

Введение

Дисциплина «Техническая диагностика транспортного РЭО» изучается на V курсе на кафедре «Техническая эксплуатация радиоэлектронных систем воздушного транспорта» (ТЭРЭС ВТ).

Предыдущим пособием по изучению дисциплины и выполнению контрольной и курсовой работ было пособие, написанное авторами В.Г. Бабаевым, В.Е. Емельяновым, В.И. Лукьяненко в 2004 году. В издании была приведена программа дисциплины с полным списком тем и центральными вопросами, изучаемыми в каждой из тем. Также к каждой теме был дан список контрольных вопросов. Помимо этого в пособии были приведены варианты контрольной и курсовой работы и даны методические указания к их выполнению.

Уровень знаний при изучении этой дисциплины определяется разными уровнями знаний: быть ознакомлены, знать и уметь.

Уровень знаний **быть ознакомлен** предполагает не запоминание содержания, а его понимание (уяснение) при чтении учебника, конспекта и т.д. Этот уровень является первой ступенью изучения материала, которым можно и ограничиться при изучении ряда вопросов дисциплины.

Уровень знаний **знать** более высокий, требующий запоминания (освоения) учебного материала, а также его воспроизведения по памяти (без опоры на учебник, конспект и т.д.). На этом уровне изучается не весь учебный материал, а только основные (центральные) вопросы: определения, понятия, уравнения и формулы, составляющие каркас дисциплины.

Уровень знаний **уметь** самый высокий и обычно является целью изучения дисциплины. Здесь предполагаются теоретические умения, которые реализуются в умениях строить методы расчетов, то есть применять уравнения, формулы для решения научно-практических задач, а также в умениях анализировать полученные результаты.

В настоящем пособии материал разбит на вышеуказанные уровни знаний. Следует обратить внимание, что для единообразия всех учебных пособий дисциплин, названия вопросов уровня **знать** в пособии заменены на названия **центральные вопросы**.

Желающие углубить свои знания или изучить вопросы, выходящие за рамки курса, могут воспользоваться дополнительной литературой и периодическими изданиями, а также ресурсами интернета.

1. Учебный план дисциплины

Дисциплина изучается студентами заочного факультета на V-м курсе. Согласно учебному плану предусмотрено 18 часов очных занятий, из них:

лекции	–10 ч;
лабораторные занятия	– 8 ч.

Студенты выполняют курсовую работу и сдают экзамен.

Основным методом изучения учебного материала студентами заочной формы обучения является самостоятельная работа с учебниками и учебными пособиями. Всего на самостоятельную работу планируется 72 часа.

2. Основные сведения о дисциплине

1. Учебная дисциплина «Техническая диагностика транспортного РЭО» является одной из профилирующих дисциплин из цикла «Дисциплины специализаций» в системе подготовки радиоинженера специальности 162107 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», знание которой необходимо для изучения как теоретических дисциплин учебного плана, так и для конкретного авиационного радиоэлектронного оборудования.

2. Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания учебной дисциплины «Техническая диагностика транспортного РЭО» – обеспечение студентов знаниями стратегий, методов и средств контроля авиационного радиоэлектронного оборудования (РЭО), используемых для различных типов РЭО, методов и видов технического обслуживания, технической диагностики, привитие студентам навыков по контролю технического состояния сложной авиационной и радиоэлектронной техники.

3. Задачи изучения дисциплины (необходимый комплекс знаний и умений).

В результате изучения учебной дисциплины студенты должны:

2.3.1. Иметь представление:

– об основных типах РЭО, принципах их работы, параметрах, взаимодействии и роли РЭО в обеспечении безопасности, регулярности и экономичности полетов, об общем наборе требований к РЭО;

– о структуре, стратегиях, видах и методах технического обслуживания (ТО) ремонта и эксплуатации РЭО;

– о технических средствах, используемых при различных видах ТО и ремонта.

