



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)**

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

**ФАКУЛЬТЕТ** Авиационных систем и комплексов

**КАФЕДРА** ТЭРЭО ВТ

**Направление подготовки** 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы  
связи

(код и наименование направления подготовки)

**Направленность** Радиолокация и радионавигация

(наименование направленности)

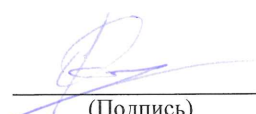
**НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**Тема** Методы автономного контроля параметров технического состояния  
наземного оборудования радиотехнического обеспечения полетов

**Обучающийся:**

Федоров С.Л.

(Ф.И.О.)

  
(Подпись)

**Научный руководитель:**

д.т.н., Колядов Д.В.

(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

  
(Подпись)

**Рецензенты:**


к.т.н., доцент Яманов Д.Н.

(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

  
(Подпись)

д.т.н., доцент Емельянов В.Е.

(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

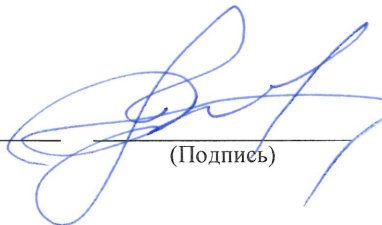
  
(Подпись)

**Работа допущена к защите:**

**Заведующий кафедрой**

д.т.н., доцент Болелов Э.А.

(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

  
(Подпись)

**МОСКВА 2023**

### **Актуальность научно-квалификационной работы (НКР)**

Повышение эксплуатационной надежности наземных средств РТОП и АС, к которым относится оборудование системы инструментальной посадки, продолжает оставаться одной из ключевых точек, влияющих на безопасности полетов во всем мире. Под эксплуатационной надежностью следует понимать непрерывный контроль всех основных параметров функционирования оборудования системы инструментальной посадки с целью своевременного выявления отклонений и внесения изменений в регламент ремонта и технического обслуживания такого оборудования.

Выявление отклонений в работе техники, очевидно, должно быть своевременным и высокоточным. Точность и своевременность выявления отклонений в работе оборудования требует разработки технических решений и алгоритмов оценки параметров состояния оборудования системы инструментальной посадки. Основанием для принятия решений по ремонту и техническому обслуживанию такого оборудования могут служить результаты статистической обработки результатов автономного контроля его параметров. С помощью математического аппарата (статистическая обработка данных) проводится анализ полученных в результате автономного контроля параметров оборудования измерений с целью выявления статистических зависимостей и отклонений.

Результатом непрерывного контроля параметров является выявление предпосылок выхода из строя элементов оборудования системы инструментальной посадки или их некорректная работа. Таким образом, при непрерывном контроле технического состояния оборудования системы инструментальной посадки можно получить достаточно большой массив статистических данных для формирования графика отказов оборудования и прогнозирования его технического состояния. НКР направлена на решение

задачи повышения уровня эффективности контроля технического состояния оборудования инструментальной системы посадки, что обуславливает актуальность работы.

**Объектом исследования** являются системы инструментальной посадки.

**Предметом исследования** являются методы оценки технического состояния инструментальных систем посадки.

**Целью работы** является разработка методов автономного и дистанционного анализа и контроля технического состояния инструментальной системы посадки. Поставленная цель решается с помощью решения следующих задач:

1. Анализ технических параметров оборудования инструментальных систем посадки с точки зрения их влияния на техническое состояние этого оборудования;
2. Разработка метода оценки технического состояния оборудования инструментальных систем посадки;
3. Разработка алгоритма обработки статистической информации о техническом состоянии оборудования инструментальных систем посадки;
4. Оценка вероятностных характеристик технического состояния оборудования инструментальных систем посадки;
5. Проведение экспериментальных измерений технических параметров оборудования инструментальных систем посадки.

#### **Методы исследования.**

Поставленные задачи решаются с применением методов математической статистики, системного анализа сложных систем, математического моделирования.

**Научная новизна.**

Научная новизна НКР состоит в том, что в ней рассматриваются и разрабатываются интеллектуальные методы контроля технического состояния сложных технических устройств, на основании экспериментальных данных анализируется техническая достижимость предлагаемого интеллектуального контроля технического состояния систем посадки.

