



СТАТИСТИЧНІ ДИНАМІКА ТА НАДІЙНІСТЬ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

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>Вибіркова дисципліна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/очна(вечірня)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, 2 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів (150 годин) 36 год. – лекцій, 36 год.– лабораторних, 78 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	Лекції, практичні, заліки, екзамени : <i>проф, д.т.н., Цибенко Олександр Сергійович, as-ts@ukr.net</i>
Профіль викладача	http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/24-tsybenko-oleksandr-serhiiovych.html http://intellect.mmi-dmm.kpi.ua/profile/cos1

Програма навчальної дисципліни

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

Мета дисципліни.

Метою навчальної дисципліни «Статистична динаміка та надійність літальних апаратів» є надання теоретичних знань з статистичної динаміки та теорії надійності та практичного застосування методик визначення характеристик надійності і довговічності на основі теоретичного прогнозування та аналізу напрацювання в процесі експлуатації.

В складі дисципліни розглядаються базові питання теорії надійності і статистичної динаміки (лінійні динамічні системи, проходження стаціонарного випадкового процесів, елементи статистичної динаміки нелінійних систем, застосування теорії марковських процесів до вирішення задач статистичної динаміки, стохастичні крайові задачі, аналог метода функцій Гріна, метод стохастичних диференціальних рівнянь та ін) та практичні застосування стосовно до елементів конструкцій авіаційної техніки (засоби забезпечення та контролю показників надійності в процесі проектування, виготовлення і експлуатації).

Предмет дисципліни.

Вивчення дисципліни передбачає оволодіння наступними питаннями (темами):

1. Завдання і методи статичної динаміки механічних систем.
2. Поняття надійності і довговічності технічних об'єктів.
3. Загальна теорія надійності механічних систем.
4. Фізичні основи надійності авіаційних конструкцій.
5. Методики прогнозування і забезпечення надійності елементів авіаційних конструкцій при проектуванні і виготовленні.
6. Методики спостереження та визначення показників надійності елементів авіаційних конструкцій в ході експлуатації.

Знання:

1. Основ теорії надійності;
2. Загальні методи розрахунку показників надійності елементів конструкцій і машин;
3. Фізико-механічні властивості матеріалів;
4. Види кінематичних та жорсткісних сполучень деталей;

Уміння :

1. Розробляти розрахункові схеми конструкцій для оцінки надійності та ресурсу;
2. Ідентифікувати фізико-механічні властивості конструкцій для їх імітаційних моделей;
3. Виконувати статистичні розрахунки несучої здатності елементів конструкцій;
4. Знаходити характеристики надійності і довговічності механічних систем.
5. Формувати програми забезпечення і досліджень надійності елементів конструкцій авіаційної техніки.

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

Наявність освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальністю 131 Прикладна механіка або суміжними спеціальностями, який включає дисципліни Вища математика, Механіка матеріалів і конструкцій, Математична фізика, Теорія пружності/механіка деформівного твердого тіла. Ймовірнісні методи в механіці

Дисципліна «Статистична динаміка та надійність літальних апаратів» 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 ймовірнісні характеристики надійності конструкції. Дисципліна є логічним продовженням дисципліни «Ймовірнісні методи в механіці». Теоретичні знання і практичні навички, отримані під час вивчення дисципліни «Статистична динаміка та надійність літальних апаратів» можна використовувати у подальшому при виконанні досліджень, передбачених тематикою магістерської кваліфікаційної роботи (магістерської дисертації) та в подальшій виробничій діяльності, зокрема стосовно процесів виготовлення і експлуатації авіаційної техніки..

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОЇ ДИНАМІКИ.

Тема 1. Задачі статистичної динаміки. Основні поняття та визначення. Класифікація систем. Вироджені системи. Лінійні динамічні системи.

Тема 2. Метод функцій Гріна. Метод стохастичних диференціальних рівнянь. Метод спектральних розкладів

Тема 3. Елементи статистичної динаміки нелінійних систем. Метод малого параметра. Метод стохастичної лінеаризації.

Тема 4. Застосування теорії марковських процесів до вирішення задач статистичної динаміки. Аналог метода функцій Гріна

Розділ 2. ТЕОРІЯ НАДІЙНОСТІ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ.

