

СТАУ: 6/У
7383

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

САМАРА 2004

Контрольный
экземпляр

СТАЖ
#363

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Методические указания по курсовому проектированию

Самарский Государственный
аэрокосмический университет
№ 668645
Научно-техническая
библиотека

САМАРА 2004

СГАУ: 6(075) + 629.7.083(075) 73.37.41

Составитель *И.М. Макаровский*

УДК 629.7.017

Техническое обслуживание и ремонт авиационной техники:
Метод. указания по курсовому проектированию / Самар. гос. аэрокосм.
ун-т; Сост. *И. М. Макаровский*. Самара, 2004. 60 с.

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

Предназначены для студентов специальности 130300. Разработаны на кафедре "Эксплуатация летательных аппаратов и двигателей СГАУ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского аэрокосмического университета

Рецензент А.В. Суслин

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
1.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	4
1.2. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ.....	4
1.3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА.....	5
1.3.1. Содержание и объем пояснительной записки.....	6
1.3.2. Содержание и объем графической части.....	7
1.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	8
1.4.1. Общие требования.....	8
1.4.2. Сбор материалов в период прохождения производственной практики.....	9
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	11
2.1. АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБЪЕКТА ТО (Р).....	11
2.1.1. Анализ эксплуатационной (ремонтной) технологичности.....	11
2.1.2. Анализ эксплуатационной надежности.....	18
2.2. АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТО (Р).....	29
2.2.1. Анализ структуры процесса.....	29
2.2.2. Анализ технологической оснащенности. процесса.....	35
Библиографический список	39
Приложение А. Распределение комплектующих изделий самолета Ту-154Б по методам технической эксплуатации	40
Приложение Б. Распределение комплектующих изделий самолета Ту-154М по методам технической эксплуатации	51

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовое проектирование является заключительным этапом изучения дисциплин «Техническая эксплуатация ЛА и двигателей», «Производство и ремонт ЛА» 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 технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) авиационной техники (АТ).

При решении вопросов, определяемых темой проекта, предполагается:

- углубленное изучение конкретной авиационной техники;
- анализ эксплуатационной надежности изделий;
- анализ эксплуатационной технологичности изделий;
- анализ технологических процессов ТО (Р) АТ;
- разработка технологий и технологической оснастки;
- разработка мероприятий по охране жизнедеятельности;
- оценка технико-экономической эффективности мероприятий по совершенствованию технологических процессов ТО (Р) АТ.

Структура и содержание курсового проекта во многом совпадают с тематикой дипломного проектирования по выпускающей кафедре (ЭЛАиД), 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 технологического процесса ТО (Р) определенной системы (узла) самолета, вертолета или авиадвигателя применительно к условиям прохождения предшествующей эксплуатационно-ремонтной практики. Задания составляются с учетом реальных потребностей эксплуатационного предприятия и выдаются студентам до начала практики. Допускаются задания по специальной тематике, являющейся продолжением УИРС, СНО или определяемой потребностями кафедры.

Курсовой проект выполняется в течение учебного года (IX—X семестры) и заканчивается представлением на выпускающую кафедру и защитой следующих материалов:

- на первом этапе (IX семестр) - пояснительной записки и графической части к разделу "Анализ и совершенствование объекта ТО (Р)";

- на втором этапе (X семестр) - пояснительной записки и графической части к разделу «Анализ и совершенствование технологического процесса ТО (Р)».

Трудоемкость работ по первому этапу составляет 16 ч, по второму 32 ч аудиторных занятий и по 25 ч в каждом семестре внеаудиторных занятий. Общая трудоемкость работ по двум этапам - 96 ч.

По завершении первого этапа на кафедру представляются пояснительная записка в объеме 15–20 страниц и чертежи в объеме 1–2 листа (формат А1). В конце второго этапа представляются пояснительная записка в объеме 20–25 страниц и чертежи в объеме 2–4 листа (формата А1).

В ходе курсового проектирования студент должен показать способность самостоятельно и технически грамотно решать отдельные инженерно-технические задачи, связанные с анализом и совершенствованием надежности и эксплуатационной технологичности изделий АТ, а также технологических процессов их ТО (Р).

