

Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Надежность авиационной техники

(Наименование дисциплины)

**«25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей,
направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и
беспилотных авиационных систем»»**

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	3
Общее количество часов	108
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	22
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	+ (54)

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	15
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	18
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	19
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	21

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Надежность авиационной техники» входит в «Обязательную часть» подготовки обучающихся по направлению подготовки «25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ОПК-1. Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики, гидравлики, имеющие отношение к техническому обслуживанию воздушных судов

Дескрипторы универсальной компетенции:

ОПК-1.1. Способен применить методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для изучения предметной области.

ОПК-1.2. Способен определить необходимость и постановку задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных.

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
	ОПК-1.1. Способен применить методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для изучения предметной области. ОПК-1.2. Способен определить необходимость и постановку задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных.	Знает ИД-1 ОПК-1.1 Методы математического анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования (без привязки к профессиональному стандарту) ИД-2 ОПК-1.2 Подходы к определению необходимости и постановке задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту) Умеет ИД-3 ОПК-1.1 Применять методы математического анализа, моделирования и экспериментального исследования для изучения предметной области (без привязки к профессиональному стандарту) ИД-4 ОПК-1.2 Определять необходимость и формулировать задачи экспериментального исследования, выбирать средства и методы обработки экспериментальных данных (без

		привязки к профессиональному стандарту) Имеет навыки ИД-5 ОПК-1.1 Владение навыками применения методов математического анализа, моделирования и экспериментального исследования (без привязки к профессиональному стандарту) ИД-6 ОПК-1.2 Владение навыками постановки экспериментальных задач, обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту)
--	--	--

1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

направления подготовки «25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1	Метеорологическое обеспечение	Радиотехническое обеспечение полетов
2	Информационные технологии	

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»**;
- Учебного плана направления подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Основные понятия теории надежности	4	2		2	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
2	Тема 2. Математические основы расчетов надежности	6	2	2	2	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
3	Тема 3. Количественные показатели надежности невозстанавливаемых объектов	6	2	2	2	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
4	Тема 4. Надежность восстанавливаемых изделий и процессы восстановления	10	2	4	4	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
5	Тема 5. Анализ видов, последствий и критичности отказов (FMEA/FMECA)	6	2	2	2	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
6	Тема 6. Отказобезопасность и функциональная надежность систем	6	2		4	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
7	Тема 7. Управление надежностью в процессе эксплуатации (MSG-3 / MRB Process)	10	2	4	4	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
8	Тема 8. Информационные системы сбора данных о надежности (АСУ ТОиР)	6	2	2	2	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
Вид промежуточной аттестации(Экзамен)		54				
Итого		108	16	16	22	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Основные понятия теории надежности

- **Содержание:** Определение надежности как свойства объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции. Составляющие надежности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Классификация состояний АТ (исправное, работоспособное, предельное). Понятие отказа и повреждения.

- **Ключевые понятия:** Вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, критерий отказа, регламент ТО.

Тема 2. Математические основы расчетов надежности

- **Содержание:** Законы распределения случайных величин в теории надежности. Экспоненциальный закон (для периода нормальной эксплуатации), закон Вейбулла (учет приработки и износа), нормальный закон. Связь между показателями надежности $P(t)$, $Q(t)$, $\lambda(t)$, T_{cp} .

- **Ключевые понятия:** Плотность распределения, среднее время наработки на отказ (MTBF), гамма-процентный ресурс.

Тема 3. Количественные показатели надежности невосстанавливаемых объектов

- **Содержание:** Расчет вероятности безотказной работы систем с последовательным, параллельным и смешанным соединением элементов. Структурные схемы надежности. Логико-вероятностные методы расчета сложных систем.

- **Ключевые понятия:** Последовательное соединение («слабое звено»), резервирование (нагруженное, ненагруженное, облегченное).

Тема 4. Надежность восстанавливаемых изделий и процессы восстановления

- **Содержание:** Особенности эксплуатации авиатехники как восстанавливаемой системы. Параметр потока отказов. Функция готовности и коэффициент технического использования. Стратегии замен деталей: по ресурсу и по состоянию.

- **Ключевые понятия:** Среднее время восстановления (MTTR), оперативная готовность, профилактическое обслуживание.

Тема 5. Анализ видов, последствий и критичности отказов (FMEA/FMECA)

- **Содержание:** Методология качественного и количественного анализа отказов функциональных систем самолета (планер, силовая установка, авионика). Оценка тяжести последствий. Матрица рисков. Применение FMEA при сертификации типа воздушного судна.

- **Ключевые понятия:** Одиночный отказ, допустимая вероятность катастрофического отказа ($<10^{-9}$ на час полета), дерево неисправностей (FTA).

Тема 6. Отказобезопасность и функциональная надежность систем

- **Содержание:** Принципы построения отказоустойчивых систем (дублирование, троирование — система 2 из 3). Контроль исправности в полете (BITE — Built-In Test Equipment). Требования к световым и звуковым сигнализациям об отказах в кабине экипажа.

- **Ключевые понятия:** Fail-safe конструкция, Damage tolerance (живучесть с повреждениями), мониторинг состояния двигателя (ACMS/EDM).

