ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

РОСТОВСКИЙ ФИЛИАЛ МГТУ ГА

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 13DE759CC81E7DCE9F325D44F50492B6
Владелец: Бобушев Сергей Алексеевич
Действителен: с 11.12.2023 до 05.03.2025

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по НиМР
_____ И.А. Сизько
«26» мая 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **Б1.ОД.39 Основы теории надёжности**
(*шифр и название дисциплины*)

Направление подготовки	25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей		
Квалификация (степень)	Бакалавр		
Профиль подготовки	Поддержание летной годности		
Кафедра	Воздушных судов и авиационных двигателей		
Курс обучения	3		
Форма обучения	очная		
Общий объём учебных часов на дисциплину	108 *часов*	3 *з.е.*	
Семестр	5		
Объём аудиторной нагрузки	36 *часов*		
Лекции	12 *часов*		
Практические занятия	12 *часов*		
Лабораторные работы	12 *часов*		
Курсовой проект			
Зачёт			
Дифференцированный зачёт	5 *семестр*		
Экзамен			
Объём самостоятельной работы студента	72 *часа*		

Ростов-на-Дону, 2022 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Целью освоения дисциплины «Основы теории надежности» является формирование у обучаемых компетенций, включающих теоретические знания по основам теории надежности авиационной техники (АТ) и приобретение практических навыков и умений при решении задач анализа и обеспечения надежности изделий и функциональных систем АТ по данным испытаний и эксплуатационных наблюдений.

Задачи изучения дисциплины.

Содержание и значение проблемы обеспечения надежности АТ. Основные понятия, термины и определения надежности.

Причины повреждений и отказов объектов АТ.

Физико-химические процессы, приводящие к отказам АТ.

Модели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых изделий.

Оценка показателей надёжности по данным испытаний и эксплуатационных наблюдений.

Методы расчёта и анализа надёжности функциональных систем АТ.

Обеспечение надёжности объектов на разных этапах жизненного цикла АТ. Контроль надёжности АТ в эксплуатации.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины, наименование индикатора достижения, результаты обучения.

Универсальные:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

знать:

УК-1.1.1. Методики поиска, сбора и обработки информации;

уметь:

УК-1.2.1. Применять методики поиска, сбора и обработки информации;

владеть:

УК-1.3.1. Методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации.

Общепрофессиональные:

ОПК-3. Способен применять теорию технической эксплуатации и основы конструкции и систем воздушных судов; электрических и электронных источников питания; приборного оборудования и систем индикации воздушных судов; систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования

ИД-2$_{ОПК-3}$ оценивать показатели надежности по данным эксплуатационных наблюдений;

Знать:

ОПК-3.1.30. Физико-химические процессы, приводящие к отказам АТ и физическую сущность безотказности восстанавливаемых и невосстанавливаемых

изделий;

ОПК-3.1.31. Законы распределения непрерывной и дискретной случайной величины;

ОПК-3.1.32. Модели надежности невосстанавливаемых изделий;

ОПК-3.1.33. Модели надежности восстанавливаемых изделий;

ОПК-3.1.34. Основные свойства и показатели надежности;

ОПК-3.1.35. Количественные характеристики надежности восстанавливаемых изделий;

ОПК-3.1.36. Количественные характеристики надежности невосстанавливаемых изделий;

Уметь:

ОПК-3.2.23. Определять основные законы распределения наработки до отказа;

ОПК-3.2.24. Оценивать показатели безотказности невосстанавливаемых и восстанавливаемых изделий, долговечности, ремонтопригодности, сохраняемости;

ОПК-3.2.25. Формировать планы испытаний и эксплуатационных наблюдений;

Владеть:

ОПК-3.3.14. Навыками применения моделей невосстанавливаемых и восстанавливаемых изделий для расчета показателей надежности;

ОПК-3.3.15. Навыками сбора и обработки информации по надежности и анализа причин отказов и повреждений авиационной техники;

ОПК-3.3.16. Навыками оценки показателей надежности по данным эксплуатационных наблюдений;

ИД-9$_{\text{ОПК-3}}$ выбирать рациональные стратегии технического обслуживания воздушного судна.

Знать:

ОПК-3.1.65. Содержание и значение проблемы обеспечения надежности;

ОПК-3.1.66. Взаимосвязь надежности авиационной техники с качеством авиационной техники, эффективностью процессов технической эксплуатации, безопасностью полетов ЛА;

ОПК-3.1.67. Непараметрические и параметрические методы оценки показателей надёжности изделий;

ОПК-3.1.68. Методы обеспечения и анализа надёжности ФС ЛА;

Уметь:

ОПК-3.2.47. Выполнять анализ показателей надежности с использованием непараметрических и параметрических методов;

ОПК-3.2.48. Выполнять анализ надежности функциональной системы методом структурных схем;

ОПК-3.2.49. Выполнять анализ надежности функциональной системы методом логических схем;

Владеть:

ОПК-3.3.30. Навыками применения непараметрических и параметрических методов оценки показателей надёжности изделий.

ОПК-3.3.31. Навыками анализа надежности функциональных систем методами структурных и логических схем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Основы теории надежности» относится к учебным дисциплинам обязательной части учебного плана образовательной программы направления подготовки 25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей квалификация (степень) – бакалавр.

Для успешного освоения данной дисциплины обучающийся должен владеть знаниями, умениями и навыками, сформированными по дисциплинам: «Экономика», «Высшая математика», «Информатика и информационные технологии», «Физика», «Динамика и прочность авиационных конструкций», в частности:

Знать:

- основные понятия и методы теории вероятностей и математической статистики, способы построения математических моделей простейших систем и процессов в технике;
- физическую и химическую сущность явлений, процессов и эффектов, лежащих в основе устройства и функционирования объектов авиационной техники;

Уметь:

- применять информационные технологии для решения управленческих задач;
- проводить конкретные расчеты, используя методы теории вероятностей и математической статистики и других разделов высшей математики;
- составлять алгоритмы решаемых прикладных задач и осуществлять их реализацию на персональном компьютере;
- практически работать на персональном компьютере;

Владеть:

- навыками самостоятельной работы, самоорганизации и организации выполнения поручений;
- основными приемами обработки экспериментальных данных;
- способами сбора и обработки информации, методиками расчета и статистической оценки данных эксплуатационных наблюдений.

Дисциплины, на обеспечение которых направлена дисциплина «Основы теории надежности»: «Техническая диагностика авиационной техники»,«Основы теории технической эксплуатации ЛА», «Конструкция и прочность самолетов», «Конструкция и прочность вертолетов», «Гидромеханические системы самолетов», «Гидромеханические системы вертолетов», «Техническая эксплуатация ЛА и АД (модуль 1,2)», «Авиационные электросистемы и авионика самолетов», «Авиационные электросистемы и авионика вертолетов», «Эффективность процессов ТЭ ЛА (модуль 1,2)», «Технологические процессы технического обслуживания (модуль 1,2)», «Практика Учебная 2. Авиационно-механическая-2», «Практика Учебная 3. Эксплуатационная практика (модуль 1,2)», «Практика Производственная 3. Преддипломная практика (модуль 1,2)».