Работа над проектом требует большой инициативы и самостоятельности, так как готовые методики расчетов в большинстве случаев отсутствуют. Их разрабатывают или подбирают по литературным источникам непосредственно в ходе курсового проектирования. Технические решения принимают на основе результатов анализа реальных объектов и действующих технологических процессов. Они должны быть направлены на повышение надежности изделий, повышение качества и снижение трудоемкости работ по ТО (Р). При решении поставленных задач предполагается использование современных достижений в области конструирования, производства, эксплуатации и ремонта АТ.

1.3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА

Курсовые проекты отличаются разнообразием тематики, что объясняется большой номенклатурой рассматриваемых объектов и технологий ТО (Р). Несмотря на это, проект должен иметь типовую структуру (рис. 1) и заданный объем представляемых на защиту материалов. Все отклонения от типовой структуры должны быть согласованы с руководителем и внесены в задание до начала работы над проектом.

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

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

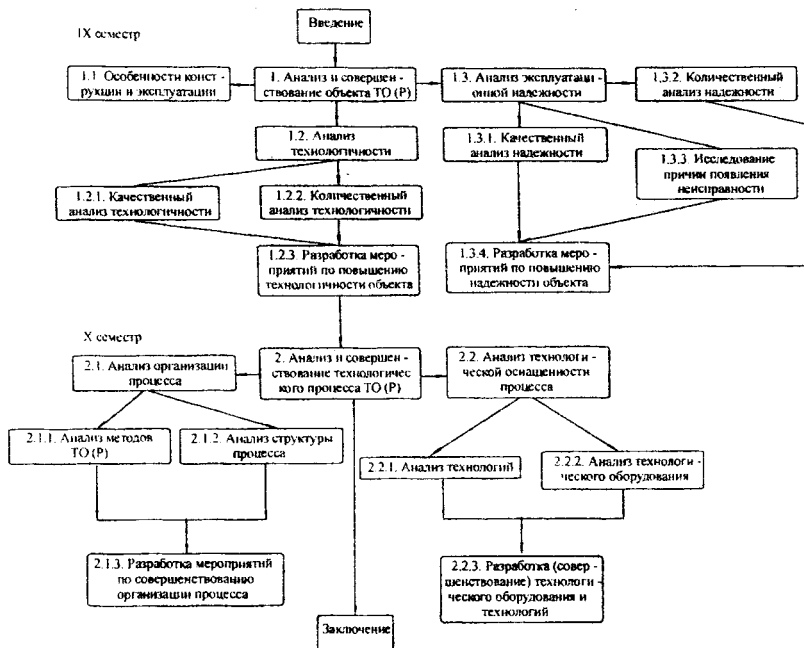


Рис. 1. Структура и содержание основной части проекта

1.3.1. Содержание и объем пояснительной записки

Пояснительная записка оформляется согласно [1]. В пояснительной записке кратко излагается сущность рассматриваемых вопросов. При этом следует избегать многословия 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 пишется от руки разборчивым почерком чернилами или шариковой ручкой (разрешаются черный, синий и фиолетовый цвета), четко без помарок, на одной стороне белой бумаги (А4) и помещается в стандартную обложку. Допускается машинописное оформление записки (шрифт высотой не менее 2,5 мм, лента черного цвета (полужирная), через полоторный интервал) и оформление записки с применением печатающих или графических устройств вывода на ЭВМ (высота букв и цифр не менее 1,8 мм, через полоторный интервал).

Пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист;
- содержание;
- реферат;
- введение;
- основную часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Во введении кратко формулируются цель и задачи курсового проекта, вытекающие из общих направлений развития гражданской авиации; обосновывается актуальность решаемых задач в соответствии с современной программой технической эксплуатации ЛА.

Основная часть пояснительной записки включает следующие разделы.

На первом этапе (IX семестр):

1. Анализ и совершенствование объекта ТО (Р).
 - 1.1. Особенности конструкции и эксплуатации.
 - 1.2. Анализ эксплуатационной надежности.
 - 1.3. Анализ эксплуатационной технологичности объекта.
 - 1.4. Мероприятия по совершенствованию объекта.

На втором этапе (X семестр):

2. Анализ и совершенствование технологического процесса ТО (Р).
 - 2.1. Анализ организации технологического процесса.
 - 2.2. Анализ технологической оснащенности технологического процесса.
 - 2.3. Мероприятия по совершенствованию технологического процесса.

Более подробно содержание основных разделов проекта будет рассмотрено ниже.

