



ТЕОРІЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І КОНСТРУКЦІЙ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Спеціальність	G9 Прикладна механіка
Освітня програма	Динаміка і міцність машин
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, 2 семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів (150 годин): 30 год. – лекцій, 30 год. – практичні, 90 год. – самостійна робота
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua/lecturers?lecturerId=713b1626-1388-4443-b57f-2339604f942c
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу/викладачів	Лекції, практичні, екзамен: к.т.н., ст.досл. Деркач Олег Леонідович derkach.oleh@gmail.com
Профіль викладача	https://intellect.kpi.ua/profile/dol10

Програма навчальної дисципліни

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

Метою навчальної дисципліни є всебічний огляд методів оцінювання надійності елементів конструкцій машин та набуття вмінь та навичок їх застосування до інженерних задач. Завданням курсу є формування у здобувачів компетенцій з практичного застосування сучасних методів визначення характеристик надійності на основі методів першого та другого порядків, набути навички розв'язання задач оптимізації за критеріями показників надійності (Reliability-Based Structural Optimization).

Предмет дисципліни включає: постановку задач надійності конструкцій, методи надійності першого та другого порядку (FORM і SORM), аналіз надійності систем, аналіз надійності конструкцій за умов модельних або статистичних

невизначеностей, імітаційні методи та методи кількісного оцінювання невизначеності. Під час вивчення курсу та для виконання індивідуальних завдань зазначені методи застосовуються до розв'язання прикладних задач за допомогою комп'ютерних програм в Matlab/Octave та Python. Методи теорії надійності розглядаються на прикладі стрижневих систем.

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни "Теорія надійності машин і конструкцій" можна використовувати у подальшому безпосередньо при виконанні досліджень, передбачених тематикою магістерської кваліфікаційної роботи. Студент отримає необхідні теоретичні знання та практичні навички для знаходження характеристик надійності і довговічності виробів сучасної техніки на етапі проектування і життєвого циклу. Також з використанням апарату механіки втомного руйнування наведені методи оцінки міцності і надійності машин і конструкцій, що піддаються дії змінних експлуатаційних випадкових навантажень, що призводять до деградації матеріалу і можливого подальшого руйнування.

Дисципліна «Теорія надійності машин і конструкцій» відноситься до вибірко-вих дисциплін циклу професійної підготовки, і самостійно не формує компетентності, проте вивчення цієї дисципліни сприяє підсиленню наступних компетентностей:

ФК 2 Здатність описати, класифікувати та змодельовувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук.

ФК 5 Здатність планувати і виконувати експериментальні й теоретичні дослідження з прикладної механіки та дотичних міждисциплінарних проблем, опрацьовувати і узагальнювати результати досліджень.

ФК 9 Здатність критичного аналізу та прогнозування параметрів працездатності нових та існуючих механічних конструкцій, машин, матеріалів і виробничих процесів машинобудування на основі знання та використання сучасних аналітичних та/або комп'ютеризованих методів і методик.

У результаті вивчення дисципліни студенти набувають:

Знання:

1. Основні поняття теорії надійності та ризик-орієнтованого підходу до проектування машин і конструкцій.
2. Теоретичні основи теорії ймовірностей і математичної статистики, необхідні для оцінки надійності та довговічності технічних систем.
3. Методи надійності першого (FORM) та другого (SORM) порядків, імітаційні методи (Монте-Карло, ланцюгів Маркова, прямого відбору) та методи кількісного оцінювання невизначеностей.
4. Основи аналізу надійності систем, у тому числі з урахуванням модельних і статистичних невизначеностей.

5. Підходи до оцінки втомної довговічності елементів конструкцій і планування технічних оглядів на основі показників надійності.

6. Принципи оптимізації конструкцій за критеріями надійності (Reliability-Based Structural Optimization).

Уміння:

1. Формулювати та розв'язувати задачі оцінки надійності елементів та систем на різних етапах життєвого циклу.

2. Розробляти розрахункові моделі конструкцій у середовищах MATLAB/Octave та Python для оцінки показників надійності.

3. Ідентифікувати й враховувати фізико-механічні властивості матеріалів у моделюванні випадкових навантажень та впливів.

4. Виконувати статистичний аналіз результатів чисельних розрахунків та імітаційного моделювання.

5. Планувати та обґрунтовувати проведення технічних оглядів і заходів з підтримки працездатності обладнання з урахуванням ризику відмови.

6. Застосовувати методи оптимізації для підвищення надійності та довговічності машин і конструкцій.

Навички:

1. Використання сучасних програмних засобів для аналізу та прогнозування надійності механічних систем.