Тема 7. Управление надежностью в процессе эксплуатации (MSG-3 / MRB Process)

- **Содержание:** Процесс формирования регламента технического обслуживания на этапе проектирования. Анализ интервалов смазки, проверок и замен агрегатов. Отличия жесткого ресурса (Hard Time) от стратегии "обслуживание по состоянию" (On-condition/Condition monitoring).

- **Ключевые понятия:** Документация ALS (Airworthiness Limitations), директивы летной годности (AD), программа мониторинга надежности флота.

Тема 8. Информационные системы сбора данных о надежности (АСУ ТОиР)

- **Содержание:** Сбор статистических данных об отказах и неисправностях бортовых систем. Использование полетной информации (FOQA/FDAP) для выявления отклонений в работе АТ. Прогнозирование надежности и оценка уровня безопасности полетов конкретного парка ВС.

- **Ключевые понятия:** Бортовой регистратор (БУР), база данных ATLAS/S1000D, тренд-мониторинг.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Основные понятия теории надежности
ПЗ 2	Тема 2. Математические основы расчетов надежности
ПЗ 3, 4	Тема 3. Количественные показатели надежности невосстанавливаемых объектов
ПЗ 5	Тема 4. Надежность восстанавливаемых изделий и процессы восстановления
ПЗ 6, 7	Тема 5. Анализ видов, последствий и критичности отказов (FMEA/FMECA)
ПЗ 8	Тема 6. Отказобезопасность и функциональная надежность систем

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Основные понятия теории надежности	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Математические основы расчетов надежности	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Количественные показатели надежности невосстанавливаемых объектов	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Надежность восстанавливаемых изделий и процессы восстановления	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Анализ видов, последствий и критичности отказов (FMEA/FMECA)	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Отказобезопасность и функциональная надежность систем	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Управление надежностью в процессе эксплуатации (MSG-3 / MRB Process)	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Информационные системы сбора данных о надежности (АСУ ТОиР)	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Основные понятия теории надежности	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Математические основы расчетов надежности	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Количественные показатели надежности невосстанавливаемых объектов	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Надежность восстанавливаемых изделий и процессы восстановления	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Анализ видов, последствий и критичности отказов (FMEA/FMECA)	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Отказобезопасность и функциональная надежность систем	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Управление надежностью в процессе эксплуатации (MSG-3 / MRB Process)	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Информационные системы сбора данных о надежности (АСУ ТОиР)	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Законы распределения случайных величин в теории надежности АТ Анализ применимости экспоненциального закона, законов Вейбулла и нормального распределения для описания отказов планера, двигателей и авионики на разных этапах жизненного цикла.

2. Структурные схемы надежности: расчет последовательных, параллельных и мостиковых соединений Математическое моделирование системы управления самолетом с учетом резервирования каналов.

3. Методы структурной избыточности (резервирования) в системах автоматического управления полетом (САУ) Сравнение эффективности нагруженного, ненагруженного и облегченного резерва на примере автопилота современного лайнера.

4. Анализ видов и последствий отказов (FMEA/FMECA) как инструмент сертификации типа воздушного судна Практический разбор критичности отказа гидросистемы или заклинивания руля высоты согласно нормам летной годности АП-25 / CS-25.

5. Методология построения деревьев неисправностей (Fault Tree Analysis — FTA) Качественный и количественный анализ причин возникновения ситуации «Пожар двигателя» через логические вентили И/ИЛИ.

6. Отказобезопасная архитектура (Fail-safe) и концепция безопасного ресурса разрушения (Damage Tolerance) Влияние усталостных трещин в силовом наборе крыла на общую надежность конструкции самолета.

7. Стратегии технического обслуживания: регламентные формы («Hard Time») против эксплуатации «по состоянию» (On-condition) Экономическая и надежность эффективность перехода от жестких ресурсов агрегатов к мониторингу их фактического состояния.

8. Процесс MSG-3 и формирование программы технического обслуживания (MRB Process) Как на этапе проектирования определяется периодичность проверок иллюминаторов, шасси и кислородной системы.

9. Надежность силовых установок (ГТД): показатели безотказности и причины досрочных съёмов двигателей Статистика выключений двигателя в полете (IFSD) и задержек рейсов по техническим причинам.

10. Влияние человеческого фактора на надежность авиационной технической эксплуатации Классификация ошибок инженерно-технического персонала (АТБ). Методы предотвращения ошибок при выполнении бюллетеней и тяжелых форм ТО.

11. Информационные системы сбора данных о техническом состоянии ВС (ACMS, FDAP, FOQA) Использование полетных данных для прогностики отказов датчиков вибрации двигателей и систем кондиционирования.

12. Директивы летной годности (Airworthiness Directives — AD) и сервисные бюллетени (Service Bulletins — SB) Юридический статус документов и их роль в поддержании заданного уровня надежности эксплуатируемого парка.

13. Оценка показателей долговечности: ресурс и срок службы планера Учет повторяющихся нагрузок (усталость) и коррозионного износа при продлении календарного срока службы самолетов Ан-24/26 или Як-40.

14. Логико-вероятностное моделирование сложных комплексов бортового оборудования Расчет вероятности успешного выполнения захода на посадку по III категории ИКАО при частичных отказах навигации.

15. Применение нейронных сетей и машинного обучения для предиктивного анализа отказов (Predictive Maintenance) Прогнозирование выхода из строя подшипников опор роторов ГТД на основе вибродиагностики.