В заключении приводятся краткие выводы и результаты выполненной работы.

Список использованных источников составляется в порядке упоминания по тексту записки. Ссылки на литературные источники в пояснительной записке приводятся в квадратных скобках.

Страницы пояснительной записки, включая титульный лист, рисунки и таблицы, должны иметь сквозную нумерацию. На лицевой стороне обложки пояснительной записки указывается название курсового проекта, сведения об авторе и год написания.

1.3.2. Содержание и объем графической части

Графическая часть проекта представляется в виде чертежей общего вида и плакатов, выполненных в карандаше на белой чертежной бумаге стандартных форматов. По согласованию с руководителем могут быть

представлены сборочные и рабочие чертежи отдельных наиболее ответственных элементов конструкций (деталей, узлов). В основу конструкторских разработок могут быть положены образцы действующего технологического оборудования, однако при этом следует избегать механического перенесения готовых конструктивных решений. Слабая проработка прототипов существенно затрудняет работу над проектом и ставит под сомнение возможность его успешной защиты.

Графическая часть проекта выполняется согласно ЕСКД и включает следующие материалы.

На первом этапе: плакаты в объеме 1-2 листа к разделу «Анализ и совершенствование объекта ТО (Р)». Представляются плакаты, на которых отражаются конструктивные особенности объекта, топография и характер дефектов (неисправностей), результаты исследования неисправностей, а также сущность мероприятий, направленных на повышение надежности объекта

На втором этапе: чертежи в объеме 2-4 листа к разделу «Анализ и совершенствование технологического процесса ТО (Р)». На листах представляются чертежи нового (доработанного) технологического оборудования, содержащие необходимое количество проекций, разрезов и сечений с указанием габаритных и установочных размеров, указания по выполнению неподвижных и подвижных соединений, нумерация деталей для составления спецификации, основные технические характеристики и технические требования по его изготовлению.

1.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.4.1. Общие требования

Основой для выполнения курсового проекта служат материалы, собранные в период прохождения производственной практики. В ходе практики студент изучает конкретную авиационную технику, а также материалы, имеющиеся в технических отделах, ОТК и других подразделениях авиапредприятия. Перечень конкретных вопросов, подлежащих изучению, определяется темой проекта и указаниями руководителя курсового проекта до отъезда на практику. Собранные материалы заносятся в дневник практики и представляются комиссии при сдаче зачета. План - график выполнения курсового проекта разрабатывается студентом совместно с руководителем до отъезда на практику, 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 реже одного раза в неделю (в дни и часы консультаций). Консультации проводятся по подгруппам в соответствии с расписанием занятий.

Во время консультаций студенты обязаны находиться в отведенной для этих целей аудитории, активно работая над проектом. Посещение консультаций обязательно для всех студентов.

Защита проектов проводится выпускающей кафедрой в два этапа (в конце IX и X семестра). Допускается досрочная защита проекта. По окончании работы над проектом (этапом) руководитель дает заключение о допуске студента к защите. В комиссию представляются полностью оформленная пояснительная записка и графическая часть по соответствующему этапу курсового проекта.

Основаниями недопуска студента к защите являются:

- недостаточное раскрытие темы или несоответствие содержания проекта заданию;

- низкое качество выполнения проекта в целом или отдельных частей;

- несамостоятельность выполнения проекта (копирование готовых проектов, выполнение проекта другими лицами);

- грубые нарушения плана - графика выполнения работ.

Оценка курсового проекта проводится раздельно по каждому этапу работы. При этом учитывается как содержание и качество оформления проекта, так и результаты его защиты. Защита проводится по установленному графику перед комиссией, состоящей из преподавателей выпускающей кафедры.

1.4.2. Сбор материалов в период прохождения производственной практики

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 темой проекта необходимо изучить устройство, работу и технические характеристики заданного объекта, а также особенности его эксплуатации.

При изучении объекта используются разнообразная техническая литература (технические описания, инструкции по эксплуатации и т. д.), а также реальные изделия АТ. Лучшим методом изучения объектов является непосредственное участие студента в работах по ТО (Р) авиационной техники.

При изучении объектов ТО (Р) особое внимание следует обращать на свойства, определяющие уровень их эксплуатационной технологичности и надежности. Для этих целей студент самостоятельно проводит хронометраж работ по выполнению целевых операций ТО (Р), собирает информацию об эксплуатационной надежности объекта.

