

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ОРГАНИЗАЦИИ  
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ  
И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
по модулю**

**“ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ  
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ”**

**направления**

**АВИАЦИОННЫЙ ИНЖИНИРИНГ**

**Тошкент – 2017**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ОРГАНИЗАЦИИ  
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**

**по модулю**

**“ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ”**

**НАПРАВЛЕНИЕ**

**«АВИАЦИОННЫЙ ИНЖИНИРИНГ»**

**Разработал:**

**А. Абдукаюмов**

**Ташкент -2017**

Данный учебно-методический комплекс разработан на основании учебного плана и программы утвержденного приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан № 603 от 29 августа 2017 года

**Составитель:** проф. А.Абдукаюмов

**Рецензент:** А.Султанов-ТГТУ, доцент к.т.н

Данный учебно-методический комплекс рекомендован к использованию Советом Ташкентского государственного технического университета (протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2017 года).

## СОДЕРЖАНИЕ

I.	Рабочая программа .....	5
II.	Интерактивные методы обучения, используемые в модуле ...	13
III.	Материалы теоретических занятий .....	17
IV.	Материалы практических занятий .....	63
V.	Банк кейсов .....	67
VI.	Темы для самостоятельного обучения .....	70
VII.	Глоссарий .....	71
VIII.	Список литературы .....	75
	Раздаточные материалы .....	76

## I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Образцы современной техники, в частности, воздушные суда, их технология производства, эксплуатация и ремонт представляют собой сложные технические и технологические системы, для которых характерно большое количество составных компонентов, объединенных для решения единой задачи.

Рабочая программа включает в себя теоретические и практические основы изучения вопросов технического обслуживания в авиации, технического обслуживания связанных, локационных, навигационных, а также управляющих систем воздушного судна.

### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ МОДУЛЯ

**Целью** изучения модуля *“Техническое обслуживание функциональных систем воздушных судов”* является подготовка слушателя к решению теоретических и прикладных задач на основе анализа и моделирования функциональных систем воздушных судов. Овладение системой знаний, практических умений и навыков, обеспечивающих совершенствование и подготовку высокопрофессиональных кадров.

**Задачами** модуля *“Техническое обслуживание функциональных систем воздушных судов”* являются: формирование знаний об основных этапах технического обслуживания жизненно важного цикла сложной функциональной системы воздушного судна на основе использования известных методов.

Основными задачами изучения дисциплины являются: четкое понимание основных этапов жизненно важного цикла сложной функциональной системы воздушного судна на основе использования известных методов.

### **Требования, предъявляемые к знаниям, умениям и навыкам по модулю**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

***иметь представление и характеризовать:***

- основные этапы жизненно важного цикла функциональной системы воздушного судна;

- известные методы технического обслуживания систем воздушного судна анализа;

- терминологию, основные определения и формулировки, используемые при анализе функциональной системы воздушного судна;

- особенности применения известных методов технического обслуживания систем воздушного судна;

***знать и уметь:***

- использовать теоретические и практические знания при исследовании функциональной системы воздушного судна;

- решать различные задачи исследования применительно к техническому обслуживанию систем воздушного судна;

- разрабатывать новые методы технического обслуживания функциональной системы воздушного судна.

***владеть навыками:***

- исследования функциональной системы воздушного судна на основе известных методов;

- особенностей разработки методов технического обслуживания функциональных систем воздушного судна;

- использования теоретические и практические знания при исследовании функциональной системы воздушного судна;

- решать различные задачи исследования применительно к техническому обслуживанию систем воздушного судна;

- разрабатывать новые методы технического обслуживания функциональной системы воздушного судна.

### **Взаимосвязь учебного модуля с другими модулями**

Изучение данного модуля базируется в основном на учебном материале следующих дисциплин: «Математика», «Информатика и информационные

системы и технологии», «Основы и системы радиосвязи, радиолокации, радионавигации», «Управление воздушным движением»

### Рекомендации по проведению и организации модуля

При проведении обучения запланировано использование современных методов, педагогических и информационно-коммуникативных технологий:

- лекции запланированы проводить в форме презентаций с использованием современных компьютерных технологий;

- практические занятия запланировано проводить с помощью интерактивных методов.

### Распределение времени между составляющими модуля: 30 ч.

№	Темы	Учебная нагрузка, час					
		Общие	Итого	Аудиторная учебная нагрузка			
				В том числе			Самостоятельная работа
				Теоритические	Практические	Внеаудиторное	
1.	Технические обслуживание в авиации	8	8	2	2	4	-
2.	Техническое обслуживание радиосвязного оборудования	4	4	2	2		

	воздушных судов						
3.	Техническое обслуживание радиолокационного оборудования воздушных судов	8	6	2	2		2
4.	Техническое обслуживание радионавигационного оборудования воздушных судов	6	4	2	2		2
5.	Техническое обслуживание управляющих систем воздушных судов	4	4	2	2		
6.	Техническое обслуживание противообледенительной системы воздушного судна	2	2		2		
<b>Общие</b>		<b>30</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

### *1-тема: Техническое обслуживание в авиации*

Система управления полетом (FMS) является одним из основных компонентов авионики современной авиакомпания. FMS является специализированная компьютерная система, которая автоматизирована в самых разнообразных задач в полете, снижая нагрузку на экипаж полета к тому, что современные гражданские самолеты уже не несут инженеров или штурманов полета. Основной функцией является управление в полете планом полета. Используя различные датчики (например, GPS и INS, часто подкрепленные радионавигации), чтобы определить положение самолета, FMS может вести самолет по плану полета. Из кабины, FMS обычно управляется через Control Unit Display (CDU), который включает маленький экран и клавиатуру или сенсорный экран. FMS задаёт план полета для отображения в системе Electronic Flight Instrument (EFIS), навигационный дисплей (ND), или многофункциональный дисплей (MFD).

### *2-тема: Техническое обслуживание радиосвязного оборудования воздушных судов*

Из-за эволюции электрических систем, приводы управления полетом используют питание от сети переменного тока самолета электрической системы, а не централизованной гидравлической системы воздушных судов. Самолеты, такие как McDonnell Douglas F-4 Phantom показывает внедрение системы поколения высокой мощности переменного тока к применению к истребителям. Для того, чтобы генерировать постоянную частоту до 115 В переменного тока при частоте 400 Гц привода постоянной скорости или CSD требуется компенсировать изменение скорости двигателя самолета в течение приблизительно 2:1 диапазона скоростей (полная мощность - холостой ход). Это сложные гидро-механические механизмы, которые по своей природе не являются высоконадежными.

### ***3-тема: Техническое обслуживание радиолокационного оборудования воздушных судов***

A 380 является первым гражданским самолетом, в котором широко использованы новые технологии COTS для интеграции авионики и авиационных систем. A380 использует 100 Мбит/сек AFDX, как центрального отдела позвоночника связи; хотя аэробусы такие, как A429 и COTS используют CANbus. Архитектура A380 делится на ряд функциональных доменов.

### ***4-тема: Техническое обслуживание радионавигационного оборудования воздушных судов***

Глобальное управление воздушным движением (GATM) представляет собой концепцию спутниковой связи, навигации, наблюдения и управления воздушным движением. Федеральное управление гражданской авиации и Международной организации гражданской авиации (специальное агентство Организации Объединенных Наций), установили стандарты GATM поддерживать полёт безопасным и эффективным в более переполненном во всем мире воздушного пространства. Предпринимаются усилия по всему миру для тестирования и внедрения новых технологий, которые позволят GATM эффективно поддерживать управление воздушным движением.

### ***5-тема: Техническое обслуживание управляющих систем воздушных судов***

Диагностическая система и многоступенчатый способ позволяют оптимизировать предполётную подготовку самолета. Диагностическая система включает в себя интерфейс для приемники и один или несколько входов, связанных с одним или более наблюдаемого звука, указывающих на неисправность компонента в самолете. Диагностическая система расширяет значение FDIR на основе информации диагностической модели путем добавления явного значения функции в диагностической модели для размещения различных переменных, связанных с авиационной предполетной проблемы отправки.

## **СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **1-практическое занятие: Технические обслуживание в авиации.**

Исследование, выявление и классификация элементов, конструктивно-технологических свойств выбранного объектов производства, эксплуатации и/или ремонта на основе основных аспектов системного подхода и системного анализа.

### **2-практическое занятие: Техническое обслуживание радиосвязных оборудований воздушных судов**

На основе выполненных исследований на предыдущем этапе и разработанного классификатора разработать структурные блоки математических моделей элементов, конструктивно-технологических свойств объекта производства, эксплуатации и/или ремонта (сложной системы) по уровням детализации.

### **3-практическое занятие: Техническое обслуживание радиолокационных оборудований воздушных судов**

Исследование, выявление и классификация элементов, конструктивно-технологических свойств производственной системы эксплуатации и/или ремонта по уровням детализации.

#### **4-практическое занятие: Техническое обслуживание радионавигационных оборудований воздушных судов**

На основе выполненных исследований выполненных на предыдущем этапе и разработанного классификатора, разработать структурные блоки математических моделей элементов, конструктивно-технологических свойств производственной системы, эксплуатации и/или ремонта по уровням детализации решения технологических задач.

#### **5-практическое занятие:**

##### **Техническое обслуживание управляющего блока функциональных систем воздушных судов**

Разработать структурные блоки математических моделей элементов, конструктивно-технологических свойств функциональных систем воздушных судов для эксплуатации и/или ремонта по уровням детализации решения технологических задач.

##### **6-практическое занятие: Техническое обслуживание противообледенительной системы воздушного судна**

Разработать структурные блоки математических моделей элементов, конструктивно-технологических свойств противообледенительной системы воздушного судна для эксплуатации и/или ремонта по уровням детализации решения технологических задач.

#### **Форма обучения**

Форма обучения отражает такие внешние стороны учебного процесса, как способ его существования: порядок и режим; способ организации обучения: лекция, семинар, самостоятельная работа и пр; способ организации совместной деятельности обучающего и обучающихся: фронтальная, коллективная, групповая, индивидуальная.

Пре обучения важным является выбор формы организации учебной деятельности участников:

- Коллективная – коллективное, совместное выполнение общего учебного задания всеми студентами. Характер полученного результата: итог коллективного творчества.
- Групповая – совместное выполнение единого задания в малых группах. Характер полученного результата: итог группового сотрудничества на основе вклада каждого.
- Индивидуальная – индивидуальное выполнение учебного задания. Характер полученного результата: итог индивидуального творчества. Обычно предшествует групповой работе.

#### КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

№	Критерии оценки	Балл	Максимальный балл
1	Кейс	1,5 балл	2,5
2	Самостоятельная работа	1.0 балл	

## II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ

### "Мозговой штурм"

**Мозговой штурм (брейнсторминг - мозговая атака)** – метод коллективной генерации идеи решения научной или практической задачи.

Во время мозгового штурма участники стремятся совместно решить сложную проблему: высказывают свое мнение по решению задачи (генерируют), отбирают наиболее соответствующие, эффективные и оптимальные идеи без критики остальных вариантов, обсуждают отобранные идеи и развивают их, а также оцениваются возможности их обоснования или опровержения.

Основная цель мозговых атак – активизация учебной деятельности, самостоятельное изучение проблемы и развитие мотивации его решения, культура общения, формирование коммуникативных навыков, избавление от инерции мышления и преодоление привычного хода мышления при решении творческой задачи.

- **Прямой коллективный мозговой штурм** – обеспечивает сбор максимального числа мнений насколько это возможно. Вся группа исследования (не более 20 человек) занимается решением одной проблемы.

- **Массовый мозговой штурм** – дает возможность резко повысить эффективность генерации идей в большой аудитории, разделенной на микрогруппы.

- В каждой группе решается один из аспектов проблемы.

### КЕЙС-СТАДИ

**«Кейс-стади» (Case-study)** – это система обучения, основывающаяся на анализе, решении и обсуждении реальных и смоделированных (вымышленных) ситуаций. Метод «кейс-стади» интегрирует в себе технологии развивающего обучения, включая процедуры индивидуального, группового и коллективного развития, и формирования различных личностных качеств обучаемых.

Под методом «кейс-стади» понимается активный метод обучения, основанный на организации преподавателем в группе обучающихся обсуждения задания, представляющего собой описание конкретной ситуации с явной или скрытой проблемой.

Кейс-стади (от англ. слова *case*– реальная ситуация) – метод конкретных реальных ситуаций.

Сущность кейс-стади – изучение общих закономерностей на примере анализа конкретных случаев.

Что такое кейс? Кейс – это жизненная история, включающая в себя необходимую информацию: для принятия решения, для разрешения конфликта или проблемы, которая может быть предложена для обсуждения в группе и выявления позиций слушателей по существу вопроса.

Особое место в организации обсуждения и анализа кейса принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма». В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности участников.

<i>Критерии оценки кейсов:</i>				
грамотное решение проблемы;	новизна и неординарность решения проблемы;	краткость и четкость изложения теоретической части;	качество оформления решения проблемы;	этика ведения обсуждения (дискуссии).

### **Пример занятия по методу «Кейс-стади»**

**Ситуация.** При полёте самолёта по определенному маршруту произошло столкновение стаи птиц с летательным аппаратом. В результате попадания птицы в двигатель, один из двигателей прекратил свою работу (отказ).

**Вопрос:** Ваше видение: какие действия должен предпринять экипаж самолёта для обеспечения безопасности полёта и доставки пассажиров или груза до пункта назначения?

**Задание 1:** Охарактеризуйте технологический процесс устранения отказа и дальнейший полет самолёта до пункта назначения. Создайте презентацию, отразив в ней все стороны задания, представьте ее на занятии по модулю «Основы системного анализа в технике (авиация)».

### III. МАТЕРИАЛЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

#### 1-тема: Техническое обслуживание в авиации

##### *План:*

1. Навигации базы данных.
2. План полета.
3. Руководство.

**Ключевые слова:** Система управления полетом (FMS), Waypoints/ геоточки, airways (транспортные магистрали), радионавигационные средства (DME), всенаправленный ОБЧ (VOR), ненаправленные маяки (NDBs), аэропорты, взлетно-посадочные полосы, стандартный вылет по приборам (SID), стандартный терминал прибытия (STAR), зоны ожидания, автопилот.

#### 1.1. Навигационные базы данных

Система управления полетом (FMS) является одним из основных компонентов авианоки современной авиакомпании. FMS является специализированная компьютерная система, которая автоматизирована в самых разнообразных задачах в полете, снижая нагрузку на экипаж полета к тому, что современный гражданский самолет уже не несут инженеров или штурманов полета. Основной функцией является управление в полете плана полета. Используя различные датчики (например, GPS и INS часто подкрепленные радионавигации), чтобы определить положение самолета, FMS может вести самолет по плану полета. Из кабины, FMS обычно управляется через Control Unit Display (CDU), который включает маленький экран и клавиатуру или сенсорный экран. FMS задаёт план полета для отображения в системе Electronic Flight Instrument (EFIS), навигационный дисплей (ND), или многофункциональный дисплей (MFD).