2.3.2. Знать:

– условия и особенности применения РЭО, эксплуатационные и технические параметры, стадии жизненного цикла РЭО как объекта технической эксплуатации РЭО;

– параметры, контролируемые при ТО РЭО, характеризующие исправность и работоспособность РЭО;

– принципы назначения допусков на параметры сложных РЭО;

– измерительные приборы, правила их настройки, регулировки и использования.

2.3.3. Уметь:

– выбирать оптимальную совокупность параметров РЭО для оценки вида его технического состояния;

– диагностировать неисправности объекта диагностирования (ОД) и контроля (ОК) (измерять параметры РЭО, работать с принципиальными схемами) и проверять запас работоспособности (соответствия ОК установленным техническим требованиям в будущем – прогнозирования);

– анализировать неисправности с целью предотвращения их возникновения;

– моделировать процесс функционирования РЭО и процесс его ТО и ремонта, составлять и оптимизировать алгоритмы процесса поиска места отказа (ПМО).

2.3.4. Иметь опыт диагностирования РЭО, применяемого в гражданской авиации.

3. Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. **Логвин А.И., Яковлева Д.А.** Надежность и техническая диагностика // Техническая диагностика РЭО: учеб. пособие. – М.: МГТУ ГА, 2010. – Ч. II.

Учебно-методическая литература:

2. **Лукьяненко В.И.** Техническая диагностика авиационного РЭО: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 1998.

Дополнительная литература:

3. **Давыдов П.С.** Техническая диагностика радиоэлектронных устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1988.

Программное обеспечение и интернет-ресурсы:

1. Maplesoft Maple 9.5.

2. Mathsoft MathCAD Enterprise Edition 11b.

Электронный адрес кафедры для консультаций: ARES@mstuca.ru.

4. Структура дисциплины

Учебная дисциплина «Техническая диагностика транспортного РЭО» структурно состоит из пяти разделов, включающих в себя 10 тем.

Раздел 1. Задачи диагностирования и контроля в процессе технической эксплуатации РЭО.

Тема 1.1. Жизненный цикл РЭО и его характеристики.

Тема 1.2. Процесс и задачи технической эксплуатации.

Раздел 2. Системы технического диагностирования.

Тема 2.1. Задачи и классификация систем технического диагностирования.

Тема 2.2. Особенности технического диагностирования РЭО.

Раздел 3. Моделирование процессов технического диагностирования.

Тема 3.1. Виды диагностических моделей.

Тема 3.2. Модели процессов изменения состояний РЭО.

Раздел 4. Определение диагностических параметров.

Тема 4.1. Совокупность параметров для определения работоспособности РЭО.

Тема 4.2. Контроль работоспособности РЭО в процессе эксплуатации.

Раздел 5. Показатели диагностирования, контроля и технического обслуживания РЭО.

Тема 5.1. Достоверность диагностирования, периодичность диагностирования РЭО.

Тема 5.2. Выбор и расчет показателей контролепригодности РЭО.

5. Учебная программа дисциплины

Лекция 1. Жизненный цикл РЭО и его характеристики. Процесс и задачи технической эксплуатации

Быть ознакомленным

Цели и задачи дисциплины. Стадии жизненного цикла РЭО. Обобщенный график изменения состояний системы под влиянием деградиционных процессов. Структура процесса технической эксплуатации. Конечно-разностное уравнение, описывающее состояние системы. Коэффициент технического использования. Функция готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент отсутствия дефектов. Стратегия технического обслуживания по наработке, схема процесса технического обслуживания по наработке. Стратегия технического обслуживания по состоянию, ее структура.

Центральные вопросы

Параметры функционального использования. Технические параметры радиоэлектронных систем (РЭС). Деградиционные процессы в РЭО, воздействующие на РЭС. Виды состояний РЭС. Граф состояний системы. Система технического обслуживания РЭО и ее структура.

Уметь

Составлять конечно-разностное уравнение, описывающее состояние системы. Строить граф состояний РЭС. Рассчитывать коэффициент технического использования, коэффициент оперативной готовности и коэффициент отсутствия дефектов.

Литература [1, с. 3-7; 3, с. 2, с. 10-29, с. 35-37].