При этом необходимо собрать сведения о неисправностях и отказах (установить их повторяемость, признаки возникновения, методы

обнаружения), возможных последствиях, мероприятиях по предупреждению отказов и другую информацию, необходимую для проведения анализа надежности и исследования неисправностей. Такие сведения могут быть получены из отчетной документации авиапредприятия, бюллетеней промышленности, приказов, отчетов ГосНИИ ГА, специальной литературы, а также непосредственно от работников авиапредприятия.

Студенту необходимо подробно изучить характерные отказы и неисправности объекта, составить эскизы поврежденных деталей (узлов) с указанием особенностей проявления дефектов и условий работы, описать механизм возникновения и развития отказов.

Возникновение неисправностей и отказов обусловлено, как правило, наличием тех или иных конструктивно-производственных или эксплуатационных (ремонтных) дефектов. Установление причин возникновения и разработка мероприятий по предупреждению неисправностей и отказов является сложной и ответственной задачей, с которой приходится иметь дело практически каждому инженеру-механику. Грамотное решение этой задачи способствует повышению надежности (безотказности) изделий, а также указывает на возможные пути совершенствования технологических процессов ТО (Р).

При изучении технологических процессов ТО (Р) используется разнообразная нормативно-техническая документация (регламенты, технологические указания, инструкции по эксплуатации, технологии ремонта и т.д.), однако лучшим методом их изучения является непосредственное участие студента в работах по ТО (Р) объекта. В ходе практики необходимо изучить технологический процесс ТО (Р) объекта, методы его организации и структуру, применяемое оборудование, вопросы охраны жизнедеятельности, выполнить хронометраж работ по одной из форм ТО (Р) ЛА.

Особое внимание следует обратить на вопросы механизации и автоматизации трудоемких операций. По согласованию с руководителем практики наметить пути совершенствования процесса ТО (Р).

По завершении практики студент должен иметь полное представление о технологическом процессе ТО (Р), его технологической оснащенности, требованиях, предъявляемых к новому оборудованию и технологиям.

Следует отметить, что большая часть курсовых проектов выполняется по реальной тематике, т. е. по заданию авиапредприятий, и поэтому качество и технический уровень исполнения материалов проекта должны отвечать требованиям, соответствующим возможностям их 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. АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБЪЕКТА ТО (Р)

2.1.1. Анализ эксплуатационной (ремонтной) технологичности

К числу важнейших показателей, характеризующих эксплуатационные качества ЛА, относится эксплуатационная (ремонтная) технологичность (ЭТ). Под ЭТ понимается совокупность заданных и конструктивно реализованных свойств конструкции, определяющих ее приспособленность к выполнению работ по ТО (Р) с минимальными затратами труда, времени и средств. Проблема обеспечения ЭТ изделий является составной частью общей проблемы надежности авиационной техники.

Заданные свойства ЭТ объектов обеспечиваются в процессе создания и изготовления ЛА. В условиях эксплуатации эти свойства реализуются и совершенствуются с учетом реальных требований и возможностей типовых технологических процессов. Так, переход на эксплуатацию изделий по техническому состоянию (ТЭС) требует пересмотра практически всех свойств ЭТ конструкций.

Анализ ЭТ может носить качественный и количественный характер. В первом случае реальные свойства объекта сопоставляются с рядом специфических требований, предъявляемых к конструкции при выполнении типовых работ (смазочных, регулировочных, заправочных и т. д.).

При проведении количественного анализа ЭТ используется ряд обобщенных (основных) и единичных (дополнительных) показателей. Обобщенные показатели характеризуют ЛА в целом со стороны затрат труда, материалов, запасных частей, времени и других показателей, определяющих эффективность его использования. Единичные показатели характеризуют отдельные специфические свойства изделий. К ним относятся: показатель доступности (K_D), легкосъемности (K_A), взаимозаменяемости (K_B), удобства работ ($K_{уд}$) и другие. Конструкция считается технологичной, если она отвечает требованиям ЭТ, а значения показателей соответствуют нормативам. Нормирование показателей ЭТ обычно проводится с учетом показателей лучших образцов отечественной и зарубежной авиационной техники.

В состав работ, выполняемых при анализе ЭТ объекта, входят:

1. Качественный анализ ЭТ.
2. Количественный анализ ЭТ.
3. Разработка мероприятий по повышению ЭТ.

