

СГАУ: 6  
Т382

**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
АВИАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОСИСТЕМ  
И ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫХ  
КОМПЛЕКСОВ**

САМАРА 1999

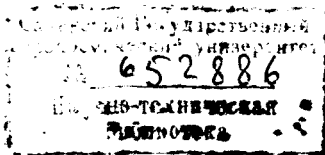
СТАН. 6  
7802

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
АВИАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОСИСТЕМ  
И ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫХ  
КОМПЛЕКСОВ**

*Методические указания  
по курсовому проектированию*



САМАРА 1999

Составители: Прилепский В.А.,  
Салманова Т.И.

УДК 629.7.017

**Техническая эксплуатация авиационных электросетей и пилотажно-навигационных комплексов: Метод. указания по курсовому проектированию / Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. В.А. Прилепский, Т.И. Салманова. Самара, 1999. 28с.**

Методические указания содержат сведения, необходимые для выполнения курсового проекта. Приведены рекомендации по выполнению разделов проекта, составлению расчетно- пояснительной записки, оформлению графической части.

Предназначены для студентов специальности 13 1000.  
Выполнены на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева

Рецензенты: А.И. Данильченко,  
В.М. Гречишников

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **1.1. Цель и задачи курсового проектирования**

Курсовое проектирование является одним из этапов изучения дисциплины “Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы” и имеет следующие цели:

- систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний, полученных при изучении предшествующих дисциплин;
- применение полученных знаний для решения практических задач по разработке и совершенствованию технологических процессов технической эксплуатации авиационных электросистем и информационно-измерительных комплексов.

При решении вопросов, определяемых темой курсового проекта, предполагается:

- углубленное изучение принципов работы конкретных систем, датчиков, первичных преобразователей, измерительных схем и т.д., а также методов и принципов измерения;
- исследование метрологических характеристик первичных преобразователей, датчиков, измерительных схем и т.д., анализ погрешностей и их зависимости от дестабилизирующих факторов;
- теоретический расчет измерительных схем, мостов, преобразователей и т.д. с учетом основных и дополнительных погрешностей;
- анализ контрольно-поверочной аппаратуры, используемой при технической эксплуатации авиационных приборов, систем и комплексов;

- разработка технологии и инструкции по контролю, тарировке и техническому обслуживанию авиационных приборов, электросистем и комплексов.

Структура и содержание курсового проекта во многом совпадает с тематикой дипломного проектирования, что позволяет использовать отдельные качественно выполненные элементы курсового проекта в соответствующих разделах дипломного проекта.

## **1.2. Тематика курсовых проектов**

Задания на курсовой проект предусматривают совершенствование методов и принципов измерения, контрольно-поверочной аппаратуры, используемой для определенной системы самолета, вертолета применительно к условиям прохождения предстоящей производственно-технологической практики.

Задания составляются с учетом реальных потребностей эксплуатационных предприятий и выдаются студентам до начала практики. Допускается выдача заданий по специальной тематике, являющейся продолжением учебно-исследовательской работы студентов (УИРС), научно-исследовательской работы (НИР) или определяемой потребностями кафедры и ОНИЛ СГАУ.

Курсовой проект выполняется в течение VII семестра и заканчивается представлением на кафедру к защите следующих материалов:

- пояснительной записки;
- графических материалов.

Трудоемкость работ составляет 40 аудиторных и 40 неаудиторных часов. Общая трудоемкость работ - 80 часов.

В ходе курсового проекта студент должен показать способность самостоятельно и технически грамотно решать отдельные инженерно-технические вопросы, связанные с анализом и совершенствованием

методов и принципов контроля, поверки и тарировки при технической эксплуатации электросистем и комплексов ЛА.

Работа над проектом требует большой инициативы и самостоятельности, т. к. готовые рекомендации и методики в большинстве случаев отсутствуют.

Все материалы разрабатываются или подбираются по литературным источникам из числа готовых непосредственно в ходе курсового проектирования. Технические решения принимаются на основе результатов анализа реальных объектов (датчиков, приборов, систем) и методов их поверки и должны быть направлены на повышение качества и снижение трудоемкости при техническом обслуживании ЛА.

При решении поставленных задач предполагается использование современных достижений в области конструирования, производства, эксплуатации и технического обслуживания авиационной техники.

### **1.3. Структура и содержание курсового проекта**

Курсовые проекты отличаются разнообразием тематики, что объясняется большой номенклатурой авиационных приборов, информационно-измерительных систем и комплексов в летательных аппаратах. Однако проекты имеют типовую структуру содержания и заданную трудоемкость исполнения. Отклонения от типовой структуры возможны, но должны быть согласованы с руководителем и внесены в задание на курсовой проект.

