



# ТЕОРІЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І КОНСТРУКЦІЙ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Прикладна механіка
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, 2 семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів (150 годин): 36 год. – лекцій, 18 год. – практичні, 18 год. – лабораторних, 78 год. – самостійна робота
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, МКР
Розклад занять	<a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу/викладачів	Лекції, практичні, лабораторні, екзамен: к.т.н. Деркач Олег Леонідович <a href="mailto:derkach.oleh@gmail.com">derkach.oleh@gmail.com</a>
Профіль викладача	<a href="https://intellect.kpi.ua/profile/dol10">https://intellect.kpi.ua/profile/dol10</a>
Посилання на електрон- ний ресурс	<a href="https://classroom.google.com/c/NjY0Mzc1OTQ0MTc0">https://classroom.google.com/c/NjY0Mzc1OTQ0MTc0</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

**Метою** навчальної дисципліни «Теорія надійності машин і конструкцій» є формування у студентів компетенцій та професійної здатності майбутньої самостійної фахової діяльності з практичного застосування сучасних методів визначення характеристик надійності і довговічності на основі аналізу випадкових викидів з допустимої області простору якості. 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.

Під час вивчення курсу розглядаються такі питання: задачі та методи статистичної динаміки, лінійні динамічні системи, метод функції Гріна, проходження стаціонарного випадкового процесу через лінійну систему, елементи статистичної динаміки нелінійних систем, застосування теорії марківських процесів до вирішення задач статистичної динаміки, стохастичні крайові задачі, аналог метода функцій Гріна, метод стохастичних диференціальних рівнянь, метод спектральних представлень, основи загальної теорії надійності, приклади вибору просторів якості та областей допустимих станів для різних механічних аспектів, метод умовних функцій надійності, надійність то довговічність механічних систем.

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 змодельовати 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

**Предмет дисципліни.** Вивчення дисципліни передбачає оволодіння наступними питаннями (темами):

1. Елементи теорії випадкових функцій.
2. Завдання і методи статистичної динаміки механічних систем.
3. Поняття надійності і довговічності технічних об'єктів.
4. Загальна теорія надійності механічних систем.
5. Оцінка ресурсу машин і конструкцій при проєктуванні та під час експлуатації.

**У результаті вивчення дисципліни студенти набувають:**

**Знання:**

1. Основи прикладної математики та механіки.
2. Чисельні та аналітичні методи розрахунку міцності, жорсткості, надійності та довговічності елементів конструкцій і машин.

3. Основні види термосилових і кінематичних навантажень конструкцій і машин та їх просторово-часові особливості.
4. Фізико-механічні властивості матеріалів.
5. Види кінематичних та жорсткісних сполучень деталей.

#### **Уміння:**

1. Розробляти розрахункові схеми конструкцій для оцінки несучої здатності та ресурсу типових виробів.
2. Ідентифікувати фізико-механічні властивості матеріалів конструкцій для їх імітаційних моделей.
3. Вибирати раціональний вид апроксимації жорсткісних та інерційно-масових характеристик в імітаційній моделі конструкцій.
4. Виконувати статистичні розрахунки динаміки і міцності елементів конструкцій.
5. Знаходити характеристики надійності і довговічності механічних систем.

#### **Навички:**

1. Цілеспрямоване застосування базових знань в області прикладної механіки, математичних і природничих наук у професійної діяльності.
2. Уміння застосовувати сучасні інформаційні системи та методи розрахунку для розробки високонадійних енергозберігаючих машин, проектування маловідходних конструкцій та машинобудівних технологій, що забезпечують безпеку життєдіяльності людей і їх захист від можливих наслідків аварій.
3. Уміння застосовувати засоби раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів в машинобудуванні.