Таблица 1

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет ___3__ зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля
			Л	Пр	Лаб	СРС	
1	**РАЗДЕЛ. 1. Предмет и задачи надежности АТ. Физические основы надежности АТ**.	**5**	**4**	**-**	**4**	**12**	
2	Тема 1.1. Предмет и задачи надежности АТ.	5	2	-	-	4	
	Тема 1.2. Физические основы надежности АТ.	5	2	-	4	8	Защита отчета по ЛР №1
	РАЗДЕЛ. 2. Модели надежности изделий	**5**	**2**	**4**	**-**	**8**	
5	Тема 2.1. Модели надежности невосстанавливаемых изделий.	5	1	2		4	
6	Тема 2.2. Модели надёжности восстанавливаемых изделий.	5	1	2		4	
7	**РАЗДЕЛ. 3. Оценка показателей надёжности по данным испытаний и эксплуатационных наблюдений**	**5**	**4**	**4**	**4**	**18**	
8	Тема 3.1. Показатели надежности. Планирование испытаний и эксплуатационных наблюдений.	5	2	-	4	6	Защита отчета по ЛР №2
9	Тема 3.2. Непараметрические методы оценки показателей надёжности изделий.	5	1	2		6	Защита отчета по ПЗ №3
10	Тема 3.3. Параметрические методы оценки показателей надёжности изделий.	5	1	2		6	Защита отчета по ПЗ №4
11	Раздел 4. Методы расчёта и анализа надёжности функциональных систем АТ	5	**2**	**4**	**-**	**16**	
12	Тема 4.1 Виды резервирования объектов АТ. Характеристика функциональных систем ЛА	5	1	2		8	
13	Тема 4.2 Методы анализа надёжности функциональных систем ЛА.	5	1	2		8	Защита отчета по ПЗ №5
14	**Раздел 5. Обеспечение надёжности объектов на разных этапах жизненного цикла АТ**	**5**		**-**	**4**	**18**	
15	Тема 5.1. Обеспечение надёжности при проектировании и производстве АТ.	**5**				**8**	
16	Тема 5.2. Контроль надёжности АТ в эксплуатации	**5**			**4**	**10**	Защита отчета по ЛР №3
17	**Форма промежуточной аттестации –дифференцированный зачет**	**5**					
18	**ИТОГО:**		**12**	**12**	**12**	**72**	

Таблица 2

Матрица соотнесения тем/разделов учебной дисциплины и формируемых в них универсальных, общепрофессиональных компетенций

Разделы дисциплины, темы(наименования)	Кол-во часов	*Компетенции (знания, умения, навыки)*												
		УК-1.1.1	УК-1.2.1	УК-1.3.1	ОПК-3.1.30	ОПК-3.1.31	ОПК-3.1.32	ОПК-3.1.33	ОПК-3.1.34	ОПК-3.1.35	ОПК-3.1.36	ОПК-3.2.23	ОПК-3.2.24	ОПК-3.2.25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
РАЗДЕЛ. 1. Предмет и задачи надежности АТ. Физические основы надежности АТ.	**20**													
Тема 1.1. Предмет и задачи надежности АТ.	6	+	+	+										
Тема 1.2. Физические основы надежности АТ.	14	+	+	+	+									
РАЗДЕЛ. 2. Модели надежности изделий	**14**													
Тема 2.1. Модели надежности невосстанавливаемых изделий.	7				+	+	+				+	+	+	
Тема 2.2. Модели надёжности восстанавливаемых изделий.	7				+	+		+		+				
РАЗДЕЛ. 3. Оценка показателей надёжности по данным испытаний и эксплуатационных наблюдений	**30**													
Тема 3.1. Показатели надежности. Планирование испытаний и эксплуатационных наблюдений.	12	+	+	+					+			+	+	
Тема 3.2. Непараметрические методы оценки показателей надёжности изделий.	9	+	+	+										
Тема 3.3. Параметрические методы оценки показателей надёжности изделий.	9	+	+	+								+		
Раздел 4. Методы расчёта и анализа надёжности функциональных систем АТ	**22**													
Тема 4.1 Виды резервирования объектов АТ. Характеристика функциональных систем ЛА	11	+	+	+										
Тема 4.2 Методы анализа надёжности функциональных систем ЛА.	11	+	+	+	+									
Раздел 5. Обеспечение надёжности объектов на разных этапах жизненного цикла АТ	**22**													
Тема 5.1. Обеспечение надёжности при проектировании и производстве АТ	8	+	+	+	+				+	+	+			
Тема 5.2. Контроль надёжности АТ в эксплуатации	14	+	+	+	+				+	+	+			
Итого:	**108**													

Продолжение табл. 2

Матрица соотнесения тем/разделов учебной дисциплины и формируемых в них универсальных, общепрофессиональных компетенций

Разделы дисциплины, темы(наименования)	Кол-во часов	Компетенции (знания, умения, навыки)												∑кол-во компе-тенций
		ОПК-3.3.14	ОПК-3.3.15	ОПК-3.3.16	ОПК-3.1.65	ОПК-3.1.66	ОПК-3.1.67	ОПК-3.1.68	ОПК-3.2.47	ОПК-3.2.48	ОПК-3.2.49	ОПК-3.3.30	ОПК-3.3.31	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
РАЗДЕЛ. 1. Предмет и задачи надежности АТ. Физические основы надежности АТ.	**20**													
Тема 1.1. Предмет и задачи надежности АТ.	6		+		+	+								2
Тема 1.2. Физические основы надежности АТ.	14		+											2
РАЗДЕЛ. 2. Модели надежности изделий	**14**													
Тема 2.1. Модели надежности невосстанавливаемых изделий.	7	+												1
Тема 2.2. Модели надёжности восстанавливаемых изделий.	7	+												1
РАЗДЕЛ. 3. Оценка показателей надёжности по данным испытаний и эксплуатационных наблюдений	**30**													
Тема 3.1. Показатели надежности. Планирование испытаний и эксплуатационных наблюдений.	12	+		+										2
Тема 3.2. Непараметрические методы оценки показателей надёжности изделий.	9						+		+			+		2
Тема 3.3. Параметрические методы оценки показателей надёжности изделий.	9						+		+			+		2
Раздел 4. Методы расчёта и анализа надёжности функциональных систем АТ	**22**													
Тема 4.1 Виды резервирования объектов АТ. Характеристика функциональных систем ЛА	11							+		+	+		+	2
Тема 4.2 Методы анализа надёжности функциональных систем ЛА.	11							+		+	+		+	2
Раздел 5. Обеспечение надёжности объектов на разных этапах жизненного цикла АТ	**22**													
Тема 5.1. Обеспечение надёжности при проектировании и производстве АТ	8	+	+	+	+		+			+	+	+	+	2
Тема 5.2. Контроль надёжности АТ в эксплуатации	14	+	+	+	+		+			+	+	+	+	2
Итого:	**108**													2

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекция 1. Содержание и значение проблемы обеспечения надежности АТ. Основные понятия, термины и определения надежности (2 ч)

Технико-экономическое и социальное значение проблемы повышения качества и надежности объектов на современном этапе развития науки и техники. Социально-нравственные задачи инженерно-технического персонала по обеспечению надежности АТ. Роль стандартизации в повышении надежности и качества объектов. Содержание и научная основа курса. Связь с другими учебными дисциплинами. Задачи обеспечения надежности авиационной техники в условиях эксплуатации летательных аппаратов. Связь надежности изделий с безопасностью полетов и эффективностью эксплуатации летательных аппаратов. Основные понятия, термины и определения надежности. Классификация терминов надежности.

Литература: [1], [7], [8].

Самостоятельная работа студентов 1. Содержание и значение проблемы обеспечения надежности АТ. Основные понятия, термины и определения надежности (4 ч)

Проработка лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения.

Роль стандартизации в повышении надежности и качества объектов. Задачи обеспечения надежности авиационной техники в условиях эксплуатации летательных аппаратов. Связь надежности изделий с безопасностью полетов и эффективностью эксплуатации летательных аппаратов. Основные понятия, термины и определения надежности. Классификация терминов надежности.

Литература: [1], [7], [8].