Принятая структура проекта и последовательность выполнения работ фиксируются путем составления плана-графика курсового проектирования, который подлежит обязательному выполнению. Следует учитывать, что качество и своевременность выполнения предшествующих разделов предполагает качество и трудоемкость последующих разделов и всего проекта в целом.

Проект состоит из пояснительной записки и графической части, выполняемых в соответствии с требованиями ЕСКД [1].

### 1.3.1. Содержание и объем пояснительной записки

В пояснительной записке кратко излагается сущность рассматриваемых вопросов. При этом следует избегать многословий и переписываний из учебников и других литературных источников общеизвестных положений. Все инженерные расчеты выполняются в системе СИ с представлением исходных формул и промежуточных расчетов. В конце каждого раздела делаются краткие выводы (обобщения) по результатам выполненной работы.

Текст пояснительной записки вписывается от руки чернилами, четко без исправлений и помарок на одной стороне бумаги формата А4 или готовится на ПЭВМ с распечаткой на принтере через 2 интервала. Пояснительная записка помещается в стандартную обложку (выдается на кафедре).

Пояснительная записка содержит:

- титульный лист (1 стр.) ;
- оглавление (1 стр.) ;
- введение (1-2 стр.) ;
- основную часть (20-25 стр.) ;
- заключение (выводы) ;
- приложения (спецификации) ;
- список использованной литературы.

На титульном листе указываются название кафедры, тема курсового проекта, номер группы, Ф.И.О. студента и руководителя, год написания.

Оглавление - последовательное перечисление основных разделов пояснительной записки с указанием номеров страниц. Оглавление составляется на отдельном листе и подшивается непосредственно за титульным листом.

Во введении кратко формулируются цель и задачи курсового проекта, вытекающие из общих направлений развития авиации, обосновывается актуальность решаемых задач в соответствии с техническими требованиями по технической эксплуатации ЛА, кратко излагается направление содержания основной части.

Основная часть пояснительной записки включает следующие разделы:

- анализ задания;
- описание принципа работы (датчиков, прибора, системы, комплекса и т.д.);
- расчеты технических, метрологических и конструкторских параметров датчиков, измерительных или компенсационных схем (по заданию);
- разработка технологии и инструкций по поверке, тарировке и техническому обслуживанию (систем, приборов, датчиков) с оценкой погрешностей.

Подробно содержание разделов основной части проекта изложено в разделе 2 настоящих методических указаний.

В заключении кратко излагаются результаты выполненной работы с указанием ожидаемого эффекта (качественная или количественная оценка).

Список использованной литературы составляется в алфавитном порядке авторов. Ссылка на литературные источники по тексту приводится в квадратных скобках.

Страницы пояснительной записки, включая титульный лист, рисунки, таблицы и приложения, должны иметь сквозную нумерацию.

### 3.2. Содержание и объем графической части

Графическая часть курсового проекта представляется в объеме 2-4 листов формата А1 в виде схем, чертежей и плакатов, выполненных в карандаше на белой чертежной бумаге стандартных форматов.



В основу конструкторских разработок могут быть положены образцы действующего технологического оборудования, однако при этом следует избегать, по возможности, механического перенесения готовых конструктивных решений. Слабая проработка прототипов существенно затрудняет работу над проектом.

Графическая часть курсового проекта включает в себя следующие материалы:

- функциональная, принципиальная или структурная схема (системы, прибора, датчика) по заданию —

0,5 - 1 лист формата А1 ;

- исследование метрологических характеристик датчиков, приборов, систем (плакат) — 0,5 - 1 лист формата А1 ;

- основные результаты теоретического расчета (плакат) —

0,5 - 1 лист формата А1 ;

- схема (электрическая, кинематическая, пневматическая, гидравлическая, комбинированная и т.д.) для контроля, тарировки и технического обслуживания —

0,5 - 1 лист формата А1 .

## **1.4. Порядок выполнения курсового проекта**

### **1.4.1. Общие требования**

Основой для выполнения курсового проекта служат материалы, собранные студентом в период прохождения производственной практики. В ходе практики студент изучает конкретные изделия авиационной техники, а также материалы, имеющиеся в технических отделах, ОТК, ЛИС, других подразделениях предприятия. Перечень вопросов, подлежащих изучению, определяется темой проекта и указаниями руководителя курсового проекта. Собранные материалы заносятся в дневник практики и представляются при сдаче зачета по практике. План-график курсового проекта разрабатывается студентом совместно

с руководителем во время практики, а затем корректируется с учетом объема собранного материала перед началом курсового проектирования.

