

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

**А.А. Ицкович, И.А. Файнбург**

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ**

**Пособие**

**по изучению дисциплины**

**для студентов  
направления 162300  
заочного обучения**

**Москва 2014**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

**Кафедра технической эксплуатации ЛАиАД**

**А.А.Ицкович, И.А.Файнбург**

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ**

**Пособие**

**по изучению дисциплины**

**для студентов  
направления 162300  
заочного обучения**

**Москва 2014**

ББК 052-021.1

И 96

Рецензент канд. техн. наук, доц. Найда В.А.

Ицкович А.А., Файнбург И.А.

Основы теории надежности. Пособие по изучению дисциплины для студентов направления 162300 заочного обучения. - М.: МГТУ ГА, 2014. – 20 с.

Данное пособие издается в соответствии с учебным планом для студентов направления 162300 заочного обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 11.03.2014 г.  
и методического совета 17.03.2014 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование профессиональной культуры управления надежностью авиационной техники, под которой понимается готовность и способность личности использовать в профессиональной деятельности приобретенную совокупность знаний, умений и навыков для обеспечения надежности авиационной техники и безопасности полетов летательных аппаратов в сфере профессиональной деятельности, характера мышления и ценностных ориентаций, при которых вопросы надежности авиационной техники и безопасности полетов летательных аппаратов рассматриваются в качестве приоритета.

Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студента, необходимым для изучения дисциплины, определяются в объеме ООП бакалавриата по данному направлению, в частности, студент должен владеть знаниями, умениями и навыками, сформированными дисциплинами: Высшая математика, Информатика и информационные технологии, Моделирование систем и процессов, Метрология, стандартизация и сертификация, Материаловедение и технология материалов, Сопротивление материалов, Детали машин, Динамика и прочность авиационных конструкций; в частности, студент должен:

знать:

основные понятия и методы теории вероятностей и математической статистики, способы построения математических моделей простейших систем и процессов в технике;

физическую сущность явлений, процессов и эффектов, лежащих в основе устройства и функционирования объектов авиационной техники;

авиационные конструкционные материалы и физическую сущность процессов изменения их свойств;

основы конструкции и прочности летательного аппарата и силовых установок, основы конструкции и принципы работы шасси; устройства систем управления, топливной гидравлической и высотной систем,

уметь:

проводить конкретные расчеты, используя методы математического анализа и других разделов высшей математики;

прогнозировать возможность возникновения повреждений, обусловленных коррозией и другими химическими процессами;

практически работать на персональном компьютере, используя системные и прикладные программные средства;

оценивать свойства авиационных материалов

оценивать принципы построения и качество работы механических устройств и систем;

владеть:

основными приемами обработки экспериментальных данных;  
 математической символикой для выражения количественных и качественных соотношений объектов;  
 методами исследования свойств конструкционных материалов в процессе эксплуатации летательного аппарата;

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей:

- Техническая диагностика,
- Основы теории технической эксплуатации ЛА,
- Безопасность полетов,
- Конструкция и прочность самолета (вертолета),
- Системы самолета (вертолета) и двигателя,
- Конструкция и прочность двигателей,
- Техническая эксплуатация ЛА и Д,
- Технологические процессы технического обслуживания,
- Производство и ремонт ЛА и Д;
- ВКР.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

осознания социальной значимости своей будущей профессии, обладания высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности;

владения культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения;

способности применять знания на практике, в том числе владеть научным инструментарием, применяемым в области авиации;

способности использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией;

способности к составлению и ведению технической документации и установленной отчетности по утвержденным формам, в том числе учет ресурсного и технического состояния летательных аппаратов;

способности к выполнению работ по поддержанию летной годности летательных аппаратов;

способности решать вопросы обеспечения качества технического обслуживания и ремонта летательных аппаратов, а также процессов сертификации авиационной техники и аттестации авиаперсонала.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- количественные характеристики надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых изделий;

- законы распределения, методы статистической оценки надежности изделий в эксплуатации;

- методику построения моделей и расчета надежности, способы повышения надежности изделий;
- свойства летательного аппарата как объекта технической эксплуатации;
- уметь:
- выполнять расчет характеристик надежности, определять точность и достоверность статистических оценок надежности,
- оценивать основные эксплуатационно-технические свойства летательного аппарата;
- обосновывать требования и мероприятия по совершенствованию программ технической эксплуатации и повышению эффективности использования летательного аппарата
- владеть:
- методами оценки влияния на безопасность полетов последствий отказов авиационной техники, ошибок авиационного персонала, воздействий неблагоприятных условий;
- способами сбора и обработки информации по надежности изделий авиационной техники;
- методиками расчета и статистической оценки характеристик надежности.

