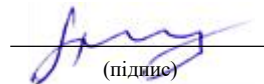


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

О. Г. Гребеніков
(ініціали та прізвище)

«_____» _____ 2022 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА *ВИБІРКОВОЇ*
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань:

27 «Транспорт»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність:

272 «Авіаційний транспорт»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма:

*Технічне обслуговування та ремонт повітряних
суден і авіадвигунів*

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти:

перший (бакалаврський)

(рівень освіти)

Харків 2022 рік

Розробник

Зеленський Р. Л., к.т.н., доцент
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри

Конструкції авіаційних двигунів
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » серпня 2022 р.

Завідувач кафедри

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


(підпис)

С. В. Єніфанов
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)	
Кількість кредитів - 4	Галузь знань: 27 «Транспорт» (шифр і назва)	вибіркова	
Кількість модулів – 2	Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»	Навчальний рік 2022 / 2023	
Кількість змістових модулів – 2		Семестр	
Індивідуальне завдання: (назва)		8	6
Загальна кількість годин – 54 ¹⁾ /120		група	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4.5 самостійної роботи студента – 5.5	Освітня програма: <i>Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів</i>	140опс	130опс ст
		Лекції *	
	Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u>	24 год.	
		Практичні, семінарські ¹⁾	
		.-	
		Лабораторні ¹⁾	
		30 год	
		Самостійна робота	
		66 год.	
		Вид контролю	
		Модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання – 54¹⁾/66

1) Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни є додання до знань студентів в області робочих процесів, конструкції, систем і агрегатів газотурбінних двигунів нових знань по діагностуванню їх технічного стану спеціальними інструментальними засобами і за вимірюваними в експлуатації параметрами.

Завдання вивчити теоретичний курс.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

Загальні компетентності: ЗК3 - навички використання інформаційних і комунікаційних технологій, ЗК4 – здатність проведення дослідження на відповідному рівні, ЗК7 - здатність працювати автономно, ЗК8 - здатність працювати у команд.

Спеціальні (фахові) компетентності: СК 01 - здатність дотримуватися у професійній діяльності вимог міжнародних та національних нормативно-правових документ в галузі авіаційного транспорту, інструкцій та рекомендацій з експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту та їх систем, СК 02 - здатність аналізувати об'єкти авіаційного транспорту та їх складові, визначати вимоги до їх конструкцій, параметрів та характеристик, СК 03 - здатність здійснювати експериментальні дослідження та вимірювання параметрів та характеристик об'єктів авіаційного транспорту, їх агрегатів, систем та елементів, СК18 - здатність вирішення завдань з планування технічної експлуатації повітряних суден, експлуатаційної надійності, регулярності польотів.

Програмні результати навчання: РН11 - аналізувати побудову і функціонування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем, елементів, фактори, що впливають на їхні характеристики та параметри, РН12 - визначати параметри об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів шляхом проведення вимірювального експерименту з оцінкою його результатів, РН19 - здійснювати технічне діагностування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів, використовуючи ефективні засоби, відповідні технічні регламенти, стандарти та інші нормативні документи.

Пререквізити: Математичний аналіз, Фізика, Теорія теплових двигунів, Конструкція та міцність літальних апаратів.

Кореквізити: основи технічної діагностики

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Засоби збору діагностичної інформації. Методи статистичних рішень.

ТЕМА 1. Вступ до дисципліни. Завдання діагностики на різних етапах життєвого циклу двигуна.

Предмет вивчення та задачі дисципліни. Місце дисципліни в учбовому плані. Рекомендована література. Стратегії експлуатації та роль діагностики в їх забезпеченні. Проблема оцінки стану технічних об'єктів. Вимоги щодо її розв'язання на різних етапах життєвого циклу АД та ЕУ. Функціональна та тестова діагностика. Пошук несправностей.

Прогнозування. Історія розвитку методів оцінки технічного стану об'єктів авіаційної техніки у виробництві, випробуваннях та експлуатації. Експлуатація виробів за технічним станом.

ТЕМА 2. Системи діагностування об'єктів авіаційної техніки.

Системи діагностування ГТД. Системи візуального відображення. Системи на основі аварійних реєстраторів параметрів польоту. Системи, що базуються на використанні експлуатаційних реєстраторів. Системи на основі загальнолітакової БАСК. Системи з БСКД. Типова схема інформаційного обміну двигунової установки в складі загальнолітакової інформаційної системи. Основні елементи систем діагностування: вимірювачі, канали інформаційного обміну, обчислювальні пристрої, реєстратори. Приклади конкретних бортових та наземних систем діагностичного аналізу. Історична ретроспектива розвитку систем.

