріщини. Повна крива втоми.</p> <p><i>Тема СРС:</i> Механізми зародження і зростання тріщини.</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Smith, R. A., & Hillmansen, S. (2004). A brief historical overview of the fatigue of railway axles. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, 218(4), 267-277;</p> <p>Глава 4. Механізми руйнування металів при втомі. Вакуленко І.О. Втома металевих матеріалів в конструкціях рухомого складу. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Вид – во Дніпропетр. нац.ун – ту з – го трансп. ім. акад. В.Лазаряна, 2011, 154с.</p>	2
2	<p>Лекція 2. Еволюція філософії проектування на втому</p> <p><i>Заплановано:</i> метод нескінченного ресурсу; метод безпечного ресурсу; метод безпечного руйнування; метод допустимості пошкоджень; множинне втомне пошкодження</p> <p><i>Тема СРС:</i> методи проектування на втому.</p> <p><i>Рекомендовано:</i></p> <p>Chapter 2. Fatigue design methods. Stephens, R. I., Fatemi, A., Stephens, R. R., & Fuchs, H. O. Metal fatigue in engineering. John Wiley & Sons, 2000. С. 472.</p>	2
3	<p>Лекція 3. Багатоциклова втома</p> <p><i>Заплановано:</i> цикл напружень і його параметри; характеристики опору втомному руйнуванню; випробування на втому</p> <p><i>Тема СРС:</i> випробування на втому</p> <p><i>Рекомендовано:</i></p> <p>Вакуленко І.О. Втома металевих матеріалів в конструкціях рухомого складу. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Вид – во Дніпропетр. нац.ун – ту з – го трансп. ім. акад. В.Лазаряна, 2011, 154с. (с. 37-41);</p> <p>Розрахунки на опір втомленості: навч.-метод. посіб. з розділу курсу «Опір матеріалів» [для студ. машинобуд. спеціальн.] / Б.М. Киркач, В.І. Конохов, С.Ю. Погорілов, та ін. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – 104 с. (с. 9-16);</p> <p>ГОСТ 25.502-79 «Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость»</p>	2
4	<p>Лекція 4. Вплив експлуатаційних факторів на величину границі витривалості.</p> <p><i>Заплановано:</i> вплив асиметрії циклу, температури і частоти навантажування</p> <p><i>Тема СРС:</i> граничні діаграми напружень.</p> <p><i>Рекомендовано:</i></p> <p>Розрахунки на опір втомленості: навч.-метод. посіб. з розділу курсу «Опір матеріалів» [для студ. машинобуд. спеціальн.] / Б.М. Киркач, В.І. Конохов, С.Ю. Погорілов, та ін. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – 104 с. (с. 17-28);</p> <p>ГОСТ 25.504-82 Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости. - М.: Издательство стандартов, 1982. - 81 с.</p>	2

5	<p>Лекція 5. Вплив конструкційних і технологічних факторів на границю витривалості</p> <p><i>Заплановано:</i> Вплив конструкційних факторів на границю витривалості: концентрація напружень; абсолютний розмір деталі</p> <p>Вплив технологічних факторів на величину границі витривалості: якість обробки поверхні; корозія; поверхневе зміцнення; технологічна анізотропія матеріалу</p> <p><i>Тема СРС:</i> технологічні, конструкційні та експлуатаційні методи підвищення опору втомному руйнуванню елементів конструкцій</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Розрахунки на опір втомленості: навч.-метод. посіб. з розділу курсу «Опір матеріалів» [для студ. машинобуд. спеціальн.] / Б.М. Киркач, В.І. Конохов, С.Ю. Погорілов, та ін. – Харків: НТУ «ХПІ»,2012. – 104 с. (с. 28-43).</p>	2
6	<p>Лекція 6. Вплив напруженого стану на границю витривалості</p> <p><i>Заплановано:</i> Вплив неоднорідності напруженого стану та виду напруженого стану на границю витривалості. Врахування асиметрії циклу при складному напруженому стані</p> <p><i>Тема СРС:</i> критерії втомної міцності</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Dowling, Norman E. Mechanical behavior of materials: engineering methods for deformation, fracture, and fatigue. Pearson, 2012. С. 977 (С. 463-467).</p>	2
7	<p>Лекція 7. Розрахунки на втому за коефіцієнтом запасу міцності при регулярному навантаженні</p> <p><i>Заплановано:</i> . Загальний коефіцієнт зниження границі витривалості. Розрахунки на втому за коефіцієнтом запасу міцності при регулярному навантаженні. Розрахунок довговічності з врахуванням середнього напруження у циклі</p> <p><i>Тема СРС:</i> методи розрахунку характеристик опору втомному руйнуванню</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Розрахунки на опір втомленості: навч.-метод. посіб. з розділу курсу «Опір матеріалів» [для студ. машинобуд. спеціальн.] / Б.М. Киркач, В.І. Конохов, С.Ю. Погорілов, та ін. – Харків: НТУ «ХПІ»,2012. – 104 с. (с. 44-54).</p> <p>ГОСТ 25.504-82 Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости. - М.: Издательство стандартов, 1982. - 81 с.</p>	2
8	<p>Лекція 8. Режимы нерегулярного навантажування. Міра пошкоджень</p> <p><i>Заплановано:</i> Режимы навантажування: блокове навантажування; випадкове навантажування. Міра пошкоджень. Схематизація процесу навантажування</p> <p><i>Тема СРС:</i> етапи схематизації процесу навантажування згідно ГОСТу 25.101-83</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Ясній П.В. Міцність і довговічність елементів конструкцій за змінної амплітуди навантаження: монографія / Ясній П.В., Пиндус Ю.І., Ясній О.П. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулія, 2013. – 173 с. (С. 131 - 135)</p> <p>ГОСТ 25.101-83 Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статистического представления результатов. - М.: Издательство стандартов, 1983. - 29 с.</p>	2