Лекция 2. Причины повреждений и отказов объектов АТ. Физико-химические процессы, приводящие к отказам АТ (2 ч)

Характеристика отказа (повреждения): критерий, факт, признак проявления, вид (характер), техническая сущность, причина, последствия. Классификация отказов по признакам: значимости, зависимости, характеру и причине возникновения, обнаруживаемости и последствиям. Механизмы возникновения внезапных и постепенных отказов. Классификация причин возникновения конструктивных, производственных и эксплуатационных отказов. Методы анализа причин повреждений и отказов АТ

Классификация физико-химических процессов. Физико-химические процессы разрушения материалов. Характеристика внешних и внутренних факторов, влияющих на возникновение отказов. Характеристика процессов, приводящих к возникновению внезапных и постепенных отказов. Типовые повреждения и отказы АТ.

Литература: [1], [3].

Самостоятельная работа студентов 2. Причины повреждений и отказов объектов АТ. Физико-химические процессы, приводящие к отказам АТ (8 ч)

Проработка лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения.

Классификация отказов по признакам: значимости, зависимости, характеру и причине возникновения, обнаруживаемости и последствиям. Механизмы возникновения внезапных и постепенных отказов. Характеристика процессов, приводящих к возникновению внезапных и постепенных отказов. Типовые повреждения и отказы АТ.

Подготовка к лабораторной работе №1.

Литература: [1], [3].

Лабораторная работа 1. Анализ физической сущности типовых отказов и повреждений авиационной техники (4 ч)

1 Изучение методических основ анализа физической сущности типовых отказов и повреждений авиационной техники;

2 Анализ физической сущности типовых отказов и повреждений АТ.

Литература: [1], [3].

Лекция 3. Модели надежности изделий (2 ч)

3.1. Модели надежности невосстанавливаемых изделий

Безотказность невосстанавливаемых изделий. Физическая сущность безотказности невосстанавливаемых изделий. Модели безотказности невосстанавливаемых изделий. Функции распределения наработки до отказа. Основные законы распределения наработки до отказа изделий. Модели безотказности невосстанавливаемых изделий при внезапных и постепенных отказах.

3.2. Модели надёжности восстанавливаемых изделий

Безотказность восстанавливаемых объектов. Физическая сущность безотказности восстанавливаемых объектов. Понятие о потоке отказов. Потоки отказов и восстановлений. Основные свойства потоков отказов. Модели безотказности восстанавливаемых объектов. Функции распределения числа отказов в интервале наработки объекта. Основные законы распределения числа отказов в интервале наработки объекта.

Литература: [1], [6], [8],[9].

Самостоятельная работа студентов 3. Модели надежности невосстанавливаемых изделий (4 ч)

Проработка лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения.

Модели безотказности невосстанавливаемых изделий. Функции распределения наработки до отказа. Основные законы распределения наработки до отказа изделий. Модели безотказности невосстанавливаемых изделий при внезапных и постепенных отказах.

Подготовка к практическому занятию №1.

Литература: [1], [4], [6], [8].

Практическое занятие 1. Модели надежности невосстанавливаемых изделий (2 ч)

1. Построение вариационного ряда и его разбиение на интервалы
2. Определение статистических значений случайных величин и построение гистограмм этих характеристик.

3. Выдвижение гипотезы о виде закона распределения рассматриваемой случайной величины.

4. Проверка гипотезы о законе распределения и оценка параметров распределения с помощью вероятностной бумаги.

5. Оценка теоретических значений случайных величин и построение теоретических зависимостей

6. Определение показателей надежности невосстанавливаемых изделии.

Литература: [1], [4].

Самостоятельная работа студентов 4. Модели надежности восстанавливаемых изделий (4 ч)

Проработка лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения.

Физическая сущность безотказности восстанавливаемых объектов. Понятие о потоке отказов. Потоки отказов и восстановлений. Модели безотказности восстанавливаемых объектов. Функции распределения числа отказов в интервале наработки объекта.

Подготовка к практическому занятию №2.

Практическое занятие 2. Модели надежности восстанавливаемых изделий (2 ч)

1. Получение варианта статистических данных для расчета.

2. Определение статистических значений и построение гистограмм параметра потока отказов и анализ его изменения от наработки.

3. Выбор зависимости для закона распределения.

4. Определение показателей надежности восстанавливаемых изделий.

6. Определение количества запасных изделий для восстановления, эксплуатируемого парка самолетов за t=1000 ч.

Литература: [1], [4].

Лекция 4. Показатели надёжности изделий. Планирование испытаний и эксплуатационных наблюдений (2 ч)

Классификация показателей надёжности. Показатели готовности изделий. Показатели безотказности невосстанавливаемых и восстанавливаемых изделий и методы их определения. Показатели долговечности изделий и методы их определения. Показатели ремонтопригодности изделий и методы их определения. Показатели сохраняемости изделий и методы их определения. Изменение показателей надёжности по наработке. Функциональные зависимости между показателями надёжности.

Виды испытаний и эксплуатационных наблюдений. Классификация испытаний изделий на надёжность. План испытаний и эксплуатационных наблюдений. Методы ускоренных испытаний изделий. Определение (выбор) объектов наблюдения, плана наблюдения, условий эксплуатации и режимов

работы, места проведения и объёмов наблюдения. Особенности реального плана наблюдений. Полные и цензурированные эксплуатационные данные.

Система сбора и обработки информации о надежности АТ.

Литература: [1], [3], [4], [5], [8], [10], [11].

Самостоятельная работа студентов 5. Показатели надёжности изделий. Планирование испытаний и эксплуатационных наблюдений (6 ч)

Проработка лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения.

Классификация показателей надёжности. Показатели долговечности изделий и методы их определения. Показатели ремонтопригодности изделий и методы их определения. Показатели сохраняемости изделий и методы их определения. Система сбора и обработки информации о надежности авиационной техники.

Подготовка к лабораторной работе №2.

Литература: [1], [3], [4], [5], [8], [10], [11], [15].

Лабораторная работа 2. Оценка показателей надёжности изделий по данным испытаний и эксплуатационных наблюдений (4 ч)

1. Получение варианта исходных данных в виде некоторого количества КУН по одной из функциональных систем самолета.

2. Построить временную диаграмму, воспользовавшись данными о наработках до отказа, имеющихся в КУН.

3. Оценить безотказность изделия СКВ самолета.

Литература: [1], [4], [15].

Лекция 5. Методы оценки показателей надёжности изделий (2 ч)

5.1. Непараметрические методы оценки показателей надёжности изделий.

Задачи оценки показателей надёжности невосстанавливаемых изделий непараметрическим методом по полным данным. Точечная оценка показателей надёжности с использованием функции максимального правдоподобия. Интервальная оценка показателей надёжности. Задачи оценки показателей надёжности непараметрическим методом при однократно и многократно цензурированных выборках при разных планах эксплуатационных наблюдений. Оценка показателей надёжности восстанавливаемых изделий.

5.2. Параметрические методы оценки показателей надёжности изделий

Классификация методов оценки показателей надёжности изделий. Особенности параметрических методов оценки надёжности изделий. Построение временной диаграммы и вариационного ряда наработок до отказа и до цензурирования. Построение статистических функций распределения (гистограммы) плотности вероятности наработки до отказа и интенсивности отказов. Принятие гипотезы о законе распределения наработки до отказа. Оценка параметров распределения наработки до отказа методами моментов и максимального правдоподобия. Проверка гипотезы о законе распределения наработки до отказа. Оценка показателей надёжности по параметрам распределения.

Литература: [1], [4], [5], [6], [9], [15].

Самостоятельная работа студентов 6. Непараметрические методы оценки показателей надёжности изделий (6 ч)

Проработка лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения:

Задачи оценки показателей надёжности невосстанавливаемых изделий непараметрическим методом по полным данным. Задачи оценки показателей надёжности непараметрическим методом при однократно и многократно цензурированных выборках при разных планах эксплуатационных наблюдений. Оценка показателей надёжности восстанавливаемых изделий.