ТЕМА 3. Засоби збору, передачі, обробки та реєстрації діагностичної інформації.

Засоби збору, передачі, обробки та реєстрації діагностичної інформації. Фізичні принципи вимірювання параметрів та перетворення механічних величин у електричні. Системи вимірювання обертів, температури робочого тіла, витрати палива, лінійних та кутових пересувань, параметрів вібрації. Сигналізатори граничних значень параметрів, наявності стружки в олії та ін. Аналого-цифрові перетворювачі (частотно-імпульсні, імпульсно-частотні та з поразрядним кодуванням). Наземні системи діагностування.

ТЕМА 4. Опис діагностичної інформації методами теорії ймовірностей та математичної статистики.

Опис діагностичної інформації методами теорії ймовірностей та математичної статистики. Дискретні та безперервні випадкові величини. Функції накопиченої ймовірності та щільності ймовірності. Типові розподіли. Нормальний закон розподілу, його роль у технічних задачах. Основні перетворення випадкових величин. Параметри розподілу. Основи математичної статистики. Оцінки та їх властивості. Вибіркові розподіли. Аналіз завдань прямих та непрямих вимірювань.

ТЕМА 5. Теорія перевірки статистичних гіпотез.

Теорія перевірки статистичних гіпотез. Аналіз завдань діагностики як завдань перевірки статистичних гіпотез. Похибки першого та другого роду. Метод мінімального середнього ризику. Метод мінімальної кількості помилкових рішень. Метод Неймана-Пірсона.

Модульний контроль.

Модуль 2

Змістовий модуль 2. Методи допускового контролю та тренд аналізу.

ТЕМА 1. Методи допускового контролю.

Методи допускового контролю. Допусковий контроль параметрів двигуна за граничними значеннями. Методика визначення вірогідності діагностування та призначення граничних значень. Допусковий контроль за відхиленнями від базових значень. Методика ідентифікації математичних моделей нормального стану об'єктів. Визначення оптимальних допусків для контролю за відхиленнями параметрів від базових значень. Мажоритарні методи підвищення вірогідності контролю.

ТЕМА 2. Методи тренд-аналізу.

Методи тренд-аналізу. Застосування згладжування інформації для тренд-аналізу. Параметричні та непараметричні критерії тренду. Виявлення тренду параметрів двигуна за допомогою критерію Хальда та інтегрального критерію.

ТЕМА 3. Методи прогнозування.

Методи прогнозування технічного стану. Ідентифікація прогнозуючих моделей. Визначення довірчих інтервалів та довірчих функцій. Екстраполяція результатів на наступний час.

ТЕМА 4. Методи розпізнавання дефектів.

Методи розпізнавання дефектів. Алгоритмічні методи пошуку несправностей: емпіричний підхід та підхід, що заснований на використанні математичної моделі об'єкта. Формування діагностичних математичних моделей авіаційних двигунів як об'єктів діагностування. Ідентифікація математичних моделей. Метод діагностичних матриць. Методи розпізнавання образів. Визначення вірогідності розпізнавання станів двигуна. Визначення параметрів, що не вимірюються (тяги та ін.) із урахуванням зміни технічного стану двигуна. Синтез системи вимірювання для діагностування.

ТЕМА 5. Інструментальні методи діагностування ГТД

Інструментальні методи діагностування ГТД. Візуально-оптичне діагностування проточної частини. Ендоскопи, бороскопи. Приклади припустимих пошкоджень проточної частини. Діагностування вузлів тертя за параметрами мастила та за накопичуванням продуктів зношування у мастилі. Методи визначення вмісту частинок зношування у мастилі: радіаційний, калориметричний, спектральний, ферографічний, атомної емісії, атомно-адсорбційний, атомно-флуоресцентний. Сигналізатори стружки та магнітні пробки. Діагностування технічного стану підшипників. Капілярна, люмінесцентна та кольорова дефектоскопія. Магнітопорошковий, магнітографічний, магнітоферозондовий і індукційний методи. Ультразвукова дефектоскопія.