9	<p>Лекція 9. Схематизація процесу навантажування</p> <p><i>Заплановано:</i> Схематизація випадкового процесу навантажування: метод екстремумів; метод розмахів; метод дощу</p> <p><i>Тема СРС:</i> етапи схематизації процесу навантажування згідно ГОСТу 25.101-83</p> <p><i>Рекомендовано:</i> ГОСТ 25.101-83 Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статистического представления результатов. - М.: Издательство стандартов, 1983. - 29 с.</p>	2
10	<p>Лекція 10. Схематизація процесу навантажування, продовження</p> <p><i>Заплановано:</i> Схематизація випадкового процесу навантажування: метод дощу згідно ASTM E1049-85</p> <p><i>Тема СРС:</i> методи схематизації процесу навантажування згідно ASTM E1049-85</p> <p><i>Рекомендовано:</i> ASTM, 1995. ASTM E1049-85 Standard Practices for Cycle Counting in Fatigue Analysis, s.l.: ASTM. (https://www.slideshare.net/Yo_Creo/astm-e-1049-85-standard-practice-for-cycle-counting-in-fatigue-analysis)</p>	2
11	<p>Лекція 11. Гіпотези накопичення пошкоджень</p> <p><i>Заплановано:</i> Гіпотези накопичення пошкоджень: лінійна гіпотеза накопичення пошкоджень; модифікації гіпотези лінійного накопичення пошкоджень; гіпотези нелінійного накопичення пошкоджень</p> <p><i>Тема СРС:</i> гіпотези накопичення пошкоджень</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни «Міцність при змінних навантаженнях» для студентів напряму підготовки 131 «Прикладна механіка» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; уклад. С. М. Шукаєв, Я. І. Лавренко. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,19 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – 44 с. (С.15-18); Stephens, R. I., Fatemi, A., Stephens, R. R., & Fuchs, H. O. Metal fatigue in engineering. John Wiley & Sons, 2000. С. 472. (С.274-277).</p>	2
12	<p>Лекція 12. Розрахунки на міцність за нерегулярного змінного навантажування</p> <p><i>Заплановано:</i> Розрахунки на міцність за нерегулярного змінного навантажування: стандартні спектри навантажування; загальний алгоритм визначення циклічної довговічності за нерегулярного навантаження</p> <p><i>Тема СРС:</i> стандартні спектри навантажування для різних технічних об'єктів</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни «Міцність при змінних навантаженнях» для студентів напряму підготовки 131 «Прикладна механіка» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; уклад. С. М. Шукаєв, Я. І. Лавренко. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,19 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – 44 с. (С.15-18); Schijve, Jaap (ed.). Fatigue of structures and materials. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009. (С. 295 - 325).</p>	2