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

Дисципліна «Теорія надійності машин і конструкцій.» базується на наступних дисциплінах: «Статистичні і ймовірнісні методи в наукових дослідженнях», «Наукова робота за темою магістерської дисертації. Частина 1 Основи наукових досліджень». У свою чергу дисципліна «Теорія надійності машин і конструкцій» може бути корисною для опанування освітніх компонентів «Науково-дослідна практика», «Виконання магістерської дисертації».

Зокрема, студент отримає необхідні теоретичні знання та практичні навички для знаходження характеристик надійності і довговічності виробів сучасної техніки на етапі проектування і життєвого циклу.

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

- 1 Задачі та методи статистичної динаміки
  - 1.1 Основні поняття та визначення.
  - 1.2 Задачі статистичної динаміки.

- 1.3 Класифікація механічних систем.
- 1.4 Вироджені системи
- 1.5 Лінійні динамічні системи
- 1.6 Метод функції Гріна
- 1.7 Метод стохастичних диференціальних рівнянь
- 1.8 Метод спектральних розкладів
- 1.9 Методи рішення задач статистичної динаміки нелінійних систем.
- 2 Поняття надійності і довговічності технічних об'єктів
  - 2.1 Прогнозування ресурсу при проектуванні
  - 2.2 Прогнозування ресурсу на стадії експлуатації
- 3 Теорія надійності механічних систем
  - 3.1 Основні поняття та визначення. Найпростіші задачі теорії надійності.
  - 3.2 Загальний підхід до визначення надійності механічних систем.
  - 3.3 Приклади вибору просторів якості та областей допустимих станів.
  - 3.4 Поняття умовних функцій надійності. Середнє число викидів випадкового процесу за певний рівень.
  - 3.5 Оцінки для ймовірності рідкісних викидів та для функцій надійності у випадках одномірного та багатовимірного просторів якості.
  - 3.6 Прогнозування ресурсу при проектуванні та на стадії експлуатації. Фактори, що впливають на опір втомі матеріалів в конструктивних елементах.
  - 3.7 Приклади розрахунків елементів конструкцій.

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

##### **Базова література**

1. Цибенко О.С., Тарасевич Ю.Я. Ймовірнісні методи в механіці: навчальний посібник. Київ: НТУ «КПІ», 2016. 240 с.
2. Цибенко О.С., Крищук М.Г., Тарасевич Ю.Я. Збірник задач з теорії ймовірностей: навчальний посібник. Київ: НТУ «КПІ», 2016. 210 с.
3. Павлюк О.М., Медиковський М.О., Ізонін І.В. Основи теорії надійності технічних систем: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. 208 с.
4. 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.

##### **Додаткова література**

5. Нечипоренко О.М. Основи надійності літальних апаратів: Навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2010. 240 с.
6. Nowak A.S., Collins K.R. Reliability of structures. McGraw-Hill Higher Education, 2000. 338 p.
7. Тарасевич Ю.Я. Ймовірнісні розрахунки на міцність та вібрацію. Суми: Сумський державний університет, 2010. 203 с.

8. Баженов В.А., Дехтярюк Є.С. Імовірнісні методи розрахунку конструкцій. Випадкові коливання пружних систем: Навчальний посібник. Київ: КНУБА, 2005. 420 с.
9. Haldar A., Mahadevan S. Probability, reliability, and statistical methods in engineering design. Willey, 1999. 321 p.
10. Maymon G. Some engineering applications in random vibrations and random structures. Purchased from American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1998. 253 p.
11. Wijker J. Random vibrations in spacecraft structures design: theory and applications. Springer, 2009. 517 p.
12. Wijker J. Mechanical vibrations in spacecraft design. Springer, 2004. 442 p.
13. Tichy M. Applied methods of structural reliability. Springer Science+Buisness Media, 1993. 415 p.
14. Бурлаков В.І., Ленков С.В., Салімов Р.М. Основи теорії надійності повітряних суден та авіаційних двигунів. Київ: Національний авіаційний університет, 2004. 167 с.
15. Канарчук В.Є., Дмитрієв М.М., Полянський С.К. Надійність машин: Підручник. Київ: Либідь, 2003. 424 с.
16. Melchers R.E., Beck A.T. Structural reliability analysis and prediction: 3rd Edition. Wiley, 2018. 515 p.

