



# НАДІЙНІСТЬ МАШИН І КОНСТРУКЦІЙ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий) рівень</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>Обов'язкова дисципліна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, 3,4 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3,5 кредити (105 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, екзамен</i>
Розклад занять	<i>31 год. – лекцій, 31 – практичних, 43 год. – самостійна робота</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекції, практичні, заліки, екзамени : <i>проф, д.т.н., Цибенко Олександр Сергійович, as-ts@ukr.net</i>
Профіль викладача	<a href="http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/24-tsybenko-oleksandr-serhiiovych.html">http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/24-tsybenko-oleksandr-serhiiovych.html</a> <a href="http://intellect.mmi-dmm.kpi.ua/profile/cos1">http://intellect.mmi-dmm.kpi.ua/profile/cos1</a>
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс в Moodle:

### Програма навчальної дисципліни

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

##### Мета дисципліни.

Метою навчальної дисципліни «Надійність машин і конструкцій» є формування у аспірантів компетенцій та професійної здатності по практичному застосуванню сучасних методів теорії ймовірностей, випадкових процесів і полів в розрахунках машин і конструкцій на дію статичних і динамічних навантажень випадкового характеру, визначення характеристик надійності і довговічності на основі аналізу випадкових викидів з допустимої області простору якості та проведення оцінки міцності і надійності машин і конструкцій, що піддаються дії змінних експлуатаційних випадкових навантажень, що призводять до деградації матеріалу і можливого подальшого руйнування.

##### Предмет дисципліни.

Вивчення дисципліни передбачає оволодіння наступними питаннями (темами):

1. Основи теорії ймовірностей.
2. Елементи теорії випадкових функцій.
3. Завдання і методи статичної динаміки механічних систем.

4. Поняття надійності і довговічності технічних об'єктів.
5. Загальна теорія надійності механічних систем.
6. Оцінка ресурсу машин і конструкцій при проектуванні і під час експлуатації.

#### **Результати навчання:**

##### **Програмні компетентності:**

ФК4 . Здатність планувати і виконувати експериментальні дослідження, обробляти результати експерименту на основі використання сучасних інформаційних технологій та мікропроцесорної техніки, інтерпретувати результати натурних або модельних експериментів.

ФК6. Здатність критичного осмислення проблем у навчанні, професійній і дослідницькій діяльності на рівні новітніх досягнень інженерних наук та на межі предметних галузей.

##### **Програмні результати навчання:**

РН1. Знати загальну теорію і методики проведення наукових досліджень та вміти їх практично застосовувати для досліджень об'єктів в галузі механічної інженерії.

РН2. Вміти застосовувати знання основ аналізу та синтезу в різних предметних областях, критичного.

РН3. Осмислення й розв'язання науково-дослідних проблем. Знати теорію планування експериментів та методики оцінювання достовірності їх результатів.

РН8. Навички використання сучасних комп'ютерних засобів та інформаційних технологій у науковій діяльності, зокрема при виконанні експериментальних досліджень.

РН9. Вміти формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані .

За результатами навчання даної дисципліни аспіранти мають уміти виконувати науковий пошук і на основі аналізу його результатів визначати шляхи вирішення поставлених задач, а саме проводити розрахунки машин і конструкцій під дією випадкових кінематичних, силових і температурних навантажень та отримати практичні навички визначення характеристик надійності і довговічності елементів конструкцій складних техніко-технологічних систем на стадії проектування і в процесі експлуатації.

#### **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. Вимоги галузевих стандартів, що пред'являються при розробці виробів.

#### **Уміння :**

6. Розробляти розрахункові схеми конструкцій для оцінки несучої здатності надійності та ресурсу типових виробів;
7. Ідентифікувати фізико-механічні властивості матеріалів конструкцій для їх розрахункових моделей;
8. Виконувати статистичні методи розрахунків динаміки і міцності елементів конструкцій;

## 9. Знаходити характеристики надійності і довговічності механічних систем.

Відповідність результатів навчання до компетентностей у стандарті вищої освіти можна переглянути у Додатку 1 «Програмні результати навчання (розширена форма)».