13	<p>Лекція 13. Розрахунки на міцність за нерегулярного змінного навантажування</p> <p><i>Заплановано:</i> розглядаються приклади розрахунків на міцність і довговічність за нерегулярного навантажування</p> <p><i>Тема СРС:</i> визначення циклічної довговічності за нерегулярного навантаження</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Dowling, Norman E. Mechanical behavior of materials: engineering methods for deformation, fracture, and fatigue. Pearson, 2012. С. 977.</p> <p>Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни «Міцність при змінних навантаженнях» для студентів напряму підготовки 131 «Прикладна механіка» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» ; уклад. С. М. Шукаєв, Я. І. Лавренко. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,19 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – 44 с.</p>	2
14	<p>Лекція 14. Малоциклова втома</p> <p><i>Заплановано:</i> закономірності циклічного деформування; діаграми циклічного пружно-пластичного деформування; критерії граничного стану за малоциклового навантажування</p> <p><i>Тема СРС:</i> узагальнена діаграма циклічного пружно-пластичного деформування</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Schijve, Jaap (ed.). Fatigue of structures and materials. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009. (С. 161 - 167).</p>	2
15	<p>Лекція 15. Розрахунок на міцність і довговічність елементів машин і конструкцій за малоциклового навантажування</p> <p><i>Заплановано:</i> критерії граничного стану за малоциклового навантажування. Метод розрахунку на міцність і довговічність елементів машин і конструкцій за малоциклового навантажування</p> <p><i>Тема СРС:</i> метод розрахунку на міцність за малоциклового навантажування устаткування і трубопроводів атомних енергетичних установок</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (ПНАЭ Г-7-002-86) / Госатомэнергонадзор СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 525 с.</p> <p>Schijve, Jaap (ed.). Fatigue of structures and materials. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009. (С. 161 - 167).</p>	2
16	<p>Лекція 16. Багатівісна малоциклова втома металевих сплавів</p> <p><i>Заплановано:</i> Багатівісна малоциклова втома металевих сплавів: пропорційне і непропорційне навантажування; ефект додаткового деформаційного зміцнення за непропорційного навантажування; моделі багавісної втоми за пропорційного навантажування; моделі багавісної втоми за непропорційного навантажування</p> <p><i>Тема СРС:</i> моделі довговічності за багатівісного малоциклового навантажування</p> <p><i>Рекомендовано:</i> DOWLING, Norman E. Mechanical behavior of materials: engineering methods for deformation, fracture, and fatigue. Pearson, 2012. (с. 767-774).</p>	2

17	<p>Лекція 17. Багатовісна малоциклова втома металевих сплавів</p> <p><i>Заплановано:</i> Багатовісна малоциклова втома металевих сплавів: моделі втомної довговічності за концепцією «критичної площини»; приклади розрахунку.</p> <p><i>Тема СРС:</i> моделі втомної довговічності за концепцією «критичної площини»</p> <p><i>Рекомендовано:</i> DOWLING, Norman E. Mechanical behavior of materials: engineering methods for deformation, fracture, and fatigue. Pearson, 2012. (с. 767-774).</p>	2
18	<p>Лекція 18. Підсумкове заняття</p> <p><i>Заплановано:</i> огляд актуальних питань стосовно раціонального проектування деталей машин та елементів конструкцій за умови їх експлуатації при змінних навантаженнях</p> <p><i>Тема СРС:</i> раціональне проектування деталей машин та елементів конструкцій за умови їх експлуатації при змінних навантаженнях</p> <p><i>Рекомендовано:</i> DOWLING, Norman E. Mechanical behavior of materials: engineering methods for deformation, fracture, and fatigue. Pearson, 2012. (с. 536-541). Schijve, Jaap. Fatigue of structures and materials in the 20th century and the state of the art. International Journal of fatigue, 2003, 25.8: 679-702.</p>	2
Разом		36

№ з/п	Теми практичних занять	Кількість годин
1	Цикл напружень і його параметри. Характеристики опору втомному руйнуванню.	2
2	Вплив експлуатаційних факторів на величину границі витривалості	2
3	Вплив конструкційних і технологічних факторів на границю витривалості	2
4	Загальний коефіцієнт зниження границі витривалості. Розрахунки на втому за коефіцієнтом запасу міцності при регулярному навантаженні.	2
5	Розрахунок довговічності з врахуванням середнього напруження у циклі.	2
6	Розрахунок на втому за складного напруженого стану.	2
7	Захист завдання №1 розрахункової роботи	2
8	Підготовка до модульної контрольної роботи	2
9	Модульна контрольна робота	2
10	Схематизація процесу навантажування.	2
11	Гіпотези накопичення пошкоджень.	2
12	Розрахунки на міцність за нерегулярного змінного навантажування	
13	Захист завдання №2 розрахункової роботи	2
14	Критерії граничного стану за малоциклового навантажування.	2
15	Методи розрахунку на міцність і довговічність елементів машин і конструкцій за малоциклового навантажування	2