Вопросы

1. Какие существуют стадии жизненного цикла РЭО?
2. Чем отличаются состояния РЭС?
3. Каковы правила построения графа состояний РЭС?

4. Как и с какой целью рассчитываются коэффициенты технического использования, оперативной готовности и отсутствия дефектов?

5. Как деградационные процессы воздействуют на РЭС?

Методические указания к лекции 1. При изучении лекции 1 необходимо понять задачи предмета «Техническая диагностика транспортного РЭО». Ознакомиться с основными этапами жизни РЭО. Ознакомиться с необходимостью диагностирования и возможными последствиями при его отсутствии или при неправильном диагностировании. Закрепить знания, полученные в дисциплине «Надежность транспортного РЭО», в области деградационных процессов и различных состояний РЭО.

Лекция 2-3. Задачи моделирования. Диагностические модели. Аналитические и графоаналитические модели. Модели процессов изменения состояния РЭО. Информационные модели диагностирования

Быть ознакомленным

Определение объекта модели. Диагностические модели (ДМ). Классификация моделей. Определение аналитической модели. Передаточная функция, переходная характеристика. Функция чувствительности. Графоаналитические модели, примеры графоаналитических моделей. Ориентированные графы. Примеры ориентированных графов. Матрица состояния РЭО. Марковский процесс. Примеры графа состояний Марковского процесса.

Центральные вопросы

Функционально-диагностическая модель (ФДМ). Алгоритм построения ФДМ. Графоаналитические модели. Ориентированные графы. Матрица состояния РЭО. Уравнения Колмогорова-Чепмена. Постановка задачи (ПМО). Метод ПМО путём поэлементной проверки. Метод ПМО по критерию «время-безотказность». Метод ветвей и границ. Метод половинных разбиений. Информационная диагностическая модель. Оптимизация ПМО на основе информационного подхода.

Уметь

Строить ФДМ, графоаналитические модели и матрицу состояния РЭО. Строить и решать уравнения Колмогорова-Чепмена. Строить информационно-диагностическую модель и определять с ее помощью состояние РЭО. Оптимизировать алгоритм ПМО с использованием информационного подхода.

Литература [1, с. 2, с. 7-16, с. 65-87].

Вопросы

1. Как классифицируются диагностические модели?
2. Перечислите правила построения ФДМ?
3. В чем заключается оптимизации ПМО информационным методом?
4. Приведите примеры ориентированных графов?
5. Перечислите правила построения матрицы состояния РЭО и уравнений Колмогорова-Чепмена?

Методические указания к лекциям 2-3. В лекциях 2-3 рассматриваются различные модели, применяемые для диагностирования состояния РЭО. Приводятся основные правила построения функционально-диагностических моделей для различных моделей, в соответствии с лежащими в их основе критериями. При изучении лекции 2 необходимо особо обратить внимание на ФДМ, построенную по информационному методу, а также на метод ветвей и границ, используемый для построения алгоритма поиска места отказа. При изучении лекции 3 необходимо научиться просчитывать матрицу состояния РЭО, а также строить и решать уравнения Колмогорова-Чепмена.

Лекция 4. Задачи и классификация систем технического диагностирования. Особенности технического диагностирования РЭО. Ошибки в тракте диагностирования. Совокупность параметров для определения работоспособности РЭО. Выбор допусков на диагностические параметры.

Быть ознакомленным

Система технического диагностирования (СТД). Основная физическая характеристика системы диагностики и контроля. Классификация СТД. Схема СТД. Критерии оптимизации СТД.

Центральные вопросы

Определение технического состояния объекта, виды технического состояния. Алгоритм и информационные характеристики технического диагностирования. Системные особенности РЭС. Конструктивные особенности РЭС. Априорные вероятности пребывания объекта диагностирования (ОД) в состояниях работоспособности и отказа. Показатели СТД. Диагностический параметр (ДП). Совокупность ДП. Выбор совокупности ДП. Минимизация совокупности ДП. Алгоритм выбора минимальной совокупности ДП с точки зрения оптимизации алгоритма контроля. Производственные допуски на ДП. Эксплуатационные допуски на ДП. Разделение ДП на группы.