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

Дисципліна «Надійність машин і конструкцій» має завершальний дисциплінарний характер. При її вивченні використовуються теоретичні концепції таких областей знань, як прикладна механіка та матеріалознавство, прикладна математика в тому числі теорія ймовірності, випадкових процесів і полів за допомогою яких обчислюються числові та ймовірні характеристики деформацій конструкції, напруження структурних компонентів, сил реакцій опорних елементів, функціональна стабільність елементів конструкції для її життєвого циклу. За структурно-логічною схемою програми підготовки доктора філософії дисципліна тісно пов'язана з дисциплінами загальної та професійної підготовки «Організація науково-інноваційної діяльності», «Методи проектування та розрахунку машин і конструкцій», та іншим вибіркоким дисциплінам.

Аспірант отримує необхідні теоретичні знання та практичні навички для знаходження характеристик надійності і довговічності виробів сучасної техніки на етапі проектування і життєвого циклу.

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Надійність машин і конструкцій» можна використовувати у подальшому під час опанування навчальних дисциплін з вибіркоких дисциплін освітньо-професійної програми «Механічна інженерія» та безпосередньо при виконанні досліджень, передбачених тематикою кваліфікаційної роботи.

### **Необхідні навички:**

- 1) Цілеспрямоване застосуванню базових знань в області прикладної механіки, математичних і природничих наук в професійній 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 способи раціонального використання сировинних, енергетичних і інших видів ресурсів в машинобудуванні.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

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

### **Тема 1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТІ.**

Базові поняття.

Безпосередній розрахунок імовірностей. Теорема додавання та множення імовірностей. Формула повної імовірності та формула Байеса. Випадкові величини та їх розподіл. Чисельні характеристики випадкових величин. Сумісний розподіл для сукупності випадкових величин (випадкових векторів). Чисельні характеристики компонент випадкових векторів. Кореляційні матриці. Невипадкові функції випадкових аргументів.

### **Тема 2. ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ВИПАДКОВИХ ФУНКЦІЙ.**

Основні поняття та визначення, скалярні, векторні та тензорні процеси і поля. Методи опису випадкових функцій. Сумісні розподілення. Моментні функції. Стаціонарні та ергодичні випадкові процеси. Спектральне представлення випадкових процесів. Формули Вінера-Хінчина. Методи опису багатомірних випадкових процесів. Сумісні розподілення, моментні функції. Спектральні розклади. Опис випадкових полів. Сумісні багато точкові розподілення. Моментні функції. Спектральні розклади.

### **Тема 3. ЗАДАЧІ ТА МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОЇ ДИНАМІКИ.**

Основні поняття та визначення. Задачі статистичної динаміки. Класифікація механічних систем. Вироджені системи. Лінійні динамічні системи. Метод функції Гріна. Метод стохастичних диференціальних рівнянь. Метод спектральних розкладів. Методи рішення задач статистичної динаміки нелінійних систем.

### **Тема 4. ПОНЯТТЯ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ ТЕХНІНИХ ОБ'ЄКТІВ.**

Прогнозування ресурсу при проектуванні. Прогнозування ресурсу на стадії експлуатації.

### **Тема 5. ТЕОРІЯ НАДІЙНОСТІ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ.**

Основні поняття та визначення. Найпростіші задачі теорії надійності. Загальний підхід до визначення надійності механічних систем. Приклади вибору просторів якості та областей допустимих станів. Поняття умовних функцій надійності. Середнє число викидів випадкового процесу за певний рівень. Оцінки для ймовірності рідкісних викидів та для функції надійності у випадках одномірного та багатовимірного просторів якості. Надійність розподільних систем.