Тема 1. Найпростіші задачі теорії надійності. Основні поняття та визначення. Загальний підхід до визначення надійності механічних систем

Тема 2. Вибір просторів якості та областей допустимих станів для різних механічних систем

Тема 3. Метод умовних функцій надійності. Середнє число викидів випадкового процесу на певний рівень. Одномірний та багатомірний випадок

Тема 4. Оцінки для ймовірності рідкісних викидів та для функцій надійності у випадках одномірного та багатовимірного просторів якості

Тема 5. Надійність та довговічність систем марківського типу. Елементи теорії надійності розповсюджених систем

Розділ 3. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ НАДІЙНОСТІ ВИРОБІВ

Тема 1. Фізичні основи зношування. Параметри поверхневого шару виробів

Тема 2. Закономірності зношування. Модель поступової відмови

Розділ 4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ В ПРОЦЕСІ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИПРОБУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Тема 1. Основні принципи проектування авіаційної техніки з урахуванням забезпечення надійності

Тема 2. Випробування із забезпечення надійності

Тема 3. Забезпечення надійності в умовах виробництва

Тема 4. Дослідження причин відмов авіаційної техніки

Тема 5. Аналіз надійності авіаційної техніки на основі спостережень

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Цибенко О.С. Конспект лекцій по дисципліні «Статистична динаміка і надійність» – Київ: НТУУ «КПІ», 2021. – 250 с.
2. Нечипоренко О. М. Основи надійності літальних апаратів : навч. посіб. О. М. Нечипоренко. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 240 с.
3. Теорія надійності систем авіоніки : навч. посіб. : у 2-х ч. / В.М. Грібов [та ін.] ; за заг. ред. А.В. Скрипця. - К. : НАУ, 2006. – Ч.1 Визначення, показники, моделі відмов, методи розрахунку.- 2006. -- 324 с.

Додаткова література :

4. Жерновий Ю.В. Імітаційні моделі надійності: практикум з використання GPSS World / Ю.В. Жерновий. - Житомир : ДП "Житомир-Poligraf", 2020. – 166с.
5. Основи теорії надійності програмних систем : навчальний посібник / В.С. Яковина, М.М. Сенів ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка".- Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 246с.
6. Щепотьєв О., Щепетов В. Надійність авіаційної наземної техніки : навч посібник. – НАУ – 2009 – 240 с.
7. Сухарев Э.А. Теория эксплуатационной надежности машин : Учеб. пос. для студ. спец. "Подъемно-транспорт. строит., дорожные, мелиорат. машины и оборуд. / Э.А. Сухарев ; Ровенский гос. технич. ун-т. - 2-е изд., перераб. и доп., Ровно : РГТУ, 2000. – 164с. - Киев : Наукова думка, 1992. – 328с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Разом	Лекції	Практичні	Лаборатор	Інд. заняття	СРС
Розділ 1. ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОЇ ДИНАМІКИ. Тема 1. Задачі статистичної динаміки. Основні поняття та визначення. Класифікація систем. Вироджені системи. Лінійні динамічні системи	8	2	2			4
Тема 2. Метод функцій Гріна. Метод стохастичних диференціальних рівнянь. Метод спектральних розкладів	8	2	2			4
Тема 3 Елементи статистичної динаміки нелінійних систем. Метод малого параметра. Метод стохастичної лінеаризації.	8	2	2			4
Тема 4. Застосування теорії марковських процесів до вирішення задач статистичної динаміки. Аналог метода функцій Гріна	10	2	2			6
Тема 5. Метод стохастичних диференціальних рівнянь. Метод спектральних представлень.	10	2	2			6
Розділ 2. ТЕОРІЯ НАДІЙНОСТІ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ. Тема 1. Найпростіші задачі теорії надійності. Основні поняття та визначення. Загальний підхід до визначення надійності механічних систем	8	2	2			4
Тема 2. Вибір просторів якості та областей допустимих станів для різних механічних систем	8	2	2			4
Тема 3. Метод умовних функцій надійності. Середнє число викидів випадкового процесу на певний рівень. Одномірний та багатомірний випадок	8	2	2			4
Тема 4. Оцінки для ймовірності рідкісних викидів та для функцій надійності у випадках одномірного та багатовимірного просторів якості	8	2	2			4
Тема 5. Надійність та довговічність систем марківського типу. Елементи теорії надійності розповсюджених систем	10	2	2			6
Розділ 3. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ НАДІЙНОСТІ ВИРОБІВ Тема 1. Фізичні основи зношування. Параметри поверхневого шару виробів	8	2	2			4
Тема 2. Закономірності зношування. Модель поступової відмови	8	2	2			4
Розділ 4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ В ПРОЦЕСІ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИПРОБУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ Тема 1. Основні принципи проектування авіаційної техніки з урахуванням забезпечення надійності	8	2	2			4
Тема 2. Випробування із забезпечення надійності	8	2	2			2
Тема 3. Забезпечення надійності в умовах виробництва	8	2	2			4
Тема 4. Дослідження причин відмов авіаційної техніки	10	2	2			6
Тема 5. Аналіз надійності авіаційної техніки на основі спостережень	10	2	2			6

