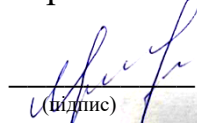


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра мехатроніки та електротехніки (№ 305)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(вiдпис)

Людмила ЛУТАЙ
(ім'я та прізвище)

« 30 » серпня 2024 р.

СИЛАБУС
ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Експлуатація мехатронних систем

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва
(найменування освітньої програми)

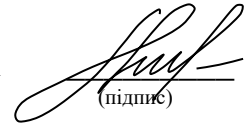
Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий магістерський

Вводиться в дію з «01» вересня 2024 р.

Харків 2024

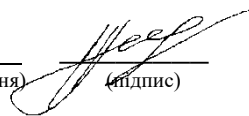
Розробник: професор, д.т.н., доцент Олександр Литвяк
(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище)


(підпис)

Силабус дисципліни «Експлуатація мехатронних систем» розглянуто на
засіданні кафедри мехатроніки та електротехніки
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «29» серпня 2024 р.

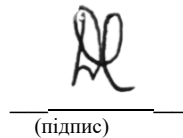
Завідувач кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Р.М. Тріщ
(ім'я та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

Студент гр. 359


(підпис)

Егор Дюділов
(ініціали та прізвище)

Загальна інформація про викладача



ПІБ: Литвяк Олександр Миколайович

Посада: професор кафедри мехатроніки та електротехніки

Науковий ступінь: д.т.н.

Вчене звання: доцент

Перелік дисциплін, які викладає:

Експлуатація мехатронних систем

Автоматизовані системи управління виробничих підприємств

Автоматизовані системи управління технологічних процесів

Системи контролю небезпечних виробничих факторів

Напрями наукових досліджень:

Автоматизація технологічних процесів виробничих підприємств

Причини та розвиток автоколивань у автоматизованих системах управління

1. Опис навчальної дисципліни

Форма навчання – денна.

Семестр, в якому викладається дисципліна – 2-й.

Дисципліна – обов'язкова

Загальна кількість годин:

– за навчальним планом – 180 годин/ 6 кредитів ЄКТС;

– аудиторних – 64 год.;

– самостійна робота – 116 год.;

Види занять – лекції – 32 год., практичні – 32 год.;

Види контролю – модульний контроль, іспит;

Мова викладання – українська.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: – метою вивчення дисципліни «Експлуатація мехатронних систем (ЕМС)» є освоєння студентами теоретичних основ технічної експлуатації, організації технічного обслуговування, відновлення та зберігання складних мехатронних систем (МС).

Завдання: – формування у студентів сукупності знань, вмінь і уявлень з організації експлуатації сучасних мехатронних систем за фахом, методів контролю технічного стану, принципів оцінки безвідмовної роботи МС під час експлуатації, проектування та виконання випробувань на надійність.

Компетентності, які набуваються:

– здатність організувати експлуатацію інтелектуальних мехатронних систем сучасних виробничих підприємств (СК14);

– здатність у процесі професійній діяльності організувати дослідження мехатронних модулів (ММ), мехатронних систем (МС) на надійність, презентувати результати науково-дослідницької діяльності (ЗК1, СК15, СК16);

– здатність аналізувати сучасні мехатронні системи і мехатронні комплекси, визначати стратегії автоматизації виробничих підприємств потребуючих генерації нових ідей та креативного мислення (ЗК2, СК4);

– здатність виконувати математичний опис елементів МС, застосовувати сучасні моделі і методи теорії автоматичного управління, спеціалізоване програмне забезпечення у процесі аналізу функціонування МС (ЗК3, СК3, СК6)

– здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язування складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій (СК7)

– здатність розробляти та вести експлуатаційну документацію сучасних інтелектуальних мехатронних систем виробничих підприємств (СК9);

– здатність налагоджувати та застосовувати інформаційно-вимірювальні системи збору, опрацювання та передавання інформації з використанням

комп'ютерно-інтегрованих технологій з метою контролю якості, забезпечення безпеки та прийняття управлінських рішень (СК10);

– здатність проводити дослідження та презентувати результати науково-дослідницької діяльності (ЗК1, СК15, СК16).