2. Інтеграція методів механіки втомного руйнування та теорії ймовірностей у прикладні розрахунки.

3. Прийняття інженерних рішень на основі кількісної оцінки ризиків та невідомостей.

4. Раціональне використання ресурсів (матеріальних, енергетичних, часових) у процесі проектування та експлуатації конструкцій.

5. Підготовка та оформлення звітів з оцінки надійності та довговічності згідно з вимогами професійних стандартів.

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

Наявність освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальністю G9 Прикладна механіка або суміжними спеціальностями, який включає дисципліни "Вища математика", "Механіка матеріалів і конструкцій", "Теорія пружності/механіка деформівного твердого тіла", "Теорія коливань" та "Ймовірнісні методи в механіці".

При вивченні дисципліни "Теорія надійності машин і конструкцій" використовуються теоретичні концепції таких областей знань, як прикладна механіка та матеріалознавство, прикладна математика, зокрема, випадкових процесів і полів за допомогою яких обчислюються числові та ймовірнісні характеристики

деформацій конструкцій, напруження елементів конструкцій, сил реакцій опорних елементів, функціональна стабільність елементів конструкцій для її життєвого циклу.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Основні поняття теорії надійності.

Тема 2. Основи теорії ймовірностей.

Тема 3. Метод теорії надійності першого порядку (FORM).

Тема 4. Метод теорії надійності другого порядку (SORM).

Тема 5. Методи статистичного моделювання.

Тема 6. Втома та планування технічних оглядів на основі аналізу надійності та оптимізація конструкцій на основі надійності.

1 Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Melchers R.E., Beck A.T. Structural reliability analysis and prediction: 3rd Edition. Wiley, 2018. 515 p.
2. Sorensen J.D. Notes in structural reliability theory and risk analysis. Aalborg: Aalborg University, 2004. 231 p.
3. Thoft-Christensen P., Baker M.J. Structural reliability theory and its applications. Springer, 1982. 266 p.
4. Павлюк О.М., Медиковський М.О., Ізонін І.В. Основи теорії надійності технічних систем: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. 208 с.
5. Нечипоренко О.М. Основи надійності літальних апаратів: Навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2010. 240 с.
6. Lemaire M. Structural reliability. Wiley, 2009. 485 p.
7. Choi S.-K., Grandi R.V., Canfield R.A. Reliability-based structural design. Springer, 2007. 308 p.

Додаткова література

8. Цибенко О.С., Тарасевич Ю.Я. Ймовірнісні методи в механіці: навчальний посібник. Київ: НТУ «КПІ», 2016. 240 с.
9. Цибенко О.С., Крищук М.Г., Тарасевич Ю.Я. Збірник задач з теорії ймовірностей: навчальний посібник. Київ: НТУ «КПІ», 2016. 210 с.
10. Тарасевич Ю.Я. Ймовірнісні розрахунки на міцність та вібрацію. Суми: Сумський державний університет, 2010. 203 с.
11. Іглін С.П. Теорія ймовірностей і математична статистика на базі MATLAB. Харків: НТУ «ХПІ», 2019. 470 с.
12. Ларін О.О., Водка О.О., Потопацька К.Є. Комп'ютерне та математичне моделювання в задачах прогнозування надійності при поступових відмовах. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. 232 с.

13. Бурлаков В.І., Ленков С.В., Салімов Р.М. Основи теорії надійності повітряних суден та авіаційних двигунів. Київ: Національний авіаційний університет, 2004. 167 с.
14. Канарчук В.Є., Дмитрієв М.М., Полянський С.К. Надійність машин: Підручник. Київ: Либідь, 2003. 424 с.
15. Nowak A.S., Collins K.R. Reliability of structures. McGraw-Hill Higher Education, 2000. 338 p.
16. Elishakoff I. Safety factors and reliability: friend or foes? Springer, 2004. 295 p.
17. Zhao Y.G., Lu Z.-H. Structural reliability: Approaches from perspectives of statistical moments. Wiley Blackwell, 2021. 656 p.