Уметь

Определять техническое состояние объекта диагностирования. Строить алгоритм и вычислять информационные характеристики технического диагностирования. Выбирать и минимизировать совокупности ДП.

Литература [3, с. 16-31, с. 44-64, с. 96-114].

Вопросы

1. Какие виды СТД существуют? Какие виды СТД наиболее распространены в ГА?
2. Как рассчитываются априорные вероятности пребывания объекта диагностирования (ОД) в состояниях работоспособности и отказа?
3. Перечислите принципы выбора диагностических параметров?
4. С какой целью и как производится минимизация совокупности ДП?
5. Каковы критерии оптимизации СТД?

Методические указания к лекции 4. Лекция 4 освещает вопросы, связанные с системой диагностирования состояния РЭО, такие как: классификация СТД, принципы построения СТД, взаимодействие СТД с объектами диагностирования. Также в лекции 4 рассматриваются вопросы выбора совокупности диагностических параметров, позволяющие оптимизировать работы, выполняемые при диагностировании РЭО. Особое внимание стоит уделить определению минимальной и достаточной совокупности ДП.

Лекция 5. Прогнозирование состояния РЭО. Показатели диагностирования. Ошибки в тракте диагностирования. Достоверность диагностирования. Периодичность диагностирования. Выбор и расчет показателей контролепригодности РЭО.

Быть ознакомленным

Схема принятия решения при диагностировании РЭО. Определение прогнозирования технического состояния РЭО. Составляющие прогнозирующих оценок. Вероятность ошибки диагностирования. Апостериорные вероятности ошибок диагностирования. Вероятность правильного диагностирования. Средняя оперативная продолжительность. Средняя стоимость диагностирования. Средняя трудоемкость диагностирования. Производительность диагностирования. Вспомогательные операции, характеризующие организацию процесса диагностирования: коэффициент механизации диагностирования, коэффициент автоматизации диагностирования.

Центральные вопросы

Ошибки 1-го и 2-го рода при определении параметра в процессе контроля. Вероятность правильного диагностирования. Аналитический и графоаналитический расчет показателей диагностирования. Определение достоверности диагностирования. Расчет достоверности определения работоспособного и неработоспособного состояния. Постановка задачи оптимизации выбора оптимального контроля работоспособности РЭО на различных этапах жизненного цикла. Построение моделей для решения задач оптимизации периода диагностирования РЭО. Показатели, характеризующие полноту диагностирования: коэффициент полноты проверки, коэффициент глубины поиска дефекта, среднее число структурных единиц объекта диагностирования, с точностью до которых определяется место возникновения дефекта. Показатели, характеризующие прямые затраты на диагностирование объекта: среднее время диагностирования, длина теста диагностирования, относительная трудоемкость диагностирования, коэффициент трудоемкости подготовки к диагностированию. Алгоритм прогнозирования технического состояния РЭО. Аналитическое прогнозирование. Вероятностное прогнозирование. Схема вероятностного прогнозирования. Статистическая классификация. Методическая достоверность. Инструментальная достоверность.

Уметь

Рассчитывать ошибки 1-го и 2-го рода. Рассчитывать достоверности определения работоспособного и неработоспособного состояния и достоверность диагностирования состояния РЭО. Строить алгоритм прогнозирования технического состояния с помощью аналитического, вероятностного и статистического прогнозирования.

Литература [1, с. 32-43, с. 114-139].

Вопросы

1. За счет чего возникают ошибки 1-го и 2-го рода при диагностировании?
2. Как рассчитываются показатели, характеризующие полноту диагностирования и прямые затраты на диагностирование объекта?
3. Приведите пример построения алгоритма прогнозирования с помощью аналитического прогнозирования.
4. Приведите пример построения алгоритма прогнозирования с помощью вероятностного прогнозирования.
5. Приведите пример построения алгоритма прогнозирования с помощью статистического прогнозирования.