Очікувані результати навчання:

– вміти організувати експлуатацію інтелектуальних мехатронних систем сучасних виробничих підприємств (PH18);

– вміти розробляти високонадійні технічні системи з застосуванням різноманітних методів підвищення надійності (PH02)

– застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, сучасні методи математичного та фізичного моделювання, пакети прикладних програм під час створення, випробувань на надійність, дослідження та оптимізації багатофункціональних комп'ютерно-інтегрованих МС (PH03, PH04, PH05);

– застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення мехатронних систем та комплексів (PH08);

– вміти, налагоджувати та тестувати мехатронні системи та комплекси сучасних виробничих підприємств з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій (PH14);

– вміти розробляти функціональну технічну та інформаційну структуру МК на базі науково-технічних джерел та наукових досягнень з урахуванням технологічних умов виробництва (PH09, PH12);

– вміти проектувати та розробляти експлуатаційну документацію сучасних інтелектуальних МС згідно із стратегією автоматизації виробничого підприємства (PH13);

– вміти організувати та виконувати дослідження і випробування МС на надійність, здійснювати апробацію та публікацію отриманих результатів (PH19, PH20);

– дотримуватись норм академічної доброчесності, захисту інтелектуальної власності, результатів винахідницької та проектної діяльності. (PH11);

– збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її (PH12).

– **Пререквізити** – дисципліна базується на знанні вищої математики, фізики, технічної механіки, загальної електротехніки, мехатронних систем, автоматизованих систем управління виробничих підприємств.

– **Постреквізити:** - забезпечує наступні дисципліни: науково-дослідна робота магістра, дипломне проектування, переддипломна практика.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1 (106 год)

Змістовий модуль 1 Оцінка та прогнозування безвідмовної роботи МС

Тема 1 (106 год.) Оцінка та прогнозування безвідмовної роботи МС

Лекції – 20 год., ПЗ – 20 год., СР – 66 год.

Вступ. Предмет та завдання дисципліни. Етапи життєвого циклу мехатронних систем. Відмова як подія. Основні закони розподілу випадкових подій. Критерії та показники надійності не відновлюваних МС. Основне рівняння надійності. Критерії надійності не відновлюваних МС. Розрахунок потреби запасних елементів, як задача масового обслуговування. Структурні схеми функціонування МС. Підвищення надійності резервуванням. Критерії надійності відновлюваних систем. Комплексні показники надійності відновлюваних МС. Граф станів відновлюваних МС. Загальна система диференціальних рівняння стану МС та перетворення Лапласа. Оцінка надійності відновлюваних МС під час тривалої експлуатації. Система рівнянь Колмогорова. Моделювання надійності МС. Забезпечення надійності МС під час проектування. Випробування ММ та МС на надійність. Визначальні та контрольні випробування на надійність. Типові програми випробувань. Критерій згоди Пірсона. Визначення часу технологічного обслуговування та ремонту.

Перелік лекцій та практичних занять з модулю 1

Лекція 1 Предмет і завдання дисципліни. Подія як випадкова величина.

Лекція 2 Ймовірність події. Функція розподілу ймовірності.

Лекція 3 Числові показники випадкових величин. Закони розподілу.

Лекція 4 Критерії надійності МС що не відновлюються.

Лекція 5 Оцінка надійності не відновлюваних ММ.

Лекція 6 Підвищення надійності МС резервуванням.

Лекція 7 Критерії надійності МС, що відновлюються.

Лекція 8 Комплексні показники надійності МС.

Лекція 9 Оцінка надійності під час проектування МС.

Лекція 10 Випробування МС на надійність.

ПЗ-1 Випадкові величини.

ПЗ-2 Оцінка ймовірності випадкової події

ПЗ-3 Статистична обробка результатів вимірювань.

ПЗ-4 Статистична обробка результатів спостереження відмов.

ПЗ-5 Прогнозування відмов не відновлюваних ММ.

ПЗ-6 Показники надійності не відновлюваних систем.

ПЗ-7 Одиничні показники надійності відновлюваних МС.

ПЗ-8 Оцінка готовності складних відновлюваних МС.

ПЗ-9 Моделі стану відновлюваних систем.

ПЗ-10 Випробування на надійність.

Модульний контроль.