Современный FMS был введен на Boeing-767, хотя ранее навигационные компьютеры уже существовали. В настоящее время, системы, подобные FMS существуют на воздушных судах, как малые, как Cessna-182. В своей эволюции FMS имел много различных размеров, возможностей и управления. Однако некоторые характеристики являются общими для всех FMS.

Все FMS содержат навигационную базу данных. База данных навигации содержит элементы, из которых строится план полета. Они определяются с помощью стандартных АРИНК 424. Навигационная база данных (NDB), как правило, обновляются каждые 28 дней, для того, чтобы гарантировать, его содержание. Каждый FMS содержит только подмножество данных Arinc, имеющих отношение к возможностям FMS.<sup>1</sup>

NDB содержит всю информацию, необходимую для построения плана полета, состоящий из:

Waypoints / геоточки;

Airways (транспортные магистрали).

Радионавигационные средства включая дальномерное оборудование (DME), всенаправленный ОБЧ (VOR), ненаправленные маяки (NDBs) и системы посадки по приборам (ILSS):

Аэропорты;

Взлетно-посадочные полосы;

Стандартный вылет по приборам (SID);

Стандартный терминал прибытия (STAR);

Зоны ожидания;

Процедура приборного захода на посадку (IAP).

Waypoints также может быть определен пилотом по маршруту, либо путем ссылки на другую точку маршрута с вхождением места в виде путевой точки (например, VOR, NDB, ILS, аэропорт или путевой точки)

---

<sup>1</sup> ICAO Doc 4444 "Air Traffic Management". ICAO, Montreal, 2007, 180 p. (p. 2-1 – 2-5)

## **1.2. План полета**

План полета, как правило, определяется на земле, перед вылетом либо пилотом для небольших самолетов или профессиональным диспетчером для авиалайнеров. Он вводится в FMS либо набрав его, выбрав его из сохраненной библиотеки общих маршрутов (маршрутов компании) или из ACARS datalink с авиакомпанией диспетчерского центра.

Во время предполетной подготовки вводится другая информации, имеющая отношение к управлению планом полета. Это может включать в себя информацию о производительности, например, вес брутто, вес топлива и центра тяжести. Он будет включать в себя эшелон полета, включая начальную высоту. Для воздушных судов, которые не имеют GPS, также требуется координаты начального положения.

Пилот использует FMS, чтобы изменить план полета в течение полета по разным причинам. Значительное техническое проектирование сведено к минимуму нажатия клавиш, чтобы минимизировать нагрузку на пилота в полете и стереть любую неправильную информацию (опасную вводящей в заблуждение информации). FMS также посылает информацию о плане полета для отображения на навигационном дисплее (ND) системы Electronic Flight Instrument (EFIS). План полета обычно появляется в виде линии пурпурного цвета, также отображаются другие аэропорты, радио средства и путевые точки.

## **1.3. Руководство**

Принимая во внимание план полета и положение самолета, FMS рассчитывает курс, чтобы ему следовать. Пилот может следовать этим курсом вручную (так же, как после радиальной VOR), или автопилот может быть установлен, чтобы следовал по курсу.

Режим FMS обычно называют LNAV или боковой навигации для бокового плана полета и VNAV или вертикальной навигации для вертикального плана

полета. VNAV обеспечивает скорость и тангаж или высоту цели и LNAV обеспечивает команды по боковому каналу для автопилота.

## **VNAV**

Сложные самолеты, как правило, авиалайнеры, такие как Airbus A320 или Boeing 737 и больше, имеют полную производительность вертикальной навигации (VNAV). Целью VNAV является прогнозирование и оптимизация вертикального пути. Навигация включает в себя контроль тангажа и управление тягой.

Осуществление точной VNAV сложно и дорого, но это окупается в экономии топлива, в первую очередь в крейсерском полёте и спуске. В крейсерском полёте, где сгорает большая часть топлива, существует несколько способов экономии топлива.

RTA или требуемого времени прибытия позволяет VNAV целевую систему для выработки конкретной путевой точки в определенное время. Это часто полезно для аэропорта на планирование слот прибытия. В этом случае VNAV круиз регулируется скоростью или индекс стоимости для обеспечения RTA (required time of arrival - требуемое время прибытия).

- Сэм Миллер, и др ALS (2009). «Вклад бортовых систем для навигации, основанной на". AERO Журнал (Боинг) (34;. Qtr 2). Проверено 31 декабря 2012.

- Spitzer, Карл (2007). "20.2.1". Авионика Элемент программного обеспечения и функции. Бока-Ратон, FL: CRC Press. с. 20-6. ISBN 0-8493-8438-

## **Контрольные вопросы:**

1. Объясните сущность системы управления полетом FMS.
2. Объясните построение плана полета.
3. Какие режимы FMS существуют?
4. Расскажите преимущества вертикальной навигации.

## **Использованная литература:**

[2] Джонсон, У., Казимир, Б., Hanson, P., Фицпатрик, J., Пуси, Г., «Развитие 200 Ампер Регулируемый трансформатор. Выпрямитель, SAE, Mesa

[3] Стена М.Б., "Электрическая система. Мощность самолета. Boeing 767

## **2-тема: Техническое обслуживание радиосвязного (Хх электрического) оборудования воздушных судов**

### ***План:***

1. Современные электрические системы воздушных судов.
2. Boeing -787. Электрическая система питания.
3. Система распределения электроэнергии.

Ключевые слова: гидро-механические механизмы, генератор, твердотельные устройства коммутации, уровень генерации, система электрического питания, система распределения электроэнергии, стартер, генератор, система экологического управления (ECS), наддув, противообледенительная система крыла, электродвигатель, насос.

### **2.1. Современные электрические системы воздушных судов**

Из-за эволюции электрических систем, в приводах управления полетом используют питание от сети переменного тока самолета. Самолеты, такие как McDonnell Douglas F-4 Phantom показывает внедрение системы поколения переменного тока высокой мощности применительно к истребителям. Для того, чтобы генерировать постоянную частоту до 115 В переменного тока при частоте 400 Гц привода постоянной скорости или CSD требуется компенсировать изменение скорости двигателя самолета в течение приблизительно 2: 1 диапазон скоростей (полная мощность - холостой ход). Это сложные гидро-механические механизмы, которые по своей природе не являются высоконадежными. Поэтому, введение систем производства электроэнергии переменного тока постоянных частоты не происходит без сопутствующих проблем надежности, в частности, на истребителях, где положение дроссельной заслонки двигателя изменяются очень часто в течение полёта. Достижения в области высокой мощности твердотельного переключения технологии вместе с улучшением в необходимых управляющей

электроники составили переменную скорость / постоянной частоты (VSCF) является жизнеспособным предложением в последнее десятилетие. Система VSCF заменила приводы постоянной скорости (CSD); переменная частота или необработанное питание от генератора переменного тока преобразуется в 400Гц постоянной частоты 115В переменного тока с помощью твердого преобразователя состояния VSCF. Системы VSCF в настоящее время становятся все более распространенным явлением: истребитель F-18 использует такую систему и некоторые версии Boeing 737-500 действительно использовали такую систему. Кроме того, Boeing 777 использует систему VSCF для резервного производства электроэнергии переменного тока. В американских военных кругах большое внимание уделяется военно-воздушным силам США и ВМС США на развитие 270 систем постоянного тока. В этих системах генераторов высокой мощности получают 270В постоянного тока, некоторые из которых затем преобразуется в 115В 400Гц переменного тока или 28В постоянного тока для питания оборудования и конкретных нагрузок. Этот подход был принят на самолете Lockheed Martin F-22 и F-35. Это, как утверждают, более эффективно, чем традиционные методы производства и преобразования энергии, а также уменьшается вес. Эти изменения являются союзниками по отношению к электрической принципиальной схемы самолета, где он предназначен приписывать больше системной мощности воздушных судов по отношению к электрическим способом, а не использовать гидравлический или воздух высокого давления, который используется в настоящее время. Поэтому, истребитель завтра должен будет генерировать гораздо более высокие уровни электрической энергии, чем в настоящее время. Схемы использования 270 В постоянного тока представляет мощностью от 250 до 300 кВт и возможно 500kW на канал; несколько раз больше чем типичный уровень 50кВт на канал сегодня.

На уровне компонентов, достижения в разработке мощных контакторов и твердотельных устройств коммутации мощности являются улучшение способов, в которых первичные и вторичные нагрузки питания с коммутацией каналов самолетов защищены. Эти сдвиги в браке с микроэлектронике развиваются,

чтобы дать возможность реализации новых концепций для электрической системы управления и распределения электроэнергии, защиты и коммутаций нагрузки. Использование электроэнергии прогрессировала до точки, где генерация, распределение и защита электрической энергии к воздушному судну электрических нагрузок или обслуживания в настоящее время включает в себя одну из самых сложных авиационных систем. Эта ситуация была не всегда таковой. Этот шаг в направлении более высокого напряжения переменного тока на самом деле обусловлен величиной мощности электрического канала, необходимой для производства. Разумный предел для систем постоянного тока было установлено, около 400 ампер. Из-за ограниченных размеров фидера и защиты распределительных устройств высокой мощности. Поэтому для системы 28В постоянного тока обеспечивается 400 ампер, максимальная мощность доставить, канал составляет около 12 мм, что значительно ниже требований большинства самолетов сегодня. Этот уровень мощности удобен для авиации общего назначения (GA) воздушных судов и некоторых небольших самолетов бизнес-класса. Тем не менее, требования к мощности воздушных судов в бизнес-джетов, региональных самолетов и больших транспортных самолетов, как правило, в диапазоне от 20 до 90kVA на канал и выше. Требования А для большей мощности были согласованы в военной авиации ранее. Более поздние самолеты также ЛФЗ поколение VF, так как это самый надежный метод на уровне генерации, хотя дополнительные контроллеры двигателя могут быть необходимы в другом месте в системе для смягчения последствий изменения частоты. Уровни мощности постоянно росли с 150kVA Airbus A380 Utilisez на канал и Boeing 787 будучи еще более электрическая с 500кВА на канал. Самолет Boeing 787 в настоящее время в поздней стадии прототипа имеет много новых возможностей. Самолет является большим шагом на пути к полностью электрификации самолета, в котором все системы находятся в ведении электроэнергии. Выпуск воздух из двигателей существенно был устранен, и в то время как гидравлические приводы все еще используются, большинство их исходит от электричества. Порвав с пятью десятилетиями практики, Boeing

утверждает, что электрические компрессоры лучше подходят для салона, чем для продувки двигателя и имеют много экономии.

## **2.2. Система электрического питания Boeing 787**

Ключевым отличием является принятие трехфазной электроэнергии 230В переменного тока по сравнению с обычным трехфазным 115В переменного тока. Увеличение напряжения на коэффициент 2:1 уменьшает потери в фидере в системе распределения электроэнергии и позволяет значительно сократить электропроводку. Использование более высокого напряжения фазы 230В переменного тока или 400В переменного тока с линии на линию, требует значительного внимания при проектировании, чтобы избежать возможных последствий частичного разряда.

## **2.3. Система распределения электроэнергии**

Характерными особенностями системы электропитания В787 являются:

- 2×250kVA стартера / генератора на двигатель, что приводит к 500кВА генерируемой мощности на канал. Генераторы переменной частоты (VF), что отражает недавний результат в промышленности от постоянной частоты (CF), мощность 400 Гц

- 2×225kVA ВСУ стартера / генераторов, каждый из стартеров / генератора, приводимого ВСУ. Каждый основной генератор питает свои собственные основные шины 230В переменного тока перед подачей в систему распределения энергии. Возможности 230В переменного тока нагрузки, электроэнергия преобразуется в 115В переменного тока и 28В постоянного тока, чтобы питать многие устаревшие подсистемы, которые требуют эти более традиционные поставки электрических нагрузок. Поскольку отбираемого воздуха больше не требуется с планера, то нет подачи воздуха в систему экологического управления, систему избыточного давления в кабине, противообледенительной системы крыла, а также других пневматических подсистемах. Единственный отбираемый воздух, отбираемый от двигателя является воздух низкого давления используется в противообледенении двигателя Каулинга. Использование воздуха, отбираемого

от компрессора двигателя крайне расточительно, особенно в обход давления двигателя. Рациональное увеличение на современных двигателях, таких как General Electric Gene и Rolls-Royce Trent 1000 дополнительная экономия является удалением из накладных расходов предоставления им канала по всему планеру воздуха; как правило, 8-дюймовый диаметр воздуховода требуется между двигателем и планером и 7-дюймовый трубопровод между ВСУ и планером и насос воздуха в носовой части. В некоторых частях планера перегрев системы обнаружения, необходимо предупредить экипаж об утечке горячего газа.

Основными в электрических нагрузках в системе В787 являются:

- система экологического управления (ECS) и наддув. Удаление отбираемого воздуха означает, что воздух для систем ECS и повышения давления должна находиться под давлением с помощью электрических средств; на В787 имеется четыре больших компрессора с электрическим приводом, с нагрузкой в области 500кВА

- противообледенительная система крыла. Недоступность отбираемого воздуха означает, что противообледенительная система крыла должна быть обеспечена электрическими нагревательными матами, встроенных в передней кромке крыла. Противообледенительная система крыла требует электроэнергии в порядке 100 кВА

- электродвигатели и насосы. Некоторые из авиационных гидравлических мотопомп (EDPS) заменены насосами с электрическим приводом. Четыре новые электрические моторные насосы требуют ~ 100 кВА каждый, что дает общую потребную нагрузку 400кВА. Еще один исход принятия двигателя, является то, что летательный аппарат двигателя не могут быть запущены с помощью традиционных средств: воздуха под высоким давлением. Двигатели используют встроенный стартер / генераторы для этой цели и требуют ~ 180кВА для запуска двигателя. Введение таких мощных электрических машин имеет существенное влияние на систему распределения электроэнергии самолета.

Первичная мощность распределения электрической мощности ящики с четырьмя основными распределительными панелями, два в отдельности перед

электрическим оборудованием и двух других в кормовом отсеке электрооборудования. Задние панели распределения питания также содержащие контроллеры двигателей для насосов. Четыре электромотора (EMPS): два соответствующих насосов расположены в двигателе пилонами и два в центральной секции воздушного судна.