### **Тема 6. ОЦІНКА РЕСУРСУ МАШИН І КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТА ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ.**

Прогнозування ресурсу при проектуванні. Прогнозування ресурсу на стадії експлуатації.

Втома матеріалів і конструкцій. Характеристики опору втоми. Фактори, що впливають на опір втоми матеріалів в конструктивних елементах. Втома при випадковій напрузі. Приклади розрахунків елементів наносупутника Політон-2.

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

### **Базова література:**

1. Цибенко О.С. Ймовірнісні методи в механіці: навч. посіб. / О.С. Цибенко, Ю.Я. Тарасевич. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 240 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15329>
2. Цибенко О.С. Збірник задач з теорії ймовірностей: навчальний посібник / О.С. Цибенко, М.Г. Кришук, Ю.Я. Тарасевич. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 210 с. – [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15328>
3. Цибенко О.С. Конспект лекцій по дисципліні «Статистична динаміка і надійність» – Київ: НТУУ «КПІ», 2021. – 250 с.
4. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. – М.: Стройиздат, / В.В. Болотин, 1982.-352 с.
5. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение./ В.В. Болотин, 1984.-312 с.
6. Светлицкий В.А. Статистическая маханика и теория надежности/ В.А.Светлицкий.-М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.- 504 с.

### **Додаткова література :**

1. Петинов С. В. Строительные конструкции зданий и сооружений. Эксплуатационная надежность металлических конструкций: учеб. пособие / С. В. Петинов — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. — 219 с.
2. Цибенко О.С., Крищук М.Г. Імітаційне моделювання електротермомеханічних процесів в деформівних середовищах. Частина 1. Початково-крайові задачі електротермомеханіки. Навчальний посібник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2021. Рекомендовано Вченою радою ММІ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» в якості електронного навчального видання (Протокол № від січня 2021р.)
3. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций/ А.А. Свешников.- М.: Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1968.-464 с.

## 5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

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

Тема	Кількість годин			
	Лекції	Практичні	Самостійна робота	Разом
1	4	4	6	14
2	6	6	8	20
3	5	5	7	17
4	6	6	8	20
5	6	6	8	20
6	4	4	6	14
Разом	31	31	43	105

### *Платформа дистанційного навчання:*

Для більш ефективної комунікації з метою розуміння структури навчальної дисципліни «Надійність машин і конструкцій» і засвоєння матеріалу використовується електронна пошта, електронний кампус КПІ, платформа дистанційного навчання «Сікорський» на основі системи Moodle КПІ-Телеком та сервіс для проведення онлайн-нарад Zoom, за допомогою яких:

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

## 6. Самостійна робота аспіранта

*Види самостійної роботи (підготовка до аудиторних занять, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, розв'язок задач, написання реферату, виконання розрахункової роботи, виконання домашньої контрольної роботи тощо):*

Індивідуальна робота аспірантів передбачає самостійне освоєння особливостей застосування методів статистичної динаміки та теорії надійності 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.

Самостійна робота передбачає виконання переліку завдань, що відповідають найбільш поширеним на практиці задачам по темам: 1-6.

Під час виконання самостійної роботи аспіранти заохочуються до використання обчислювальної техніки.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### *Правила відвідування занять*

Відвідування лекційних та практичних занять є необхідною передумовою набуття навичок розв'язання проблем. Аспірантам 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.

Отримання аспірантами знання тем аналізуються виконанням контрольних робіт.

#### **Контрольна робота №1.**

Контроль знань та навиків по темі елементи теорії ймовірностей. Безпосередній розрахунок імовірностей. Чисельні характеристики випадкових величин. Функції та густина розподілу випадкових величин. Статистичний розподіл і його характеристики. Числові характеристики випадкових величин. Математичне очікування. Дисперсія, мода, медіана.

#### **Контрольна робота №2.**

Контроль знань та навиків по темі елементи теорії випадкових функцій. Детерміністичні функції випадкових аргументів. Системи випадкових функцій. Основні закони розподілу випадкових функцій.