Модуль 2 (74 год)

Змістовий модуль 2 Організація технічної експлуатації МС

Тема 2 (74 год.) Організація технічної експлуатації МС

Лекції – 12 год., ПЗ – 12 год., СР – 50 год.

Експлуатаційні показники МС. Основні поняття та терміни експлуатації. Прийом, монтаж та здавання обладнання в експлуатацію. Організація виробничої експлуатації. Начальник цеху, майстер цеху, експлуатаційний персонал цеху. Допуск до самостійної роботи персоналу. Організація технічного обслуговування та ремонту. Ресурс та термін служби обладнання. Відділ головного механіка. Система технічного обслуговування та ремонту. Технічна діагностика. Види та методи технічного діагностування. Моделі пошуку відмовивших елементів у мехатронних системах (групових та по елементних перевірках). Логічний аналіз симптомів відмов. Раціональне технічне діагностування. Експлуатаційна документація. Загальні положення, склад експлуатаційної документації. Керівна, плануюча, обліково-звітна документація. Експлуатаційно-технічна документація. Ремонтна документація. Внесення змін в експлуатаційну та ремонтну документацію. Прийом обладнання і монтаж мехатронних систем. Техніка безпеки під час монтажу. Прийом-здавання змонтованого обладнання у експлуатацію.

Перелік лекцій та практичних занять з модулю 2

Лекція 11 Основні поняття та терміни експлуатації.

Лекція 12 Система ТО и ремонту.

Лекція 13 Контроль та діагностування технічних систем.

Лекція 14 Організація виробничої експлуатації і безпека праці.

Лекція 15 Експлуатаційна документація МС

Лекція 16 Монтаж і прийом МС у експлуатацію.

ПЗ-11 Надійність МС (модульний контроль).

ПЗ-12 Визначення періодичності ТО мехатронних систем.

ПЗ-13 Аналіз відповідності ТУ ММ за даними випробувань.

ПЗ-14 Організація експлуатації і безпека праці.

ПЗ-15 Експлуатаційна документація МС.

ПЗ-16 Прийом МС у експлуатацію (модульний контроль)

4. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

5. Методи навчання

Проведення аудиторних занять (лекцій, практичних занять, розрахунків), індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами опублікованими кафедрою.

6. Методи контролю

Проведення поточного контролю вивчення дисципліни на лекціях та практичних заняттях, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

7. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

7.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...2	10	0...20
Робота на практичних заняттях	0...5	10	0...30
Модульний контроль	0...50	20	0...50
Всього за 1-й змістовний модуль			0...50
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...2	6	0...12
Робота на практичних заняттях	0...5	6	0...30
Модульний контроль	0...50	12	0...50
Всього за 2-й змістовний модуль			0...50
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

7.2. Якісні критерії оцінювання

Білет для іспиту складається з двадцяти питань, які входять до тестів лекцій і практичних занять, та двох практичних завдань складного та інноваційного рівню. Максимальна кількість балів за одне теоретичне запитання – 3 бала. Максимальна кількість балів за одне практичне завдання – 20 балів.

Необхідний перелік знань для одержання позитивної оцінки:

- етапи життєвого циклу мехатронних систем;
- методи забезпечення надійності мехатронних систем;
- моделі технічного обслуговування складних систем;
- основні положення щодо організації технічної експлуатації МС;
- склад експлуатаційної документації на мехатронні системи.

Необхідний перелік умій для одержання позитивної оцінки:

- оцінювати надійність мехатронних систем під час випробувань;
- прогнозувати безвідмовну роботу мехатронних систем;
- обґрунтовувати періодичність технічного обслуговування мехатронних систем;
- вибирати моделі пошуку елементів, що відмовили;
- визначати оптимальну кількість запасних елементів;
- вносити зміни в експлуатаційну документацію.

Приклад 1

1. Теоретичні питання:

1	Надійність	11	Гамма-відсотковий ресурс
2	Справність	12	Основне рівняння надійності
3	Працездатність	13	Функція $P(t)$ для нормальної експлуатації
4	Відмова	14	Визначення потоку відмов за відрізок часу Δt через t годин напрацювання
5	Технічний стан	15	Навантажене резервування
6	Діагностування	16	Статистичне визначення середнього часу напрацювання на відмову
7	Стадії життєвого циклу МС	17	Інтенсивність відновлення
8	Технічне обслуговування	18	Структурна схема системи ППР
9	Невідновлюваний об'єкт	19	Коефіцієнт і функція готовності
10	Інтенсивність відмов (фізичний сенс)	20	Система рівнянь Колмогорова

Практичне завдання 1 (20 балів)

Мехатронна система складена з 4 підсистем, кожна з котрих має індивідуальні показники потоку відмов ω_i , то потоку відновлень μ_i .