Качественный анализ ЭТ

В начале раздела дается общая характеристика объекта с точки зрения приспособленности его конструкции к выполнению типовых работ по ТО (Р): состав и размещение компонентов конструкции на ЛА; наличие быстросъемных панелей и лючков, обеспечивающих подход к месту проведения работ; способы крепления и взаимозаменяемость компонентов конструкции; способы контроля резьбовых соединений; степень унификации технологического и вспомогательного оборудования, удобство выполнения работ и т.д.

В настоящее время отработаны общие технические требования по обеспечению ЭТ авиационной техники при выполнении типовых работ по ТО (Р). Они позволяют провести качественный анализ ЭТ объекта и наметить пути его совершенствования. Анализ проводят путем сопоставления требований к ЭТ изделий АТ [2] с реальными свойствами объекта. Результаты анализа и оценки ЭТ представляют в виде табл. 1.

Таблица 1

*Результаты качественного анализа и оценки
ЭТ _____ (указать, наименование объекта)*

№ троб.	Содержание требований	Соответствие требованиям	Примечания
1	Регулировка двигателя должна производиться без демонтажа агрегатов, узлов и деталей с двигателя	Соответствует	Сложность в проведении регулировочных работ связана с наличием контроля на защитных колпачках регулировочных винтов
2 и т.д.			
В ы в о д : (дать заключение о ЭТ объекта, указав процент соответствия требованиям)			

Качественная оценка ЭТ (РТ) объекта дается по числу фактически удовлетворяемых требований $K_{\text{кач}} = N_{\text{уд}} / N \cdot 100 \% \geq 90 \%$.

Количественный анализ ЭТ

Обнаружение, устранение и предупреждение отказов и неисправностей АТ, а также трудоемкость и время выполнения типовых операций ТО (Р) зависят от доступности, легкосъемности объекта, а также от удобства работы ИТП. Эти свойства конструкции характеризуются рядом единичных показателей (безразмерных коэффициентов), расчет которых производится на основе хронометража работ, выполненного студентом в период прохождения производственной практики.

Под *доступностью* понимается приспособленность объекта к выполнению работ по ТО (Р) с минимальным объемом дополнительных операций (снятие панелей, капотов, демонтаж мешающих элементов, слив топлива и т. д.).

Доступность объекта характеризуется показателем доступности K_d , который определяет долю дополнительных работ $T_{доп}$ (подход, подготовка рабочего места и т. д.) в общей трудоемкости операции $T_{общ}$:

$$K_d = 1 - \frac{T_{доп}}{T_{общ}} = 1 - \frac{T_{доп}}{T_{доп} + T_{осн}},$$

где $T_{осн}$ – трудоемкость основных работ операции.

Задача обеспечения доступности объектов решается в направлении оптимизации компоновки конструкции, использования быстросъемных панелей, лючков и т. д.

Под *легкосъемностью* понимается приспособленность объекта к замене комплектующих изделий при минимальном объеме дополнительных операций. Легкосъемность характеризуется показателем легкосъемности K_s , который определяет долю дополнительных работ $T_{доп}$ (подход, подготовка рабочего места) в общем объеме работ по замене $T_{зам}$ комплектующих изделий:

$$K_s = 1 - \frac{T_{доп}}{T_{зам}} = 1 - \frac{T_{доп}}{T_{доп} + T_{зм}},$$

При наличии нормативов на $T_{зам}^*$ (табл. 3) легкосъемность может оцениваться по разнице фактической и эталонной трудоемкости замены компонента:

$$K_s = \frac{\Delta T_{зам}}{T_{зам}^*} = \frac{T_{зам} - T_{зам}^*}{T_{зам}^*} \geq 0,9.$$

Легкосъемность объектов достигается путем рационального размещения комплектующих изделий на ЛА, применения быстроразъемных соединений и т. д.

Под *взаимозаменяемостью* понимается приспособленность объекта к замене комплектующих изделий при минимальном объеме подгоночных и регулировочных работ. Взаимозаменяемость

характеризуется показателем взаимозаменяемости K_e , который определяет долю работ по взаимной увязке стыков и разъемов (подгонка, регулировка, подстройка и т.д.) в объеме демонтажно-монтажных работ T_{dm} :

$$K_e = 1 - \frac{T_{подг}}{T_{подг} + T_{dm}}$$

Взаимозаменяемость достигается путем применения технологических компенсаторов, элементов, не требующих подгонок, подгибок и т. д.