Студент обязан работать над проектом систематически, отчитываясь перед руководителем о проделанной работе не менее одного раза в неделю (в дни и часы консультаций). Консультации проводятся по подгруппам в соответствии с расписанием занятий. Посещение консультаций обязательно для всех студентов. Защита курсового проекта проводится на кафедре. Допускается досрочная защита проекта. Заключение о допуске к защите курсового проекта выдается руководителем по окончании работы над проектом. К защите представляется полностью оформленная пояснительная записка и графическая часть. Основаниями для недопуска студента к защите являются:

- недостаточное раскрытие темы или несоответствие содержания проекта заданию;
- низкое качество выполнения проекта в целом или отдельных его частей.

Защита курсового проекта проводится по установленному графику перед комиссией, состоящей из преподавателей кафедры

#### 1.4.2. Использование материалов производственной практики для курсового проекта

Технически грамотное выполнение курсового проекта во многом зависит от того, насколько глубоко и всесторонне студент изучил материалы по теме проекта в период прохождения производственной практики.

В соответствии с программой производственной практики необходимо изучить конструкцию, принцип работы и технические характеристики заданного объекта, а также особенности его эксплуатации.

Из материалов производственной практики необходимо изучить методы контроля и настройки входных и выходных характеристик, ис-

пользуемую в условиях заводских испытаний контрольно-поверочную аппаратуру, испытательные стенды, стандартное и нестандартное оборудование.

При необходимости совместно с руководителем курсового проекта провести испытания образцов на стендах в заводских условиях, провести сбор информации по методике испытаний, а также анализ технических параметров по результатам испытаний.

Анализ результатов производственной практики позволяет иметь полное представление о процессе испытаний, его организационной структуре, технологиях и оборудовании, требованиях, предъявляемых к оборудованию и технологиям. Качество и технический уровень исполнения проектов должны отвечать требованиям, соответствующим возможностям его практической реализации. В этом направлении большую помощь студенту могут оказать работники авиапредприятия по месту практики.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

### **2.1. Предмет курсового проектирования**

Предметом курсового проектирования является изучение и анализ заданного объекта, его назначение, технические характеристики и состав. принципы измерения физических величин и их преобразование для использования бортовыми потребителями, методика проведения технического обслуживания, контроля и тарировки параметров, поверочные расчеты измерительных схем первичных преобразователей и их погрешностей.

Объектами для курсового проектирования являются:

- авиационные преобразователи давления (манометры);
- авиационные измерители частоты вращения (тахометры);

- авиационные термометры;
- топливоизмерительные системы и их составные части;
- указатели положения, приборы контроля вибрации, комбинированные приборы;
- измерители высоты полета;
- измерители скорости полета, углов атаки и скольжения;
- комплексные измерители высотно-скоростных параметров;
- датчики угловых скоростей;
- приборы и датчики углов крена и тангажа;
- измерители курса;
- навигационные системы счисления пути;
- датчики линейных ускорений;
- инерциальные системы

### 2.1.1. Изучение и анализ заданного объекта и реализованных принципов измерения

При изучении объекта особое внимание следует обращать на функциональное назначение каждого блока или модуля объекта и их входные и выходные технические параметры, определяющие точностные и эксплуатационные характеристики. Для этих целей используется разнообразная техническая литература, технические описания объекта, инструкции по эксплуатации, инструкции по поверке и контролю и т.д.

Основными показателями изучаемых объектов являются: диапазон измеряемых параметров, погрешность измерения, быстродействие, помехозащищенность, эксплуатационная надежность, способ представления информации и эксплуатационная технологичность (ЭТ).

Диапазон измеряемых параметров задается первичными измерителями (преобразователями датчика, чувствительными элементами, подвижной частью преобразователя и т. д.). Первичные измерители

определяют в большей части методическую погрешность измерения. В структурной и функциональной схеме они выделены отдельным блоком, имеют свои входные и выходные параметры и определяют метод и принцип измерения.

Заданные свойства и параметры объекта в целом определяются всеми составными частями, принципами преобразования, передачи, приема и представления измерительной информации. В ходе эксплуатации работоспособность и параметры объекта контролируются встроенным контролем, а поверка и тарировка параметров объекта производится при техническом обслуживании с помощью контрольно-поверочной аппаратуры (КПА). При изучении принципиальной работы объекта необходимо провести анализ на контролепригодность объекта, т.е. возможность полного контроля и тарировки с помощью КПА. Анализ контролепригодности носит качественный и количественный характер. В первом случае анализируются все возможные входные, промежуточные и выходные параметры объекта. Создание КПА по качественным критериям контролепригодности позволяет значительно сократить время и затраты на поиск **неисправности** или на регулировку и тарировку какого-либо параметра. Однако это приводит к избыточности схемных решений при разработке объекта, увеличению веса и габаритов, а также к более сложной и дорогостоящей КПА.