16. Надежность программного обеспечения бортовых компьютеров (DO-178C) Уровни катастрофичности ПО (Design Assurance Levels — DAL A/B/C) и количество требуемых тестовых сценариев.

17. Анализ рисков безопасности полетов (Safety Risk Management — SRM) Связь между частотой технического отказа и тяжестью его последствий для пассажиров и экипажа.

18. Сравнительный анализ стандартов надежности гражданской (ARP 4761) и военной авиации (MIL-HDBK-217) Различия в подходах к оценке интенсивности отказов компонентов (λ) в зависимости от условий эксплуатации.

19. Контроль исправности в полете (BITE — Built-In Test Equipment) Архитектура встроенных систем диагностики инерциальных навигационных систем (ИНС) и воздушных сигналов (CBC).

20. Управление конфигурацией изделия и надежность запасных частей (PMA vs OEM) Риски использования неоригинальных запчастей (Parts Manufacturer Approval) для поддержания коэффициента готовности флота.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролирующих материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Основные понятия теории надежности	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
2	Тема 2. Математические основы расчетов надежности	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
3	Тема 3. Количественные показатели надежности невосстанавливаемых объектов	ЛС	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
4	Тема 4. Надежность восстанавливаемых изделий и процессы восстановления	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
5	Тема 5. Анализ видов, последствий и критичности отказов (FMEA/FMECA)	УО	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
6	Тема 6. Отказобезопасность и функциональная надежность систем	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
7	Тема 7. Управление надежностью в процессе эксплуатации (MSG-3 / MRB Process)	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2

8	Тема 8. Информационные системы сбора данных о надежности (АСУ ТОиР)	УО	ДИ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
---	---	----	----	-----	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

Задачи

Базовый уровень (расчет показателей надежности элементов)

Задание 1. Расчет вероятности безотказной работы Дано: навигационная система самолета имеет интенсивность отказов $\lambda = 2 \cdot 10^{-5}$ ч⁻¹. Полет длится $t = 4$ часа. *Задача:* Рассчитать вероятность безотказной работы системы $P(t)$, считая поток отказов простейшим (экспоненциальный закон). *Цель:* Отработка базовой формулы $P(t) = e^{-\lambda t}$.

Задание 2. Определение среднего времени наработки на отказ (MTBF) За период эксплуатации в 10 000 часов у парка из 20 однотипных самолетов произошло 8 отказов гидронасосов. *Задача:* Определить среднюю наработку на отказ одного насоса ($T_{ср}$) и интенсивность отказов λ . *Цель:* Связь статистических данных с параметрами потока событий.

Задание 3. Вероятность отказа за заданное время Интенсивность отказов радиостанции составляет $\lambda = 0,0001$ ч⁻¹. *Задача:* Найти вероятность того, что радиостанция выйдет из строя в течение первых 50 часов полета. *Цель:* Использование функции распределения $Q(t) = 1 - P(t)$.

Задание 4. Закон Вейбулла для периода приработки Для новой партии тормозных дисков параметр формы закона Вейбулла $k = 0,7$, а масштабный параметр $\eta = 5000$ посадок. *Задача:* Рассчитать вероятность того, что диск проработает без замены более 100 посадок. *Цель:* Применение двухпараметрического распределения для ненакопленных повреждений.

Задание 5. Коэффициент готовности Среднее время восстановления шасси после поломки $T_{в} = 6$ часов. Среднее время наработки на отказ $T_{ср} = 2000$ часов. *Задача:* Вычислить коэффициент готовности K_g данной системы. *Цель:* Понимание соотношения между безотказностью и ремонтпригодностью.

Средний уровень (анализ систем со структурным соединением)

Задание 6. Последовательное соединение элементов Система управления состоит из трех критически важных блоков, соединенных последовательно. Их вероятности безотказной работы: $P_1 = 0,99$, $P_2 = 0,98$, $P_3 = 0,995$. *Задача:* Определить общую надежность системы $P_{сис}$. Какое звено является «слабым»? *Цель:* Анализ произведения вероятностей для последовательной цепи.

Задание 7. Параллельное резервирование (дублирование) Самолет оснащен двумя независимыми генераторами электроэнергии. Надежность каждого $P = 0,95$. *Задача:* Рассчитать вероятность того, что самолет останется полностью без электричества (отказ обоих

генераторов), и надежность системы электроснабжения. *Цель:* Расчет надежности мажоритарной схемы «1 из 2».

Задание 8. Смешанное (последовательно-параллельное) соединение. Схема состоит из основного блока А ($P_A=0,9$, $R_A=0,9$) и резервного каскада. Резервный каскад состоит из двух параллельных элементов Б ($P_B=0,8$, $R_B=0,8$) и В ($P_B=0,8$, $R_B=0,8$). Основной блок и резервный каскад работают последовательно. *Задача:* Построить структурную схему и рассчитать итоговую надежность. *Цель:* Комбинирование формул для сложных топологий.

Задание 9. Нагруженное дублирование («Горячий резерв»). Два одинаковых компьютера САУ работают одновременно. Система сохраняет работоспособность, пока жив хотя бы один. Интенсивность отказов каждого $\lambda=10^{-4}$ ч⁻¹. *Задача:* Вывести формулу и найти среднее время наработки системы на отказ. *Цель:* Различие расчетов для нагруженного и ненагруженного резерва.