Подготовка к практическому занятию №3.

Литература: [1], [4], [5], [6].

]

Практическое занятие 3. Непараметрические методы оценки показателей надёжности изделий (2 ч)

Выполнить оценку непараметрическими методами показателей надежности:

- показателей безотказности,
- показателей долговечности,
- показателей ремонтопригодности и восстанавливаемости,
- показателей сохраняемости,
- комплексных показателей надежности.

Литература: [1], [4].

Самостоятельная работа студентов 7. Параметрические методы оценки показателей надёжности изделий (6 ч)

Проработка лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения

Классификация методов оценки показателей надёжности изделий. Построение статистических функций распределения (гистограммы) плотности вероятности наработки до отказа и интенсивности отказов. Принятие гипотезы о законе распределения наработки до отказа. Проверка гипотезы о законе распределения наработки до отказа.

Подготовка к практическому занятию №4.

Литература: [1], [4], [5], [6], [9

Практическое занятие 4. Параметрические методы оценки показателей надёжности изделий (2 ч)

1. Определение статистических характеристик надежности и построение гистограмм интенсивности отказов.

3. Путем сравнения гистограмм плотности распределении и интенсивности отказов с теоретическими кривыми и выдвигается гипотеза о законе распределения.

4. Методом моментов определяются статистические характеристики этого закона.

5. Расчет значений хи квадрат и сравнение его с допустимым, обоснование вывода о соответствии статистических данных гипотезе о законе распределения.

6. Оценка средней наработки до отказа изделия и вероятности безотказной работы.

Литература: [1], [4], [15].

Лекция 6. Методы расчёта и анализа надёжности функциональных систем АТ (2 ч)

6.1. Виды резервирования объектов АТ. Характеристика функциональных систем ЛА

Виды резервирования объектов. Оценка показателей надёжности при последовательном и параллельном соединении элементов. Классификация резервирования объектов. Виды структурного резервирования объектов. Оценка показателей надёжности при разных видах структурного резервирования.

Литература: [2], [3].

6.2. Методы анализа надёжности функциональных систем ЛА

Анализ надёжности функциональных систем методом структурных схем и условия его применения. Анализ надёжности функциональных систем методом логических схем и условия его применения. Анализ надёжности функциональных систем табличным методом и условия его применения. Пути повышения надёжности функциональных систем ЛА.

Литература: [2], [4], [5

Самостоятельная работа студентов 8. Виды резервирования объектов АТ. Характеристика функциональных систем ЛА (8 ч)

Проработка лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения

Виды резервирования объектов. Оценка показателей надёжности при последовательном и параллельном соединении элементов. Классификация резервирования объектов. Виды структурного резервирования объектов.

Литература: [2], [3].

Самостоятельная работа студентов 9. Методы анализа надёжности функциональных систем ЛА (8 ч)

Проработка лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения.

Анализ надёжности функциональных систем методом структурных схем и условия его применения. Анализ надёжности функциональных систем методом логических схем и условия его применения. Анализ надёжности функциональных систем табличным методом и условия его применения. Пути повышения надёжности функциональных систем ЛА.

Подготовка к практическим занятиям 5, 6.

Литература: [2], [4], [5].

Практическое занятие 5. Анализ надёжности функциональных систем методом структурных схем (2 ч).

1. Анализ функциональных связей между элементами системы и возможности работы системы при отказе ее элементов.

2. Построение структурной схемы.

3. Расчет вероятности безотказной работы системы кондиционирования воздуха самолета при условии равнонадежности ее элементов.

Литература: [2], [4], [15].

Практическое занятие 6. Анализ надёжности функциональных систем методом логических схем (2 ч).

1. Анализ принципиальной схемы системы кондиционирования воздуха самолета.

2. Анализ функциональных связей между элементами системы.

3. Построение логической схемы надежности системы кондиционирования воздуха самолета.

4. Расчет вероятности безотказной работы системы кондиционирования воздуха самолета методом логических схем при условии равнонадежности ее элементов.

5. Сравнение результатов расчетов методом логических схем и методом структурных схем.

Литература: [2], [4], [15].

Самостоятельная работа студентов 10. Обеспечение надёжности при проектировании и производстве АТ (8 ч)

Темы для самостоятельного изучения.

Воздействие на надёжность объектов внешних и внутренних факторов. Нормирование требований к надёжности объектов. Требования к надёжности по обеспечению безопасности полётов. Задание и распределение требований к надёжности. Выбор проектных решений с учётом надёжности. Проектирование объектов на заданную надёжность. Пути повышения надёжности АТ при проектировании. Принципы ускоренных испытаний объектов на надёжность. Роль человеческого фактора в обеспечении надежности АТ при эксплуатации.

Производственно-технологические причины отказов и их влияние на надёжность АТ. Метод конструктивно-технологического формирования изделий. Методы технического контроля качества изделий. Применение методов статистического контроля качества и регулирование технологических процессов. Технологические методы повышения надёжности АТ.

Литература: [2], [6].

Самостоятельная работа студентов 11. Статистические методы контроля показателей надежности АТ в эксплуатации (10 ч)

Темы для самостоятельного изучения.

Контроль надёжности АТ в эксплуатации

Статистический контроль показателей надёжности АТ. Одноступенчатый контроль различных показателей надёжности объектов. Последовательный контроль различных показателей надёжности объектов. Индивидуальный

контроль норм надёжности при эксплуатации АТ. Оперативная оценка надёжности серийных партий изделий при эксплуатации. Эксплуатационные методы повышение надежности.

Подготовка к лабораторной работе 3.

Литература: [2], [4], [6].

Лабораторная работа 3. Статистические методы контроля показателей надежности АТ в эксплуатации (4 ч)

1. План статистического контроля надежности.
2. Одноступенчатый контроль показателей надежности типа наработки.
3. Одноступенчатый контроль показателей надежности типа вероятности.
4. Последовательный контроль показателей надежности типа наработки.
5. Последовательный контроль показателей надежности типа вероятности.

Литература: [2]

Заключение по курсу. Рекомендации по использованию материалов дисциплины в специальных курсах.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Основы теории надежности» способствует более глубокому усвоению изучаемого курса, формирует навыки исследовательской работы по проблемам эффективности и надежности организационно-технических систем и их элементов, ориентирует студента на умение применять полученные теоретические знания на практике и проводится в следующих видах:

- проработка лекционного материала;
- подготовка к выполнению и защите лабораторных работ;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к дифференцированному зачету.

Для самостоятельной работы студенту рекомендуется следующая литература:

- Ицкович А.А., Файнбург И.А. Основы теории надежности. Ч.1. Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2013.
- Ицкович А.А., Файнбург И.А. Основы теории надежности. Ч. 2. Методы обеспечение надежности при проектировании, производстве и эксплуатации. – М.: МГТУ ГА, 2015.
- Ицкович А.А., Файнбург И.А. Пособие по выполнению лабораторных работ “Анализ физической сущности типовых отказов и повреждений АТ” для студентов IV курса специальности 160901и направления 160900 дневного обучения. - М.: МГТУ ГА, 2011.
- Ицкович А.А., Файнбург И.А. Надежность авиационной техники.

Пособие по выполнению практических занятий «Оценка показателей надежности авиационной техники»: М.: МГТУ ГА, 2012

- Ицкович А.А., Файнбург И.А. Основы теории надежности. Пособие по выполнению курсовой работы «Оценка показателей надежности авиационной техники». - М.: МГТУ ГА, 2017.

- Ицкович А.А., Кабков П.К. Вероятностно-статистические модели эксплуатации ЛА: учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 2009.