## 5 Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	Лекції	Практичні	СРС	Разом
Розділ 1. Задачі та методи статистичної динаміки. Стохастичні задачі. Тема 1. Задачі статистичної динаміки. Основні поняття та визначення	2	2	2	6
Тема 2. Класифікація систем. Вироджені системи. Лінійні динамічні системи.	2	2	2	6
Тема 3. Метод функцій Гріна. Метод стохастичних диференціальних рівнянь. Метод спектральних розкладів.	2	2	3	7
Тема 4. Проходження стаціонарного випадкового процесу через стаціонарну лінійну систему	2	2	2	6
Тема 5. Елементи статистичної динаміки нелінійних систем.	2	2	2	6
Тема 6. Метод, що заснований на гіпотезі квазінормальності. Метод малого параметра. Метод статистичної лінеаризації.	2	2	3	7

Тема 7. Застосування теорії марківських процесів до вирішення задач статистичної динаміки	2	2	3	7
Тема 8. Аналог метода функцій Гріна.	2	2	3	7
Тема 9. Метод стохастичних диференціальних рівнянь.	2	2	3	7
Тема 10. Метод спектральних представлень.	2	2	2	6
Розділ 2. Поняття надійності і довговічності технічних об'єктів. Тема 1. Прогнозування ресурсу при проектуванні. Прогнозування ресурсу на стадії експлуатації.	2	2	3	7
Розділ 3. Теорія надійності механічних систем. Тема 1. Найпростіші задачі теорії надійності. Основні поняття та визначення. Загальний підхід до визначення надійності механічних систем.	2	2	2	6
Тема 2. Приклади вибору просторів якості та областей допустимих станів для різних механічних аспектів.	2	2	3	7
Тема 3. Метод умовних функцій надійності. Середнє число викидів випадкового процесу на певний рівень. Одномірний та багатомірний випадок.	2	2	3	7
Тема 4. Оцінки для ймовірності рідкісних викидів та для функцій надійності у випадках одномірного та багатовимірного просторів якості.	2	2	3	7
Тема 5. Надійність та довговічність систем марківського типу. Елементи теорії надійності розповсюдження систем.	2	2	3	7
Тема 6. Прогнозування ресурсу при проектуванні та на стадії експлуатації. Фактори, що впливають на опір втоми матеріалів в конструктивних елементах.	2	2	3	7
Тема 7. Приклади розрахунків динамічних характеристик та міцності елементів конструкцій.	2	2	3	7

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

№ з/п	Теми лекційних занять	Кількість годин
1	Основні поняття та визначення. Задачі теорії надійності. Класифікація систем.	2
2	Лінійні динамічні системи. Метод функції Гріна.	2
3	Метод стохастичної диференціальних рівнянь. Метод спектральних розкладів.	2
4	Проходження стаціонарного випадкового процесу через стаціонарну лінійну систему.	2

5	Елементи статистичної динаміки нелінійних систем. Метод, що заснований на гіпотезі квазінормальності.	2
6	Метод малого параметра. Метод стохастичної лінеаризації.	2
7	Застосування теорії марківських процесів до вирішення задач статистичної динаміки.	2
8	Аналог метода функцій Гріна. Метод стохастичних диференціальних рівнянь. Метод спектральних представлень.	2
9	Прогнозування ресурсу при проектуванні.	2
10	Прогнозування ресурсу на стадії експлуатації.	2
11	Основи загальної теорії надійності механічних систем. Основні поняття та визначення.	2
12	Найпростіші задачі теорії надійності.	2
13	Загальний підхід до визначення надійності механічних систем.	2
14	Приклади вибору просторів якості та областей допустимих станів для різних механічних аспектів.	2
15	Метод умовних функцій надійності. Середнє число викидів процесу за певний рівень. Одномірний випадок. Багатомірний випадок.	2
16	Оцінки для ймовірності рідкісних викидів та для функції надійності у випадках одномірного та багатовимірного просторів якості.	2
17	Надійність та довговічність систем марківського типу.	2
18	Елементи теорії надійності розповсюджених систем.	2