Необхідно:

1. Визначити потрібний час на відновлення кожної підсистеми;
2. Виконати прогнозування імовірності безвідмовної роботи за часом, та час переходу системи на рівноважний стан;
3. Визначити коефіцієнт готовності під час тривалої експлуатації.

Вихідні данні розрахунку наведено у табл..1

Таблиця 1 – Вихідні данні

i	$\omega_i, \text{час}^{-1}$	$\mu_i, \text{час}^{-1}$
1	0,0025	0,05
2	0,002	0,0200
3	0,00167	0,0333
4	0,00143	0,0143

Практичне завдання 2 (20 балів)

До складу мехатронної системи входять n підсистеми, відмова кожної з яких призводить до відмови всі системи. Визначити періодичність технічного обслуговування системи, вважаючи потік відмов усіх підсистем пуассонівським. Скласти графік технічного обслуговування МС.

Вихідні данні:

- кількість підсистем – $n=4$;
- інтенсивність відмов підсистем:
 $\lambda_1=0,000125$; $\lambda_2=0,00025$; $\lambda_3=0,000115$; $\lambda_4=0,000127$.
 $P(t_{T0}) \geq 0,85$.

7.3 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні заняття. На базі отриманих знань знати шляхи розв'язування типових завдань за фахом.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум. Своєчасно виконувати та захищати усі практичні заняття в обумовлені викладачем терміни. На базі отриманих знань вміти розв'язувати прості завдання та надавати пропозиції що до вирішення складних завдань що виникають у процесі експлуатації МС.

Відмінно (90-100). Вільно володіти у повному обсязі мінімумом. Своєчасно виконувати та захищати усі практичні заняття в обумовлені викладачем терміни з обґрунтуванням прийнятих рішень та оформленням з дотриманням вимог ЄСКД. На базі отриманих знань вміти розв'язувати складні та інноваційні завдання що виникають у процесі експлуатації МС.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

8. Політика навчального курсу

Політика навчального курсу цілком спрямована на виховання відповідальності здобувача за відвідування занять та підготовку до них, самостійне, своєчасне та якісне виконання завдань, з цією метою

- не передбачається підвищення отриманих балів протягом семестру (від балів можна відмовитися перед екзаменом або захистом модулю);
- звіти, що подані несвоєчасно, оцінюються не вище «задовільно»;
- якщо здобувач має поважну причину пропуску занять, те звіт можна подати викладачу у часи консультацій.

9. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни «Експлуатація мехатронних систем»

https://drive.google.com/drive/u/2/folders/1EJnJId0WEE22OjkTR3pHPvMQ1N7y_6I2.

2. Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва» за спеціальністю 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» для підготовки магістрів. 2024р.

<https://khai.edu.ua/education/osvitni-programi-i-komponenti/osvitni-programi-magistriv/osvitno-profesijni-programi88/komp%e2%80%99yuterno-integrovaniteh/osvitno-profesijni-programi147/>

3. Навчально-методичний комплекс дисципліни:

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=8763>

10. Рекомендована література

Базова

1. Теоретичні основи експлуатації мехатронних комплексів [Текст] : навч. посіб. / М. П. Благодарний, І. П. Внуков. — Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2014. — 176 с.
2. Теоретичні основи експлуатації мехатронних комплексів [Текст] : навч. посіб. до практичних занять / М. П. Благодарний. — Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2016. — 176 с.
3. Метрологічне забезпечення експлуатації мехатронних комплексів [Текст] : навч. посіб. до курс. і дипл. проектування / М. П. Благодарний, Ю. В. Козлов, С. А. Агаркова. — Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2015. — 68 с.