#### **Контрольна робота №3.**

Імовірностеві характеристики випадкових процесів. Моменти випадкових величин. Кореляційні моменти. Детерміністичні функції випадкових аргументів. Системи випадкових функцій.

#### **Контрольна робота №4.**

Функціональна. Статична і кореляційна залежності. Статистична динаміка нелінійних систем. Методи розрахунку. Метод спектральних розкладів. Метод малого параметра.

#### **Контрольна робота №5.**

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

### **Пропущені заняття**

Заняття, яке пропущено (не відвідане) здобувачем з будь-якої причини має бути відпрацьовано із використанням наявних методичних матеріалів, при необхідності – з консультацією у викладача. Звітністю з відпрацювання заняття вважається звіт, підготовлений у вигляді пояснювальної записки (надається у електронному вигляді) щодо основних результатів та пояснення механічних ефектів, які спостерігаються при змінненні вихідних даних постановки відповідної задачі.

### **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 «Надійність машин і конструкцій» не передбачає її вивчення англійською мовою. У процесі викладання навчальної дисципліни використовуються матеріали та джерела англійською мовою.

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

### **Інклюзивне навчання**

Навчальна дисципліна «Надійність машин і конструкцій» може викладатися для більшості аспірантів 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:**

№	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1	Контрольна робота	60	12	5	60
4	Залік	40	40	1	40
Всього					100

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

*Поточний контроль: модульна контрольна робота, оцінювання дистанційного навчання*

*1. Контрольна робота*

№	Контрольна робота	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	100	12	3	100
2.	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	75	10	3	75
3.	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації)	60	8	3	60
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.

№	Дистанційне навчання	%	Ваг овий	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, аспірант до захисту не допускається.

### Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація аспірантів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання аспірантів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу<sup>3</sup>.

Критерій		Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації <sup>4</sup>		8-ий тиждень	14-ий
Поточний рейтинг <sup>5</sup>		≥ 15 балів	≥ 30 балів
Умови отримання атестації	Виконання модульних контрольних робіт	Модульні контрольні роботи по темам	
		+	+

<sup>3</sup> Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

<sup>4</sup> Тамсамо.

<sup>5</sup> Тамсамо.

### Семестровий контроль: залік

Обов'язкова умова допуску до екзамену/заліку		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<sup>2</sup>:

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою	Можливість отримання оцінки
95 $\leq$ RD $\leq$ 100	Відмінно	є
85 $\leq$ RD $\leq$ 94	Дуже добре	є
75 $\leq$ RD $\leq$ 84	Добре	є
65 $\leq$ RD $\leq$ 74	Задовільно	немає
60 $\leq$ RD $\leq$ 64	Достатньо	немає
RD < 60	Незадовільно	-
Невиконання умов допуску	Не допущено	-

<sup>2</sup> Оцінювання результатів навчання здійснюється за рейтинговою системою оцінювання відповідно до рекомендацій Методичної ради КПП ім. Ігоря Сікорського, ухвалених протоколом №7 від 29.03.2018 року.

#### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Аспіранти 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: аспіранти 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 аспірантам дозволяється користуватись учбово-методичним забезпеченням (п.4).

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### *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 аспірантами. У разі, якщо невелика кількість аспірантів має бажання пройти онлайн-курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але аспіранти повинні виконати всі завдання, які передбачені у навчальній дисципліні (лабораторні роботи).

## 10. Додатки

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Склав:** проф., д.т.н. Цибенко Олександр Сергійович;

**Ухвалено:** кафедрою динаміки міцності машин та опору матеріалів

(протокол №3 від 26 листопада 2020 р.);

**Погоджено** Методичною комісією інституту<sup>1</sup> (протокол № від «» 2020 року).

---

<sup>1</sup>Шаблон силябусу погоджено методичною радою університету