Во втором случае анализируется минимальное число параметров, необходимое для контроля работоспособности объекта. Удовлетворение обоим критериям является оптимальным решением при анализе объекта на контролепригодность.

В состав работ при анализе контролепригодности входят:

1. Анализ технических характеристик объекта.
2. Анализ погрешностей, их зависимости от дестабилизирующих факторов и определение нормируемых метрологических характеристик объекта.

3 Расчет измерительных схем с учетом компенсации основных и дополнительных погрешностей.

4 Анализ эксплуатационной технологичности.

5 Анализ эксплуатационной надежности.

2.1.1.1. Анализ технических характеристик объекта предполагает, прежде всего, назначение его как составной части ЛА, обеспечивающей бортовые потребители и экипаж измерительной информацией. Реализация заданных нормируемых метрологических технических характеристик обеспечивается схмотехническими решениями и принципами измерения в рабочем диапазоне условий эксплуатации. Нормируемыми метрологическими характеристиками объекта (средства измерения) согласно ГОСТ 8.009-84 называются характеристики, количественные значения которых устанавливаются (нормируются), определяются и контролируются. Нормируемые метрологические характеристики позволяют определить результат и погрешность измерений в рабочих условиях применения (эксплуатации) объекта.

Например, к нормируемым метрологическим характеристикам тахометрических измерителей относятся: диапазон измеряемых частот (предел измерения), рабочие условия работы, погрешности тахометра (основная и дополнительная) и номинальная функция преобразования. К нормируемым метрологическим характеристикам потенциометрических преобразователей относятся: предел измерения, рабочие условия работы, прямая или обратная функция преобразования, основная и дополнительная погрешности, прочие дополнительные технические характеристики (в зависимости от назначения преобразователя). Номинальная функция преобразования - зависимость показания прибора или выходной величины от измеряемой (входной), может быть типовой и индивидуальной.

Типовая функция преобразования одинакова для всех объектов одного типа. Она нормируется аналитической зависимостью вида  $y = Kx$ , где  $K$  - коэффициент пропорциональности (чувствительность преобразования),

$x$  - измеряемая величина,  $y$  - показания прибора.

В общем случае функция преобразования может быть нелинейна и иметь для различных объектов самые различные математические зависимости.

Индивидуальная функция преобразования определяется экспериментально для каждого конкретного объекта. Она представляется табличной формой, графиком или аналитической зависимостью

$y = y_0 + Kx$ , где  $y_0$  - значение выходного параметра при  $x = 0$ .

2.1.1.2. При анализе погрешностей в общем случае для объекта оцениваются отдельно погрешности при нормальных условиях эксплуатации, имеющие место при выходе влияющих факторов (температура, давление, влажность, внешние воздействия и т.п.) за пределы нормальной области, но остающихся в пределах допустимых значений. Погрешность в нормальных условиях называется основной, а погрешность, обусловленная отклонением хотя бы одного из влияющих факторов от нормальных значений, называется дополнительной.

Основная погрешность объекта  $\Delta$  состоит из двух составляющих - систематической  $\bar{\Delta}$  и случайной  $\tilde{\Delta}$  и равна их сумме:

$$\Delta = \bar{\Delta} + \tilde{\Delta}.$$

Для каждого объекта нормируется величина суммарной систематической и случайной погрешности или величина суммарной основной и дополнительной погрешности на различных участках диапазона измерений. Пределы допускаемых погрешностей устанавливаются в виде абсолютных  $\Delta$ , относительных  $\delta$  и приведенных  $\delta_{пр}$  погрешностей.

Приведенной погрешностью  $\delta_{\text{пр}}$  называется отношение абсолютной погрешности  $\Delta$  к диапазону измеряемой величины  $D$ , т.е.

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{\Delta}{D} \cdot 100\% .$$

Систематическая составляющая погрешности определяется средним арифметическим значением разностей между значениями выходных сигналов объекта, соответствующих одному и тому же значению измеряемой величины при приближении к этой величине с противоположных направлений (со стороны меньших и со стороны больших значений измеряемой величины).

Так, например, для потенциометрических преобразователей с линейной функцией преобразования значение величины систематической составляющей погрешности можно определить по экспериментальным данным индивидуальной функции преобразования:

$$\bar{\Delta}_r = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (\epsilon'_i - \epsilon''_i) ,$$

где  $\epsilon'$  и  $\epsilon''$  - значения относительных сопротивлений реостата при прямом и обратном ходе,  $n$  - число контрольных точек.