Задание 10. Тройная система (2 из 3). Три независимых датчика выдают сигнал о высоте. Для принятия решения нужно согласие минимум двух датчиков. Надежность каждого датчика $p=0,9$. *Задача:* Используя полином Бернштейна или логику комбинаторики, найти вероятность правильного срабатывания системы. *Цель:* Математическое описание кворумирования сигналов.

Продвинутый уровень (FMEA, деревья неисправностей и эксплуатация)

Задание 11. Количественный анализ дерева неисправностей (FTA). Верхнее событие — «Отказ выпуска закрылков». Оно происходит, если произошел отказ И гидропривода, И электропривода (логическое И). Вероятности базовых событий: $Q_{\text{гидро}}=10^{-4}$, $Q_{\text{электро}}=10^{-3}$. *Задача:* Оценить вероятность верхнего события. *Цель:* Перемножение вероятностей для вентилей И.

Задание 12. Критичность отказов (FMECA). Рассматриваются два отказа:

1. Потеря пассажирского кресла (тяжесть — незначительная, вероятность — частая).
2. Заклинивание руля направления (тяжесть — катастрофическая, вероятность — крайне маловероятная). *Задача:* Опираясь на матрицу рисков авиационных правил (например, FAR/CS 25), определить, какой отказ требует обязательного дублирования системы, а какой допустим без него. *Цель:* Качественная оценка уровней безопасности ($<10^{-9}$ на час).

Задание 13. Выбор стратегии обслуживания. Агрегат стоит 100 000 руб. Стоимость его внезапного отказа в полете (включая возврат в аэропорт) — 1 000 000 руб. Периодическая замена через каждые 1000 часов обходится в 50 000 руб. *Задача:* При какой интенсивности отказов выгоднее перейти от стратегии «по состоянию» к превентивной замене (Hard Time)? *Цель:* Техно-экономическое обоснование регламента ТО.

Задание 14. Учет доверия к встроенному контролю (BITE). Система самодиагностики двигателя обнаруживает отказ с вероятностью $D=0,95$. Однако она может дать ложную тревогу с вероятностью $F=0,02$. Реальная надежность двигателя $R=0,99$. *Задача:* Если BITE выдал сигнал «ОТКАЗ», какова реальная вероятность того, что двигатель действительно неисправен? (Использовать теорему Байеса). *Цель:* Коррекция оценки состояния объекта с учетом точности измерительного прибора.

Задание 15. Прогнозирование запаса надежности. Известно, что текущая наработка планера достигла 60% от назначенного ресурса. Статистика показывает, что интенсивность усталостных трещин растет экспоненциально во второй половине срока службы ($\lambda(t)=\lambda_0 e^{kt}$). *Задача:* Объяснить, почему нельзя использовать постоянную интенсивность отказов $\lambda=\text{const}$ для расчета графика инспекций неразрушающего контроля (НК) на поздних этапах жизни ВС. *Цель:* Обоснование перехода к методам Damage Tolerance.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Темы для рефератов по дисциплине «Надежность авиационной техники». Темы охватывают фундаментальные законы теории надежности, методы анализа сложных систем, вопросы отказобезопасности и современные цифровые технологии эксплуатации.

1. Фундаментальные законы распределения в теории надежности АТ Сравнительный анализ экспоненциального закона (период нормальной эксплуатации), закона Вейбулла (учет износа и приработки) и нормального закона применительно к планеру и агрегатам самолета.
2. Математические модели структурной избыточности: нагруженный, ненагруженный и облегченный резерв Расчет среднего времени наработки на отказ (MTBF) дублированных систем автоматического управления полетом (САУ).
3. Анализ видов и последствий отказов (FMEA/FMECA) как инструмент сертификации типа воздушного судна Методика оценки критичности единичных отказов согласно требованиям Авиационных правил АП-25 / CS-25.
4. Логико-вероятностное моделирование безопасности: метод деревьев неисправностей (Fault Tree Analysis — FTA) Построение дерева причин для верхнего события «Отказ выпуска шасси» с использованием логических вентилей И/ИЛИ.
5. Концепция Damage Tolerance (живучесть с повреждениями) в современной авиации Влияние усталостных трещин в силовом наборе крыла на общую надежность конструкции и регламент инспекций NDT (неразрушающего контроля).
6. Отказобезопасные архитектуры бортовых систем: мажоритарный принцип «2 из 3» (Triplex) Применение троирования вычислителей авионики (ADIRU/FMC) для исключения ложных срабатываний и катастрофических ошибок ПО.
7. Стратегии технического обслуживания: регламентные формы («Hard Time») против эксплуатации «по состоянию» (On-condition/MSG-3) Экономическая эффективность перехода от жестких ресурсов агрегатов двигателя к мониторингу их фактического состояния.
8. Влияние человеческого фактора инженерно-технического персонала на надежность АТ Классификация ошибок при выполнении форм ТО. Методы предотвращения ошибок (Human Factors Training) в рамках стандартов IOSA.
9. Надежность программного обеспечения бортовых компьютеров: стандарт DO-178C Уровни катастрофичности программных функций (DAL A/B/C) и их связь с интенсивностью скрытых отказов кода.
10. Директивы летной годности (Airworthiness Directives — AD) и сервисные бюллетени (Service Bulletins — SB) Юридический механизм принудительного повышения надежности эксплуатируемого парка после выявления конструктивных дефектов.
11. Информационные системы сбора полетных данных (FOQA/FDAP) для прогностики отказов Использование параметров вибрации двигателей и трендов давления гидросистем для предиктивного технического обслуживания (Predictive Maintenance).
12. Оценка долговечности воздушных судов: календарный ресурс и жизненный цикл планера Методы продления срока службы самолетов за 30–40 лет эксплуатации (Supplemental Structural Inspection Documents — SSID).
13. Сравнительный анализ подходов гражданской (ARP 4761) и военной (MIL-HDBK-217) авиации к оценке интенсивности отказов компонентов Различия в учете климатических и механических нагрузок при расчете показателей безотказности.
14. Контроль исправности в полете (BITE — Built-In Test Equipment): архитектура встроенных систем диагностики Автоматизация поиска неисправностей инерциальных навигационных систем (ИНС) до уровня сменной легкоосъемной единицы (LRU).
15. Управление конфигурацией изделия и надежность запасных частей: риски использования РМА-деталей Проблематика контрафактных и неоригинальных комплектующих (Parts Manufacturer Approval) для поддержания коэффициента готовности флота.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