Модульний контроль.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	7
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Засоби збору діагностичної інформації. Методи статистичних рішень.					
ТЕМА 1. Вступ до дисципліни. Завдання діагностики на різних етапах життєвого циклу двигуна.	5	1	-	-	4
ТЕМА 2. Системи діагностування об'єктів авіаційної техніки.	6	2	-	-	4
ТЕМА 3. Засоби збору, передачі, обробки та реєстрації діагностичної інформації.	15	3	-	2	10
ТЕМА 4. Опис діагностичної інформації методами теорії ймовірностей та математичної статистики.	21	3	-	10	8
ТЕМА 5. Теорія перевірки статистичних гіпотез.	16	2	-	6	8
Модульний контроль	1	1			
Разом за змістовим модулем 1	64	12	-	18	34
Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Методи допускового контролю та тренд аналізу.					
ТЕМА 1. Методи допускового контролю.	10	2	-	0	8
ТЕМА 2. Методи тренд-аналізу.	13	3	-	6	4
ТЕМА 3. Методи прогнозування.	10	2	-	4	4
ТЕМА 4. Методи розпізнавання дефектів.	10	2	-	-	8
ТЕМА 5. Інструментальні методи діагностування ГТД	12	2	-	2	8
Модульний контроль	1	1			
Разом за змістовим модулем 2	56	12	-	12	32
Усього годин	120	24	-	30	66

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		0
	Разом	0

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
1		0
	Разом	0

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Похибки заходів вимірювання	2
2	Використання математичних моделей при діагностуванні	4
3	Визначення параметрів законів розподілу	6
4	Теорія перевірки статистичних гіпотез	6
5	Методи тренд-аналізу	4
6	Оценка принадлежности двух выборок одной генеральной совокупности	4
7	Методи візуального контролю	2
	Разом	30

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Концепції експлуатації авіаційної техніки	4
2	Системи діагностування ГТД	4
3	Засоби вимірювання параметрів ГТД	10
4	Основи теорії ймовірностей	4
5	Основи математичної статистики	4
6	Методи перевірки статистичних гіпотез	8
7	Методи допускового контролю ГТД	6
8	Методи тренд-аналізу	6
9	Методи прогнозування	4
10	Методи розпізнавання дефектів ГТД	8
11	Інструментальні методи діагностування ГТД	8
	Разом	66

9. Індивідуальне завдання

-

10. Методи навчання

Основні форми навчання:

- лекційна;
- лабораторні роботи;
- самостійна робота студента;
- іспит.

На лекціях студентів даються основні поняття, основи теорії, закономірності, необхідні для підготовки до виконання лабораторних робіт, самостійної роботи, а також виконання індивідуального завдання.

Лекція, розв'язує тільки одну дидактичну задачу – дає первісне знайомство з темою, організовує первісне сприйняття матеріалу, формулює основні проблеми.

Проведення лабораторних робіт базується на словесному (аналітичному) описанні об'єкта. Під час проведення лабораторних робіт використовується бригадний характер праці студентів.

Основною формою навчання є самостійна робота. До неї не можна приступати без певного багажу знань, які даються на лекції. Під час самостійної роботи студенти поглиблено вивчають лекційний матеріал, готуються до проведення лабораторних робіт.

11. Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито на два змістових модулі:

1. Засоби збору діагностичної інформації. Методи статистичних рішень.
2. Методи допускового контролю та тренд аналізу.

Складання модуля 1 – на 6-му тижні (один раз), складання модуля 2 – на 12-му тижні (один раз).

До складання модулів студент допускається за умови виконання всіх видів обов'язкових робіт, передбачених у модулях.

Оформлення лабораторних робіт – *письмово*, захист – *усно*.

Семестр 8 – *іспит*.

Питання для самостійної роботи студентів

Модуль 1

1. Предмет вивчення та задачі дисципліни.
2. Стратегії експлуатації та роль діагностики в їх забезпеченні.
3. Проблема оцінки стану технічних об'єктів.
4. Вимоги щодо її розв'язання на різних етапах життєвого циклу АД та ЕУ.
5. Функціональна та тестова діагностика.
6. Історія розвитку методів оцінки технічного стану об'єктів авіаційної техніки у виробництві, випробуваннях та експлуатації.
7. Експлуатація виробів за технічним станом.
8. Системи діагностування ГТД.
9. Системи візуального відображення.
10. Системи на основі аварійних реєстраторів параметрів польоту.
11. Системи, що базуються на використанні експлуатаційних реєстраторів.
12. Системи на основі загальнолітакової БАСК.
13. Системи з БСКД.
14. Типова схема інформаційного обміну двигунової установки в складі загальнолітакової інформаційної системи.
15. Основні елементи систем діагностування: вимірювачі, канали інформаційного обміну, обчислювальні пристрої, реєстратори.