Значение случайной составляющей погрешности оценивается величиной среднеквадратичного отклонения:

$$\sigma[\tilde{\Delta}_r] = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [2\bar{\Delta}_r - (\epsilon'_i - \epsilon''_i)]^2}{n-1}} .$$

При нормальном законе распределения вероятность появления погрешности равна  $0,95(2\sigma[\tilde{\Delta}_r])$ , тогда

$$\Delta_r = \bar{\Delta}_r + \tilde{\Delta}_r = \bar{\Delta}_r + 2\sigma[\tilde{\Delta}_r] .$$

Погрешность нелинейности  $\Delta_{\text{н}}$  вычисляется по формуле

$$\Delta_{\text{н}} = 0,5(\epsilon'_i - \epsilon''_i) / \epsilon_{i_{\text{т.о.}}} ,$$



где  $\epsilon_i$  - значение относительного сопротивления, подсчитанное по уравнению функции преобразования для  $i$  - контрольной точки измеряемой величины. Погрешность повторяемости  $\tilde{\Delta}$  при нормальном законе распределения подсчитывается по формуле

$$\tilde{\Delta}_n = 2\sigma[\tilde{\Delta}_n] = 2\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{\epsilon}_n - \epsilon_i)^2}{n-1}};$$

$\bar{\epsilon}_n$  - среднее арифметическое значение измеряемой выходной величины датчика при  $n$  измерениях одной и той же величины;

$\epsilon_i$  - измеренное значение выходной величины.

Основная погрешность

$$\Delta_{осн} = \Delta_n + \Delta_r + \tilde{\Delta}_n.$$

Приведенная основная погрешность

$$\delta_{пр} = \frac{\Delta_{осн}}{\epsilon_{max} \epsilon_{min}} \cdot 100 \% .$$

Величины дополнительных погрешностей при периодических проверках для большинства объектов не проверяются, они принимаются неизменными в процессе эксплуатации, определяются при приемодаточных испытаниях заводом-изготовителем и приводятся в технической документации.

Основные метрологические характеристики подлежат контролю перед установкой объекта на ЛА и далее периодически проверяются в течение установленного ресурса. Результаты проверок фиксируются в технической документации (в паспорте изделия).

Контроль нормируемых метрологических характеристик в общем случае производится в нормальных условиях и при раздельном воздействии влияющих факторов, соответствующих рабочим. Проверка основных метрологических характеристик производится на стендах с помощью КПА.

2.1.1.3. Расчеты измерительных схем производятся с учетом нормальных условий эксплуатации и подбираются элементы схемы с такими свойствами и погрешностями, при которых обеспечиваются нормируемые метрологические характеристики объекта. Воздействие дестабилизирующих факторов в рабочем диапазоне условий эксплуатации определяется из технической документации объекта и для компенсации этого воздействия вводятся дополнительные корректирующие сигналы, пропорциональные влияющим величинам  $\Delta D, \Delta C, \dots, \Delta N$ , т.е.  $-K_D \Delta D; -K_C \Delta C, \dots, -K_N \Delta N$ . При введении таких корректирующих сигналов выходная измеряемая величина будет определяться:

$$y = f_x(A, D_0, C_0, \dots, N_0) + \left(\frac{\partial f_x}{\partial D} - K_D\right) \Delta D + \left(\frac{\partial f_x}{\partial C} - K_C\right) \Delta C + \dots + \left(\frac{\partial f_x}{\partial N} - K_N\right) \Delta N,$$

где  $A$  - измеряемая физическая величина,

$D_0, C_0, \dots, N_0$  - нормальные постоянные внешние параметры.

Для полной компенсации необходимо удовлетворить условиям:

$$K_D = \frac{\partial f_x}{\partial D}; K_C = \frac{\partial f_x}{\partial C}; \dots; K_N = \frac{\partial f_x}{\partial N}.$$

Степень компенсации погрешностей от дестабилизирующих факторов определяется исходя из заданной точности измерения по паспорту объекта и уточняется для курсового проектирования индивидуально по каждому заданию.

#### 2.1.1.4. Анализ эксплуатационной технологичности

Одним из основных показателей, характеризующих эксплуатационные качества ЛА, является эксплуатационная технологичность. Под ЭТ понимается совокупность заданных и конструктивно реализованных свойств, определяющих его приспособленность к выполнению работ по техническому обслуживанию или ремонту с минимальными затратами труда, времени и средств. Уровень ЭТ объекта определяется совершенством его конструкции, а также рядом эксплуатационных

факторов. Заданные свойства ЭТ объектов обеспечиваются в процессе создания и изготовления ЛА и, прежде всего, должны удовлетворять критериям контролепригодности, доступности объекта, легкосъемности частей объекта, удобству работы при техническом обслуживании и ремонте. В общем случае ЭТ оценивается суммарным временем, затраченным при техническом обслуживании на контроль, ремонт и тарировку технических параметров. Для повышения ЭТ проводится анализ с целью снижения ее эксплуатационных затрат. При этом необходимо проанализировать возможные варианты контроля, тарировки и ремонта на борту. Если такой контроль невозможен, необходимо провести мероприятия по повышению ЭТ. Результатом анализа ЭТ может быть: вывод дополнительных контрольных разъемов на объекте для КПА; совершенствование КПА с целью обеспечения контроля при подключении существующих разъемов; создание новой технологии контроля с целью локализации неисправности (проверка отдельных блоков, модулей, плат и т.д.), создание новых принципов и методов контроля. В случае использования оригинальных решений следует обосновать их необходимость и доказать уровень ЭТ. В пояснительной записке представляются результаты расчетов, а также эскизы конструкций и схем (блоков, модулей, плат) до и после проведения доработок по совершенствованию ЭТ.