Блок 1. Теоретические вопросы

1. Основные понятия теории надежности. Определение безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости как составляющих надежности АТ.
2. Состояния авиационной техники. Различие между исправным, работоспособным, неисправным и предельным состояниями изделия.
3. Интенсивность отказов (λ) и средняя наработка на отказ ($T_{cpT}_{\{cp\}T_{cp}}$). Связь показателей в рамках экспоненциального закона распределения вероятностей.

4. Законы распределения случайных величин. Области применения экспоненциального закона, закона Вейбулла и нормального закона в жизненном цикле АТ.

5. Вероятность безотказной работы $P(t)P(t)P(t)$. Графическая интерпретация функции вероятности и ее связь с плотностью распределения.

6. Последовательное соединение элементов в структурной схеме надежности. Принцип «слабого звена» и формула расчета надежности системы через произведение вероятностей элементов.

7. Параллельное резервирование (дублирование). Расчет надежности системы при параллельном соединении элементов («логика ИЛИ»).

8. Коэффициент готовности ($K_g K_{г} K_g$). Определение показателя и его зависимость от среднего времени наработки на отказ и среднего времени восстановления.

9. Анализ видов и последствий отказов (FMEA/FMECA). Цель метода качественной оценки рисков отказа систем самолета на этапе проектирования.

10. Дерево неисправностей (Fault Tree Analysis — FTA). Построение логической схемы возникновения аварийной ситуации сверху вниз.

11. Отказобезопасность (Fail-safe) и живучесть с повреждениями (Damage Tolerance). Конструктивные подходы к обеспечению безопасности при возникновении частичных разрушений конструкции планера.

12. Стратегии технического обслуживания: Hard Time vs On-condition. Суть регламентной замены агрегатов по налету часов и эксплуатации по фактическому состоянию.

13. Процесс MSG-3. Методология формирования программ технического обслуживания (Maintenance Review Board Process).

14. Директивы летной годности (Airworthiness Directives — AD). Юридический статус документа и обязательность выполнения мероприятий по повышению надежности.

15. Встроенный контроль (BITE — Built-In Test Equipment). Функции автоматизированных систем диагностики бортового оборудования в полете и на земле.

16. Надежность программного обеспечения (DO-178C). Уровни катастрофичности проектируемого ПО (DAL A/B/C) и их влияние на архитектуру вычислителей.

17. Человеческий фактор в технической эксплуатации. Классификация ошибок инженерно-технического персонала (АТБ) и методы их предотвращения.

18. Предиктивное техническое обслуживание (Predictive Maintenance). Использование методов машинного обучения и вибродиагностики для прогнозирования отказов ГТД.

19. Показатели долговечности: ресурс и срок службы. Отличие количественной меры объема работы (летные часы/посадки) от календарного времени хранения/эксплуатации.

20. Управление конфигурацией ВС. Влияние неутвержденных изменений (запчастей РМА) на поддержание заданного уровня надежности парка.

Блок 2. Практические и аналитические вопросы

Задание 1. Расчет вероятности безотказной работы. Система имеет $\lambda = 5 \cdot 10^{-5} \lambda = 5 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$. Полет длится 3 часа. Найти $P(t)P(t)P(t)$. *Ожидаемый ответ:* Применение формулы $P(t) = e^{-\lambda t} P(t) = e^{-\lambda t} P(t) = e^{-\lambda t}$.

Задание 2. Оценка надежности последовательной цепи. Гидросистема состоит из трех насосов, работающих последовательно. Их надежность: $P_1 = 0,99 P_1 = 0,99$; $P_2 = 0,98 P_2 = 0,98$; $P_3 = 0,995 P_3 = 0,995$. Найти общую надежность. *Ожидаемый ответ:* Перемножение вероятностей ($P_{\text{sys}} \approx 0,965 P_{\text{sys}} \approx 0,965$).