- ГОСТ Р 27.001-2009. Надежность в технике. Система управления надежностью. Основные положения. - М.: Стандартинформ, 2010.

- ГОСТ Р 27.002-15 Надежность в технике. Термины и определения. - М.: Стандартинформ, 2016.

- ГОСТ Р 27.004-2009. Надежность в технике. Модели отказов.- М.: Стандартинформ, 2010.

- ГОСТ Р 27.403-2009. Надежность в технике. Планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы.- М.: Стандартинформ, 2010.

- ГОСТ Р 27.404-2009. Надежность в технике. Планы испытаний для контроля коэффициента готовности. - М.: Стандартинформ, 2010.

- Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. С-Пб.: БХВ-Петербург. 2006.

- Проников А.С. Параметрическая надежность машин. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.

- Ушаков И.А. Курс теории надежности систем. Учебное пособие. — М.: Дрофа, 2008.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль является формой системы контроля результатов усвоения обучаемыми дисциплины «Основы теории надежности» на основании промежуточных форм отчетности.

Целью текущего контроля успеваемости является качественное освоение дисциплины в течение учебного семестра, повышение уровня текущей успеваемости и активизация самостоятельной деятельности студентов.

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формированию.

Таблица 3

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования

Форма текущего контроля	Типовые контрольные вопросы	Критерии оценивания
Защита отчета по ЛР №1	1. Классификация типовых отказов и повреждений АТ.	Защита отчета по лабораторной работе

Анализ физической сущности типовых отказов и повреждений АТ	2. Виды типовых отказов и повреждений деталей и узлов ЛА АД. 3. Механизмы формирования и факторы, способствующие возникновению отказов и повреждений АТ. 4. Классификация процессов, приводящих к отказам и повреждениям АТ. 5. Методы анализа физической сущности и причин отказов и повреждений АТ. 6. Порядок проведения анализа отказов и повреждений АТ.	принимается при выполнении следующих условий: - отчет соответствует требованиям, изложенным в Пособии по выполнению лабораторных работ; - отчет выполнен аккуратно и без ошибок в расчетах; - даны исчерпывающие ответы на контрольные вопросы; - показано овладение основной и дополнительной литературой; - ответы отличаются четкостью и в логической последовательности.
Защита отчета по ЛР №2. Оценка показателей надёжности изделий по данным испытаний и эксплуатационных наблюдений	1. Что представляют собой эксплуатационные наблюдения наработки до отказа изделий? 2. Что такое план наблюдений и какие используются планы эксплуатационных наблюдений? 3. Поясните понятия цензурирование и цензурированная выборка? 4. Что такое однократная и многократная цензурированные выборки наработок до отказа изделий? 5. Какие используются временные диаграммы наработок до отказа изделий?	
Защита отчета по ПЗ № 3. Непараметрические методы оценки показателей надёжности изделий	1. Дайте классификацию методов оценки показателей надежности изделий. 2. Что представляют собой непараметрические методы оценки показателей надежности изделий? 3. Какие показатели надежности подлежат оценки непараметрическими методами? 4. Какие исходные данные используются для оценки показателей надежности непараметрическими методами? 5. Как осуществляется оценка показателей безотказности изделий непараметрическими методами?	Защита отчета по практическому занятию принимается при выполнении следующих условий: - отчет соответствует требованиям, изложенным в Пособии по выполнению практических занятий; - отчет выполнен аккуратно и без ошибок в расчетах; - даны исчерпывающие

Защита отчета по ПЗ № 4. Параметрические методы оценки показателей надёжности изделий	1. Что представляют собой параметрические методы оценки показателей надежности изделий? 2. В чем заключается метод моментов для определения параметров случайной величины наработки до отказа изделий? 3. В чем заключается метод каких метод максимального правдоподобия для определения параметров случайной величины наработки до отказа изделий? 4. При каких исходных данных применяется метод моментов, а при каких метод максимального правдоподобия для определения параметров случайной величины наработки до отказа изделий? 5. В чем заключается особенность цензурированной выборки наработки до отказа изделий?	ответы на контрольные вопросы; - показано овладение основной и дополнительной литературой; - ответы отличаются четкостью и в логической последовательности.
Защита отчета по ПЗ № 5. Анализ надёжности функциональных систем методом структурных схем	1. Как осуществляется анализ надежности функциональных систем методом логических схем? 2. Назовите условия применения метода логических для оценки надежности функциональных систем. 3. Какие исходные данные используются при анализе надежности функциональных систем методом логических схем? 4. В какой последовательности выполняется анализ надежности функциональных систем методом логических схем? 5. Как выполняется анализ принципиальной схемы функциональной системы при анализе методом логических схем?	
Защита отчета по ЛР № 3. Статистические методы контроля показателей надежности АТ в эксплуатации.	1.Выбор планов статистического контроля надежности. 2. Одноступенчатый контроль показателей надежности типа наработки 3. Одноступенчатый контроль показателей надежности типа вероятности 4. Последовательный контроль показателей надежности типа наработки 5. Последовательный контроль показателей надежности типа вероятности	Защита отчета по лабораторной работе принимается при выполнении следующих условий: - отчет соответствует требованиям, изложенным в Пособии по выполнению лабораторных работ; - отчет выполнен аккуратно и без ошибок в расчетах; - даны исчерпывающие ответы на контрольные

		вопросы; - показано овладение основной и дополнительной литературой; - ответы отличаются четкостью и в логической последовательности.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется в форме защиты отчета по выполненной лабораторной работе и выполненному практическому занятию. Процедуры оценивания знаний, умений и навыков при текущем контроле успеваемости осуществляются последовательно по мере прохождения лекционного курса в соответствии с матрицей соотнесения тем/разделов учебной дисциплины и формируемых в них компетенций.

Защита отчета по практическому занятию и лабораторной работе осуществляется, как правило, в конце занятия. Преподаватель оценивает знания обучаемого по ответам на контрольные вопросы, умения и навыки оцениваются в ходе занятия. Если студент не отчитался на занятии, то защита отчета по практическому занятию и лабораторной работе осуществляется (как и повторная сдача текущего контроля) в дни и часы СРС по согласованию с ведущим преподавателем. Результаты текущего контроля учитываются преподавателем в журнале учета занятий (или личном журнале преподавателя).

6.1. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация – оценка качества освоения студентом учебной дисциплины в целом, в том числе степени сформированности компетенций, знаний, умений и навыков, проводится в виде дифференцированного зачета.

Таблица 4

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций по дисциплине

Типовые контрольные задания (вопросы)	Критерии оценивания
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач. 1. Система сбора и обработки информации о надежности АТ.	Сформированность компетенций, обучающихся на дифференцированном зачете, определяется оценками: **«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»**. При этом преподаватель руководствуется следующим общими критериями по каждой компетенции. Оценка «**отлично»** выставляется при следующих условиях:

2. Виды испытаний и эксплуатационных наблюдений. Классификация испытаний изделий на надёжность. 3. Планы испытаний и эксплуатационных наблюдений. Особенности реального плана наблюдений. 4. Методы ускоренных испытаний изделий. 5. Полные и цензурированные эксплуатационные данные.	• дан исчерпывающий и обоснованный ответ на вопрос, поставленный в билете; • показано глубокое и творческое овладение основной и дополнительной литературой; • ответ отличается четкостью, мысли излагаются в необходимой логической последовательности. Оценка «**хорошо**» выставляется при следующих условиях по каждой компетенции: • дан полный, достаточно глубокий и обоснованный ответ на вопрос, поставленный в билете; • дан полный, но недостаточно обоснованный ответ на дополнительные вопросы; • показаны глубокие знания основной и недостаточное знакомство с дополнительной литературой; • ответ в основном был четким, но в нем не всегда выдерживалась логическая последовательность. Оценка «**удовлетворительно**» выставляется при следующих условиях по каждой компетенции: • дан в основном правильный ответ на вопрос билета, но без должной глубины и обоснования; • не дан положительный ответ на некоторые дополнительные вопросы, • показаны недостаточные знания основной литературы: • ответ был многословным, мысли излагались недостаточно четко и без должной логической последовательности. Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется в случаях, когда не выполнены условия, позволяющие поставить оценку **«удовлетворительно».**
ОПК-3. Способен применять теорию технической эксплуатации и основы конструкции и систем воздушных судов; электрических и электронных источников питания; приборного оборудования и систем индикации воздушных судов; систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования 1. Физико-химические процессы, приводящие к отказам АТ и физическую сущность безотказности восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий. 2. Классификация отказов по признакам: значимости, зависимости, характеру и причине возникновения, обнаруживаемости и последствиям, выявлять причины отказов. 3 Модели безотказности невосстанавливаемых изделий. Функции распределения наработки до отказа. Основные законы распределения наработки до отказа изделий. 4. Модели безотказности восстанавливаемых объектов. Функции распределения числа	Сформированность компетенций, обучающихся на дифференцированном зачете, определяется оценками: **«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»**. При этом преподаватель руководствуется следующим общими критериями по каждой компетенции. Оценка «**отлично**» выставляется при следующих условиях: • дан исчерпывающий и обоснованный ответ на вопрос, поставленный в билете; • показано глубокое и творческое овладение основной и дополнительной литературой; • ответ отличается четкостью, мысли излагаются в необходимой логической последовательности; • правильно решена задача. Оценка «**хорошо**» выставляется при следующих условиях по каждой компетенции: • дан полный, достаточно глубокий и обоснованный ответ на вопрос, поставленный в билете; • дан полный, но недостаточно обоснованный ответ на дополнительные вопросы;

отказов в интервале наработки объекта. 5. Определение законов распределения случайных величин наработки до отказа и числа отказов изделий 6. Основные свойства и показатели надежности. 7. Количественные характеристики надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых изделий. 8. Оценка показателей безотказности долговечности, ремонтопригодности, сохраняемости невосстанавливаемых и восстанавливаемых изделий. 9. Формирование планов испытаний и эксплуатационных наблюдений. 10. Оценки показателей надежности по данным эксплуатационных наблюдений. 11. Содержание и значение проблемы обеспечения надежности; 12. Взаимосвязь надежности авиационной техники с качеством авиационной техники, эффективностью процессов технической эксплуатации, безопасностью полетов ЛА. 13. Непараметрические и параметрические методы оценки показателей надёжности изделий. 14. Анализ надежности функциональной системы методом структурных схем. 15. Анализ надежности функциональной системы методом логических схем.	• показаны глубокие знания основной и недостаточное знакомство с дополнительной литературой; • ответ в основном был четким, но в нем не всегда выдерживалась логическая последовательность; • правильно решена задача. Оценка «**удовлетворительно»** выставляется при следующих условиях по каждой компетенции: • дан в основном правильный ответ на вопрос билета, но без должной глубины и обоснования; • не дан положительный ответ на некоторые дополнительные вопросы, • показаны недостаточные знания основной литературы: • ответ был многословным, мысли излагались недостаточно четко и без должной логической последовательности; • правильно решена задача. Оценка «**неудовлетворительно»** выставляется в случаях, когда не выполнены условия, позволяющие поставить оценку **«удовлетворительно».**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих формирование компетенций

Обучающийся может быть допущен к сдаче дифференцированного зачета по дисциплине, если он в результате текущего контроля в течение семестра по данной дисциплине защитил отчеты по выполненным практическим занятиям и лабораторным работам.

Подготовка к промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с утвержденной рабочей программой по дисциплине, содержащей перечень вопросов и задач, выносимых на дифференцированный зачет по каждой компетенции.

На основании перечня вопросов и задач для подготовки к диф. зачету формируются билеты в количестве на 25-30% более списочного состава группы студентов. В каждом билете даются два теоретических вопроса и задача из разных разделов дисциплины.

Дифференцированный зачет для студентов проводится устно. Для непосредственной подготовки студентов к промежуточной аттестации

предусматривается время. На подготовку к ответу студенту выделяется время до 30-40 минут.

Дифференцированный зачет является заключительным этапом процесса формирования компетенций обучающегося при изучении дисциплины и имеет целью проверку и оценку знаний студентов по теории и практике, полученных умений и навыков. При выставлении оценки учитывается уровень методической подготовленности студента, а также аккуратность и логическая последовательность изложения ответов на вопросы билета. Каждая компетенция, формируемая в процессе изучения дисциплины, должна быть оценена отдельно. При получении неудовлетворительной оценки по одной из компетенций, итоговая оценка по дисциплине может быть только **«неудовлетворительно».**

Неявка студента без уважительной причины на дифференцированный зачет в день его проведения по расписанию приравнивается к академической задолженности.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература

1. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Основы теории надежности. Ч.1. Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2013.

2. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Основы теории надежности. Ч. 2. Методы обеспечение надежности при проектировании, производстве и эксплуатации. – М.: МГТУ ГА, 2015.

3. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Пособие по выполнению лабораторных работ “Анализ физической сущности типовых отказов и повреждений АТ” для студентов IV курса специальности 160901и направления 160900 дневного обучения. - М.: МГТУ ГА, 2011.

4. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Надежность авиационной техники. Пособие по выполнению практических занятий «Оценка показателей надежности авиационной техники»: М.: МГТУ ГА, 2012.

б) дополнительная литература

5. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. и др. Надежность и эксплуатационная технологичносгь летательных аппаратов. Учебное пособие. - М.: МИИГА, 1989.

6. Ицкович А.А., Кабков П.К. Вероятностно-статистические модели эксплуатации ЛА: учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 2009.

7. ГОСТ Р 27.001-2009. Надежность в технике. Система управления надежностью. Основные положения. - М.: Стандартинформ, 2010.

8. ГОСТ 27.002-15. Надежность в технике. Термины и определения. - М.: Стандартинформ, 2016.

9. ГОСТ Р 27.004-2009. Надежность в технике. Модели отказов.- М.: Стандартинформ, 2010.

10. ГОСТ Р 27.403-2009. Надежность в технике. Планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы.- М.: Стандартинформ, 2010.

11. ГОСТ Р 27.404-2009. Надежность в технике. Планы испытаний для контроля коэффициента готовности. - М.: Стандартинформ,2010.

12. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. С-Пб.: БХВ-Петербург. 2006.

13. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.

14. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем. Учебное пособие. — М.: Дрофа, 2008.

15. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Основы теории надежности. Пособие по выполнению курсовой работы «Оценка показателей надежности авиационной техники». - М.: МГТУ ГА, 2017.

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ" (ДАЛЕЕ - СЕТЬ "ИНТЕРНЕТ"), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- Диалоговая автоматизированная система анализа надежности изделий и систем («ДИАНА»).

– www.mstuca.ru - электронные ресурсы Университета - электронные версии пособий, методических разработок по всем видам учебной работы;

– www. wikipedia.ru системный анализ – подход к пониманию термина «Системный анализ» по энциклопедии Википедия;

– www. wikipedia.ru исследование операций – подход к пониманию термина «Исследование операций» по энциклопедии Википедия;

– http://www.mintrans.ru – официальный сайт Минтранспорта РФ;

– http://www.gks.ru - официальный сайт Федеральной службы государственной статистики.