## **1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

При самостоятельном изучении материала данной дисциплины студент должен работать с литературными источниками, указанными в конце настоящего издания. Для усвоения материала студент должен пользоваться основной [1 - 5] и дополнительной литературой [5 - 9]. 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. Кроме самостоятельного изучения материала для студентов читаются в университете установочная лекция (2 ч) и обзорные лекции (4 ч) по вопросам дисциплины, проводятся лабораторные занятия (8 ч).

Материал должен изучаться последовательно, согласно методическим указаниям. Изучение теоретического материала [1, 2] следует сопровождать решением задач [3 - 5].

Приказом Росстандарта № 1843-ст от 29.11.2012 приостановлено применение на территории Российской Федерации ГОСТ Р 27.002-2009 «Надёжность в технике. Термины и определения» и восстановлено применение межгосударственного стандарта ГОСТ 27.002-89 «Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения» в качестве национального стандарта РФ с 01.12.2012 года. В связи с этим, ориентированные на отмененный стандарт

материалы пособия [3] пп. 2.1.1, 2.1.2 (стр. 4 – 12) и пособия [4] п. 2.1 (стр. 4 – 12) не подлежат изучению. Основные термины и определения надежности следует изучать по действующему ГОСТ 27.002-89 [9] и соответствующим ему учебным пособиям [1, 2].

Студент должен выполнить контрольную работу и пройти по ней собеседование [5].

Качество изучения материала проверяется умением правильно и полно отвечать на вопросы самопроверки [1] и решать задачи, приведенные в пособиях [3 -5].

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 данной дисциплины.

### **3. ПРОГРАММА И 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

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.

Основные предметы исследования (задачи) надежности авиационной техники. Классификация терминов надежности. Восстанавливаемые, невосстанавливаемые, ремонтируемые и неремонтируемые объекты. Исправные, неисправные, работоспособные, неработоспособные и предельные состояния объектов, отказы и повреждения. Свойства надежности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Единичные и комплексные показатели надежности. Виды резервирования объектов.

### Методические указания

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». Обратит 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.

Литература: [1] стр. 3 -13 , [8], [9].

### Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризовать технико-экономическое и социальное значение проблемы обеспечения надежности и качества объектов авиационной техники.
2. Дать характеристику задач обеспечения надежности авиационной техники в условиях эксплуатации.
3. Показать связь надежности авиационной техники с безопасностью полетов летательных аппаратов.
4. Охарактеризовать влияние надежности авиационной техники на эффективность эксплуатации летательных аппаратов.
5. Показать связь надежности авиационной техники с другими учебными дисциплинами.
6. Охарактеризовать роль стандартизации в области надежности техники.
7. Охарактеризовать основные предметы исследования теории надежности.
8. Дать классификацию терминов теории надежности.

9. Дать определения надежности и работоспособности объектов.
10. Охарактеризовать понятия: невосстанавливаемые и восстанавливаемые объекты.
11. Дать определения понятий о свойствах надежности.
12. Объяснить физический смысл терминов: отказ, повреждение, неисправность, дефект.

Тема 1.2. Причины повреждений и отказов объектов АТ. Физико-химические процессы, приводящие к отказам АТ (2 часа)

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.

#### Методические указания

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 термоактивизационный 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.

Литература: [1] стр. 13 -36, [3] стр. 12 -38.

### Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризовать понятия: критерий, признак, факт, характер, физическая сущность, причина и последствия отказа.
2. Дать классификацию отказов и повреждений.
3. Охарактеризовать модели возникновения внезапных и постепенных отказов и объяснить причины их появления.
4. Охарактеризовать явления, процессы, события и состояния, приведшие к появлению отказов.
5. Дать классификацию физико-химических процессов, приводящих к отказам и повреждениям.
6. Охарактеризовать нагрузки, вызванные внешними и внутренними факторами.
7. Рассмотреть причины внезапных отказов.
8. Рассмотреть причины постепенных отказов.
9. Раскрыть характер повреждения конструкции при старении материалов.
10. Охарактеризовать повреждения конструкции при изнашивании материалов.
11. Дать характеристику коррозионной повреждаемости конструкций.
12. Охарактеризовать процесс накопления усталостных повреждений.
13. Привести примеры типовых отказов и повреждений летательных аппаратов и авиадвигателей.

## **Раздел 2. Модели надежности изделий**

### Тема 2.1. Модели надежности невосстанавливаемых изделий (2 часа)

Безотказность невосстанавливаемых изделий. Физическая сущность безотказности невосстанавливаемых изделий. Модели безотказности невосстанавливаемых изделий. Функции распределения наработки до отказа. Основные за-

коны распределения наработки до отказа изделий. Модели безотказности невосстанавливаемых изделий при внезапных и постепенных отказах.

### Методические указания

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 восстанавливаемых 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.

Литература: [1] стр. 36 - 48, [4] стр. 12 – 23, [7] стр. 4 – 23.

### Вопросы для самопроверки

1. Физическая сущность безотказности восстанавливаемых объектов.
2. Использование распределений непрерывных случайных величин в качестве модели безотказности восстанавливаемых объектов.
3. Характеристики экспоненциального закона распределения наработки до отказа.
4. Характеристики закона распределения Вейбулла наработки до отказа.
5. Характеристики нормального закона распределения наработки до отказа.
6. Вероятность безотказной работы восстанавливаемого объекта.
7. Изменение плотности вероятности наработки до отказа при разных законах распределения.
8. Изменение интенсивности отказов от наработки при разных законах распределения.
9. Аналитические зависимости между показателями безотказности восстанавливаемых объектов.

### Тема 2.2. Модели надёжности восстанавливаемых изделий (2 часа)

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.

### Методические указания

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.

Литература [1] стр. 49 - 52, [4] стр. 24 - 27, [7] стр.33 - 35.

#### Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризовать физическую сущность безотказности восстанавливаемых объектов.
2. Какие функции распределения числа отказов используются в качестве моделей безотказности восстанавливаемых объектов?
3. Охарактеризовать характеристики и условия применения гипергеометрического распределения?
4. Охарактеризовать характеристики и условия применения биномиального распределения.
5. Привести характеристики и условия применения распределения Пуассона.
6. Привести аналитические зависимости между характеристиками безотказности восстанавливаемых объектов.

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

#### Тема 3.1. Показатели надёжности изделий (2 часа)

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

#### Методические указания

Изучение единичных показателей надёжности следует начать с рассмотрения свойств надёжности: безотказности (подробно рассмотрены в предыдущей теме), ремонтпригодности, долговечности, сохраняемости. Определение этих свойств по ГОСТ 27.002-89.

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

Изучение ремонтпригодности следует начать с рассмотрения модели процесса отказов и восстановлений. В этом процессе время восстановления является непрерывной случайной величиной, характеризующей ремонтпригод-

ность. 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 ремонтпригодности 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, полученные 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).

Оперативные комплексные показатели надёжности и их определение при разных режимах использования объектов по назначению. Экономические комплексные показатели надёжности. Взаимосвязь комплексных показателей надёжности с показателями эффективности использования ЛА. Методы определения комплексных показателей надёжности объектов. Комплексная оценка надёжности объектов.

Литература [1] стр. 53 – 63.

#### Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризовать единичные показатели надёжности.
2. Безотказность как одно из свойств надёжности.
3. Какие используются показатели безотказности и методы их определения.
4. Долговечность как одно из свойств надёжности.
5. Какие используются показатели долговечности и методы их определения.
6. Ремонтпригодность как одно из свойств надёжности.
7. Какие используются показатели ремонтпригодности и методы их определения.
8. Сохраняемость как одно из свойств надёжности.

9. Какие используются показатели сохраняемости и методы их определения.
10. Определение и физическая сущность комплексных показателей надежности.
11. Методы расчета коэффициента готовности.
12. Методы расчета коэффициента технического использования.
13. Методы расчета коэффициента оперативной готовности.