Посилання

18. <https://reliability.readthedocs.io/en/latest/index.html>
19. <https://pystra.github.io/pystra/index.html>
20. <https://github.com/iagolemos1/First-Order-Reliability-methods-MATLAB>
21. https://github.com/thor-andreassen/Reliability_Methods
22. <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/55306-monte-carlo-estimation-examples-with-matlab>

2 Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	Лекції	Практичні	СРС	Разом
Розділ 1. Основи теорії ймовірностей.	8	8	30	46
Тема 1. Основні поняття теорії надійності.	2	2	8	12
Тема 2. Основи теорії ймовірностей.	6	6	22	34
Розділ 2. Метод теорії надійності.	12	12	30	54
Тема 3. Метод теорії надійності першого порядку	8	8	18	34
Тема 4. Метод теорії надійності другого порядку	4	4	12	20
Розділ 3. Застосування методів теорії надійності для аналізу стрижневих елементів та систем.	10	10	30	50
Тема 5. Методи статистичного моделювання	4	4	12	20
Тема 6. Втома та планування технічних оглядів на основі аналізу надійності та оптимізація конструкцій на основі надійності.	6	6	18	30

**Інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття
(лекції, практичні, семінарські, лабораторні)**

№ з/п	Теми лекційних занять	К-ть годин
1	Основні поняття та визначення теорії надійності. Вступ до ризик-орієнтованого підходу до проектування машин і конструкцій. Поняття надійності елемента конструкції та системи.	2
2	Основи теорії ймовірностей. Події та операції над ними. Аксиоми ймовірності. Умовна ймовірність. Теорема множення ймовірностей. Формула Байєса.	2
3	Випадкові величини. Функції розподілу випадкових величин. Числові характеристики випадкових величин. Закони розподілу.	2
4	Векторні випадкові величини. Сумісна щільність ймовірності. Числові характеристики випадкових векторів. Кореляційні моменти. Корельовані та некорельовані випадкові величини.	2
5	Основи визначення надійності конструкцій. Класичне визначення функції надійності. Ймовірність відмови (руйнування). Запас міцності. Коефіцієнт запасу міцності (коефіцієнт безпеки).	2
6	Функція та простір якості. Поверхня граничного стану. Ймовірність відмови. Визначення коефіцієнта надійності та його зв'язок із ймовірністю відмови.	2
7	Метод теорії надійності першого порядку (FORM). Нормалізований простір випадкових величин. Геометрична інтерпретація коефіцієнта надійності.	2
8	Визначення коефіцієнта надійності за Гасофером і Ліндом. Розширення методу першого порядку.	2
9	Метод теорії надійності другого порядку (SORM). Визначення коефіцієнта надійності для нелінійної поверхні граничного стану.	2
10	Оцінка точності визначення ймовірності відмови.	2
11	Метод Монте-Карло. Пряме моделювання для визначення надійності конструкцій.	2
12	Визначення кількості моделювань, необхідної для досягнення заданого рівня довіри за результатами моделювання.	2
13	Елементи теорії стохастичних процесів і її застосування для оцінки надійності машин.	2
14	Втома та планування технічних оглядів на основі аналізу надійності та оптимізація конструкцій на основі надійності.	2
15	Елементи теорії оптимізації за критеріями показників надійності.	2

№ з/п	Теми практичних та лабораторних занять	К-ть годин
1	Наслідки з аксіом ймовірності. Ймовірність і відносна частота. Умовна ймовірність та її властивості.	2
2	Теорема множення ймовірностей. Теореми додавання сумісних і несумісних подій. Теорема повної ймовірності. Застосування формули Байєса.	2
3	Класифікація випадкових величин. Функція розподілу ймовірностей. Щільність ймовірності. Числові характеристики випадкових величин. Закони розподілу.	2
4	Векторні випадкові величини. Числові характеристики випадкових векторів. Кореляційні моменти та кореляційна матриця.	2
5	Базовий приклад визначення функції надійності. Визначення коефіцієнта надійності, RS-простір.	2
6	Геометрична інтерпретація коефіцієнта надійності. Визначення коефіцієнта надійності за Гасофером і Ліндом.	2
7	Ітераційне визначення коефіцієнта надійності за Гасофером і Ліндом. Визначення коефіцієнта надійності статично-невизначуваних балок під дією однієї випадкової сили.	2
8	Визначення коефіцієнта надійності двовимірних стрижневих систем.	2
9	Визначення коефіцієнта надійності балок під дією двох корельованих і некорельованих випадкових сил.	2
10	Аналіз надійності стрижневих систем для довільних законів розподілу випадкових величин.	2
11	Метод Монте-Карло. Пряме моделювання для визначення надійності конструкцій.	2
12	Визначення кількості моделювань, необхідної для досягнення заданого рівня довіри за результатами моделювання.	2
13	Спектральний аналіз стохастичних процесів і його застосування для оцінки надійності машин.	2
14	Втома та планування технічних оглядів на основі аналізу надійності та оптимізація конструкцій на основі надійності.	2
15	Елементарні приклади з теорії оптимізації за критеріями показників надійності.	2

Платформа дистанційного навчання. На платформі Google Classroom <https://classroom.google.com/c/NzQ4Njk0NzkwMTMy?cjc=dz2vfyw> Для більш ефективної комунікації з метою засвоєння матеріалу початкової дисципліни «Теорія надійності машин і конструкцій» використовується електронна пошта,

електронний кампус КПІ, сервіс для проведення онлайн-нарад Zoom (752 725 0349), месенджери.