Также с кормовых панелей распределения питаются контроллеры двигателя стартера и APU контроллер стартера. Высокие уровни управления участвуют и объединяется рассеиваемая мощность генерирующая много тепла и распределительные щиты первичной мощности используют охлаждаемую жидкость. С электрическим приводом пакеты кондиционирования воздуха расположены в центральной секции воздушного судна. Вторичное распределение мощности достигается за счет использования удаленными блоками распределения питания (RPDUs), расположенных в удобных местах по всему самолету.

#### **Рекомендации:**

1. Bonno B. (1998) Double using VSCF cycloconverter, FITEC'98, London.
2. Бойс J.W. Введение в интеллектуальное реле. Документ, представленный на симпозиуме SAE AE-4.
3. Джонсон, У., Казимир, Б., Hanson, P., Фицпатрик, J., Пуси, Г. «Развитие 200 Ампер-регулируемый трансформатор-выпрямитель, SAE, Mesa
4. Стена М.Б., "Электрическая система. Мощность самолета Boeing 767.
5. Лейтон, С.Г. Solid State Control Power, ERA конференция Avionics, Лондон, Хитроу.
6. Tenning, K. B777. Электрическая система. RAES конференция, Лондон.
7. Ринальди, М.Р., 'Высоконадежный источник питания постоянного тока для авионики Подсистемы', SAE Конференция.
8. Митчем, Эй-Джей (1999) 'Интегрированный генератор LP вала для более-Electric Aircraft ", IEE коллоквиум, Лондон.
9. Галлер, J.P., Уил, Д.В., Loveday, P.G. (1998) «Комплексное управление Утилиты для гражданской авиации», FITEC 98, Лондон.

### **Контрольные вопросы:**

1. Расскажите принцип генерирования электрического тока частотой 400 Гц и 115 В.
2. Из чего состоит система электрического питания Боеинг-787?
3. Из чего состоит система распределения электроэнергии?
4. Какое питание имеет противообледенительная система?

### **Использованная литература:**

- [4] Tenning, K., B777: Электрическая система. RAES конференция, Лондон.
- [5] Ринальди, М.Р., Высоконадежный источник питания постоянного тока для авионики. Подсистемы. SAE Конференция.

## **3-тема: Техническое обслуживание радиолокационного оборудования воздушных судов**

### **План:**

1. Архитектура авионики A380
2. Архитектура авионики Boeing 787
3. Волоконно-оптической кольцевой топологии

**Ключевые слова:** Волоконно-оптический метод, система генераторного блока управления (ГПА), центральная сеть передачи данных (CDN), концентратор данных (RDC), системы управления (VMS), волоконно-оптическая шина

### **3.1. Архитектура авионики A380**

A380 является первым гражданским самолетом, в котором использованы широкие возможности новой технологии COTS для интеграции авионики и авиационных систем. A380 использует 100 Мегабит/сек AFDX как центрального отдела сети связи; хотя самолёты такие, как A429 и COTS автобусов, таких как CANbus также используются. A380 архитектура делится на ряд функциональных доменов, поддерживающих отображающий набор; Ключевыми элементами являются:

- отображение люкс - 8 × цветные мониторы;
- домен интегрированные шкафы из кабины экипажа;
- несколько доменов интегрированные шкафы кабины;
- интегрированные шкафы энергетической системы;
- утилиты домена интегрированные шкафы;
- шина данных интегрированных авиационных систем.

Эти домены соединены между собой с помощью резервированной сети AFDX, переключаемых, чтобы обеспечивать систему передачи данных с высокой пропускной способностью через самолет.

Функциональные систем самолета размещены в следующих областях:

- отсек кабина:
  - система обнаружения перегрева;
  - дополнительная система охлаждения;
  - система отбора воздуха двигателя;
  - пневматическая система распределения воздуха;
  - система управления вентиляцией;
  - система управления авионикой вентиляции;
  - система контроля давления в кабине;
  - система контроля температуры.

Эти системы произведены Airbus GmbH, которые также несут ответственность для интеграции домена кабины и интегрированных шкафов.

- энергетические системы;
- система управления гидравликой;
- управление гидравликой;
- первичная электрическая мощность;
- вторичная электрическая мощность.

Эти системы являются ответственностью Airbus Франции, которые также несут ответственность для интеграции энергетической сфере интегрированных шкафов.

- домен вспомогательные системы:

- система индикации количества топлива;
- управления подачей топлива;
- система мониторинга передач посадки;
- выпуск и уборка шасси;
- система управления тормозом;
- система рулевого управления.

Эти системы являются ответственностью Airbus Великобритании, которые также несут ответственность для интеграции утилит домена интегрированных шкафов.

### **3.2 Архитектура авионики Boeing 787**

Самолет Boeing 787, который является продолжением к семье Boeing 757/767 также принял 100 Мбит/с А664 в качестве среды передачи данных для БРЭО системы самолета. Хотя похоже на Airbus A380 с точки зрения выбора производной шины данных COTS, Boeing выбрала другую архитектуру обеспечения интеграции авионики и авиационных функций. Главная система авионики и вычислительные задачи осуществляются двумя блоками Общего вычислительного ресурса (CCR). Эти блоки интерфейсов с полетной информацией бортовой и остальной часть авионики и самолетных систем охватывают функции, осуществляемые системой управления информацией самолета (AIMS) на Boeing 777. Каждый из них содержит четыре основных модулей обработки, сети переключатели и два волоконно-оптические модули перевода. Применение конкретных модулей обеспечивается сторонними поставщиками, также могут быть размещены, например, на процессорных модулях дисплея, поставляемые компанией Rockwell Collins. Подход Boeing отличается в использовании ~ 20 Remote Концентратор данных (RDC) частей, расположенных по всему самолету для выполнения функции сбора данных для аналоговых, дискретных сигналов и последовательных цифровых данных от удаленной авионики и авиационных систем датчиков и эффекторов. В дополнение к ЦДИ, есть ~ 20 удаленных блоков распределения питания (RPDUs) для распределения электрической энергии локально к летательному аппарату

электрических нагрузок. Поэтому подход заключается в распределении датчиков и контуры управления и электрического распределения электроэнергии. В некоторых случаях, посвященный одной функции LRUs до сих пор используются для таких функций, как электрическая Система генераторного блока управления (ГПА). Двойным резервированием Центральная сеть передачи данных (CDN) использует детерминированный А664 способной поддерживать, как медных, так и волоконно-оптические интерфейсы с подключением скорости 10 Мбит / с и 100 Мбит / с соответственно.

Аэробусы COTS данных - IEEE 1394 IEEE 1394, как описано выше определяет средства массовой информации, топологии и протокол как объединительную плату физического уровня или точка-точка последовательный кабель интерфейса; в Система воздушного судна между соединениями используется последним. Интерфейс также называется высокопроизводительной последовательной шиной (HPSB). Кабель (дифференциальный) версия работает на 100 Мбит / с, 200 Мбит / сек, или 400 Мбит / с; увеличивается до 800 Мбит / сек для 1394b. Базовый уровень 1394 использует полудуплексный или однонаправленную передачи, тогда как 1394b способен полный дуплекс или передача двунаправленным. Последний стандарт IEEE 1394b, также позволяет передавать до 800 Мбит / с. Шина поддерживает до 63 устройств на максимальном расстоянии кабеля между устройства 4,5 метра. Когда количество устройств на шине ограничивается до 16, максимальная длина кабеля 72 метров возможна. Когда 1394a передается по CAT5 кабеля 100 Мбит / с возможно более 100 метров. IEEE 1394b используется на F-35 Lightning II для соединения нескольких удаленных Input / Output Units (Rius), которые действуют как концентраторы данных в транспортном средстве Системы управления (VMS). Rius позволяют передавать данные в VMS компьютеры и другие основные контроллеры в системе VMS. Описанные примеров до сих пор связаны с электрическим сигналом шины данных. Волоконно-оптические между соединениями предлагают альтернативу электрически сигнализировал автобус,

который гораздо быстрее и надежнее с точки зрения электромагнитных помех (EMI).

Волоконно-оптические методы широко используются в области телекоммуникаций, промышленности и используются в кабельных сетях, обслуживающих внутренние приложения, могут как правило, работать на уровне около 50-100 МГц. Основная проблема с волоконно-оптической связью является то, что оно является однонаправленным. То есть сигнал может проходить только в одном направлении, и, если требуется двунаправленная связь, то необходимы два волокна. Там также нет «Т-образное соединение» в волоконно-оптические сети и коммуникации должны быть образованы «Y-переходами» или кольцевыми топологиями. Например, кольцевая топология в котором двунаправленная взаимосвязь между четырьмя терминалами требует в общей сложности восемь однонаправленных волокон. Эта сеть имеет свойство связь между блоками поддерживается любым терминалом или волокнами из пучка. Эта конкретная топология аналогична принятой Raytheon Control-By-Light TM система (CBLTM), что было продемонстрировано в полете управления двигателем и реверса из Raytheon в Business Jet.

### **3.3. Волоконно-оптическая кольцевая топология**

В волоконно-оптической кольцевой топологии – каждое звено передает узконаправленные данные:

- кольцевая топология позволяет данным передаваться от терминала до терминала;
- двойное кольцо топологии позволяет проходить верхним данным проходить без сбоя терминала
- передача данных 1,25Mbits / сек скорость передачи данных является скромным 1,25 Мбит / сек, что не реальное улучшение для обычных автобусов, такие как MIL-STD-1553B и в самом деле происходит медленнее, чем A629.

Волоконно-оптическая шина имеет возможность работать при гораздо более высоких ставки данных. Оказывается, что скорость передачи данных в этом случае, возможно, были ограничены протоколом (философия управления),

который является адаптацией американского PC/Industrial. Локальный протокол Area Network (LAN) широко используется в США. Волоконно-оптические стандарты были согласованы и использованы в небольших масштабах в пределах области авионики, как правило, для бортовой системы технического обслуживания (OMS).

**Контрольные вопросы:**

1. Из каких частей состоит архитектура авионики A380?
2. В каких частях размещаются функциональные системы самолёта?
3. Из каких частей состоит архитектура авионики B787?
4. Волоконно-оптическая кольцевая топология.

**Использованная литература:**

1. Jayson P. Ghidella & Piter J. Mosterman. Based on Testing Requirements on Aircraft Design Control. Бумага ID AIAA 2005-5886 в АИАА моделирование и моделирование технологий конференции и выставка- 2005, 15-18 августа, Сан-Франциско, штат Калифорния, 2005.

2. Din, Sh. Основанные на модели методы диагностики неисправностей, Springer, 2008

3. Фаршад Харири и Несмиуе Младший. Модель Недействительность для коммутируемых аффинных систем с приложениями к неисправности и ее обнаружения аномалий", МФБ конференция по анализу и проектированию гибридных систем, 2015, Атланта, штат Джорджия

4. Pieter J. Mosterman и Джейсон Ghidella, "Модель Повторное использование для подготовки сценария Fault в Aerospace" в трудах АИАА моделирования и симуляции конференции технологии, CD-ROM, бумаги 2004-4931 16 августа - 19, Род-Айленд Конференц-центр, Providence, RI, в 2004 году.

5. Лю Цзе (2012). "Шэннон вейвлет-анализ спектра на усеченной сигналов вибрации для машины обнаружения зарождающегося неисправностей". Измерение науки и техники 23 (5): 1-11. doi: 10,1088 / 0957-0233 / 23/5/055604.

6. Cynthia; Смит, Пол; Ло. "Spread Spectrum датчики для критической неисправности Расположение на Live Wire сети," Управление Структурные и мониторинга состояния здоровья 6 июня 2005.

7. Bahrapour Соель; Автомобили, Behzad; Salahshour Карим. "Взвешенные и ограниченных возможностных С-средства кластеризации для онлайнного обнаружения и изоляции неисправностей [1] "Прикладной интеллект, Том 35, стр. 269-284, 2011 6 июня 2005.

#### **4-тема: Техническое обслуживание радионавигационного оборудования воздушных судов**

##### ***План:***

1. Глобальное управление воздушным движением.
2. Различные методы системы управления.
3. Авиационные связи адресации и передачи сообщений.
4. Интерфейс системы управления полетом.

**Ключевые слова:** Глобальное управление воздушным движением (GATM), системы управления, интерфейсов с системами управления полетом (FMS), спутники слежения, задержка кода, несущая фаза.

##### **4.1. Глобальное управление воздушным движением**

Глобальное управление воздушным движением (GATM) представляет собой концепцию для спутниковой связи, навигации, наблюдения и управления воздушным движением. Федеральное управление гражданской авиации и Международная организация гражданской авиации, специальное агентство Организации Объединенных Наций, установили стандарты GATM поддержать воздушное движение безопасным и эффективным в более переполненном во всем мире воздушном пространстве. Предпринимаются усилия по всему миру для тестирования и внедрения новых технологий, которые позволят GATM эффективно поддерживать управление воздушным движением.

Air Services Australia объявила инициативу одной из основных программ реализации в этой области. Эта инициатива будет способствовать сертификации этой новой технологии, позволяющей осуществлять его дальнейшее внедрение.

Два основных спутниковых созвездий являются системы глобального позиционирования (GPS) в США и глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС) России/Индии. Третье созвездие будет система Европейского союза Galileo, когда она начнёт полностью функционировать. Эти системы обеспечивают независимые возможности и могут быть использованы в сочетании с будущими основными системами и системами функционального дополнения. Сигналы от основного спутника, полученные наземными опорными станциями, и какие-либо ошибки в сигналах идентифицированы.

Каждая станция в сети Ретрансляция данных в масштабах всей области мастер-станций, где информация для коррекции определенных географических районах на выставке Computex. Сообщение коррекции подготовлены к передачи данных с земли на борт геостационарных спутников связи (GEO) через станцию наземного восходящей линии связи. Это сообщение транслируется на приемники на борту самолета, летящего с зоной покрытия широковещательной системы. Система знают в США, как WAAS (Wide Area Augmentation System), в Европе, как EGNOS (Европейская геостационарная навигационная система), в Японии (MSAS Satellite Based ОМОН системы функционального дополнения) и в Индии, как Гага (GPS помощник гео дополненной навигации).

#### **4.2. Различные методы системы управления**

Различные методы системы управления, служат для исправления экваториальных аномалий. Преимуществом этой системы является, то что она носит глобальный характер и имеет потенциал для поддержки всех этапов полета, обеспечивающих плавность глобальной системы навигации. Это может заменить необходимость различных наземных и бортовых систем, которые были разработаны для удовлетворения конкретных требований для определенных этапов полета. Стандартные и рекомендуемые практики регулирования воздушного движения на основе глобальной навигационной спутниковой системы,

разработанной ИКАО (Международная организация гражданской авиации). Северная система должна соответствовать стандартам ИКАО начнет функционировать.