#### 2.1.1.5. Анализ эксплуатационной надежности

Эксплуатационная надежность - свойство изделий, определяющее их способность нормально функционировать в заданных условиях эксплуатации. Задачи анализа надежности решаются как на этапе создания новой техники, так и в процессе ее эксплуатации. Анализ эксплуатационной надежности служит основой для обоснования мероприятий по совершенствованию технологических процессов по техническому обслуживанию, ремонту, контролю и схемных решений объектов.

В общем случае понятие "надежность" характеризует ряд специфических свойств объекта: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Наиболее важным из них при технической эксплуатации ЛА является безотказность, т.е. способность выполнять заданные функции в течение установленного периода времени, сохраняя значения основных выходных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией. В курсовом проекте понятие "эксплуатационная надежность" отождествляется с безотказностью работы объекта. Анализ эксплуатационной надежности базируется на статистических данных, полученных во время производственной практики.

Статистические данные об отказах и неисправностях заданного объекта берутся из журналов по учету технического обслуживания и ремонта изделий за предшествующий год эксплуатации и представляются в виде таблицы.

NN	Наименование (шифр) системы, блока, модуля	Характер отказа	Повторяемость, час	Обстоятельства обнаружения	Причина	Классификация
1.	Указатель углов атаки и перегрузок (АУП) в АУСПР	Нарушение контакта щетки резистора R27 в указателе	1180,1520 1360,1100 360	Колебания стрелки указателя при изменении угла атаки	Слабое давление контакта в результате механического износа	Конструктивно-производственный недостаток
2	..	..	..	..	..	..
..	..	..	..	..	..	..
..	..	..	..	..	..	..

В графе "Характер отказов" указывается сущность неисправности, следствием которой явилось нарушение работоспособности (отказ) объекта (нарушение контакта, нарушение сопротивления изоляции проводника, замыкание проводников в разъеме и т.д.).

В графе "Повторяемость" указывается общая наработка объекта до отказа, выраженная в часах, циклах или посадках. Если такие сведения отсутствуют, то приводятся качественные характеристики повторяемости (единичные случаи, массовый дефект, на 50% объектов и т.д.).

В графе "Обстоятельства обнаружения" указываются способ и место обнаружения отказа ( по указателям измеряемых параметров при техническом обслуживании с помощью КПА, при запуске встроенного контроля и т.д.).

В графе "Причина" указывается известная (предполагаемая) причина возникновения отказа (большое переходное сопротивление слабое покрытие драгметаллом, некачественный изоляционный материал и т.д.).

В графе "Классификация" указывается известное (предполагаемое) происхождение отказа:

- конструктивно-производственный недостаток;
- нарушение технологии ремонта;
- нарушение режимов эксплуатации и технологии.

На основе статистических данных проводится анализ надежности объектов. При этом анализируется влияние отказов на безопасность и регулярность полетов, рассматриваются характерные причины возникновения отказов, мероприятия по их предупреждению и т.д. Производится группирование отказов по повторяемости, причинам возникновения, последствиям, методам выявления и т.д. Результаты группирования отказов анализируются и представляются в пояснительной записке в виде диаграмм, отражающих процентное соотношение раз-

личных групп отказов. Дается общая характеристика надежности объекта, указываются наиболее опасные и часто повторяющиеся отказы, анализируются причины их возникновения, даются рекомендации по снижению отказов и повышению эксплуатационной надежности объекта.

## **2.2. Анализ и совершенствование технологического процесса технического обслуживания, ремонта и контрольно-регулирующих работ**

### **2.2.1 Анализ и совершенствование организационной структуры технологического процесса**

Основой для совершенствования организационной структуры технического обслуживания являются результаты анализа действующих технологических процессов, а также новые методы организации производственных процессов ведущих предприятий отрасли. На основе полученных данных при изучении регламентов и технологий технического обслуживания и ремонта составляется график **плано-предупредительных работ по объекту, из которого следует обратить внимание на следующие мероприятия:**

- периодичность обслуживания за время от начала эксплуатации до первого ремонта;
- время выполнения работ по техническому обслуживанию, ремонту или контролю параметров и их регулировке;
- глубина технического обслуживания (встроенный контроль параметров, проверка блоков с помощью КПА, съем и проверка платы, замена элемента, выработавшего ресурс и т.д.);
- место проведения технического обслуживания (на борту, в АТБ порта приписки, на ремонтном заводе, заводе-изготовителе).