### Тема 3.2. Планирование испытаний и эксплуатационных наблюдений.

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 авиационной техники.

#### Методические указания

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 отказах и повреждениях объектов авиационной техники. Рассмотреть свойства полных и цензурированных эксплуатационных данных по наработкам до отказа изделий авиационной техники.

Рассмотреть содержание системы сбора и обработки информации о надежности авиационной техники.

Литература [1] стр. 62 -69, [4] стр. 35 -38.

#### Вопросы для самопроверки

1. Виды испытаний и их классификация.
2. Виды испытаний на надежность.
3. Виды испытаний на ремонтпригодность.
4. Ускоренные испытания.
5. Классификация планов испытаний.
6. Источники и задачи информации о надежности объектов.
7. Полные и цензурированные данные эксплуатационных наблюдений.
8. Основные положения системы сбора и обработки информации о надежности авиационной техники.

Тема 3.3. Непараметрические методы оценки показателей надёжности изделий.

Задачи оценки показателей надёжности невозстановливаемых 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.

#### Методические указания

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 надёжности объектов. Необходимо научиться получать выражения для точечной оценки надёжности объектов с использованием функции максимального правдоподобия. Изучить физическую сущность понятий доверительных интервалов и методы их вычисления.

Литература [1] стр. 78- 83, [4] стр. 28 – 30, [7] стр. 23 - 32.

#### Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризуйте непараметрические методы оценки показателей надёжности объектов.
2. Точечная оценка показателей надёжности объектов.
3. Интервальная оценка показателей надёжности объектов.
4. Оценка показателей надёжности по однократно цензурированным выборкам.
5. Оценка показателей надёжности по многократно цензурированным выборкам.
6. Оценка показателей надёжности восстанавливаемых объектов.

Тема 3.4. 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 рас-

пределения наработки до отказа методами моментов и максимального правдоподобия. Проверка гипотезы о законе распределения наработки до отказа. Оценка показателей надёжности по параметрам распределения.

#### Методические указания

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

Для оценки надёжности 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  $K$  – 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  $\chi^2$ .

Литература [1] стр. 71 - 79, [4] стр. 31 - 34, [7] стр. 13 - 23.

#### Вопросы для самопроверки

1. Непараметрические методы оценки.
2. Точечная оценка показателей надёжности.
3. Интервальная оценка показателей надёжности.
4. Оценка показателей надёжности по однократно цензурированным выборкам.
5. Оценка показателей надёжности по многократно цензурированным выборкам.
6. Оценка показателей надёжности для восстанавливаемых объектах.

### **Раздел 4. Методы расчёта и анализа надёжности функциональных систем АТ**

Тема 4.1. 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.

#### Методические указания

Резервирование рассматривается как одно из основных средств обеспечения заданного уровня надёжности объекта при недостаточно надёжных элемен-

тах. 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 отдельного резервирования. Показать особенности резервирования замещением и скользящего резервирования. Для систем с восстановлением рассмотреть влияние технического обслуживания на эффективность резервирования.

Литература [2] стр. 3 - 13.

#### Вопросы для самопроверки

1. Виды резервирования объектов.
2. Виды структурного резервирования объектов.
3. Характеристика общего резервирования объектов.
4. Характеристика отдельного резервирования объектов.
5. Особенности скользящего резервирования и резервирования замещением.

#### Тема 4.2. 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.

#### Методические указания

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

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

Литература [2] стр. 14 - 22, [4] стр. 39 -44.

#### Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризовать модели расчета надёжности сложных систем.
2. Расчет надёжности системы при последовательном соединении элементов.
3. Расчет надёжности системы при параллельном соединении элементов.
4. Требования ИКАО к надёжности сложных систем авиационной техники.

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

### Тема 5.1. Обеспечение надёжности при проектировании АТ.

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 надёжности АТ при эксплуатации.

#### Методические указания

Рассмотреть классификацию факторов, влияющих на надёжность 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 надёжности, выбираются с учетом физических представлений о процессах, приводящих к отказам.

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

Изучить основные конструктивные способы обеспечения надёжности.

Литература [2] стр. 33 -54.