#### **4.3. Авиационные связи адресации и передачи сообщений**

В авиации, от ACARS (/ eɪkɑ:rz /); А аббревиатуры для самолетов связи адресации и передачи сообщений) представляет собой цифровую систему DataLink для передачи коротких сообщений между воздушными судами и наземными станциями через Airband радио или через спутник. Протокол был разработан ARINC и развернут в 1978 году, [1] с использованием формата телекса. Больше от радиостанций ACARS были добавлены впоследствии SITA

##### **Описание системы и функции**

От ACARS как термин, относящийся к полной системе воздушной и наземной, состоящей из оборудования на борту судна, оборудования на местах, а также поставщика услуг.

Борт из ACARS оборудования [3] состояло из конечных систем с маршрутизатором, который направляет сообщения через подсеть воздух-земля.

Наземное оборудование состоит из сети приемопередатчиков под управлением центрального узла компьютера под названием AFEPS (System Arinc Front End Processor), который обрабатывает и передает сообщения. Как правило, земля из единиц ACARS являются либо правительственными агентствами, такими как Федеральное управление гражданской авиации, штаб-квартира авиалинии операций, или, для небольших авиакомпаний или авиации общего назначения, службы подписки сторонних производителей. Как правило, государственные агентства несут ответственность за зазоры, в то время как операции авиакомпании обрабатывать цель назначения, технического обслуживания и пассажирские потребности.

От ACARS оборудования на борту воздушного судна связана с тем, что на земле поставщиком услуг является DataLink. Поскольку из ACARS сети смоделирован телекс сети точка-точка, все сообщения поступают к центральному

местоположению обработки маршрута. Arinc и SITA являются двумя основными поставщиками услуг, с меньшими операциями от других в некоторых областях. В некоторых районах есть несколько поставщиков услуг.

### **Из типов сообщений ACARS**

Из ACARS сообщения могут быть три основных категории:

- сообщения управления воздушным движением [4] используются для запроса или предоставления разрешений;
- авиационному оперативному контролю;
- авиакомпания административный контроль.

Управляющие сообщения используются для коммутатора между самолетом и его базой, с сообщениями либо стандартизованы согласно ARINC Standard 633, или определяемые пользователем в соответствии с ARINC Standard 618 [5]. Содержание таких сообщений могут быть OOOI события, планирование полета, информация о погоде, оборудование состояние здоровья стыковками и т.д.

### **OOOI события**

Основная функция Акар предназначена для автоматического обнаружения и сообщения о начале каждой основной фазы полета, называемые OOOI события в отрасли (из ворот, от земли, на земле, и в ворота) [6]. Эти OOOI события определяются с использованием информации от датчиков воздушных судов, установленных на дверях, парковочных кронштейнов и Struts. В начале каждой фазы полета, от ACARS сообщение передается на землю, описывающего фазы полета, время, в котором оно произошло, и другую соответствующую информацию, такую как количество топлива на борту или рейса отправления и назначения. Эти сообщения используются для отслеживания состояния воздушного судна и экипажа.

### **4.4. Интерфейс системы управления полетом**

Из ACARS интерфейсов с системами управления полетом FMS, действуя в качестве системы связи для планирования полетов и Информация о погоде для отправки от земли к FMS. Это позволило авиакомпании обновить FMS в то время

как во время полета позволяет летному экипажу оценить новые погодные условия или альтернативный план полета.

### **Оборудование и данные технического обслуживания**

ACARS используется для передачи информации от самолета к наземным станциям об условиях различных систем и датчиков воздушных судов в режиме реального времени. Техническое обслуживание неисправностей и аномальные события также передаются на наземные станции наряду с подробными сообщениями, которые используются авиакомпанией для мониторинга состояния оборудования, а также для улучшения плана деятельности по ремонту и обслуживанию.

Автоматические сообщения используются для проверки соединения воздушного судна со станцией связи [7]. В том случае, если устройство самолета молчит дольше заданного интервала времени, наземная станция может сигнализировать самолет (непосредственно спутниковое), ответ указывает на нормальную ACARS связь.

От ACARS интерфейсов с использованием интерактивных устройств отображения информации в кабине летного экипажа, который можно использовать для отправки и получения сообщений и технические отчеты или из наземных станций, таких как запрос о предоставлении информации о погоде или зазорах или состояния стыковками. А также ответ от наземной станции принимается на борту воздушного судна с помощью ACARS.

От ACARS сообщения могут быть отправлены с помощью выбора методов связи, таких как УКВ или КВ, либо прямо на землю или через спутник, используя минимальную обработку (ЦИК) модуляцию. [8]

Результаты могут быть отправлены сообщениями через УКВ если сеть УКВ наземных станций существует в текущем диапазоне самолета. УКВ-связь распространения в пределах прямой видимости и типичный диапазон до 200 морских миль на больших высотах, где УКВ абсента, высокочастотные сети или спутниковую связи могут быть использованы при наличии. Спутниковый охват может быть ограничен в высоких широтах (транс-полярные рейсы).

## **Роль из ACARS в авиационных происшествиях и инцидентов**

В результате авиакатастрофы рейса Air France 447 в 2009 году обсуждался вопрос о том, чтобы из ACARS в «онлайн черного ящика» [10], чтобы уменьшить последствия потери бортовым самописцем. Тем не менее, никаких изменений не было внесено в систему из ACARS.

В марте 2014 года из сообщений ACARS и доплеровского анализа от ACARS спутниковой связи, данные играют очень важную роль в усилиях по отслеживанию Malaysia Airlines Flight 370 к приблизительному местоположению. В то время как основная из системы ACARS на борту MH370 был выключен, второй из системы ACARS под названием Классический Aero был активен до тех пор, как завод был включен, и продолжал пытаться установить соединение с спутника Inmarsat каждый час [11].

## **Использование результатов за пределами авиации**

В 2002 году ACARS был добавлен в NOAA наблюдений System Architecture. Северная погода коммерческие самолеты могут выступать в качестве поставщиков данных для метеорологических агентств, чтобы использовать в прогнозных моделях, отправляя метеорологические наблюдения, такие как ветер и температуры от ACARS сети. Погода Nosara предоставляет собой карты в режиме реального времени.

### **GNSS приемники. Общие сведения**

GNSS приемники обрабатывают сигналы в пространстве (SIS), передаваемые спутниками, будучи пользовательский интерфейс к любому из Глобальной навигационной спутниковой системы (GNSS). Даже если информация, представленная общей GNSS приемник может быть использован широким диапазон, большинство из них полагаются на навигационное решение приемника, т.е. приемник Computex даёт сведения положение, скорость и время (PVT).

### **Концепция GNSS приемников.**

GNSS приемники определяют положение пользователя, скорость и точное время (PVT) путем обработки сигналов, транслируемых с помощью спутников.

Поскольку спутники всегда находятся в движении, приемник должен непрерывно получать и отслеживать сигналы от спутников в поле зрения, для того, чтобы вычислить непрерывное решение, как требуется в большинстве применений. Любое навигационное решение, предоставляемое приемником GNSS основан на вычислении его расстояния до множества спутников, с помощью экстрагирования времени распространения поступающих сигналов, проходящих через пространство со скоростью света. По данным спутников и приемников локальных часов, эта разница во времени цвет трансформаторов в поддельные «псевдодальности» путем умножения его на скорость света в вакууме. Псевдодальность можно рассматривать как очень грубую оценку истинного диапазона между спутником и пользователем, и должен быть скорректирован для учета ряда явлений, прежде чем он может быть интерпретирована как точное измерение истинного расстояния.

На рисунке 1 показан этот принцип для двух спутников и псевдодальности и для получения дополнительной информации об определении решения о местоположении, подход к GNSS позиционирования.

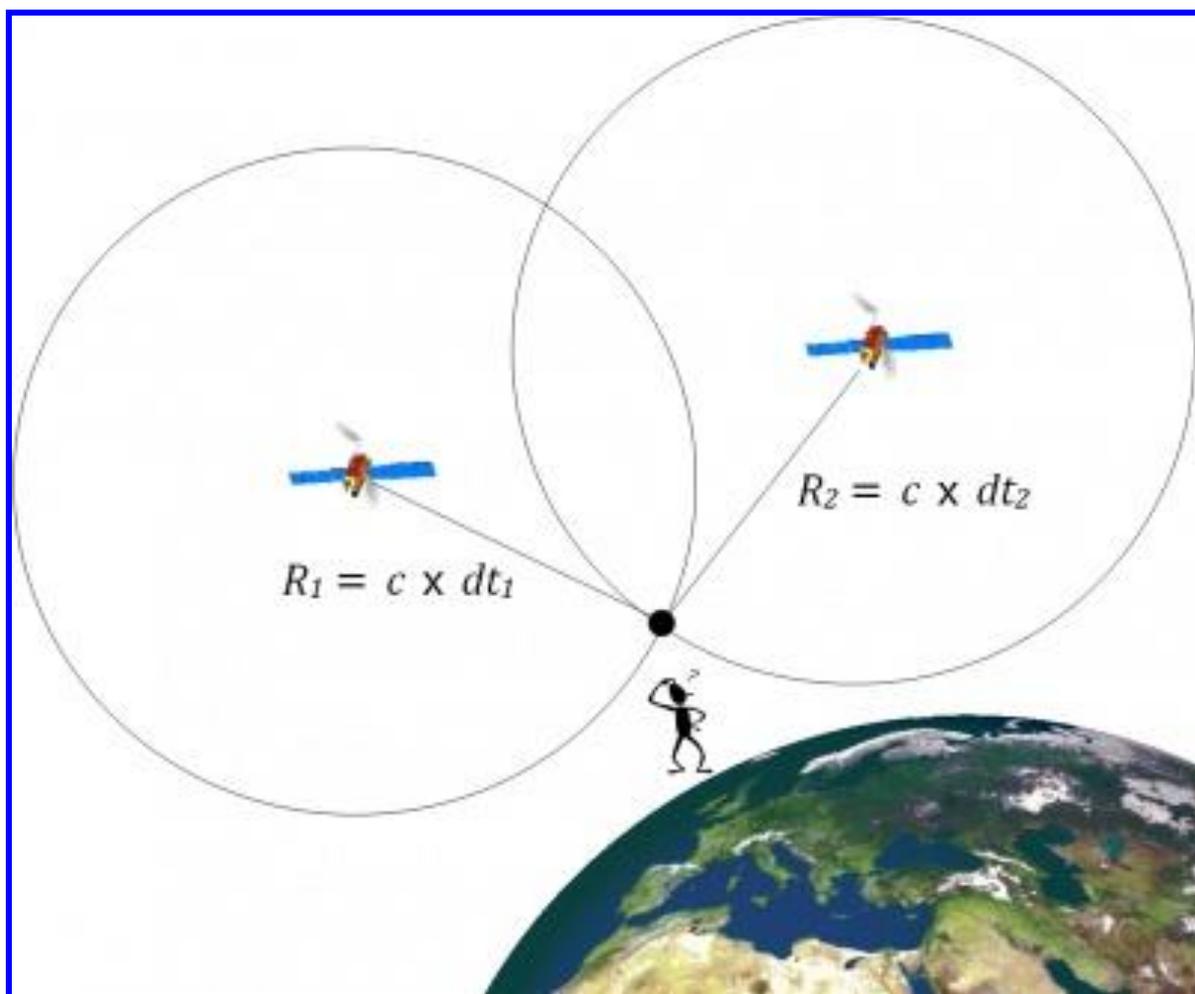


Рис. 1.

Общая концепция GNSS приемников: пользователь определил ее решение PVT посредством обработки сигналов, передаваемых множеством спутников.

### Поиск и спутники слежения

Большинство глобальных навигационных спутниковых систем используют методы с кодовым разделением каналов (CDMA) для мультиплексирования нескольких спутниковых сигналов на пустую частоту. Основная идея заключается в схемах CDMA: каждому спутнику присваивается с кодом псевдослучайного шума (PRN), который модулирует передаваемый сигнал. Использование этих кодов PRN распространяет сигнал по спектру, делая его похожим на шум. Кроме того, коды PRN имеют такие свойства, что их функция автокорреляции имеет максимальное значение, когда они полностью выровнены. GNSS приемники имеют априорные знания PRN кода каждого спутника (например, посредством

соответствующего SIS ICD), и соотносят поступающие сигналы с локальным кодом репликами, чтобы определить, является ли данный спутник виден или нет.

В наиболее общей архитектуре, GNSS приемники назначают выделенный канал для каждого сигнала будет отслеживаться и, в случае многочастотных приемников, каждый сигнал от каждого спутника может быть независимо друг от друга подвержен обработке. Для того, чтобы обеспечить отслеживание сигналов в каждой из непрерывно обрабатываемых каналов приемников. Оценивание и правильно два параметра:

- задержка кода: квалифицирует рассогласование между локальным PRN копией кода и входящего сигнала.
- несущая фаза (или его мгновенное значение, частота Доплера): отражает относительное движение между спутником и пользователем.

Для определения этих параметров, приемник помещает на место (кода и несущей) петель слежения, которые формируют ядро обработки сигналов и непрерывно отслеживают поступающие сигналы со спутников для генерирования измерения фазы кода и несущей. Каждая оценка кода и фазы несущей регенерации используется для задержки локального PRN FDIR кода, который затем коррелируется снова с входным сигналом. Результат этой операции затем повторно оценивают на приемнике, чтобы повторно оценить эти параметры в непрерывном цикле. После синхронизации с входным сигналом и демодуляции сигналов навигационного сообщения, приемник способен определять псевдодальности до каждого спутника, и для вычисления навигационного решения следующих методик, описанных в основах GNSS.



Рис.2. Различные GNSS приемника платформы: Морской (верхний левый), Survey (вверху справа), автомобильная промышленность (снизу войлок), Программное обеспечение (внизу справа).

Еще в 1970-е годы, приемники были в аналоговых оборудовании, изготовленных для военной техники. В настоящее время, GNSS приемники широко расширена до миниатюрных платформ, чипсетов, микропроцессоров, интегральных микросхем (IC), DSP, FPGA, портативных устройств, включая интеграцию в большинстве мобильных телефонов. На самом деле, GNSS приемники работают в широком спектре платформ, а также результаты выбора из компромиссом параметров, таких как приемник производительность, стоимость, энергопотребление и Autonomy [1].

Кроме того, увеличение возможности микропроцессоров позволили решить чрезвычайную ситуацию программного обеспечения приемников [2] с представлениями, сравнимых с аппаратными, реализованных приемниками,

обеспечивая гибкость, необходимую для некоторых пользовательских приложений.