16	Моделі довговічності багатовісної малоциклової втоми металевих сплавів: пропорційне і непропорційне навантажування	2
17	Захист завдання №3 розрахункової роботи	2
18	Заключне заняття, підготовка до екзамену	2
Разом		36

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента з вивчення дисципліни «Міцність при змінних навантаженнях» складається з таких видів робіт:

- підготовка до лекційних занять – 18 годин;
 - підготовка до практичних занять – 25 годин;
 - розрахункова робота – 30 годин;
 - підготовка до екзамену – 20 годин.
- Разом – 93 годин.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. 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 студентам практичних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Вірна відповідь на контрольне питання під час опитування на лекції (за кожне питання)	+ 1 бал	Порушення термінів виконання завдання з розрахункової роботи (за кожне завдання)	- 1 бал
Вірне розв'язання задачі на практичному занятті	+ 2 бали		

Пропущені контрольні заходи

Завдання з розрахункової роботи, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання, але до терміну виставлення поточної атестації (або заліку / іспиту), оцінюється зі штрафними балами.

Завдання з розрахункової роботи, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання та після терміну виставлення поточної атестації (або заліку / іспиту), не оцінюється.

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 «Міцність при змінних навантаженнях» не передбачає її вивчення англійською мовою.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Міцність при змінних навантаженнях» 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.

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

Види контролю та бали за кожен елемент контролю:

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Опитування на лекції	6	1	6	6
2	Розв'язання задачі на практичному занятті	4	2	2	4
3.	Модульна контрольна робота	20	20	1	20
4	Завдання з розрахункової роботи	30	10	3	30
5.	Екзамен	40	40	1	40
Всього					100

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

Поточний контроль: модульна контрольна робота, розрахункова 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)	100	20	1	20

2.	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	75	15	1	15
3.	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 50% потрібної інформації)	50	10	1	10
5.	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	3	0
Максимальна кількість балів					20

2. Розрахункова робота

№ з/п	Завдання розрахункової роботи	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	100	10	3	30
2.	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	75	7,5	3	22,5
3.	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 50% потрібної інформації)	50	5	3	15
5.	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	3	0
Максимальна кількість балів					30

3. Дистанційне навчання

Виставлення оцінки за дистанційне навчання шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів у системі Moodle не передбачено.

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

У разі виявлення академічної не добросовісності під час дистанційного навчання – контрольний захід не враховується, аспірант до захисту не допускається.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі–атестація) є календарним рубіжним контролем.

Метою проведення атестації є підвищення якості навчання аспірантів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу³.

Критерій		Перша атестація	Друга атестація	
Термін атестації ⁴		8-ий тиждень	15-ий тиждень	
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг ⁵	≥ 15 балів	≥ 30 балів	
	Опитування за темою заняття	Заняття № 1-7	+	+
		Заняття №8-14	—	+
	Виконання модульної контрольної роботи	Модульна контрольна робота	—	+
	Виконання розрахункової роботи	РР, завдання № 1	+	+
		РР, завдання № 2	—	+
РР, завдання № 3		—	—	

Семестровий контроль: екзамен

Обов'язкова умова допуску до екзамену		Критерій
1	Поточний рейтинг	RD \geq 30

Умови допуску до семестрового контролю:

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

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

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.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Опишіть метод "нескінченного ресурсу" у розрахунках на втому.
2. Опишіть метод "безпечного ресурсу" у розрахунках на втому.
3. Опишіть метод "безпечного руйнування" у розрахунках на втому.
4. Опишіть метод "допустимості пошкоджень" у розрахунках на втому.
5. Опишіть повну криву втоми. Дайте визначення багатоциклової та малоциклової втоми матеріалів.
6. Опишіть основні параметри регулярного циклу напружень.
7. Які параметри характеризують опір матеріалу втомному руйнуванню?
8. Наведіть рівняння апроксимації кривої багатоциклової втоми, поясніть межі їх застосування.
9. Опишіть методики випробувань на багатоциклову втому.
10. Опишіть вплив асиметрії циклу напружень на характеристики кривої втоми.
11. Поясніть призначення та побудову діаграми граничних максимальних напружень за асиметричних циклів (діаграма Сміта).
12. Наведіть алгоритм прискореної побудови діаграми Сміта для пластичних матеріалів.
13. Опишіть діаграму граничних амплітуд напружень за асиметричних циклів (діаграма Хейга).
14. Опишіть діаграму Мора-Коммерса-Яспіра.