16. Фізичні принципи вимірювання параметрів та перетворення механічних величин у електричні.
17. Системи вимірювання обертів, температури робочого тіла, витрати палива, лінійних та кутових пересувань, параметрів вібрації. Сигналізатори граничних значень параметрів, наявності стружки в олії та ін.
18. Аналого-цифрові перетворювачі (частотно-імпульсні, імпульсно-частотні та з поразрядним кодуванням).
19. Опис діагностичної інформації методами теорії ймовірностей та математичної статистики.
20. Дискретні та безперервні випадкові величини. Функції накопиченої ймовірності та щільності ймовірності. Типові розподіли. Нормальний закон розподілу, його роль у технічних задачах.
21. Основи математичної статистики. Оцінки та їх властивості. Вибіркові розподіли.
22. Формування діагностичних математичних моделей авіаційних двигунів як об'єктів діагностування.
23. Методика ідентифікації математичних моделей нормального стану об'єктів.
24. Теорія перевірки статистичних гіпотез.
25. Аналіз завдань діагностики як завдань перевірки статистичних гіпотез.
26. Похибки першого та другого роду.
27. Метод мінімального середнього ризику.
28. Метод мінімальної кількості помилкових рішень.
29. Метод Неймана-Пірсона.

Модуль 2.

1. Методи допускового контролю.
2. Допусковий контроль параметрів двигуна за граничними значеннями.
3. Методика визначення вірогідності діагностування та призначення граничних значень.
4. Допусковий контроль за відхиленнями від базових значень.
5. Визначення оптимальних допусків для контролю за відхиленнями параметрів від базових значень
6. Мажоритарні методи підвищення вірогідності контролю
7. Методи тренд-аналізу
8. Застосування згладжування інформації для тренд-аналізу.
9. Параметричні та непараметричні критерії тренду.
10. Виявлення тренду параметрів двигуна за допомогою критерію Хальда та інтегрального критерію
11. Методи розпізнавання дефектів.
12. Алгоритмічні методи пошуку несправностей: емпіричний підхід та підхід, що заснований на використанні математичної моделі об'єкта.
13. Метод діагностичних матриць. Методи розпізнавання образів.
14. Визначення вірогідності розпізнавання станів двигуна.
15. Визначення параметрів, що не вимірюються (тяги та ін.) із урахуванням зміни технічного стану двигуна
16. Інструментальні методи діагностування ГТД.
17. Візуально-оптичне діагностування проточної частини. Ендоскопи, бороскопи.
18. Приклади припустимих пошкоджень проточної частини.
19. Діагностування вузлів тертя за параметрами мастила та за накопичуванням продуктів зношування у мастилi.

20. Методи визначення вмісту частинок зношування у мастил: радіаційний, калориметричний, спектральний, фєрографічний, атомної емісії, атомно-адсорбційний, атомно-флуоресцентний.

21. Капілярна, люмінесцентна та кольорова дефектоскопія.

22. Магнітопорошковий, магнітографічний, магнітоферозондовий і індукційний методи.

23. Ультразвукова дефектоскопія.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

12.1 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...0,5	6	0...3
Виконання і захист лабораторних робіт	3...5	4	12...20
Модульний контроль	18...27	1	18...27
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	6	0...3
Виконання і захист лабораторних	3...5	4	12...20
Модульний контроль	18...27	1	18...27
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Допуск до іспиту надається за умов відпрацювання та здачі усіх лабораторних робіт.

Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох запитань з першого та другого модуля.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 20.

12.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

знати:

- Основні засоби збору інформації;
- Методи статистичних рішень;
- Методи тренд-аналізу.

вміти:

- використовувати математичні моделі для діагностування;
- визначати граничні значення вимірювальних параметрів для переходу з одного стану в інший;
- використовувати теорію інформації

12.3. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні.. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати основні методи діагностування. Вміти використовувати методи статистичних рішень.

Добре (75-89). Усі вимоги, які необхідні для оцінки задовільно Знати засоби збору інформації. Знати методи допускового контролю та тренд-аналізу..

Відмінно (90-100). Усі вимоги, які необхідні для оцінки добре. Знати методи теорії ймовірності та математичної статистики. Знати методи розпізнавання дефектів. Знати методи неруйнівного діагностування.