Вслед за будущим тенденцией, при аварии нескольких спутниковых навигационных систем (как региональных и глобальных), мульти-Constellation приемники становятся все более доступными. Это было предложено на уровне проектирования системы, работая в направлении взаимодействия и совместимости [3]. С точки зрения приемника, мульти-Созвездие приносит ключевую добавленную стоимость для доступности решения, особенно в городских условиях.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что понимается под понятием «Глобальное управление воздушным движением»?
2. Система глобального позиционирования (GPS) (США).
3. Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) (России/Индия).
4. Система Европейского союза (Galileo) (ЕС).
5. Методы системы управления.
6. Интерфейс системы управления полетом.
7. Поиск и спутники слежения.

#### **Использованная литература:**

1. Jayson P. Ghidella & Piter J. Mosterman. Based on Testing Requirements on Aircraft Design Control. Бумага ID AIAA 2005-5886 в АИАА моделирование и моделирование технологий конференции и выставка- 2005, 15-18 августа, Сан-Франциско, штат Калифорния, 2005.
2. Din, Sh. Основанные на модели методы диагностики неисправностей, Springer, 2008
3. Фаршад Харири и Несмиуе Младший. Модель Недействительность для коммутируемых аффинных систем с приложениями к неисправности и ее

обнаружения аномалий", МФБ конференция по анализу и проектированию гибридных систем, 2015, Атланта, штат Джорджия

4. Pieter J. Mosterman и Джейсон Ghidella, "Модель Повторное использование для подготовки сценария Fault в Aerospace" в трудах AIAA моделирования и симуляции конференции технологии, CD-ROM, бумаги 2004-4931 16 августа - 19, Род-Айленд Конференц-центр, Providence, RI, в 2004 году.

5. Лю Цзе (2012). "Шэннон вейвлет-анализ спектра на усеченной сигналов вибрации для машины обнаружения зарождающегося неисправностей". Измерение науки и техники 23 (5): 1-11.doi: 10,1088 / 0957-0233 / 23/5/055604.

6. Cynthia; Смит, Пол; Lo. "Spread Spectrum датчики для критической неисправности Расположение на Live Wire сети," Управление Структурные и мониторинга состояния здоровья 6 июня 2005.

7. Bahrampour Соель; Автомобили, Behzad; Salahshour Карим. "Взвешенные и ограниченных возможностных С-средства кластеризации для онлайн-обнаружения и изоляции неисправностей [1] "Прикладной интеллект, Том 35, стр. 269-284, 2011 6 июня 2005.

## **5-тема: Техническое обслуживание управляющих систем воздушных судов**

### ***План:***

1. Диагностическая система и способ для обеспечения возможности многоступенчатую оптимизацию решений для воздушных судов предполетной отправки.
2. Обнаружение неисправностей и изоляции.
3. Задача на основе обработки сигналов.
4. Выбор применения диагностики.

**Ключевые слова:** Диагностическая система, обнаружение неисправностей, прямое распознавание показаний датчиков, диагностика неисправностей машины, расширение Габор, кратковременное преобразование Фурье (STFT).

### **5.1. Диагностическая система и способ для обеспечения возможности многоступенчатую оптимизацию решений для воздушных судов предполетной отправки (US 20040199307 A1)**

Диагностическая система и многоступенчатый способ позволяют оптимизировать предполётную подготовку самолета. Диагностическая система включает в себя интерфейс для приемника и один или несколько входов, связанных с одним или более наблюдаемым сигналом, указывающим на неисправный компонент в самолете. Диагностическая система расширяет значение энтропии на основе информации ((VOI)) диагностической модели путем добавления явного значения функции в диагностической модели (VOI) для размещения различных переменных, связанных с авиационной предполетной проблемой отправки. Построение энтропии на основе диагностической модели (VOI) и северной расширенной диагностической модели (VOI) оба они основаны, по крайней мере, на одной из системной информации, касающейся авиационных компонентов и устройств ввода-вывода соотношений компонентов воздушных судов, информации на основе опыта, относящейся к прямым отношениям между сбоями компонентов самолетов и наблюдаемыми сигналами, и фактической информацией, относящаяся к компоненту надежности самолета.

#### **Формула изобретения:**

1. Способ, позволяющий осуществлять многоступенчатый процесс принятия решений в предполетной подготовке мобильной платформы, включающий в себя:

Продление значения энтропии на основе информации (VOI) диагностической модели для предполетной подготовки для размещения одного или нескольких переменных, связанных с предполетной подготовкой мобильной платформы; получают по меньшей мере один вход, относящуюся к одному или более наблюдаемому сигналу, указывающего один или более компонентов отказавших в мобильной платформе; и автоматически определяют действие

технического обслуживания для мобильной платформы в соответствии с расширенной диагностической модели (VOI) и одной или более наблюдаемого сигнала.

2. Способ по п.1, в котором энтропия на основе диагностической модели (VOI) построенной на основе по меньшей мере одного из системной информации, относящейся к компонентам мобильной платформы и ввода-вывода соотношений компонентов, информация на основе опыта, относящиеся к прямым отношениям между отказами компонентов и наблюдаемыми сигналами, а также фактов информации, относящейся к компоненту надежности.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что конструкция энтропийной модели на основе диагностической модели (VOI) и расширенные диагностические модели VOI основанные на байесовской сети.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что включает в себя автоматическое определение автоматического определения оптимального действия технического обслуживания для мобильной платформы в соответствии с расширенной диагностической модели (VOI) и одной или более наблюдаемыми сигналами.

5. Способ по п.1, в котором автоматически определяют включение автоматической переориентации одного или нескольких тестов и действия REMEDIO для мобильной платформы на многосекционное, в соответствии с расширенной диагностической модели (VOI) и одной или более наблюдаемой сигналами.

6. Способ по п.1, в котором действие технического обслуживания включает в себя по меньшей мере одно из следующих:

- выполняя тест обнаружения приоритизации множества подозрительных компонентов;
- ремонт подозреваемого компонента;
- заменить подозреваемый компонент;
- отсрочка технического обслуживания на исследуемом компоненте;
- задержки полета;
- отмена рейса;

- отмена полета и замена мобильной платформы.

7. Способ по п.1, в котором автоматическое определение включает в себя:

- корреляцию, по меньшей мере один вход, относящуюся к одному или более наблюдаемой сигналам с одним или несколькими компонентами подозреваемыми, каждый из которых способен определять один или более причины. Наблюдаемые сигналы при сбое в соответствии с расширенной диагностической модели (VOI); value of information (VOI) приоритезации одного или нескольких компонентов. Подозреваемый, основанные на относительной вероятности того, что соответствующие подозрительные компоненты вызвал один или более срабатывание сигналов;

- определение и приоритезации одного или нескольких тестов, которые могут быть выполнены каждый из найденных приоритезаций одного или нескольких компонентов; подозрительные и используемые консоли приоритезирует список тестов, чтобы определить тест на выполнение или определить, что тестирование следует прекратить.

8. Способ по п.1, содержащий дополнительные этапы:

- получают по меньшей мере один вход, относящуюся к результату теста; и повторное определение действий по техническому обслуживанию в свете результатов теста.

9. Способ по п.1, содержащий дополнительные этапы:

- получают по меньшей мере, один вход, относящийся к REMEDIO действий по меньшей мере, одного подозреваемого компонента; и повторное определение действий по техническому обслуживанию в свете действия REMEDIO.

10. Способ по п.1, дополнительно включающий в себя определение одной или нескольких переменных, связанных с предполетной подготовкой.

11. Способ по п.1, в котором один или несколько переменных, размещенных с помощью расширенной диагностической модели (VOI) содержат по меньшей мере одно из следующего:

- параметр принятия решений;
- функция полезности;

- постоянная;
- функция затрат;
- предельная стоимость;
- время (срок);
- Руководство по летной годности;
- экспертиза обслуживающего экипажа;
- наличие рабочей силы;
- будущее направление мобильной платформы;
- ремонт эксплуатационной готовности оборудования;
- компонент доступности.

12. Способ по п.1, в котором один или несколько переменных, размещенных с помощью расширенной диагностической модели (VOI) включает:

- решение теста;
- решение по ремонту перемежаются с решением тестирования.

13. Способ по п.12, в котором:

- Решение включает в себя, по меньшей мере, один из тестов;
- выполняя тест найденный приоритизацию множества подозрительных компонентов;
- проведение тестирования и обращение к решению по ремонту.

Решение по ремонту включает в себя по меньшей мере одно из следующих:

- ремонт подозреваемого компонента;
- заменить подозреваемый компонент;
- отсрочка технического обслуживания на исследуемом компоненте;
- задержки полета;
- отмена рейса;
- отмена полета и замена мобильной платформы.

14. Способ по п.13, в котором тестовое решение остановки тестирования и решения о ремонте, когда ни один тест не имеющий положительное значение информации (VOI) или расчетное время и стоимость выполнения со стоимостью и

ограничений по времени, предписанного для отправки мобильной платформы может быть идентифицирован.

15. Способ по п.13, отличающийся тем, что тест для выполнения включает в себя положительную чистую (VOI) и расчетное время и стоимость выполнения со стоимостью и временных ограничений, связанных с отправкой мобильной платформы.

16. Система для включения многоступенчатых процессов принятия решений в предполетной подготовкой мобильной платформы, система содержащая:

- по меньшей мере, один вход, относящиеся к одному или нескольким наблюдаемой звука, указывающего один или более компонентов отказавших мобильной платформы;

- модуль компьютера исполняемый файл для расширенной энтроFDIR на основе ценности информации (VOI) диагностическая модель для предполетной отправка для размещения одного или нескольких переменных, связанных с предполетной подготовкой мобильной платформы;

- модуль, исполняемый компьютером для автоматического определения действия технического обслуживания для мобильной платформы в соответствии с расширенной диагностической моделью (VOI) и одной или более наблюдаемой сигналами.

17. Система по п.16, в котором энтропия на основе диагностической модели (VOI) построена на основе, по меньшей мере, одного из системной информации, относящейся к компонентам мобильной платформы и ввода-вывода соотношений компонентов, информация на основе опыта, относящиеся к прямым отношениям между отказами компонентов и наблюдаемыми сигналами, а также фактов информации, относящейся к компоненту надежности.

18. Система по п.17, в котором конструкция энтроFDIR на основе диагностической модели (VOI) и расширенные диагностические модели VOI основаны на байесовской сети.

19. Система по п.16, в котором автоматически определяется действие технического обслуживания включает оптимальное действие технического

обслуживания для мобильной платформы в соответствии с расширенной диагностической модели (VOI) и одной или более наблюдаемым сигналом.

20. Система по п.16, в котором модуль исполняемый компьютером для автоматического определения действия по техническому обслуживанию включает в себя исполняемые компьютером подмодуль для автоматического определения приоритетов один или несколько тестов и действия REMEDIO для мобильной платформы над многосекционным, в соответствии с расширенным (VOI) диагностической моделью и один или более наблюдаемыми сигналами.

21. Система по п.16, в котором модуль исполняемый компьютером для автоматического определения действия по техническому обслуживанию включает:

- компьютер исполняемый подмодуль для соотнесения по меньшей мере, один вход, относящуюся к одному или более наблюдаемым сигналам с одним или несколькими компонентами подозреваем каждый из которых способен определять причины один или более наблюдаемые сигналы при сбое в соответствии с расширенной диагностической модели (VOI);

- компьютер исполняемый подмодуль для определения приоритетов с одной или больше подозрений компоненты, основанные на относительной вероятности того, что соответствующие подозрительные компоненты в результате одного или больше наблюдения сигнала;

- компьютер исполняемый суб-модуль для определение и приоритизации один или несколько тестов, которые могут быть выполнены каждый в определённой приоритизации одного или нескольких компонентов подозрительные;

- компьютер исполняемый подмодуль за использование приоритезирует список тестов, для определения теста на выполнение или определить, что тестирование следует прекратить.

22. Система по п.16, содержащий дополнительные этапы:

- по меньшей мере, один вход, относящиеся к результату теста;
- модуль исполняемый компьютером для повторного определения действий по техническому обслуживанию в свете результатов теста.

23. Система по п.16, содержащий дополнительные этапы:

- по меньшей мере, один вход, относящийся к REMEDIO действий, по крайней мере, одного подозреваемого компонента;

- модуль исполняемый компьютером для повторного определения действий по техническому обслуживанию в свете действия REMEDIO.

24. Система по п.16, дополнительно содержащее, по меньшей мере, одну базу данных, включающую по меньшей мере один из компонентов данных, данных об испытаниях и данных о корреляции между наблюдаемыми звуками и подозреваемыми компонентами.

25. Система по п.16, дополнительно содержащий этап, выходной элемент для вывода, определяется автоматически действие технического обслуживания пользователю.

26. Способ для включения многоступенчатый процесс принятия решений в операции технического обслуживания по устранению неисправностей, причем указанный способ включает:

- продление значение энтропии на основе информации (VOI) диагностической модели, построенная на основе по меньшей мере, одной системной информации, относящейся к компонентам мобильной платформы и ввода-вывода отношений компонентов, основанных на опыте информации, касающейся прямых отношений между отказами компонентов и наблюдаемые сигналы, а фактически информация, относящаяся к компоненту надежности, расширенная модель (VOI) диагностики размещения одной или нескольких переменных, связанных с операцией технического обслуживания для устранения неисправностей;

- получают по меньшей мере один вход, относящуюся к одному или более наблюдаемым звукам, указывающего один или более компонентов отказавших мобильной платформы;

- автоматически определяют действие технического обслуживания для мобильной платформы в соответствии с расширенной диагностической моделью (VOI) и одной или более наблюдаемым сигналами.

27. Способ по п.26, в котором степень включает в себя расширение энтропийного FDIR на основе значения информации (VOI) диагностической модели для предполетной подготовки для размещения одного или нескольких переменных, связанных с предполетной подготовкой мобильной платформы.

28. Способ по п.26, отличающийся тем, что конструкция энтропийного FDIR на основе диагностической модели (VOI) и расширенные диагностические модели VOI основаны на байесовской сети.

29. Способ по п.26, в котором автоматически определяющей включает автоматического определения оптимального действия технического обслуживания для мобильной платформы в соответствии с расширенной диагностической модели (VOI) и одной или более наблюдаемыми сигналами.

## **5.2. Обнаружение неисправностей и изоляции**

Обнаружение неисправностей, изоляции и восстановление (FDIR) подполе управления инженерными, которая занимаются определением системы мониторинга при возникновении неисправности и определить тип неисправности и место его нахождения. Два подхода можно выделить:

- прямое распознавание показаний датчиков, которые указывают на неисправность и анализ расхождений между показаниями датчика и ожидаемых значений, полученных из некоторых моделей. В случае ткани, характерно, что неисправность называется обнаруженной, если несоответствие поднимается выше определенного порогового значения. Именно тогда легкость изоляции ошибок классифицируются тип ошибки и ее место в механизме. Обнаружение неисправностей и методы изоляции (FDIR) в целом можно разделить на две категории. Они включают в себя задачи на основе FDIR и обработки сигналов на основе модели.