– http://orlovs.pp.ru - научная информация по статистическим методам;

– http://orlovs.pp.ru/stat/matslu.zip - RTF-док. в zip-архиве «Математика случая. Вероятность и статистика - основные факты. Учебное пособие»;

Электронные ресурсы библиотеки Университета -электронные версии пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы.:

- http://www.mchs.ru/ -официальный сайт МЧС;

- http://www.favt.ru/- Федеральное агентство воздушного транспорта;

- http://www.mlgvs.ru/library.html#search - Центральная нормативно-методическая библиотека ГА.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Общие методические указания

При самостоятельном изучении материала данной дисциплины студент должен работать с литературными источниками, указанными в конце

настоящего издания. Для усвоения материала студент должен пользоваться основной и дополнительной литературой. При использовании литературы надо учитывать, что ряд аналогичных вопросов излагается в нескольких источниках, поэтому изучение их может ограничиваться одним из них. Другие источники приведены для получения дополнительных материалов.

Каждый студент должен вести конспект изучаемой литературы. Материал должен изучаться последовательно. Изучение теоретического материала следует сопровождать решением задач.

При изучении определенных тем рекомендуется знакомиться с материалами по эксплуатации конкретных типов летательных аппаратов и подбирать соответствующие примеры из личной практической деятельности.

Студент может получить от преподавателя письменную или устную консультацию по интересующим его вопросам данного курса.

9.2. Методические указания по изучению разделов дисциплины

Раздел 1. Предмет и задачи надежности АТ. Физические основы надежности АТ.

Тема 1.1. Содержание и значение проблемы обеспечения надежности АТ. Основные понятия, термины и определения надежности

При изучении этой темы следует рассматривать надежность авиационной техники как важнейший элемент ее качества. Основной задачей теории надежности авиационной техники является разработка методов повышения и сохранения ее надежности при проектировании, производстве и эксплуатации. Основными аспектами предмета теории надежности являются: технический, социально-экономический, организационный и правовой. Использовать основные ГОСТы системы стандартов «Надежность в технике». Обратить внимание на связь учебной дисциплины с теорией вероятности и математической статистики, вероятностно-статистическими моделями, конструкцией и прочностью летательных аппаратов и авиадвигателей.

Основными предметами (задачами) теории надежности авиационной техники являются: система обеспечения надежности авиационной техники и методология ее построения; физические объекты и математические модели надежности авиационной техники; методы оценки показателей и обеспечения надежности, испытаний и контроля надежности авиационной техники, сбора и обработки информации о надежности авиационной техники; технические и программные средства обеспечения надежности авиационной техники.

При изучении терминологии по надежности следует придерживаться рекомендаций системы стандартов «Надежность в технике» и использовать классификацию терминов по признакам: объекты, состояния, события, свойства, показатели надежности и методы повышения надежности. Восстанавливаемые, невосстанавливаемые, ремонтируемые и неремонтируемые объекты. Исправные, неисправные, работоспособные, неработоспособные и предельные состояния объектов, отказы и повреждения. Свойства надежности: безотказность, долговечность, ремонтопригодность, сохраняемость, готовность

и восстанавливаемость. Единичные и комплексные показатели надежности. Виды резервирования объектов.

Тема 1.2. Физические основы надежности АТ

Для понимания физической сущности отказа необходимо рассмотреть прежде всего критерий отказа, представляющий собой признак или совокупность признаков неработоспособного состояния, установленного нормативно-технической или конструкторской документацией. Признаками возникновения отказа являются недопустимые изменения параметров, определяющих работоспособность объекта. При установлении причин отказов необходимо определить явления, процессы, события и состояния, приведшие к их появлению.

Следует рассмотреть основные причины возникновения конструктивных, производственных и эксплуатационных отказов.

При изучении классификации отказов основное внимание следует уделить внезапным и постепенным отказам. Рассмотреть механизмы их возникновения и причины появления. Понять, что наработка до отказа является случайной величиной. Рассмотреть процесс разрушения материала как постепенный кинетический процесс, развивающийся в напряженном материале. Скорость процесса механического разрушения деталей зависит от структуры и свойств материала, геометрической формы и состояния поверхности, напряжения вызываемого нагрузкой и температурой. У металлов развиваются разрушения, характеризуемые разрывом межатомных связей и направленной диффузией вакансий к трещинам. Разрушение нагруженных полимерных материалов вызывается процессом разрыва внутримолекулярных химических связей в результате тепловых воздействий, активизированных механическим напряжением.

При изучении физической сущности процессов разрушения рассматриваются процессы старения, изнашивания, коррозии, отказы по параметрам прочности. Чаще всего отказы по параметрам прочности с изломами элементов конструкции (хрупкие и вязкие) или их деформацией. В зависимости от приложенных нагрузок изломы подразделяются на динамические, усталостные, от превышения предела прочности, при изгибающих и скручивающих нагрузках. Особое внимание следует уделить накоплению усталостных повреждений.

Типовые неисправности летательных аппаратов и двигателей с учетом критерия, характера, признаков проявления, причин и последствий.

Раздел 2. Модели надежности изделий

Тема 2.1. Модели надежности невосстанавливаемых изделий

Для лучшего понимания изучение темы следует начать с рассмотрения моделей непрерывного и прерывистого режимов эксплуатации с наступлением отказов неремонтируемого и ремонтируемого объектов. При этом следует вникнуть в физическую сущность безотказности и в различие моделей.

Для невосстанавливаемых объектов основной характеристикой является наработка до отказа, являющаяся непрерывной случайной величиной. Вследствие того, что на практике часто приходится определять показатели

безотказности по значению одного из них, то важно знать аналитические зависимости между различными показателями.

Тема 2.2. Модели надёжности восстанавливаемых изделий

При изучении безотказности восстанавливаемых объектов уяснить сущность потока отказов при «мгновенном» восстановлении и основную его характеристику – число отказов в интервале наработки, являющуюся дискретной случайной величиной.

Исходя из этого, следует уяснить сущность моделей безотказности восстанавливаемых объектов, в качестве которых используются гипергеометрическое, биномиальное и пуассоновские распределения числа отказов.

Важно знать аналитические зависимости между характеристиками безотказности восстанавливаемых объектов.

Раздел 3. Оценка показателей надёжности изделий по данным испытаний и эксплуатационных наблюдений

Тема 3.1. Показатели надежности. Планирование испытаний и эксплуатационных наблюдений.

Изучение единичных показателей надежности следует начать с рассмотрения свойств надежности: безотказности (подробно рассмотрены в предыдущей теме), ремонтопригодности, долговечности, сохраняемости, готовности и восстанавливаемости. Определение этих свойств по ГОСТ 27.002.

Следует уяснить физическую суть каждого свойства надежности и изучить единичные показатели, оценивавшие каждое свойство.

Изучение ремонтопригодности следует начать с рассмотрения модели процесса отказов и восстановлений. В этом процессе время восстановления является непрерывной случайной величиной, характеризующей ремонтопригодность. Значение этой величины определяется не только свойствами самого объекта, но и системы технического обслуживания и ремонта, поэтому следует ознакомиться с сущностью этой системы и ее назначением. Исходя из этого, показатели ремонтопригодности делятся на две группы: оценивающие оперативную (временную) сторону и экономическую.

При изучении долговечности объектов важно уяснить сущность свойства долговечности и предельного состояния. В зависимости от вида предельного состояния определить разницу и сходство между свойствами безотказности, и долговечности ремонтируемых и неремонтируемых изделий. Необходимо понять сущность того, что, различая интенсивность протекания процессов, воздействующих на авиационной техники, приводит к разбивке показателей на две группы: по календарной продолжительности эксплуатации (сроки службы) и по наработке объектов (ресурсы). При оценке уровня долговечности объекта важное значение имеет выбор показателя (виды ресурса).

При изучении сохраняемости необходимо рассмотреть причины, приводящие к снижению уровня безотказности и долговечности объектов, находящихся на хранении.