Допоміжна

1. Основи цифрових систем/ І.П.Барбаш та інш. – Підручник.-Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2002.-672 с.
2. Основи діагностики цифрових систем [Текст] : підручник / В.С. Харченко, Є.А. Артеменко, М.П. Благодарний, В.М. Ілюшко та інш. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т —Харк. авіац. ін-т, 2004. — 665 с.

11. Інформаційні ресурси

1. Основи цифрових систем/ І.П.Барбаш та інш. – Підручник.-Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2002.-672 с.
2. Основи діагностики цифрових систем [Текст] : підручник / В.С. Харченко, Є.А. Артеменко, М.П. Благодарний, В.М. Ілюшко та інш. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т —Харк. авіац. ін-т, 2004. — 665 с.

ДОДАТОК

Перелік галузей знань, спеціальностей та освітніх програм, за якими відбувається підготовка здобувачів в університеті

Галузі знань: 02 Культура і мистецтво, 03 Гуманітарні науки, 05 Соціальні та поведінкові науки, 07 Управління та адміністрування, 08 Право, 10 Природничі науки, 11 Математика та статистика, 12 Інформаційні технології, 13 Механічна інженерія, 14 Електрична інженерія, 15 Автоматизація та приладобудування, 16 Хімічна та біоінженерія, 17 Електроніка та телекомунікації, 19 Архітектура та будівництво, 26 Цивільна безпека, 27 Транспорт, 28 Публічне управління та адміністрування, 29 Міжнародні відносини

Спеціальності: 029 Інформаційна, бібліотечна та архівна справа, 035 Філологія, 051 Економіка, 053 Психологія, 071 Облік і оподаткування, 072 Фінанси, банківська справа та страхування, 073 Менеджмент, 075 Маркетинг, 076 Підприємництво, торгівля та біржова діяльність, 081 Право, 101 Екологія, 103 Науки про Землю, 113 Прикладна математика, 121 Інженерія програмного забезпечення, 122 Комп'ютерні науки, 123 Комп'ютерна інженерія, 124 Системний аналіз, 125 Кібербезпека, 126 Інформаційні системи та технології, 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 142 Енергетичне машинобудування, 144 Теплоенергетика, 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка, 153 Мікро- та наносистемна техніка, 163 Біомедична інженерія, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 173 Авіоніка, 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка, 193 Геодезія та землеустрій, 272 Авіаційний транспорт, 262 Правоохоронна діяльність, 274 Автомобільний транспорт, 281 Публічне управління та адміністрування, 292 Міжнародні економічні відносини

Освітні програми: Інформаційна, бібліотечна та архівна справа, Прикладна лінгвістика, Економіка підприємства, Психологія, Облік і оподаткування, Фінанси, банківська справа та страхування, Менеджмент, Логістика, Управління проектами, Маркетинг, Підприємництво, торгівля та біржова діяльність, Право, Екологія та охорона навколишнього середовища, Космічний моніторинг Землі, Обчислювальний інтелект, Інженерія програмного забезпечення, Інформаційні технології проектування, Комп'ютеризація обробки інформації та управління, Інтелектуальні системи та технології, Комп'ютерні технології в біології та медицині, Комп'ютерні системи та мережі, Системне програмування, Системний аналіз і управління, Безпека інформаційних і комунікаційних систем, Інформаційні системи та технології підтримки віртуальних середовищ, Розподілені інформаційні системи, Штучний інтелект та інформаційні системи, Динаміка і міцність машин, Роботомеханічні системи і логістичні комплекси, Комп'ютерний інжиніринг, Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки, Авіаційні двигуни та енергетичні установки, Ракетно-космічна техніка, Інтелектуальні безпілотні транспортні засоби, Комп'ютерно-інтегроване управління в енергетиці, Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії, Газотурбінні установки і компресорні станції, Енергетичний менеджмент, Інженерія мобільних додатків, Комп'ютерні системи технічного зору, Комп'ютерні технології проектування та виробництва, Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва, Інтелектуальні інформаційні вимірювальні системи, Якість, стандартизація та сертифікація, Мікро- та наносистемна техніка, Біомедична інженерія, Інформаційні мережі зв'язку, Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси, Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів, Геоінформаційні системи і технології, Правоохоронна діяльність, Інтелектуальні транспортні системи, Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів, Автомобілі та автомобільне господарство, Публічне управління та адміністрування, Міжнародна економіка.