Пример модели на основе логики задач для исполнительного механизма в системе управления рулем высоты летательного аппарата.

В основе модели FDIR наброске некоторые модели системы используется для принятия решения о возникновении неисправностей. Система может быть математической моделью или базой знаний. Некоторые из моделей на основе

методов FDIR включают подход наблюдателя на основе, на четность пространства подход и идентификации параметров методов. Существует еще одна тенденция модели на основе схем FDIR, которые называют методами набора членства. Эти методы гарантируют обнаружение неисправности при определенных условиях. Основное отличие заключается в том, что вместо того, чтобы найти наиболее вероятной модели, эти методы не используют модели, которые не совместимы с данными [3].

Пример, показанный в технике на основе модели для каждой задачи воздушного судна, лифт реактивной контроллер за счет использования таблицы истинности и состояния диаграммы. Таблица истинности для определения того, как реактор к контроллеру обнаружения неисправностей, и состояние диаграммы, чтобы определить, каким образом контроллер переключается между различными режимами работы (пассивный, активный, в режиме ожидания, выходных и изолированные) каждого исполнительного механизма. Например, если обнаружена неисправность в гидравлической системе, то таблица истинности - это событие в государственной схеме, что левый внутренний привод должен быть выключен. Одним из преимуществ этой модели на основе метода FDIR является то, что этот регулятор реактивной, также может быть соединен с непрерывным временем модели привода гидравлический, что позволяет изучение переходных процессов.

### **5.3. Задача на основе обработки сигналов**

На основе задач обработки сигналов, некоторые математические или статистические операции выполняются на измерениях, или некоторые нейронная сеть обучается с использованием измерений, чтобы извлечь информацию о неисправности [5].

Хорошим примером задачи на основе обработки сигнала Time Domain рефлектометрии, где сигнал передается по кабелю или электрическую линию и сравнивают отраженный сигнал математически к исходному сигналу, чтобы идентифицировать неисправности. Spread Spectrum Time Domain рефлектометрии, например, участвует посылая вниз с расширенным спектром сигнала понижающего проводной линии, чтобы обнаружить провод ошибочными [6].

Существует несколько методов кластеризации, также были предложены, чтобы идентифицировать новый сегмент неисправностей и данный сигнал в обычный и неисправной сегментов,

### **Диагностика неисправностей машины**

Диагностика неисправностей машины является полем машиностроения касается поиска неисправности в машинах на этапе производства. Особенно хорошо развита его часть относящаяся конкретно к роторных машинам, одна из наиболее распространенных типов, с которыми наиболее часто сталкиваются. Для того, чтобы определить наиболее вероятный неисправности, ведущих к провалу, многие методы используются для сбора данных, в том числе вибрационный мониторинг, тепловидения, анализ частиц масла и т.д. Затем эти данные процессы используют такие методы, как спектральный анализ, вейвлет-анализ, вейвлет-преобразование, краткосрочный преобразование Фурье, расширение Габор, распределение Вигнера-Вилле (WVD), Кепстр, корреляционный метод, то спектральный анализ высокого разрешения, анализ формы волны (во временной области, так как спектральный анализ, как правило, касается только распределения частот, а не информацию о фазе) и другие. Результаты этого анализа используются в анализе отказов первопричины того, чтобы определить первоначальную причину неисправности. Например, если неисправности подшипника диагностируется, то вероятно, что подшипник не был поврежден сам при установке, а скорее как следствие другой ошибки при установке (например, несоосность), который затем привел к повреждению подшипника. Диагностика состояния повреждения подшипника не достаточно для целей технического обслуживания Precision. Основная причина должна быть идентифицирована и устранена. Если это не будет сделано, то замена подшипника приведёт к скорому изнашиванию по причине пустой и машина страдает больше повреждений, а остальные опасные. Конечно, причина может также быть видна в результате спектрального анализа.

Наиболее распространенный метод для обнаружения неисправностей является метод частотно-временного анализа. Для вращающейся машины, скорость вращения машины (часто знают, как RPM) не является постоянной,

особенно не во время пуска и останова рабочей области машины. Даже если машина работает в стационарном режиме, скорость вращения будет меняться вокруг стационарного состояния среднее значение, и это изменение зависит от нагрузки и других факторов. Так как скорость звука и вибрации сигналов, полученных от вращающейся машины, которые тесно связаны с его скоростью вращения, то можно сказать, что они занимают много времени вариантные сигналы по своей природе. Эти функции времени вариант несут подписи неисправности машины. Следовательно, как эти особенности являются экстрактор и интерпретированы имеет важное значение для научных исследований и промышленного применения.

Наиболее распространенные методы, используемые при анализе сигналов является быстрое преобразование Фурье или преобразование Фурье. Преобразование Фурье и обратное Каунтерпарт предлагают две перспективы для изучения сигнала: Через временной области или с помощью частотной области. БПФ на основе спектра сигнала времени показывает нам существование его содержимого частот. Изучая эти и их величину или фазовые соотношения, мы можем классифицировать различные типы информации, такие как гармонические боковых полос, частота биений, несущей частоты ошибок и так далее. Тем не менее, быстрое преобразование Фурье подходит только для сигналов WHOS содержание частоты не изменяются с течением времени. Однако, как уже упоминалось выше, содержание частоты звука и вибрации сигналов, полученных от вращающейся машины очень большая часть зависящих от времени. По этой причине, FFT на основе спектров не в состоянии обнаружить, как содержимое частоты развиваться с течением времени. Чтобы быть более конкретным, если число оборотов в минуту машины является увеличение или уменьшение в процессе его запуска или периода простоя, его полосы пропускания в спектре FFT станет намного шире, чем это было бы просто для установившегося режима. Следовательно, в таком случае, гармоника не столь различима в спектре.

Подход частоты время для диагностики неисправностей машины можно разделить на две основные категории: линейный метод и квадратичный метод.

Разница заключается в том, что линейный трансформатор может быть перевернутой построить то время тревогу. северный, и они более пригодны для обработки сигналов, таких, как снижение шума и времени Варах-фильтрации. Хотя квадратичный метод описывает распределение энергии сигнала в частотной области совместного времени, который полезен для анализа, классификации и выявления признаков сигнала, фазовая информация теряется в квадратичном представлении частотно-временной. Кроме того, время истории не может быть восстановлена с помощью этого метода.

Кратковременное преобразование Фурье (STFT) и Габора преобразования два алгоритма обычно используются в качестве линейных методов частотно-временных. Если мы рассмотрим линейный частотно-временной анализ, чтобы быть на эволюцию обычного FFT, то частотный анализ квадратичное время будет Каунтерпарт спектр мощности. Квадратичные алгоритмы включают спектрограммы Габора, класс Козна и адаптивную спектрограммы. Основное преимущество частотного анализа времени обнаруживает закономерности изменения частоты, которые, как правило, представляет характер сигнала. До тех пор пока эта закономерность была выявлена неисправность машины, связанную с этим рисунком может быть идентифицирован. Другим важным аспектом использования частотного анализа времени является возможность отфильтровать определенную частотную составляющую, используя во времени Варах фильтра.

#### **5.4. Выбор применения метода диагностики**

Диагностика неисправностей в обычной производственной практике должны применяться в соответствии с руководящими документами. Эта необходимость возникает из-за того, что диагностики сами по себе могут быть способны спасти одну машину, если мониторинг является адекватным, но нельзя применять их ко всему оборудованию. Инвестиции, необходимые для установки либо непрерывного контроля состояния датчиков на всех машин на заводе или для проверки наличия достаточного количества образцов из всех машин на регулярной основе будут непомерно высокими.

В результате, с помощью диагностики неисправностей для удовлетворения потребностей промышленности в экономически эффективным способом, а также снизить затраты на техническое обслуживание, не требуют больших инвестиций, чем стоимость того, что следует избегать в первую очередь, требует эффективной схемы их применения. Это является предметом технического обслуживания, ремонта и эксплуатации. Различные стратегии включают в себя:

- состояние на основе технического обслуживания;
- планируется профилактическое обслуживание;
- профилактическое обслуживание;
- корректирующее обслуживание (не использует диагностику);
- комплексное управление состояния транспортных средств.

#### **Ссылки:**

1. Jayson P. Ghidella & Pieter J. Mosterman. Based on Testing Requirements on Aircraft Design Control. Бумага ID AIAA 2005-5886 в AIAA моделирование и моделирование технологий конференции и выставка- 2005, 15-18 августа, Сан-Франциско, штат Калифорния, 2005.

2. Din, Sh. Основанные на модели методы диагностики неисправностей, Springer, 2008

3. Фаршад Харири и Несмие Младший. Модель Недействительность для коммутируемых аффинных систем с приложениями к неисправности и ее обнаружения аномалий", МФБ конференция по анализу и проектированию гибридных систем, 2015, Атланта, штат Джорджия

4. Pieter J. Mosterman и Джейсон Ghidella, "Модель Повторное использование для подготовки сценария Fault в Aerospace" в трудах AIAA моделирования и симуляции конференции технологии, CD-ROM, бумаги 2004-4931 16 августа - 19, Род-Айленд Конференц-центр, Providence, RI, в 2004 году.

5. Лю Цзе (2012). "Шэннон вейвлет-анализ спектра на усеченной сигналов вибрации для машины обнаружения зарождающегося неисправностей". Измерение науки и техники 23 (5): 1-11. doi: 10,1088 / 0957-0233 / 23/5/055604.

6. Cynthia; Смит, Пол; Ло. "Spread Spectrum датчики для критической неисправности Расположение на Live Wire сети," Управление Структурные и мониторинга состояния здоровья 6 июня 2005.

7. Bahrapour Соель; Автомобили, Behzad; Salahshour Карим. "Взвешенные и ограниченных возможностных С-средства кластеризации для онлайнного обнаружения и изоляции неисправностей [1] "Прикладной интеллект, Том 35, стр. 269-284, 2011 6 июня 2005.

## IV. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### 1-практическое занятие: Технические обслуживание в авиации

**Цель работы:** Ознакомление с функциональными системами воздушных судов, классификация элементов функциональных систем и их эксплуатация.

**Задание:**

1. Исследование функциональной системы воздушного судна, эксплуатируемого в Национальной авиакомпании «Ўзбекистон хаво йўллари».
2. Классификация элементов функциональной системы.
3. Эксплуатации и/или ремонта на основе основных аспектов системного подхода и системного анализа.

**Контрольные вопросы:**

1. Что входит в функциональные системы воздушного судна?
2. Отличие функциональных систем самолётов западного и восточного производства.
3. По каким принципам классифицируются функциональные системы?

### 2-практическое занятие: Техническое обслуживание радиосвязных оборудований воздушных судов

**Цель работы:** На основе предыдущих результатов исследований и классификации разработать структурные блоки математических моделей элементов

**Задание:**

1. На основе выполненных исследований на предыдущем этапе и разработанного классификатора разработать структурные блоки математических моделей элементов, конструктивно-технологических свойств объекта производства, эксплуатации и/или ремонта (сложной системы) по уровням детализации.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие блоки входят в радиосвязное оборудование воздушных судов?
2. По каким принципам можно разработать математическую модель элементов?

### **3-практическое занятие: Технические обслуживание радиолокационных оборудований воздушных судов**

**Цель работы:** На основе выявленных результатов исследований и классификация элементов функциональных систем рассмотреть методы эксплуатации и ремонта.

**Задание:**

1. Исследование, выявление и классификация элементов, конструктивно-технологических свойств радиолокационных оборудований воздушных судов, эксплуатация и/или ремонта по уровням детализации.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие блоки входят в радиолокационное оборудование воздушных судов?
2. Задачи радиолокационного оборудования воздушных судов.
3. Отличие эксплуатации радиолокационного оборудования.

### **4-практическое занятие: Технические обслуживание радионавигационных оборудований воздушных судов**

**Цель работы:** На основе выявленных результатов исследований и классификация элементов радионавигационных систем рассмотреть методы эксплуатации и ремонта.

**Задание:**

1. На основе выполненных исследований выполненных на предыдущем этапе и разработанного классификатора, разработать структурные блоки математических моделей элементов, конструктивно-технологических свойств производственной системы, эксплуатации и/или ремонта по уровням детализации решения технологических задач.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие блоки входят в радионавигационное оборудование воздушных судов?
2. Задачи радионавигационного оборудования воздушных судов.

### **5-практическое занятие:**

#### **Техническое обслуживание управляющего блока функциональных систем воздушных судов**

**Цель работы:** Рассмотреть структуру управляющих блоков функциональных систем воздушного судна, изучить их роль и методы их обслуживания.

#### **Задание:**

1. Разработать структурные блоки математических моделей элементов, конструктивно-технологических свойств функциональных систем воздушных судов для эксплуатации и/или ремонта по уровням детализации решения технологических задач.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что входит в управляющий блок функциональных систем?
2. Функции управляющих блоков функциональных систем.

### **6-практическое занятие:**

#### **Техническое обслуживание противообледенительной системы воздушного судна**

**Цель работы:** Рассмотреть структуру противообледенительной системы воздушного судна, изучить их роль и методы их обслуживания. Рассмотреть возможные причины возникновения неисправностей.

#### **Задание:**

1. Рассмотреть структурные блоки математических моделей элементов, конструктивно-технологических свойств противообледенительной системы воздушного судна для эксплуатации и/или ремонта по уровням детализации решения технологических задач.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Функции противообледенительной системы.
2. Проблемы, возникающие при эксплуатации противовобледенительной системы воздушного судна.

## V. БАНК КЕЙСОВ

**Вид кейса:** научно-исследовательский кейс.

**Тип кейса:** исследовательский кейс.

**Ситуация.** Для осуществления автоматизации проектирования технологических процессов ремонта планера конструкции самолёта или авиационного двигателя (CAD/CAM) необходимо разработать (или адаптировать существующую систему) несколько компонентов его обеспечения (информационное, математическое и программное и т.д.).

**Вопрос:** На каких уровнях детализации и сколько блоков математических моделей необходимо разработать? На каком уровне требуется детализации необходимо решение задачи проектирования технологических процессов? Какой необходим уровень детализации или декомпозиции?

**Задание 1:** *Охарактеризуйте технологический процесс ремонта планера самолёта, осуществляемый на требуемом уровне детализации на основе декомпозиции решения задачи и обоснуйте исследование и классификацию компонентов и их свойств объекта производства, а также элементов технологической системы.*

Обоснуйте состав и содержание разработанных блоков математических моделей проектирования технологических процессов на различных уровнях детализации. Создайте презентацию, отразив в ней все стороны задания, представьте ее на занятии модуля.