Для рассмотрения законов распределения наработки до отказа и количества отказов необходимо восстановить предварительно знания,

полученный при изучении курса «Теория вероятностей». Законы распределения дискретных случайных величин (биномиальный, гипергеометрический, Пуассона) и их параметры. При изучении обратить внимание на методы оценки теоретических параметров распределения наработки до отказа (вероятностная бумага, метод моментов, метод максимума правдоподобия).

При изучении темы рассмотреть случайный процесс отказов и восстановлений обратить внимание на две случайные величины: наработка до отказа и время восстановления. Следует рассмотреть определения коэффициентов готовности, технического использования, оперативной готовности по ГОСТ 27.002. и статистическую оценку перечисленных показателей с целью их определения по результатам эксплуатационных наблюдений.

При рассмотрении комплексной оценки надежности учесть этапы проектирования, производства и эксплуатации.

Изучая вопросы испытания объектов, надо уяснить цель их проведения. Необходимо разобраться в назначении, периодичности проведения испытаний в опытно – конструкторских предприятиях и опытных заводах, на серийных заводах, в эксплуатационных предприятиях.

Необходимо уяснить сущность планов испытаний, с заменой и без замены отказавших изделий, до заданного количества отказов или до заданной наработки.

Следует изучить источники и задачи информации от отказов и повреждениях объектов авиационной техники. Рассмотреть свойства полных и цензурированных эксплуатационных данных по наработкам до отказа изделий авиационной техники.

Тема 3.2. Непараметрические методы оценки показателей надёжности изделий

Для изучения данной темы необходимо уяснить способы представления данных эксплуатационных наблюдений (полные данные, однократно и многократно цензурированные выборки, планы наблюдений), а также задачи и ограничения применения непараметрических методов оценки показателей надежности объектов. Необходимо научиться получать выражения для точечной оценки надежности объектов с использованием функции максимального правдоподобия. Изучить физическую сущность понятий доверительных интервалов и методы их вычисления.

Тема 3.3. Параметрические методы оценки показателей надёжности изделий

Изучать тему необходимо с классификации методов оценки показателей надежности. Следует изучать цели и возможности применения параметрического и непараметрического методов оценки.

Для оценки надежности и анализа причин возникновения отказов большое значение имеет знание законов распределения наработок до отказа и их параметров. Необходимо научиться обрабатывать результаты эксплуатационных наблюдений. – ряд значений случайной величины (наработки до отказа).

При изучении метода моментов следует учесть, что характеристики случайной величины в теории вероятностей называют моментами К – го порядка.

При изучении метода максимума правдоподобия нужно обратить внимание на построение функции максимального правдоподобия.

Проверку гипотез о законе распределения удобно рассмотреть на примере применения критерия согласия χ^2.

Раздел 4. Методы расчёта и анализа надёжности функциональных систем

Тема 4.1. Виды резервирования объектов АТ. Характеристика функциональных систем ЛА

Резервирование рассматривается как одно из основных средств обеспечения заданного уровня надежности объекта при недостаточно надежных элементах. В зависимости от характера дополнительных средств и возможностей, применяемых при резервировании, рассматриваются следующие виды резервирования: структурное, временное, информационное, функциональное и нагрузочное. При изучении структурного резервирования дать сравнительную оценку общего и раздельного резервирования. Показать особенности резервирования замещением и скользящего резервирования. Для систем с восстановлением рассмотреть влияние технического обслуживания на эффективность резервирования.

Тема 4.2. Методы анализа надёжности функциональных систем ЛА

При изучении методов расчета надежности сложных систем рассмотреть различные способы описания условий их работоспособности: структурные, схемы, функции алгебры логики. Моделирование надежности сложных систем рассматривается в зависимости от их свойств: системы без восстановления, системы с восстановлением, монотонные системы. Необходимо уяснить особенности расчета надежности при последовательном и параллельном соединении элементов при независимых и зависимых отказах.

Требования ИКАО к надежности сложных систем авиационной техники определяются влиянием отказов на безопасность полетов.

Раздел 5. Обеспечение надёжности объектов на разных этапах жизненного цикла АТ

Тема 5.1. Обеспечение надёжности при проектировании и производстве АТ.

Рассмотреть классификацию факторов, влияющих на надежность объектов. Анализ воздействия на объекты внешних и внутренних факторов выполнить с учетом характера отказов и механизма их возникновения. Законы распределения наработки до отказа, применяемые при расчете показателей надежности, выбираются с учетом физических представлений о процессах, приводящих к отказам.

Задачи нормирования надежности решаются исходя из требований норм летной годности и критериев эффективности эксплуатации летательных аппаратов. Проектирование объектов на заданную надежность связано с распределением требований по надежности между системами и элементами и выбором проектных решений.

При изучении производственно – технологических причин отказов выделить дефекты материалов, дефекты технологических процессов формообразования деталей, дефекты термообработки деталей, дефекты сборки и испытаний систем и изделий. При рассмотрении технологических способов повышения надежности обратить особое внимание на процессы поверхностного упрочнения деталей.

Среди методов промышленного контроля качества, наряду с неразрушающими методами контроля, рассматриваются методы статистического контроля по альтернативному и количественному признакам, а также методы статистического регулирования технологических процессов.

Тема 5.2. Контроль надёжности АТ в эксплуатации

При изучении темы следует рассмотреть виды статистического контроля надежности, особенности методов одноступенчатого и последовательного контроля по альтернативному признаку. Необходимо различать мероприятия по поддержанию требуемого уровня надежности и мероприятия, направленные на повышение надежности. К первым относятся плановые и неплановые виды технического обслуживания и ремонта. Ко вторым относятся доработки конструкции, целесообразность выполнения которых определяется на основе анализа статистических данных об отказах и неисправностях.

Изучить информационное обеспечение анализа надежности и восстановления исправности авиационной техники. Освоить методы статистического регулирования уровня безотказности объектов авиационной техники по критериям эффективности технической эксплуатации.

К прикладным задачам теории надежности относятся определение режимов технического обслуживания и ремонта и расчет количества запасных частей.

Подготовку к каждому практическому занятию (лабораторной работе) студент должен начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Подготовка осуществляется в соответствии с планом СРС. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

При чтении лекций по всем темам дисциплины активно используется компьютерная техника для демонстрации слайдов с помощью программного приложения Microsoft Power Point (например, специализированные аудитории первого этажа). На практических занятиях студенты представляют презентации, подготовленные с помощью программного приложения Microsoft Power Point, подготовленные ими в часы самостоятельной работы.

При этом перечень информационных технологий включает:

- сбор, хранение, систематизация и выдача учебной и научной информации;
- обработка текстовой, графической и эмпирической информации;
- подготовка, конструирование и презентация итогов исследовательской и аналитической деятельности;
- самостоятельный поиск дополнительного учебного и научного материала, с использованием поисковых систем и сайтов сети Интернет, электронных энциклопедий и баз данных;
- использование электронной почты преподавателей и обучающихся для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Освоение дисциплины производится на базе обычных и мультимедийных учебных аудиторий МГТУ ГА. Для проведения лекций используется специализированные лекционные аудитории. Для проведения практических занятий - учебная аудитория кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей, обеспеченная вычислительной техникой с доступом к учебным и учебно-методическим пособиям и доступом в Интернет. В аудитории имеется следующее оборудование: компьютер преподавателя; интерактивная проекционная система Smartboart SBX 880i4/UF65; документ-камера Aver Vision 300AF; усилитель звуковой Crown LPS-800; акустическая система с креплением JBL Control25. Для выполнения лабораторных работ используются специализированные аудитории вычислительного центра университета.

В процессе обучения используется библиотечный фонд, качественный и количественный состав которого соответствует нормативным требованиям и включает учебники, учебные и учебно-методические пособия, справочные издания, периодические издания в электронной и бумажной формах.