Задание 3. Резервирование каналов. Самолет оснащен двумя независимыми генераторами ($P = 0,95 P = 0,95$ каждый). Какова вероятность остаться полностью без электричества? *Ожидаемый ответ:* Произведение вероятностей отказов $(1-P)^2 (1-P)^2$.

Задание 4. Коэффициент готовности. Радар ремонтируется в среднем 4 часа после отказа (MTTR MTTR MTTR), а ломается в среднем раз в 200 часов (MTBF MTBF MTBF). Найти $K_g K_{г} K_g$. *Ожидаемый ответ:* Формула $K_g = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) K_g = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$.

Задание 5. Логическое дерево событий. Верхнее событие происходит, если сработал датчик А (вероятность 0,1) И датчик Б (вероятность 0,2). Какова вероятность верхнего события? *Ожидаемый ответ:* Умножение вероятностей для вентили И (0,02).

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

Закрытого типа с одним верным вариантом ответа (5 вопросов)

Инструкция: Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.

1. Как называется свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания? а) Безотказность; б) Долговечность; в) Ремонтопригодность; г) Сохраняемость. *Правильный ответ: б)*

2. Какой закон распределения вероятностей наиболее точно описывает отказы элементов в период их нормальной эксплуатации, когда интенсивность отказов постоянна? а) Закон Вейбулла; б) Экспоненциальный закон; в) Нормальный закон; г) Логарифмически нормальный закон. *Правильный ответ: б)*

3. Что означает последовательное соединение элементов в структурной схеме надежности? а) Для работы системы достаточно работы хотя бы одного элемента; б) Выход из строя любого одного элемента приводит к отказу всей системы; в) Элементы работают по очереди; г) Система имеет бесконечный ресурс. *Правильный ответ: б)*

4. Какой показатель характеризует вероятность того, что объект будет работоспособен в произвольный момент времени между плановыми ремонтами? а) Нарботка на отказ; б) Коэффициент готовности; в) Параметр потока отказов; г) Срок службы. *Правильный ответ: б)*

5. Как называется документ, обязывающий эксплуатанта устранить конструктивный дефект для поддержания летной годности ВС? а) Сервисный бюллетень (SB); б) Руководство по технической эксплуатации (АММ); в) Директива летной годности (AD); г) Карта-наряд на дефектацию. *Правильный ответ: в)*

Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа (5 вопросов)

Инструкция: Выберите два правильных ответа.

6. Какие две составляющие входят в понятие «надежность» как комплексное свойство согласно ГОСТ? а) Безопасность полетов; б) Безотказность; в) Комфортабельность; г) Долговечность. *Правильный ответ: б), г)*

7. Укажите два метода анализа надежности систем, основанных на логико-вероятностном подходе: а) FMEA (Анализ видов и последствий отказов); б) FTA (Анализ дерева неисправностей); в) RBD (Блочная схема надежности); г) ABC-анализ запасов. *Правильный ответ: б), в)*

8. Какие стратегии технического обслуживания относятся к превентивным (предупредительным)? а) Repair to failure (Ремонт после отказа); б) Hard Time (Замена по ресурсу); в) On-condition (По состоянию); г) Аварийная замена. *Правильный ответ: б), в)*

9. При расчете вероятности безотказной работы параллельной структуры («горячий резерв») какие условия должны выполняться? а) Отказы элементов независимы; б) Все элементы идентичны; в) Работоспособность сохраняется, пока жив хотя бы один элемент; г) Интенсивность отказов равна нулю. *Правильный ответ: а), в)*

10. Какие уровни катастрофичности проектируемого ПО (DAL — Design Assurance Level) требуют максимального объема верификации кода согласно DO-178C? а) DAL E; б) DAL A; в) DAL D; г) DAL B. *Правильный ответ: б), г)*

На установление последовательности (5 вопросов)

Инструкция: Укажите правильную последовательность действий или этапов.

11. Расположите стадии разработки изделия от начала проектирования к серийному производству:

1. Рабочая конструкторская документация;
2. Техническое задание (ТЗ);
3. Технический проект;
4. Эскизный проект. *Правильный ответ: 2-4-3-1*

12. Расположите этапы обработки статистических данных об отказах:

1. Расчет показателей (λ , $P(t)$, $P(t)$);
2. Сбор первичной информации (акты, отчеты);
3. Группировка данных по интервалам;
4. Построение гистограммы частот. *Правильный ответ: 2-3-4-1*

13. Расположите типы проверок АТ в порядке возрастания глубины разборки:

1. Оперативное ТО (Transit check);
2. Периодическое C-check;
3. Послеполетный осмотр;
4. D-check (Капитальный ремонт). *Правильный ответ: 3-1-2-4*

14. Расположите события жизненного цикла детали в хронологическом порядке:

1. Списание (утилизация);
2. Установка на ВС;
3. Изготовление;
4. Дефектация/ремонт. *Правильный ответ: 3-2-4-1*

15. Расположите методы поиска неисправности от общего к частному:

1. Замена легкоъемного блока (LRU);
2. Анализ кодов ошибок СВIT/МВIT;
3. Проверка целостности предохранителей;
4. Функциональный тест системы. *Правильный ответ: 4-2-3-1*

На установление соответствия (4 вопроса)

Инструкция: Установите соответствие между термином и его определением/формулой.