Анализ графика и совершенствование организационной структуры процесса предполагает снижение продолжительности работ по тех-

ническому обслуживанию, их очередности и периодичности, сокращение времени отдельных операций, перераспределение трудовых ресурсов при выполнении работ (замена последовательного выполнения работ параллельным) и т.д.

Сокращения продолжительности работ можно добиться за счет повышения производительности труда, применения новых средств и методов контроля, совершенствования технологического оборудования и т.д. Однако любые корректировки должны быть обоснованы и не снижать качество технического обслуживания и ремонта.

В пояснительной записке могут быть представлены два варианта организационной структуры процесса.

### 2.2.2. Анализ и совершенствование технологий и технологического оборудования

Технологии технического обслуживания информационно-измерительных систем и комплексов разрабатываются заводами-изготовителями, ремонтными заводами и ведущими АТБ. В технологиях расписываются последовательность и содержание работ, используемое оборудование, КПА и инструмент, а также инструкции по проведению контрольно-поверочных работ. На практике разработанные технологии и оборудование не всегда обеспечивают высокую производительность и качество выполнения работ. Это объясняется тем, что реальные процессы технического обслуживания отличаются разнообразием климатических и других факторов, а также непрерывным совершенствованием регламентов технического обслуживания. В результате технологии и технологическое оборудование отстают от современных требований и задач технической эксплуатации ЛА, а разработанные технологии и КПА не всегда отвечают современному научно-техническому уровню.

Исходными данными для совершенствования технологий технического обслуживания являются:

состав и содержание работ по техническому обслуживанию; результаты анализа контролепригодности объекта; результаты анализа организационной структуры процесса технического обслуживания и другие.

С учетом поставленной задачи выбирается место и направление совершенствования технологического процесса.

Данный раздел включает:

анализ технологий и технологического оборудования(КПА);

разработку (совершенствование) технологического оборудования;

разработку(совершенствование) технологий и инструкций по проведению контрольно-поверочных работ.

2.2.2.1. Анализ технологий и технологического оборудования(КПА) производится на основе изучения в период прохождения производственно-технологической практики средств технологического обслуживания, применяемых на заводе. При этом обращается внимание на соответствие перечня и содержания выполняемых работ требованиям регламента и технологических инструкций, **применяемую контрольно-поверочную аппаратуру**, испытательные стенды, уровень автоматизации, объективности и достоверности контроля, эффективность использования КПА, соблюдение норм техники безопасности и культуры труда исполнителей.

В пояснительной записке приводятся описания инструкций по выполнению контрольно-поверочных работ, дается характеристика используемого оборудования(КПА, стендов, приспособлений, приборов, инструмента и т.д.). Намечаются мероприятия по разработке(совершенствованию) технологий и оборудования.

2.2.2.2. Разработка (совершенствование) технологического оборудования производится на основе анализа по п. 2.2.2.1 и включает в себя следующие этапы проектирования:



- составление технического задания;
- составление принципиальной схемы;
- подбор комплектующих изделий;
- компоновка конструкции КПА;
- составление технического описания;
- составление инструкции по эксплуатации КПА;
- составление инструкции по технике безопасности;
- оценка технико-экономической эффективности проекта.

Техническое задание содержит исходные данные, необходимые для выбора технических характеристик КПА (назначение, перечень измеряемых параметров, точность измерений, режимы работы, производительность, габариты, вес, требования к технике безопасности и т.д.).

Принципиальная схема проектируемой КПА позволяет наглядно представить принцип ее работы, выбрать способы и средства стимулирующих воздействий (сигналов) и измерения параметров, определить номенклатуру и характеристики комплектующих изделий, приборов, узлов и деталей. Принципиальная схема включает и нестандартные средства измерений, применяемые на заводе при техническом обслуживании объекта. Принципиальная схема выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД и представляется в графической части проекта.

Исходя из принятой принципиальной схемы, производится подбор комплектующих изделий (радиосэлементов, измерительных приборов, источников питания, стандартной и нестандартной КПА, электродвигателей, испытательных стендов и т.д.). Комплектующие изделия выбираются исходя из технических характеристик объекта и предъявляемых требований технического задания, после чего производится **компоновка конструкции или компоновка на стенде, т.е. на рабочем месте.**

В техническом описании содержится назначение и принцип работы ИПА, основные технические данные, особенности компоновки, назначение и размещение органов управления, настройки и регулирования.