Методические указания к лекции 5. Завершающая лекция 5 посвящена расчету заключительного этапа проектирования диагностирования. Особое внимание уделяется расчету достоверности диагностирования, ошибкам 1-го и 2-го рода. Рассматриваются вопросы, связанные со стоимостью диагностирования (трудоемкость, стоимость, полнота). Освещаются вопросы прогнозирования состояния РЭО.

6. Терминология (понятийный аппарат) технической диагностики транспортного РЭО

Лекция 1. Жизненный цикл. Конечно-разностное уравнение. Состояние РЭС. Технические параметры. Коэффициент технического использования. Функция готовности. Коэффициент оперативной готовности. Коэффициент отсутствия дефектов. Стратегия технического обслуживания.

Лекция 2-3. Диагностические модели. Аналитическая модель. Передаточная функция. Переходная характеристика. Функция чувствительности. Графоаналитические модели. Ориентированные графы. Матрица состояния РЭО. Алгоритм поиска места отказа. Уравнения Колмогорова-Чепмена.

Лекция 4. Система технического диагностирования. Показатели СТД. Диагностический параметр. Совокупность диагностических параметров. Алгоритм технического диагностирования.

Лекция 5. Прогнозирование технического состояния РЭО. Вероятность ошибки диагностирования. Апостериорные вероятности ошибок диагностирования. Вероятность правильного диагностирования. Средняя оперативная про-

должительность. Средняя стоимость диагностирования. Средняя трудоемкость диагностирования. Производительность диагностирования. Оптимизации выбора оптимального контроля работоспособности РЭО. Коэффициент полноты проверки. Коэффициент глубины поиска дефекта. Алгоритм прогнозирования технического состояния РЭО. Аналитическое прогнозирование. Вероятностное прогнозирование. Методическая достоверность. Инструментальная достоверность.

7. Названия лабораторных занятий и их объем в часах

ЛЗ1. Исследование СТД на базе системы встроенного контроля аппаратуры посадки «Ось-1» – 4 ч.

ЛЗ2. Оценка эффективности системы диагностирования бортовой аппаратуры посадки «Ось-1» – 4 ч.

8. Содержание курсовой работы

Введение содержит обоснование актуальности решения поставленной задачи, ее оценку с точки зрения перспектив развития радиотехнического оборудования.

Первый раздел содержит электрическую функциональную схему с параллельным анализом особенностей ее функционирования. Иными словами, студент, выполняющий работу, должен дать последовательные ответы на вопрос – какие физические процессы происходят в схеме, если выходной сигнал каждого узла не соответствует нормам технических параметров?

Во втором разделе строится функционально-диагностическая модель. Необходимо обратить внимание на число функциональных элементов ФДМ – оно в обязательном порядке должно лежать в пределах 8...10. Далее производится расчет вероятности безотказной работы и интенсивность отказов функциональных элементов, входящих в ФДМ. Студент, выполняющий работу, должен обоснованно выбрать теоретическое распределение наработок до отказа, основываясь на характеристиках потоков отказов РЭО, типе и виде резервирования, используемого в анализируемой аппаратуре, периоде жизненного цикла, на котором производится или предполагается производить анализ, а также исходя из элементной базы РЭО. Так, например, совершенно невозможно использование показательного распределения при анализе устройств, полностью выполненных на цифровых элементах. В третьем разделе производится выбор параметров контроля работоспособности, минимизация совокупности контролируемых параметров и строится алгоритм поиска места отказа. Затем производится детальный расчет показателей достоверности и контролепригодности. В ряде случаев, например, при определении длины теста диагностирования возможно определение соответствующих параметров, исходя из практического опыта деятельности студента.

Завершается работа предъявлением разработанной системы диагностики и контроля. В заключение необходимо сделать выводы об эффективности и возможностях реализации результатов работы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Учебный план дисциплины.....	4
Основные сведения о дисциплине.....	4
Рекомендуемая литература.....	5
Электронный адрес кафедры для консультаций.....	5
Структура дисциплины.....	5
Учебная программа дисциплины.....	6
Терминология (понятийный аппарат) технической диагностики транспортного РЭО	10
Названия лабораторных занятий и их объем в часах.....	11
Содержание курсовой работы.....	11