**Практическая ценность НКР:**

Делается вывод о том, что в результате выполнения поставленных в работе задач повышается уровень безопасности и экономической эффективности эксплуатации систем инструментальной посадки. Также на основании проведенной работы делается вывод о повышении оперативности контроля технического состояния этих систем до уровня близкого к реальному времени.

**Положения, выносимы на защиту.**

На защиту выносятся теоретические и экспериментальные обоснования целесообразности применения разрабатываемых методов технического контроля инструментальных систем посадки.

**В первой главе** анализируются существующие методы контроля технического состояния инструментальных систем посадки. В том числе, такие как облет средств РТОП и использование встроенной системы контроля параметров. Летные проверки при вводе в эксплуатацию проводятся после наземной проверки параметров и характеристик средств связи и РТО для получения полной информации о работе оборудования. Специальные летные проверки выполняются в случае доработки или ремонта оборудования РТОП (Полный список причин приводится в Федеральных авиационных правилах).

Согласно целям и задачам этой работы, следует отметить, что организация, которая осуществляет эксплуатацию оборудования РТОП, составляет план-график проведения летных проверок совместно с организацией, которая использует ВСЛ (воздушное судно-лабораторию).

Рассматриваются основные принципы работы встроенной системы контроля.

В реальных системах блоки располагаются в различных местах и по этой причине встроенная система контроля параметров строится на принципе «измерительной пирамиды». Звенья «пирамиды» в данном случае строятся от низшего к высшему, на нижнем уровне пирамиды блоком контроля собирается полная информация об объекте контроля, также существуют промежуточные регистрирующие устройства, на которые поступает уже обобщенная информация об объекте контроля. На центральное устройство регистрации же поступает только главная информация об объекте контроля.

Выводы о состоянии контролируемой системы производятся в виде различных световых и звуковых сигналов.

**Во второй главе** разрабатывается непосредственно методика непрерывной автономной оценки технического состояния систем посадки. Методика в общем случае является процедурой для осуществления каких-либо направленных действий. Анализируя цель (разработка методики дистанционного контроля), можно выявить конкретные действия, которые необходимо осуществить последовательно, чтобы на выходе получить данные о техническом состоянии системы, эта последовательность представлена ниже.

1. Задача выбора перечня параметров для сбора и анализа
2. Задача определения степени влияния каждого из параметров на функционирование системы

3. Сбор данных по каждому из параметров
4. Для каждого параметра необходимо сформировать вектор, преобразуемый в сигнал, поступающий на вход анализатора данных. Входов у анализатора должно быть столько, сколько анализируется параметров.
5. Формирование данных в виде графиков и сравнение их с соответствующими ТТХ оборудования. ТТХ оборудования хранится в БД. В случае состояния отказа оборудования – трансляция сигнала отказа во встроенную систему контроля оборудования.
6. Группировка векторов данных по типам подсистем. Для каждой подсистемы действует отдельный анализатор данных, который производит вероятностный анализ для каждой подсистемы и на выходе выдает вероятность отказа подсистемы.
7. Анализатор данных присваивает каждому вектору статус, основанный на анализе его данных. Статус имеет числовой вероятностный характер.
8. Статус каждого вектора данных поступает на вход вычислителя, который производит вероятностную оценку состояния подсистемы.
9. Вероятностные оценки каждой из подсистем поступают на вход общего вычислителя, который выдает общую оценку состояния устройства из четко определенного набора состояний.
10. Система дистанционной непрерывной оценки параметров имеет несколько выходов. В отчет входит как оценка работы каждой подсистемы, так и общая оценка функционирования всего устройства.