<b>№ з/п</b>	<b>Теми практичних та лабораторних занять</b>	<b>Кількість годин</b>
1	Задачі статистичної динаміки. Основні поняття та визначення.	2
2	Класифікація систем. Вироджені системи. Лінійні динамічні системи.	2
3	Метод функцій Гріна. Метод стохастичних диференціальних рівнянь.	2
4	Метод спектральних розкладів.	2
5	Метод, що заснований на гіпотезі квазінормальності.	2
6	Метод малого параметра. Метод стохастичної лінеаризації.	2
7	Застосування теорії марківських процесів до вирішення задач статистичної динаміки.	2
8	Метод стохастичних диференціальних рівнянь. Метод спектральних.	2
9	Прогнозування ресурсу при проектуванні.	2
10	Прогнозування ресурсу на стадії експлуатації.	2

11	Основні поняття та визначення. Найпростіші задачі теорії надійності.	2
12	Приклади вибору просторів якості та областей допустимих станів для різних.	2
13	Одномірний простір якості у визначенні надійності механічних систем. Метод умовних функцій надійності. Приклади розв'язання задач.	2
14	Оцінка для ймовірності рідкісних викидів. Функції надійності у випадках одномірного та багатовимірного просторів якості. Приклади розв'язання.	2
15	Надійність та довговічність систем харківського типу. Приклади розв'язання.	2
16	Оцінка функцій надійності для різноманітних видів просторів якості.	2
17	Обчислення параметрів надійності розповсюджених механічних систем. Ресурс машин та довговічність конструкцій.	2
18	Модульна контрольна робота.	2

**Платформа дистанційного навчання.** 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), Telegram (@Oleh\_Derkach).

## **6 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. Час, відведений на кожен з цих видів самостійної роботи, вказаний у п. 5.

Індивідуальна робота студента передбачає самостійне освоєння особливостей застосування методів статистичної динаміки до вирішення типових задач механіки твердого тіла, а також, вміння проводити статистичний аналіз випадкових величин та знаходити характеристики параметрів розподілу для основних неперервних та дискретних розподілів випадкових величин, 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.



## 7 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.

### Терміни виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали	
Критерій	Ваговий бал
Своєчасне виконання контрольних робіт (за кожну таку роботу)	+4 бали

**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» не передбачає її вивчення 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.

## 8 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	Звіт з лабораторних та практичних робіт	40	20	2	40
2	Модульна контрольна робота	20	20	1	20
3	Екзамен	40	40	1	40
<b>Всього</b>					<b>100</b>

Результати оголошуються кожному студенту окремо у присутності або в дистанційній формі (в електронному кампусі КПІ, e-mail, telegram).

### *1. Звіт з лабораторних/практичних робіт*

№ 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
<b>Максимальна кількість балів</b>					<b>40</b>

## 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
<b>Максимальна кількість балів</b>					<b>20</b>

### Умови допуску до семестрового контролю:

1. Звіт з лабораторних/практичних робіт.
2. Стартовий рейтинг не менше 30 балів.

**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
<b>Термін календарного контролю</b>		<b>8й тиждень</b>	<b>14й тиждень</b>
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

**Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам  
за універсальною шкалою**

<b>Рейтингові бали</b>	<b>Оцінка за універсальною шкалою</b>
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
менше 60	Незадовільно
Невиконання умов 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**

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 ДММ та ОМ (протокол № 4 від 4 від 17.11.22)

**Погоджено**

Методичною комісією навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту  
(Протокол № 4 від 22.12.2022 р. )