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

№ з/п	Теми лекційних занять	Кількість годин
1	Лекція 1. Задачі статистичної динаміки. Основні поняття та визначення. Класифікація систем. Вироджені системи. Лінійні динамічні системи	2
2	Лекція 2. Метод функцій Гріна. Метод стохастичних диференціальних рівнянь. Метод спектральних розкладів	2
3	Лекція 3. Елементи статистичної динаміки нелінійних систем. Метод малого параметра. Метод стохастичної лінеаризації.	2
4	Лекція 4. Застосування теорії марковських процесів до вирішення задач статистичної динаміки. Аналог метода функцій Гріна	2
5	Лекція 5. Метод стохастичних диференціальних рівнянь. Метод спектральних представлень.	2
6	Лекція 6. Найпростіші задачі теорії надійності. Основні поняття та визначення. Загальний підхід до визначення надійності механічних систем	2
7	Лекція 7. Вибір просторів якості та областей допустимих станів для різних механічних систем.	2
8	Лекція 8. Метод умовних функцій надійності. Середнє число викидів випадкового процесу. Одномірний та багатомірний випадок	2
9	Лекція 9. Оцінки для ймовірності рідкісних викидів та для функцій надійності у випадках одномірного та багатовимірного просторів якості	2
10	Лекція 10. Надійність та довговічність систем марківського типу. Елементи теорії надійності розповсюджених систем	2
11	Лекція 11. Фізичні основи зношування. Параметри поверхневого шару виробів	2
12	Лекція 12. Закономірності зношування. Модель поступової відмови	2
13	Лекція 13. Основні принципи проектування авіаційної техніки з урахуванням забезпечення надійності	2
14	Лекція 14. Випробування із забезпечення надійності. Забезпечення надійності в умовах виробництва	2
15	Лекція 15. Дослідження причин відмов авіаційної техніки	2
16	Лекція 16. Аналіз надійності авіаційної техніки на основі спостережень	2
17	Лекція 17. Обчислення показників надійності авіаційної техніки	2
18	Лекція 18. Залік	2

№ з/п	Теми практичних занять	Кількість годин
1	Основні поняття теорії ймовірностей. Визначення ймовірностей.	2
2	Метод функцій Гріна. Метод стохастичних диференціальних рівнянь. Метод спектральних розкладів	2
3	Статистична динаміка нелінійних систем: метод малого параметра, метод стохастичної лінеаризації.	2
4	Застосування теорії марковських процесів до вирішення задач статистичної динаміки. Аналог метода функцій Гріна	2

5	Метод стохастичних диференціальних рівнянь. Метод спектральних представлень.	2
6	Розв'язання задач теорії надійності. Загальний підхід до визначення надійності механічних систем	2
7	Вибір просторів якості та областей допустимих станів для різних механічних систем.	2
8	Метод умовних функцій надійності. Середнє число викидів випадкового процесу . Одномірний та багатомірний випадок	2
9	Оцінки для ймовірності рідкісних викидів та для функцій надійності у випадках одномірного та багатовимірного просторів якості	2
10	Надійність та довговічність систем марківського типу. Елементи теорії надійності розповсюджених систем	2
11	Приклади вибору просторів якості та областей допустимих станів для різних механічних систем	2
12	Контрольна робота з основ теорії надійності	
13	Закономірності зношування. Формування моделей поступової відмови.	2
14	Оцінка напрацювання і надійності із використанням діаграм прискорених еквівалентних випробувань.	2
15	Забезпечення надійності в умовах виробництва	2
16	Побудова планів спостережень за процесом експлуатації	2
17	Обчислення параметрів надійності елементів конструкцій авіаційної техніки	2
18	Модульна контрольна робота	2

Платформа дистанційного навчання:

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

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

6. Самостійна робота студента

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):

Дисципліна «Статистична динаміка та надійність літальних апаратів» передбачає такі види самостійної роботи: підготовка до практичних, підготовка до МКР та підготовка до 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.

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. 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.

Отримання студентами знання тем аналізуються виконанням контрольних робіт.

Модульна контрольна робота.

Контроль знань та навиків по темам: 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

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 «Статистична динаміка та надійність літальних апаратів» не передбачає її вивчення англійською мовою.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Статистична динаміка та надійність літальних апаратів» 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	Модульна контрольна робота	20	20	1	20
2	РГР	40	40	1	40
3	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, оцінювання дистанційного навчання

1. Модульна контрольна робота

№ з/п	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 60% потрібної інформації)	60	12	1	12
4.	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	1	0
Максимальна кількість балів					20

2. Розрахунково-графічна робота

№	Контрольна робота	%	Ваговий бал	Кіл-ть	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

Календарний контроль

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

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

Семестровий контроль: залік

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

Умови допуску до семестрового контролю:

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

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою²:

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	-

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)

Можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних курсів

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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою ДММ та ОМ (протокол № 5 від 16 грудня 2021 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ММІ (протокол № 5 від 17 грудня 2021 р.)