16. Соответствие между показателем и формулой:

А) Коэффициент готовности	1) $1/\lambda$ / $1/\lambda$
Б) Средняя наработка на отказ	2) $MTBF/(MTBF+MTTR)$ / $(MTBF + MTTR)MTBF/(MTBF+MTTR)$
В) Вероятность отказа	3) $1-P(t)$ / $1-P(t)$

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3.

17. Соответствие между типом резерва и состоянием резервного элемента:

А) Нагруженный резерв	1) Резерв включается мгновенно после отказа основного
Б) Облегченный резерв	2) Резерв работает одновременно с основным
В) Ненагруженный резерв	3) Резерв находится под малой нагрузкой и стареет медленнее

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 1.

18. Соответствие между законом распределения и фазой жизни изделия:

А) Экспоненциальный	1) Период износа и старения
Б) Вейбулла ($k < 1$)	2) Период нормальной эксплуатации
В) Вейбулла ($k > 1$)	3) Период приработки (выжигания дефектов)

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 1.

19. Соответствие между видом контроля и примером:

А) BITE	1) Осмотр лонжерона с помощью бороскопа
Б) NDT	2) Самодиагностика компьютера авионики перед вылетом
В) ETOPS	3) Специальные требования к двухдвигательным самолетам на дальних маршрутах

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3.

Открытого типа (2 вопроса)

Инструкция: Запишите краткий ответ.

20. Как называется время вынужденного простоя оборудования, затраченное на обнаружение, поиск причины и устранение отказа? *Правильный ответ:* среднее время восстановления (*допустимо: mttr*).

21. Как называется совокупность процедур и правил, гарантирующих, что установленная на борт запчасть соответствует сертификату типа? *Правильный ответ:* управление конфигурацией

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Лукасов, В. В. Надежность авиационной техники : учебное пособие / В. В. Лукасов, А. Г. Зосимов. — Красноярск : Университет Решетнёва, 2023. — 100 с. — URL: [НАДЕЖНОСТЬ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ](#).
2. Любимов, И. В. Надежность авиационной техники : методические указания / составитель И. В. Любимов. — Санкт-Петербург : СПбГУ ГА им. А.А. Новикова, 2022. — 21 с. — URL: [Надежность авиационной техники - ЭБС Лань](#).

7.2. Дополнительная литература

3. Эксплуатационная технологичность и надежность авиационной техники : рабочая программа дисциплины / Воронежский ГАУ. — Воронеж : [б. и.], 2024. — 15 с. — URL: [«Эксплуатационная технологичность и надежность...»](#).

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Учебная аудитория оборудована:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютер для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся
- Симулятор БПЛА «AgroTechSim»
на 10 рабочих мест
- Симулятор БПЛА «DJI Simulator» на 20 рабочих мест
- Симулятор «FlightGear»
на 20 рабочих мест
- Симулятор «AirSim» на 20 рабочих мест
- Пульт дистанционного управления «RadioMaster TX12 MK2 ELRS» – 10 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI MR1SD25» – 10 шт.
- Пульт дистанционного управления «FLYSKY SM001» - 2 шт.
- Пульт дистанционного управления «BETA FPV» - 13 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI RC-N1 от DJI MAVIC MINI 2» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI FPV RC 2 от DJI AVATA» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI FPV RC 3 от DJI NEO» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI RC1B от DJI MAVIC 2 PRO» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI GL300L от DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL» - 1 шт.
- VR FPV шлем «LS008D 5,8G» – 5 шт.
- VR FPV шлем «DMKR 008D PRO 5,8G» – 5 шт.
- Очки VR FPV DJI Googles N3 - 1 шт.
- Очки VR FPV DJI Googles 2 - 1 шт.
- Шлем VR BETA FPV - 10 шт.
- Видеоадаптер HDMI to AV, HDMI кабель (для подключения очков к симулятору) – 10 шт.
- Квадрокоптер DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL (БВС вертолетного типа) – 1 шт
- Квадрокоптер DJI AVATA (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI NEO MOTION (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI MAVIC 2 MINI (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI MAVIC 2 PRO (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- БПЛА смешанного типа «Titan Dynamics Cobra VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- БПЛА смешанного типа «Flightory SuperStingRay VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- БПЛА самолетного типа «Titan Dynamics Crane» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- БПЛА самолетного типа «SonicModel ArWingPro» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления HappyModel Mobula 6 (БВС вертолетного типа) – 11 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления HappyModel Mobula 7 (БВС вертолетного типа) – 8 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления Happy Model Mobula 8 (БВС вертолетного типа) – 3 шт.
- Учебный Квадрокоптер BETA FPV CETUS LITE FPV KIT (БВС вертолетного типа) – 10 шт.
- Учебный Квадрокоптер BETA FPV CETUS LITE (WITHOUT FPV) KIT (БВС вертолетного типа) – 3 шт.