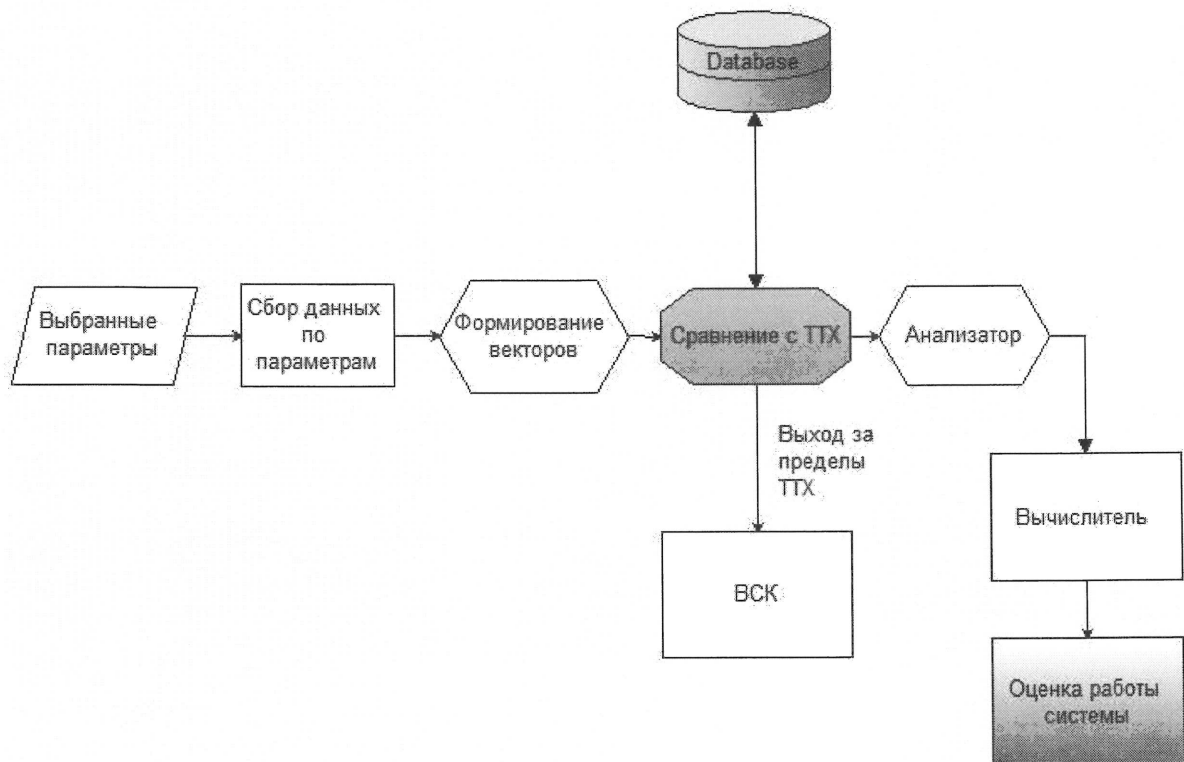


Рисунок 1 - Схематичная иллюстрация методики непрерывного контроля.

В третьей главе формируется комплексная оценка технического состояния инструментальной системы посадки на основе результатов автономного контроля ее параметров.

В случае сложных технических систем, какими являются системы связи и радиотехнического обеспечения полетов, системы посадки, возможность ошибки в работе системы одновременно носит как случайный характер, так и вероятностный. Таким образом, процесс контроля параметров объекта контроля сводится к определению принадлежности технических параметров к определенной области допустимых значений. Размер этой

области зависит от числа измеряемых параметров, по которым проводится оценка технического состояния. Границы этой области размыты по причине наличия внешних возмущений и погрешности измерений, этим объясняется наличие дельты при числовом определении границ области. Значение оптимальной области неопределенности обуславливается требованиями к точности контролируемой системы.

В ходе работы были проведены экспериментальные измерения при помощи измерителя аэронавигационных сигналов и антенны. На основании этих измерений был проведен анализ и сделаны соответствующие выводы.

**Основные результаты НКР** сводятся к следующему:

1. Проведен анализ существующих методов контроля технического состояния систем инструментальной посадки, сделаны выводы об их эффективности и безопасности;
2. Разработаны методы оценки технического состояния инструментальных систем посадки;
3. Разработан алгоритм статистической обработки результатов сбора информации о техническом состоянии инструментальной системы посадки;
4. В результате проведенного эксперимента получены актуальные данные и проведена аналитическая обработка этих данных, демонстрирующая возможность практического применения предлагаемой методики.