**Форма занятия** – круглый стол. По итогам представленной презентации каждому слушателю или группе выставляется рейтинговая оценка в соответствии с критериями: самооценка, оценка каждой группы, оценка преподавателя.

*Методические рекомендации к кейсу.*

1. Проанализируйте предложенный преподавателем конспект лекций по данному модулю.

2. Изучите технологические процессы (на предприятии), отдавая приоритет рабочему технологическому процессу технического обслуживания.

3. Осуществите декомпозицию задачи и определите уровни детализации решения задачи проектирования технологических процессов ремонта объекта производства. Рассмотрите алгоритм решения задачи в процессе хода проектирования.

4. На основе системно-структурного аспекта системного анализа, осуществите исследования по выявлению и классификации состава элементов, их свойств моделируемых объектов, на тех же уровнях, на которые было осуществлена декомпозиция задачи.

5. Создайте презентацию, отразив в ней действующий технологический процесс ремонта и обоснуйте адекватность состава и содержание блоков математических моделей проектирования технологических процессов ремонта.

***Задание 2: Разработать информационное и математическое обеспечение блоков математических моделей проектирования технологических процессов ремонта авиационного двигателя.***

***Уточнение задания***

- Проанализировать задание и техпроцесс.
- Выбрать конкретный тип авиадвигателя.
- Выбрать конкретный состав и свойства элементов технологической системы ремонта авиадвигателя для подразделения.
- Разработать блоки математических моделей проектирования ТП ремонта на конкретном подразделении.

***Задание 3: Разработать информационное и математическое обеспечение блоков математических моделей проектирования технологических процессов ремонта противообледенительной системы (ПОС) конструкции самолёта.***

### ***Уточнение задания***

- Проанализировать задание и техпроцесс ремонта ПОС.
- Выбрать конкретный тип самолёта и ПОС.
- Выбрать конкретный состав и свойства элементов технологической системы ремонта.
- Разработать блоки математических моделей проектирования ТП ремонта в конкретном подразделении.

## **VI. ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ**

### **Форма и содержание самостоятельной работы**

Слушатель во время подготовки самостоятельной работы по данной дисциплине должен:

- изучить главы и содержание учебника и учебных пособий по предмету;
- освоить по раздаточному материалу определенные части лекций;
- работать над темами модуля с использованием специальной литературы;
- глубоко изучить главы предмета, связанные с выполнением учебно-научной работой;
- использовать интерактивные методы обучения, дистанционное обучение.

### **Темы для самостоятельного обучения:**

1. Основное радиосвязное оборудование.
2. Основное радиолокационное оборудование.
3. Основное радиолокационное оборудование.
4. Задачи функциональных систем воздушных судов.
5. Проблемы, возникающие при эксплуатации функциональных систем воздушных судов.
6. Методы устранения неполадок при оперативном, регулярном и других видах обслуживания.

## **VII. ГЛОССАРИЙ**

<b>Термин</b>	<b>Пояснение на русском</b>	<b>Term</b>	<b>Description in English</b>
<b>Авианока</b>	радиоэлектронное оборудование воздушного судна.	<b>Avionic</b>	radio-electronic equipment of the aircraft
<b>Система управления полетом</b>	(FMS) является одним из основных компонентов авионики современной авиакомпании.	<b>Management system flight</b>	(FMS) is one of the main components of avionics of modern airline.
<b>NDB</b>	содержит всю информацию, необходимую для построения плана полета.	<b>NDB</b>	contains all information necessary for creation of flight plan.
<b>Радионавигационные средства</b>	включая дальномерное оборудование (DME), всенаправленный ОВЧ (VOR), ненаправленные маяки (NDBs) и системы посадки по приборам (ILSS).	<b>Radio navigational means</b>	including the ranging equipment (DME), omnidirectional OVCh (VOR), not directed beacons (NDBs) and systems of instrument landing (ILSS).
<b>План полета</b>	определяется на земле, перед вылетом либо пилотом для небольших самолетов или профессиональным диспетчером для авиалайнеров	<b>Flight plan</b>	is defined on the earth, before a departure or the pilot for small planes or the professional dispatcher for airliners
<b>Пилот использует FMS</b>	для изменения плана полета в течение полета по разным причинам.	<b>The pilot uses FMS</b>	for change of flight plan during flight for various reasons.
<b>FMS</b>	посылает информацию о плане полета для	<sup>66</sup> <b>FMS</b>	sends information on

	отображения на навигационном дисплее (ND) системы Electronic Flight Instrument (EFIS).		flight plan for display on the navigation display (ND) of the Electronic Flight Instrument (EFIS) system.
<b>VNAV</b>	Сложные самолеты, как правило, авиалайнеры, такие как Airbus A320 или Boeing 737 и больше, имеют полную производительность вертикальной навигации (VNAV).	<b>VNAV</b>	Difficult planes, as a rule, airliners, such as Airbus A320 or Boeing 737 more, have the full productivity of vertical navigation (VNAV).
<b>Технологии COTS</b>	служат для интеграции авионики и авиационных систем.	<b>COTS technologies</b>	serve for integration of avionics and aviation systems.
<b>AFDX</b>	резервированная сеть, переключаемых, чтобы обеспечивать систему передачи данных с высокой пропускной способностью через самолет.	<b>AFDX</b>	redundant network, switched to provide a data transmission system with high throughput via the airplane.
<b>Волоконно-оптические методы</b>	широко используются в области телекоммуникаций, промышленности и используются в кабельных сетях, обслуживающих внутренние приложения, могут как правило, работать на уровне около 50-100 МГц.	<b>Fiber optical methods</b>	the industries are widely used in the field of telecommunications, and used in the cable networks serving internal applications can as a rule, work at level about

			50-100 MHz.
<b>волоконно-оптической кольцевой топологии</b>	каждое звено передает узконаправленные данные.	<b>fiber optical ring topology</b>	each link transfers narrowly targeted data.
<b>Глобальная система спутниковой навигации</b>	два основных спутниковых созвездий являются системы глобального позиционирования (GPS) в США и глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС) России / Индии. Третье созвездие будет система Европейского союза Galileo, когда она полностью функционировать.	<b>Global system of satellite navigation</b>	two main satellite constellations are systems of global positioning (GPS) in the USA and the global navigation satellite system (GLONASS) of Russia / India. The third constellation will be system of the European Union Galileo when she completely to function.
<b>Различные методы системы управления</b>	служат для исправления экваториальных аномалий.	<b>Different methods of management system</b>	serve for correction of the equatorial anomalies.
<b>ИКАО</b>	Международная организация гражданской авиации	<b>ИКАО</b>	International Civil Aviation Organization
<b>ACARS</b>	представляет собой цифровую систему DataLink для передачи коротких сообщений между воздушными судами и наземными станциями через Airband радио или	<b>ACARS</b>	represents the digital DataLink system for transfer of short messages between aircrafts and earth-based

	через спутник.		stations through Airband of radio or via the satellite.
<b>Наземное оборудование</b>	состоит из сети приемопередатчиков под управлением центрального узла компьютера под названием AFEPS (System Arinc Front End Processor), который обрабатывает и передает сообщения.	<b>Terrestrial equipment</b>	consists of network of transceivers under control of the central knot of the computer under the name AFEPS (System Arinc Front End Processor) which processes and transfers messages.
<b>Управляющие сообщения</b>	используются для коммуникатора между самолетом и его базой, с сообщениями либо стандартизованы согласно ARINC Standard 633, или определяемые пользователем в соответствии с ARINC Standard 618.	<b>Control messages</b>	are used for a communicator between plane and its base, with messages or are standardized according to ARINC Standard 633, or determined by the user according to ARINC Standard 618.
<b>ACARS</b>	используется для передачи информации от самолета к наземным станциям об условиях различных систем и датчиков воздушных судов в режиме реального времени	<b>ACARS</b>	it is used for information transfer from the plane to earth-based stations about conditions of various systems and sensors of aircrafts in real

			time
<b>GNSS</b>	приемники определяют положение пользователя, скорость и точное время (PVT) путем обработки сигналов, транслируемых с помощью спутников.	<b>GNSS</b>	receivers define position of the user, speed and the exact time (PVT) by processing of the signals broadcast by means of satellites.
<b>Диагностическая система и многоступенчатый способ</b>	позволяют оптимизировать предполётную подготовку самолета.	<b>Diagnostic system and multistage method</b>	allow to optimize preflight preparation of the plane.

## **VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Основная литература:**

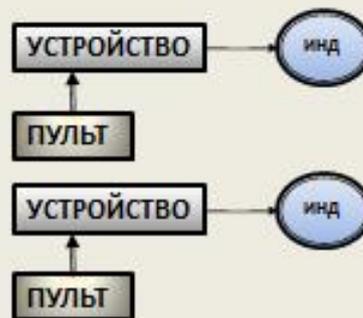
1. ICAO Doc 4444 “Air Traffic Management”. ICAO, Montreal, 2007, 180 p.
2. ICAO Annex 2 “Rules of the Air”. ICAO, Montreal, 2005, 74 p.
3. ICAO Cir 326 “Assessment of ADS-B and Multilateration Surveillance to Support Air Traffic Services and Guidelines for Implementation”. ICAO, Montreal, 2012, 46 p.
4. ICAO Doc 9432 “Manual of Radiotelephony”. ICAO, Montreal, 2007, 102 p.
5. State of Global Aviation Safety. ICAO, Montreal, 2013, 54 p.
6. Авиационные Правила Республики Узбекистан “Правила полетов гражданской и экспериментальной авиации в воздушном пространстве Республики Узбекистан” (АП Руз-91). Госавианадзор, Ташкент, 2014, 207 с.
7. Руководство по организации воздушного движения. ЦУАН, Ташкент, 2012, 141 с. (с. 14-1 – 14-7)

### **Интернетные ресурсы:**

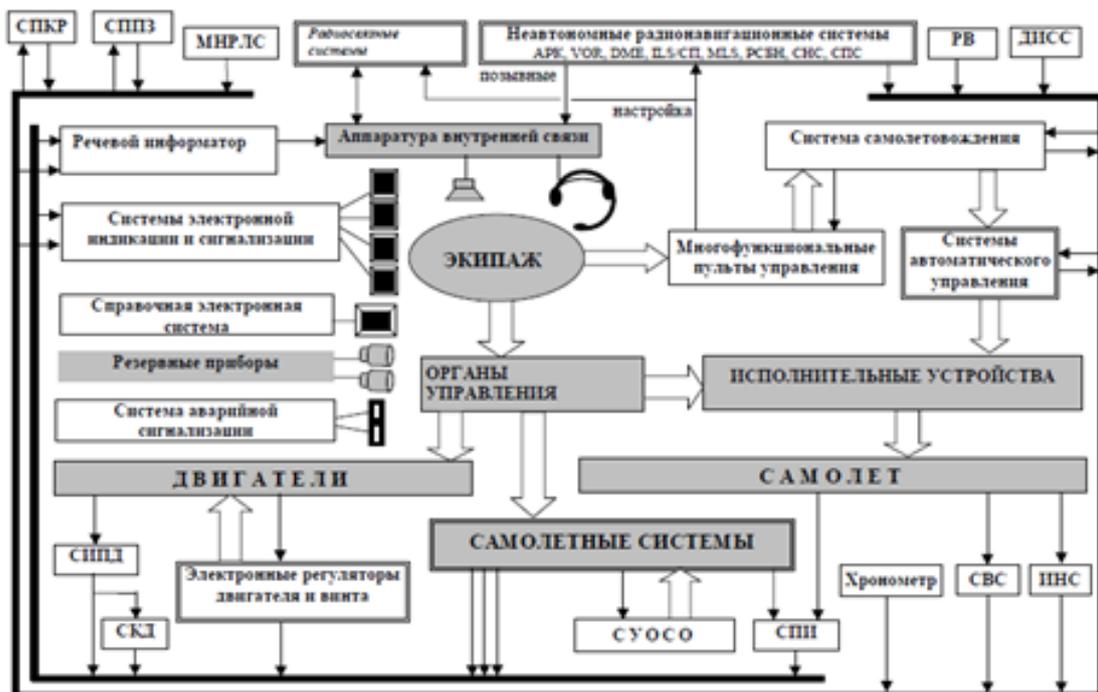
1. [www.allbest.ru](http://www.allbest.ru)
2. [www.knowledge.allbest.ru](http://www.knowledge.allbest.ru)
3. [www.twirpx.com](http://www.twirpx.com)
4. [www.e-lib.kemtipp.ru](http://www.e-lib.kemtipp.ru)
5. [www.newlibrary.ru](http://www.newlibrary.ru)
6. [www.priapp.ru](http://www.priapp.ru)
7. [www.amazon.com](http://www.amazon.com)
8. [www.knigafund.ru](http://www.knigafund.ru)
9. [www.ozon.ru](http://www.ozon.ru)
10. [www.elibrary-book.ru](http://www.elibrary-book.ru)
11. [www.studfiles.ru](http://www.studfiles.ru)
12. [www.icao.int](http://www.icao.int)

## РАЗДАТОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

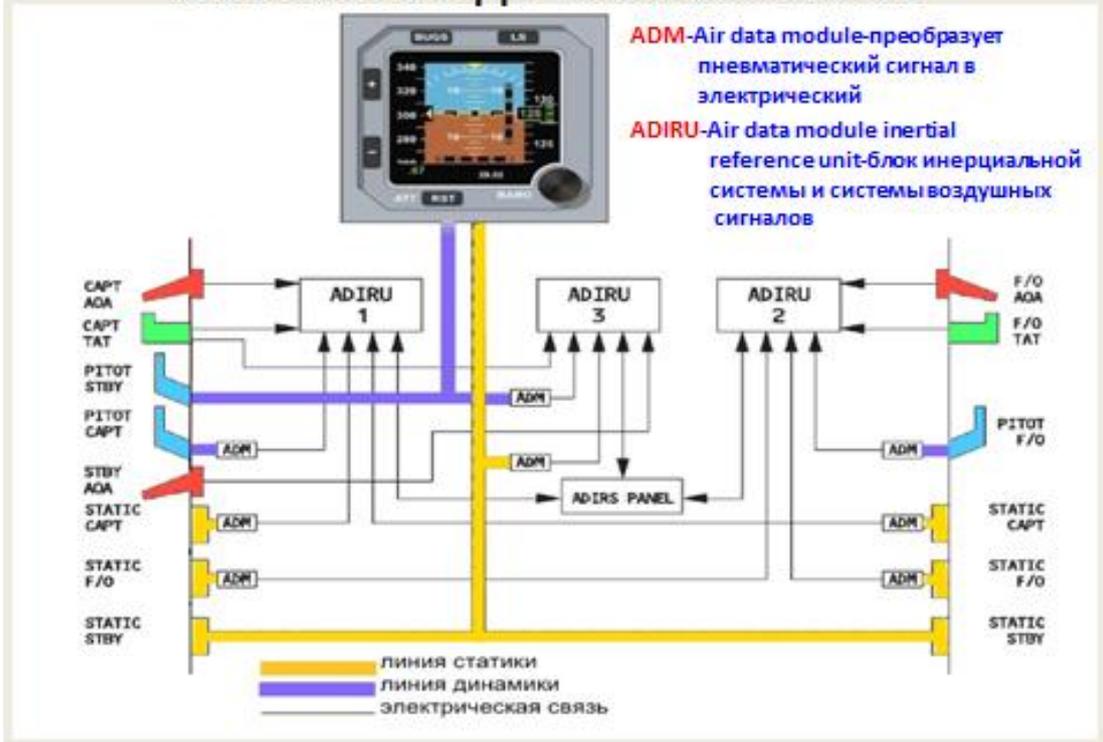
### ИНТЕГРАЦИЯ КОМПЛЕКСА АВИОНИКИ



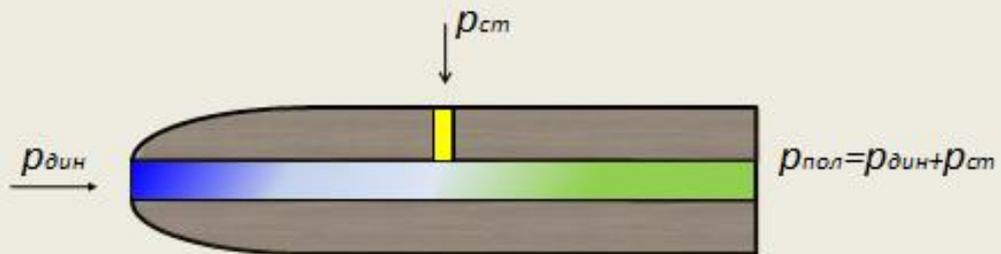
### АВИОНИКА СОВРЕМЕННОГО САМОЛЕТА



## СИСТЕМА ВОЗДУШНЫХ СИГНАЛОВ



## УСТРОЙСТВО ПРИЕМНИКА ПОЛНОГО ДАВЛЕНИЯ

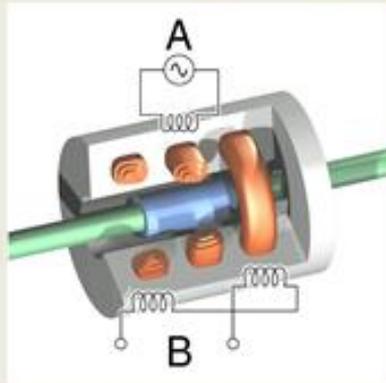


$$p_{ст} = \rho g h \quad \text{-высота}$$

$$p_{дин} = \rho \frac{v^2}{2} \quad \text{-воздушная скорость}$$

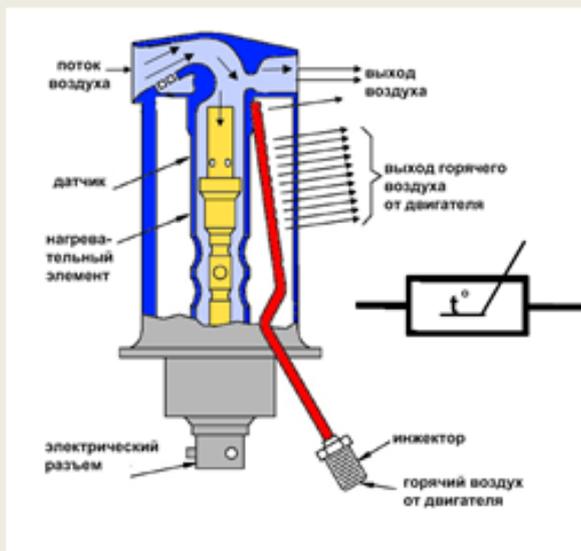
## УСТРОЙСТВО ДАТЧИКА УГЛА АТАКИ

Направление  
на бегущего потока



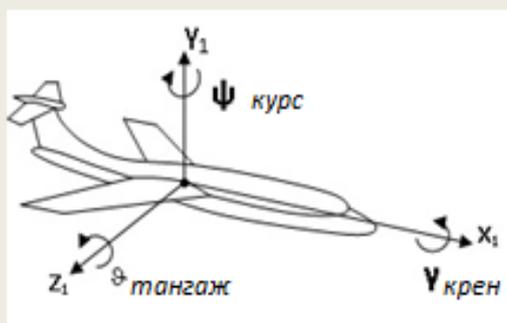
$$U_B \sim \alpha$$

## УСТРОЙСТВО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ-  
ТЕРМОРЕЗИСТОР

## ОРИЕНТАЦИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА В ПРОСТРАНСТВЕ И СОСТАВ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

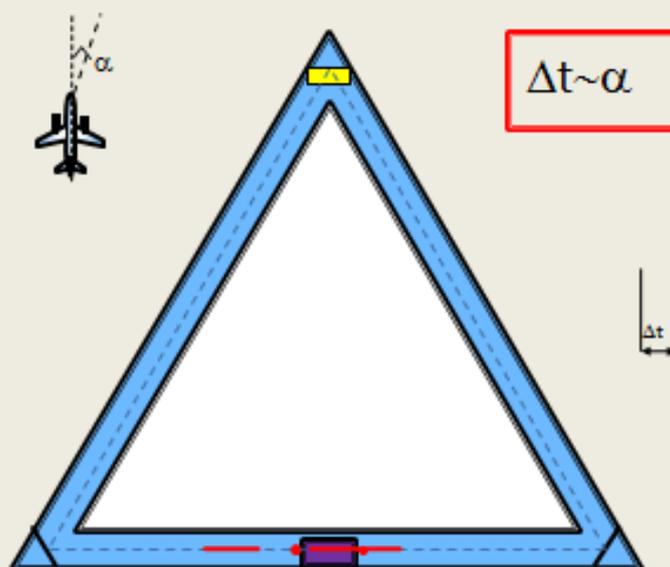


ИНЕРЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА		
ЛАЗЕРНЫЕ ГИРОСКОПЫ		
КУРС	КРЕН	ТАНГАЖ
АКСЕЛЕРОМЕТРЫ		
КУРС	КРЕН	ТАНГАЖ

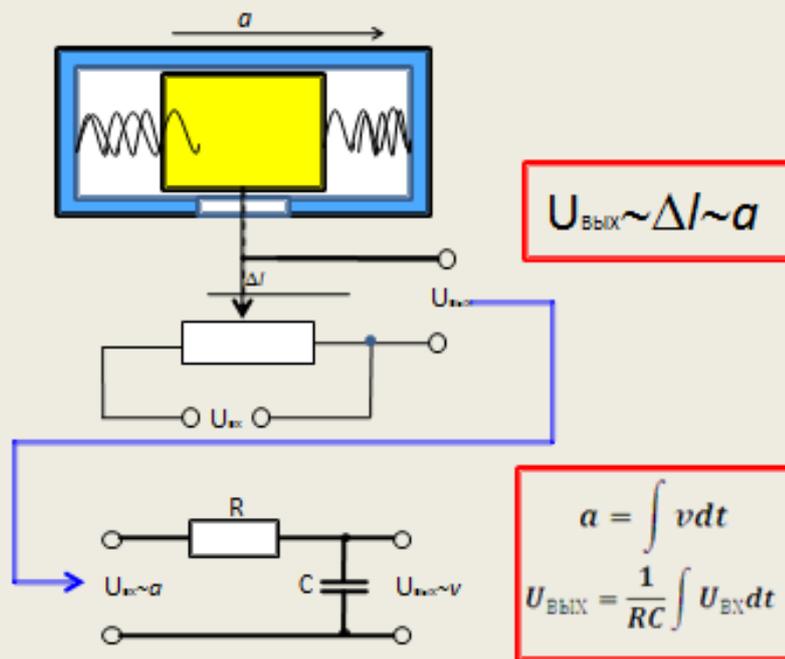
КУРС, КРЕН, ТАНГАЖ

УСКОРЕНИЕ, СКОРОСТЬ, ПУТЬ

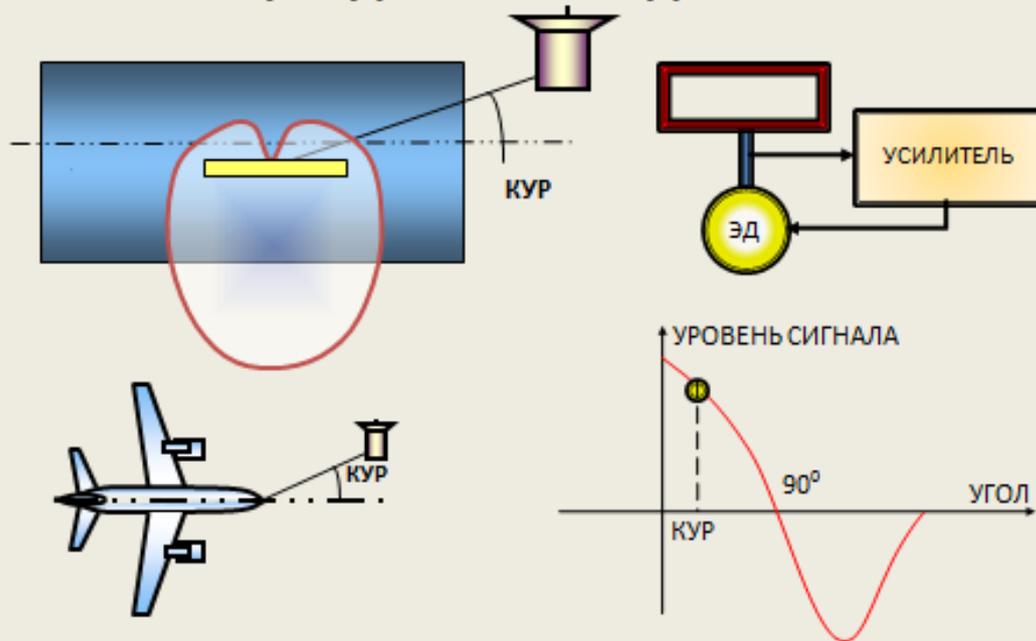
## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА



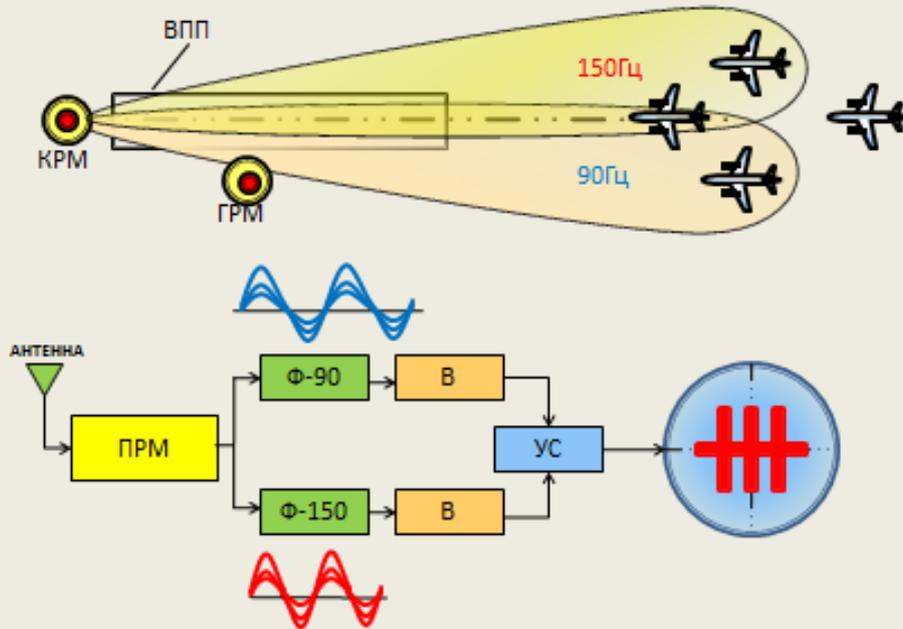
## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АКСЕЛЕРОМЕТРА



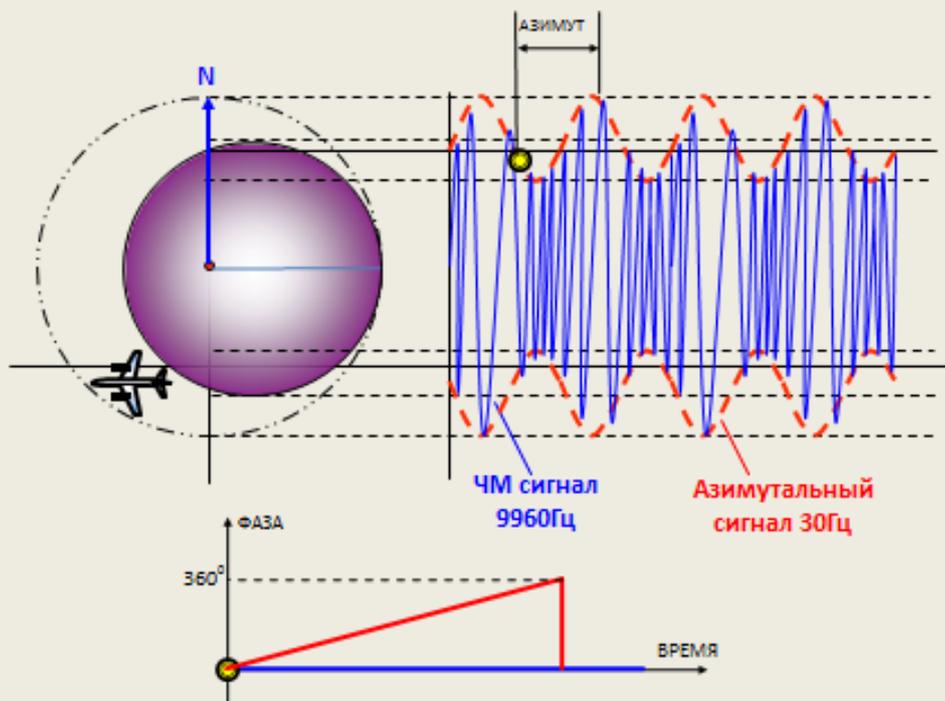
## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РАДИОКОМПАСА



## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ



## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АППАРАТУРЫ VOR



# ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РАДИОВЫСОТОМЕРА