3 Самостійна робота студента

Дисципліна «Теорія надійності машин і конструкцій» передбачає такі види самостійної роботи: виконання розрахунково-графічних робіт, підготовка до практичних та лабораторних занять, підготовка до модульної контрольної роботи та екзамену.

Індивідуальна робота студента передбачає самостійне освоєння особливостей застосування методів теорії надійності до вирішення типових задач механіки твердого тіла, застосувати критерії перевірки статичних гіпотез.

Рекомендована додаткова література приведена в списку навчально-методичних матеріалів (п.4). Поглиблене вивчення пов'язаних теоретичних питань виконується в межах індивідуальної роботи.

Під час виконання самостійної роботи студенти заохочуються до використання обчислювальної техніки та сучасних програмних засобів.

Політика та контроль

4 Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідувань занять. Відвідування лекційних та практичних занять є необхідною передумовою набуття навичок розв'язання проблем. Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них демонструються основні підходи та практичні прийоми оцінки характеристик надійності та довговічності механічних систем, надаються пояснення щодо зв'язку отриманих результатів із відомими теоретичними положеннями механіки деформівного твердого тіла і чисельних методів та розвиваються навички, необхідні для виконання прикладних розрахунків, які є складовою частиною кваліфікаційної роботи.

Модульна контрольна робота. Контроль знань та навичок з тем: функціональна, статична і кореляційна залежності; статистична динаміка нелінійних систем; методи розрахунку; метод спектральних розкладів; метод малого параметра; надійність та довговічність типових елементів механічних систем; вибір простору якості та області припустимих станів та їх механічних систем; оцінка функції надійності для різноманітних видів просторів якості механічних систем.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Своєчасне виконання контрольних робіт (за кожну таку роботу)	+4 бали	Порушення термінів виконання контрольної роботи (за кожну таку роботу)	- 1 бал

Академічна доброчесність та норми етичної поведінки. Політика та принципи академічної доброчесності, а також норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 3 і 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» відповідно. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Навчання іноземною мовою. Навчальна дисципліна «Теорія надійності машин і конструкцій» за потреби може бути викладена англійською мовою.

Інклюзивне навчання. Навчальна дисципліна «Теорія надійності машин і конструкцій» 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.

5 Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: модульна контрольна робота.

Календарний контроль (атестація): проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання програми дисципліни.

Семестровий контроль: екзамен.

Види контролю та бали за кожен елемент контролю:

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кількість	Всього
1	Розрахунково-графічні роботи	40	20	2	40
2	Модульна контрольна робота	20	20	1	20
3	Екзамен	40	40	1	40
Всього					100

1. Розрахунково-графічна робота

№ з/п	Контрольна робота	%	Ваговий бал	Кількість	Всього
1	Відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	100	20	2	40
2	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	75	15	2	30
3	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації)	60	12	2	24
4	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	2	0
Максимальна кількість балів					40

2. Модульна контрольна робота

№ з/п	Контрольна робота	%	Ваговий бал	Кількість	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 60% потрібної інформації)	60	12	1	12
4	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	1	0
Максимальна кількість балів					20

Умови допуску до семестрового контролю:

1. Виконання розрахунково-графічної роботи;
2. Позитивний результат першої та другої атестації.

Календарний контроль (атестація) проводиться два рази на семестр. Метою його проведення є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіку освітнього процесу.

Календарний контроль

Критерій			Перша атестація	Друга атестація
Термін календарного контролю			8й тиждень	14й тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг		≥ 15 балів	≥ 30 балів
	Виконання модульних контрольних робіт	Модульні контрольні роботи по темам	+	+

Семестровий контроль: екзамен

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

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.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за універсальною шкалою

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

6 Додаткова інформація

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль надається наприкінці семестру, відповідає змісту реально проведених занять.

Дистанційне навчання через проходження онлайн-курсів 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.

На екзамені студентам дозволяється користуватись учбово-методичним забезпеченням.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав: к.т.н. Деркач Олег Леонідович

Ухвалено кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів (протокол № 10 від 27.03.2025 р.)

Погоджено методичною комісією Навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту (протокол № 9 від 25.04.2025 р.)