- Комплект для самостоятельной сборки FPV 7-дюймового квадрокоптера (БВС вертолетного типа) – 3 шт.:

1. Корпус (рама) из углеродного волокна (карбон) 7 дюймов «Mark4 7inch»
2. Видео-передатчик «VTX TS582000 5.8ГГц 2Вт»
3. Полетный контроллер «SpeedyBee F405V3 50A»
4. FPV камера «Caddx Ratel 2»
5. Радиоприемник «Bauck ELRS 2.4»
6. Складной пропеллер «DALPROP 7inch»

7. Комплект электромоторов (4шт.) «iFlight XING 2806.5 1800KV»

- Комплект для самостоятельной сборки FPV 7-дюймового квадрокоптера (БВС вертолетного типа) – 2 шт.:

1. Корпус (рама) из углеродного волокна (карбон) 7 дюймов «Mark4 7inch»;
2. Видео-передатчик «VTX TS582000 5.8ГГц 2Вт»;
3. Полетный контроллер «SpeedyBee F405V3 50A»;
4. FPV камера «Caddx Ratel 2»;
5. Радиоприемник «Bauck ELRS 2.4»;
6. Комплект Складных пропеллеров (4шт.) «DALPROP 7inch»;
7. Комплект электромоторов (4шт.) «Brotherhobby 2806.5 1920KV»

- Комплект средств и инструментов для технического обслуживания БАС - (10 шт.):

1. Термостойкий коврик для пайки и ремонта электроники
2. Паяльный набор инструментов (паяльник, набор наконечников, губка для чистки жала, проволока для пайки, пинцет, нож для снятия изоляции, припой, экстрактор припоя, подставка под паяльник, гель флюс, мультиметр, средство сухой очистки жала, средство влажной очистки жала, кусачки)
3. Набор инструментов для ремонта электроники (набор лопаток 8 шт., нож, набор магнитных отверток 8 шт., пинцет, присоска, медиатор 5 шт.)
4. Лампа настольная
5. Вентилятор настольный
6. Очки защитные

-Комплект запасных частей для - DJI PHANTOM

4 MULTISPECTRAL (БВС вертолетного типа) – 1 шт

-Комплект запасных частей для DJI AVATA (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для DJI NEO MOTION (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для DJI MAVIC 2 MINI (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для DJI MAVIC 2 PRO (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для HappyModel Mobula 6 (БВС вертолетного типа) – 11 шт.

-Комплект запасных частей для управления HappyModel Mobula 7 (БВС вертолетного типа) – 8 шт.

-Комплект запасных частей для HappyModel Mobula 8 (БВС вертолетного типа) – 3 шт.

-Комплект запасных частей для BETA FPV CETUS LITE FPV KIT (БВС вертолетного типа) – 10 шт.

-Комплект запасных частей для BETA FPV CETUS LITE (WITHOUT FPV) KIT (БВС вертолетного типа) – 3 шт.

- Комплект запасных частей для самосборного FPV 7-дюймового квадрокоптера – 5 шт.

- Комплект запасных частей для «Titan Dynamics Cobra VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.

- Комплект запасных частей для «Flightory SuperStingRay VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.

- Комплект запасных частей для «Titan Dynamics Crane» (БВС самолетного типа) – 1 шт.

- Комплект запасных частей для «SonicModel ArWingPro» (БВС самолетного типа) – 1 шт.

- Программное обеспечение для обработки полётной информации):

1. DJI FLY на 20 рабочих мест
2. DJI GO4 на 20 рабочих мест
3. DJI PILOT на 20 рабочих мест
4. DJI GS PRO на 20 рабочих мест
5. DJI TERRA на 20 рабочих мест
6. DJI LIGHTCUT

на 20 рабочих мест

- IMAGE COMPOSITE EDITOR на 20 рабочих мест
- WEB OPEN DRONE MAP на 20 рабочих мест
- ARDUPILOT MISSION PLANNER на 20 рабочих мест
- PIX4D CAPTURE на 20 рабочих мест
- PIX4DMATIC на 20 рабочих мест
- INAV на 20 рабочих мест
- BETAFLIGHT на 20 рабочих мест
- АВИАТОР+ на 20 рабочих мест
- СППИ на 20 рабочих мест
- НЕБОСВОД на 20 рабочих мест
- Набор круглых подвесных колец (ворот) (50см) «LDARC» для тренировок и соревнований на FPV квадрокоптерах - 10 шт.
- Аккумулятор GNB 1S LiPo 380 Mah - 30 шт.
- Аккумулятор GNB 2S LiPo 850 Mah - 5 шт.
- Аккумулятор GNB 2S LiPo 650 Mah - 2 шт.
- Аккумулятор Lipo 6S 6500Mah 60C XT60 «Youme» - 5 шт.
- Аккумулятор BETA FPV 1S LiPo 450 Mah - 12 шт.
- Аккумулятор GNB 1S LiHv 660 Mah - 10 шт.
- Зарядное устройство (67W, Type C - 2 выхода, USB-A- 2 выхода) - 10 шт.
- Зарядное устройство для 1S LiPo «ViFLY WHOOPSTAR v3» - 5 шт.
- Зарядное устройство для 2S-6S литиевых аккумуляторов «HTRC C240» - 1 шт.
- Полезная нагрузка (система сброса) для DJI MAVIC 2 PRO -1 шт.
- Смартфон SAMSUNG GALAXY A7 - 1 шт.
- Планшет IPAD MINI 7 - 1 шт.
- Монитор FPV MONITOR 5.8G - 1 шт.
- Взлётно-посадочная площадка – 2шт.

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины **«Надежность авиационной техники»** можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса Безопасности жизнедеятельности рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. **Лекции** дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на **понимание смысла** основных понятий, определений. Затем

нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Надежность авиационной техники

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)