#### Вопросы для самопроверки

1. Факторы, влияющие на надёжность объектов.
2. Охарактеризовать методы нормирования показателей надёжности на этапе проектирования.
3. Проектирование элементов конструкции объектов на заданную надёжность.
4. Конструктивные методы обеспечения надёжности объектов.
5. Резервирование как способ повышения надёжности объектов при проектировании.

Тема 5.2 . Производственно-технологические методы обеспечения надёжности АТ.

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.

#### Методические указания

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 надёжности 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.

Литература [2] стр. 55 -70.

#### Вопросы для самопроверки

- 1 Технологические способы обеспечения надёжности объектов.
2. Влияние технологических процессов изготовления объектов на надёжность.
3. Влияние упрочняющих технологических процессов на надёжность объектов.
4. Методы статистического контроля качества объектов.
5. Роль и место статистических методов управления качеством продукции в обеспечении надёжности объектов.

#### Тема 5.3. 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 надёжности.

#### Методические указания

При изучении темы следует рассмотреть виды статистического контроля надёжности, особенности методов одноступенчатого и последовательного контроля по альтернативному признаку. Необходимо различать мероприятия по поддержанию требуемого уровня надёжности и мероприятия, направленные на повышение надёжности. 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.

Литература: [2] стр. 71 – 90.

#### Вопросы для самопроверки

1. Показать сущность методов статистического контроля надежности по альтернативному признаку.
2. Характеристика одноступенчатого и последовательного контроля надежности по альтернативному признаку.
3. Индивидуальный контроль надежности авиационной техники при эксплуатации.
4. Характеристика информационного обеспечения анализа авиационной техники.
5. Инженерный анализ отказов и повреждений авиационной техники.
6. Оценка эффективности мероприятий по повышению надежности объектов.
7. Статистическое регулирование безотказности объектов в эксплуатации.
8. Определение количества запасных частей по статистическим данным о надежности объектов.
9. Прогнозирование надежности объектов.
10. Характеристика эксплуатационных методов обеспечения надежности объектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

##### а) основная литература:

1. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Основы теории надежности. Часть 1: учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2013.
2. Ицкович А.А. Надежность летательных аппаратов и авиадвигателей. Часть 2: Учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 1995.
3. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Основы теории надежности: Пособие по выполнению лабораторной работы “Анализ физической сущности типовых отказов и повреждений АТ”. - М.: МГТУ ГА, 2011.
4. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Основы теории надежности. Пособие по выполнению практических занятий. – М.: МГТУ ГА, 2012.
5. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Основы теории надежности: Пособие по выполнению контрольной работы. – М.: МГТУ ГА, 2014.

##### б) дополнительная литература:

6. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Эффективность процессов эксплуатации ЛА. Пособие по выполнению лабораторных работ. - М.: МГТУ ГА, 2010.
7. Ицкович А.А., Кабков П.К. Вероятностно-статистические модели эксплуатации ЛА: учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 2009.
8. ГОСТ Р 27.001-2009. Надежность в технике. Система управления надежностью. Основные положения.- М.: Стандартинформ, 2010.
9. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Термины и определения.- М.: Стандартинформ, 2010.

**в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

- ✓ Диалоговая автоматизированная система анализа надежности изделий и систем (ДИАНА).
- ✓ Электронные ресурсы библиотеки Университета - электронные версии пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы.
- ✓ [НТТР://WWW.MINTRANS.RU](http://WWW.MINTRANS.RU) –ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ МИНИСТЕРСТВА ТРАНСПОРТА РФ;
- ✓ [НТТР://WWW.GKS.RU/](http://WWW.GKS.RU/) -ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАТИСТИКИ
- ✓ [http://www.favt.ru/-](http://www.favt.ru/) Федеральное агентство воздушного транспорта;
- ✓ <http://www.mlgvs.ru/library.html#search> - Центральная нормативно-методическая библиотека ГА;
- ✓ информационно-справочная база учебно-методического материала.
- ✓ [http://www.gost.ru/-](http://www.gost.ru/) Федеральное агентство по техническим регламентам и метрологии;
- ✓ [http://www.iso.org/-](http://www.iso.org/) международная организация по стандартизации (ISO).

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	3
2. Общие методические указания по изучению дисциплины.....	5
3. Программа и методические указания по изучению разделов дисциплины.....	6
4. Литература.....	19