В инструкции по эксплуатации приводится схема подключения объекта к КПА, перечень технических параметров объекта, подлежащих контролю, настройке и регулированию, указывается перечень и содержание работ по подготовке оборудования к работе, приводятся методика и последовательность выполнения контрольно-поверочных работ, правила нормальной эксплуатации, перечень возможных неисправностей и способ их устранения.

В инструкции по технике безопасности указываются отдельные наиболее опасные моменты, допускающие возможность поражения электрическим током, воздействия вредных излучений, а также меры по их устранению (заземление, экранирование, спецодежда и т.д.).

2.2.2.3. Разработка (совершенствование) технологии является завершающим этапом работы над проектом. Технологии составляются на основе действующих с учетом тех изменений, которые возникают при использовании разработанного оборудования. В пояснительной записке представляется та часть технологии, в которую внесены соответствующие корректировки. Если технология по составу и содержанию работ не изменяется, то указываются только особенности выполнения отдельных работ с использованием разработанного оборудования.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анненков Н.П. Приборы и навигационно-пилотажное оборудование самолетов Ту-154 и Ту-154Б. - М.: Транспорт, 1980. -168с.
2. Асс Б.А. , Жукова Н.М., Антипов Е.Ф. Детали и узлы авиационных приборов и их расчет. - М.: Машиностроение, 1979.-232с.
3. Богатырь В.Г. Буйновский Ю.Ф., Браун И. М. Бортовое оборудование систем посадки КУРС-МП-70. - Киев.:КИИГА, 1985. -65с.
4. Боднер В.А. Приборы первичной информации.- М.:Машиностроение, 1979. - 232 с.
5. Браславский Д.А. Приборы и датчики летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1970 - 392 с.
6. Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы/Под ред. В.Г. Боробьева.- М.: Транспорт, 1992. - 399 с.
7. Глухов В.В., Синдеев И.М., Шемаханов Н.М. Авиационное и радиоэлектронное оборудование летательных аппаратов.- М.:Транспорт 1983. - 144 с.
8. Гришанов Н.Г. Высотное оборудование самолетов гражданской авиации.- М.: Транспорт, 1983. - 264с.
9. Козарук В.В. Навигационно-пилотажный комплекс самолетов Ту-154 и его эксплуатация. - М.:Машиностроение, 1993. - 320 с.
10. Кузнецов Г.Д. Основы метрологии в авиационной технике: Учеб. пособие.- М.: Изд. МАИ.1990. -312 с.
11. Макаровский И.М. Техническое обслуживание и ремонт авиационной техники: Методические указания по курсовому проектированию/Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1994. 40 с.
12. Усатенко С.Т. , Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД. - М.: Издательство стандартов, 1989.- 324с.
13. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА / Под ред. Э.Т. Ромашинцевой. - М.: Радио и связь, 1989. - 447 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения .....	3
1.1. Цель и задачи курсового проектирования .....	3
1.2. Тематика курсовых проектов .....	4
1.3. Структура и содержание курсового проекта .....	5
1.3.1 Содержание и объем пояснительной записки .....	6
1.3.2. Содержание и объем пояснительной записки .....	7
1.4. Порядок выполнения курсового проекта .....	8
1.4.1. Общие требования .....	8
1.4.2. Использование материала в период прохождения производственной практики для курсового проекта .....	9
2. Методические указания по выполнению основных разделов курсового проекта .....	10
2.1. Предмет курсового проектирования .....	10
2.1.1. Изучение и анализ заданного объекта и реализо- ванных принципов измерения .....	11
2.2. Анализ и совершенствование технологического процесса технического обслуживания, ремонта и контрольно-регулирующих работ .....	21
2.2.1. Анализ и совершенствование организационной структуры проекта технологического процесса .....	21
2.2.2. Анализ и совершенствование технологий и технологического оборудования .....	22
<b>Список рекомендуемой литературы .....</b>	<b>27</b>

Учебное издание

**Техническая эксплуатация авиационных электросистем  
в пилотаже-навигационных комплексах**

Составители: *Прилепский Василий Андреевич*  
*Салманова Тамара Ивановна*

Редактор Л.Я. Чегодаева  
Техн. редактор Г.А. Усачева  
Корректор Т.И. Щелочкова

Подписано в печать 20.10.99. Формат 60x84 1/16.  
Бумага газетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 1,62. Усл. кр.-отг. 1,74.  
Уч.-изд. л. 1,75. Тираж 100. Заказ 134/Дт. С-22/99.

Самарский государственный аэрокосмический  
университет имени академика С.П. Королева.  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

ИПО Самарского государственного аэрокосмического  
университета. 443001 Самара, Молодогвардейская, 151.