Шкала оцінювання: бальна та традиційна

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

13. Методичне забезпечення

1. <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1178>
2. Дидактичні матеріали (наочні посібники).
3. Розрахункові та контрольні програми ПЕОМ:
 - «Математична модель ГТД» (Models);
 - «Похибки заходів вимірювання» (Project).
 - «Моделювання статистичних даних методом Монте-Карло» (isnos);
4. Методичні розробки каф. 203 з методиками розрахунків та варіантами завдань.

14. Рекомендована література

Базова

1. Біргер, І. А. Технічна діагностика [Текст]. - М. : Машиностроение. – 2022. – 240 с.
2. Сидорів В.А. Технічна діагностика механічного обладнання: підручник/В.А. Сидорів. Інфра-Інженерія, 2021. - 256 с.
3. Технологія експлуатації, діагностики та ремонту газотурбінних двигунів [Текст]: навчальний посібник / Ю. С. Єлісєєв, В. В. Кримов, К. А. Малиновський та ін - М.: Вища школа, 2002. - 305 с
4. ДЕРЖСТАНДАРТ 20911-89 Технічна діагностика. Терміни та визначення. - Замість ГОСТ 20911-75; введ. 1991-01-01. - 13 с.

Допоміжна

1. Дмитрієв С. А. Побудова портрета несправностей проточної частини газотурбінного двигуна на прикладі AI-25 / С. А. Дмитрієв, А. В. Попов // ААЕКС: Автоматика. Автоматизація. Електротехн. комплекси та системи. - 2009. - № 1 (23). - С.24-2
2. Єпіфанов С. В. Ідентифікація статичної та динамічної моделей проточної частини як засіб діагностування ВМД / С. В. Єпіфанов, І. І. Лобода // Вісн. двигунобудування. - 2004. - № 2. - С. 206-212.
3. Синтез систем управління та діагностування газотурбінних двигунів [Текст] /С.В. Єпіфанов, Б. І. Кузнєцов, І. Н. Богаєнко та ін. – К. : Техніка, 1998. – 312 с.
4. Смирнов, Н. Н. Обслуговування та ремонт авіаційної техніки за станом [Текст] / Н. Н. Смирнов, А. А. Іцкович. - М.: Транспорт. - 1987. - 272 с.
5. Ніконова, І. А. Техніко-економічна ефективність авіаційних ВМД в експлуатації [Текст] / І. А. Ніконова, В. Т. Шепель. - М.: Машинобудування. - 1989.
6. Мозгалевський, А. В. Технічна діагностика (безперервні об'єкти) [Текст] / А. В. Мозгалевський, Д. В. Гаскаров. - М.: Вища школа. - 1975. - 207 с.

7. Основи технічної діагностики. [Текст]; за ред. П. П. Пархоменко. - М.: Енергія. - 1976. - 460 с. - Кн. 1. Моделі об'єктів, методи та алгоритми діагнозу
8. Лозицький, Л. П. Оцінка технічного стану авіаційних ВМД [Текст]/Л. П. Лозицький, А. К. Янко, В. Ф. Лапшов. - М.: Транспорт. - 1982.
9. Кеба І. В. Діагностика авіаційних газотурбінних двигунів [Текст]/І. В. Кеба. - М.: Транспорт, 1980. - 240 с.
10. Сиротін, Н. Н. Технічна діагностика авіаційних газотурбінних двигунів [Текст] / Н. Н. Сиротін, Ю. М. Коровкін. - М.: Машинобудування. - 1979. - 271 с.
11. Контроль та діагностування цивільної авіаційної техніки [Текст] / В. І. Ям-польський та ін - М.: Транспорт. - 1990. - 182 с.
12. Практична діагностика авіаційних газотурбінних двигунів [Текст]; за ред. В. П. Степаненко. - М.: Транспорт. - 1985.
13. Ахмедянов, А. М. Діагностика стану ВРД за термогазодинамічних параметрів [Текст] / А. М. Ахмедянов, Н. Г. Дубравський, А. П. Тунаков. - М.: Транспорт. - 1979.
14. Технічні засоби діагностування [Текст]: довідник / В. В. Ключев, П. П. Пархоменко, В. Є. Абрамчук та ін; за ред. В. В. Ключева. - М.: Машинобудування, 1989. - 672 с.
15. Закс, Л. Статистичне оцінювання [Текст]/Л. Закс. - М.: Статистика, 1977. - 425 с.

15. Інформаційні ресурси

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1178>