15. Поясніть, як описується діаграма граничних амплітуд напружень за асиметричних циклів рівняннями Гудмана та Зоденберга.
16. Як за допомогою рівняння Серенсена-Кінасошвілі можна описати діаграму граничних амплітуд напружень за асиметричних циклів?
17. Поясніть, як описується діаграма граничних амплітуд напружень за асиметричних циклів рівняннями Гербера та Біргера-Степнова.
18. Опишіть, як температура та частота навантажування впливають на границю витривалості металів та сплавів.
19. Проаналізуйте вплив неоднорідного напруженого стану на границю витривалості матеріалу.
20. Проаналізуйте вплив виду напруженого стану на втомні характеристики матеріалу.
21. Сформулюйте однопараметричні критерії втомної міцності (третья і четверта теорії міцності).
22. Сформулюйте двопараметричні критерії втомної міцності за теоріями Геста-Мора та Серенсена.
23. Опишіть критерій втомної міцності за теорією Писаренка-Лебедева.
24. Опишіть узагальнений критерій Біргера, поясніть, як визначаються параметри критерію?
25. Опишіть методи врахування асиметрії циклу за умови складного напруженого стану.
26. Опишіть вплив конструкційних факторів (концентрація напружень та абсолютні розміри) на границю витривалості.
27. Опишіть вплив технологічних факторів (якість обробки поверхні, корозія, поверхневе зміцнення, технологічна анізотропія) на границю витривалості.
28. Поясніть, як розраховується узагальнений коефіцієнт зниження границі витривалості.
29. Поясніть алгоритм розрахунків на втому за умови регулярного навантажування.
30. Опишіть алгоритм розрахунків на втому за регулярного навантажування в умовах складного напруженого стану.
31. Опишіть режим блокового навантажування. Дайте визначення параметрів циклу навантажування.
32. Опишіть режим випадкового навантажування. Дайте визначення поняттю «коефіцієнт нерегулярності».
33. Опишіть процедуру схематизації випадкового процесу навантажування, наведіть етапи схематизації.
34. Опишіть процедуру схематизації випадкового процесу навантажування за методами: екстремумів, максимумів та мінімумів.
35. Опишіть процедуру схематизації випадкового процесу навантажування за методом розмахів.
36. Опишіть процедуру схематизації випадкового процесу навантажування за методом «дощу».
37. Опишіть процедуру схематизації випадкового процесу навантажування за методом «дощу» згідно з стандартом ASTM E1049 (США).
38. Дайте визначення поняттю «міра пошкоджень». Сформулюйте лінійну гіпотезу накопичення пошкоджень.
39. Поясніть основні положення модифікацій гіпотези лінійного накопичення пошкоджень за Серенсеном-Когаєвим та Седлачком.
40. Сформулюйте основні положення нелінійної гіпотези накопичення втомних пошкоджень Марко-Старкі.
41. Опишіть загальний алгоритм визначення циклічної довговічності за нерегулярного навантаження.
42. Опишіть закономірності деформування металів в умовах малоциклової втоми. Дайте визначення «статичного» та «циклічного» ефектів Баушінгера.
43. Поясніть поняття «м'який» та «жорсткий» режими циклічного навантажування. Опишіть циклічно знеміцнюванні, циклічно стабільні і циклічно зміцнюванні матеріали.

44. Опишіть діаграму циклічного пружно-пластичного деформування за Морроу.
45. Опишіть процедуру побудови рівнянь малоциклової втоми за Коффіном-Менсоном та Ленджером.
46. Як визначається граничний стан в умовах малоциклової втоми за рівняннями Менсона-Хіршберга та Морроу при нульовому середньому напруженні у циклі?
47. Як визначається граничний стан в умовах малоциклової втоми за рівнянням Морроу, яке враховує середнє напруження, та модифікованим рівнянням Морроу?
48. Опишіть процедуру визначення граничного стану в умовах малоциклової втоми за параметром Сміта, Ватсона і Топпера.
49. Дайте визначення поняттям «пропорційне» та «непропорційне» навантажування. Опишіть ефект додаткового деформаційного зміцнення за непропорційного навантажування.
50. Опишіть процедуру побудови моделей багатовісної втоми за непропорційного навантажування, що використовує концепцію еквівалентних параметрів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав: проф., д.т.н. Шукраєв Сергій Миколайович;

Ухвалено: кафедрою ДММіОМ (протокол № 11 від 01 липня 2022 р.)

Погоджено: методичною комісією НН ММІ (протокол № 11 від 29 серпня 2022 р.)