Под *удобством работ* понимается приспособленность объекта к выполнению работ в удобной для исполнителей позе. В зависимости от вынужденной позы (стоя, сидя, лежа и т. д.), принимаемой исполнителем во время работы, требуется различное время для выполнения одной и той же операций, т. е. имеет место различная производительность труда.

Удобство работ характеризуется показателем K_{yo} , который определяет долю времени выполнения работ в неудобной позе Σt_{un} в общем времени выполнения операции Σt_i :

$$K_{yo} = 1 - \frac{\Sigma t_{un}}{\Sigma t_i} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n K_{nm} t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

где t_i – среднее время выполнения i -й работы, ч;

n – количество работ целевой операции;

K_{nm} – коэффициент снижения производительности труда при выполнении i -й работы (табл. 2).

Таблица 2

Снижение производительности труда в зависимости от позы исполнителя

Поза исполнителя	Коэффициент снижения производительности труда, K_{nm}
Стоя, руки горизонтально,	0
руки вверх,	0,25
руки вниз	0,05
На корточках, руки вверх,	0,64
руки горизонтально	0,33
На коленях, руки горизонтально (вниз)	0,35
Лежа на спине, руки вверх	0,48
Лежа на животе, руки вниз	0,38

Количественная оценка ЭТ объекта производится путем сопоставления реальных K_i и нормативных K_i^* значений показателей. Нормативные значения показателя K_δ для некоторых операций ТО представлены в табл. 3.

Таблица 3

Нормативные значения коэффициента доступности K_δ , взаимозаменяемости K_α и трудоемкости замены $T_{зам}$ некоторых компонентов самолетов с ГТД

Наименование работы	K_δ^*	K_α^*	$T_{зам}^*$ чел.-ч
1	2	3	4
<i>П л а н е р</i>			
Замена руля направления	0,9	1,0	4-00
Замена руля высоты (одной половины)	0,9	1,0	2-00
Замена элерона	0,9	1,0	4-00
Замена закрылка	0,7	0,9	3-00
Замена носка крыла	1,0	0,9	4-00
Замена носка киля	1,0	0,09	2-00
Замена концевого обтекателя крыла	1,0	1,0	1-00
Замена концевого обтекателя киля	1,0	1,0	0-70
Замена концевого обтекателя стабилизатора	1,0	1,0	0-70
Замена обтекателя антенны радиолокатора	1,0	1,0	0-70
Замена зализа крыла с фюзеляжем	1,0	1,0	4-00
Замена люка багажного отсека	1,0	1,0	1-30
Замена стекла в окне пассажирской кабины	0,8	0,9	0-70
<i>Силовая установка</i>			
Замена двигателя (без его опробования и облета самолета)	1,0	1,0	10-00
Замена самолетного топливного насоса	0,7	1,0	1-00
Замена масляного радиатора	1,0	1,0	0-70
Замена масляного бака	1,0	1,0	0-50
Замена топливного фильтра	1,0	1,0	0-15
Замена масляного фильтра	1,0	1,0	0-15
Замена генератора	1,0	1,0	0-50
Замена пускового блока	1,0	1,0	0-50
Замена воздушного винта	0,8	1,0	1-40
Замена флюгерного насоса	1,0	1,0	0-50

Продолжение табл. 3

1	2	3	4
<i>Управление самолетом и двигателем</i>			
Замена одной из тяг управления	0,8	1,0	0-35
Замена вала трансмиссии закрылка	0,8	0,9	1-00
Замена гермовывода тяг управления	0,67	1,0	1-50
Замена элемента тросовой проводки на участке между валами заделки	0,9	1,0	0-35
Замена рулевой машинки (элеронов, руля высоты и руля направления)	0,75	1,0	0-50
Замена подшипника кронштейна навески руля высоты, направления и элерона	0,3	0,9	3-00
Замена подшипника кронштейна навески триммера, сервокомпенсатора	0,3	0,9	1-00
Замена направляющих роликов в одном узле	0,9	1,0	0-50
<i>Шасси и гидросистема</i>			
Замена передней ноги шасси	1,0	1,0	12-00
Замена главной ноги шасси	1,0	1,0	20-00
Замена колеса передней ноги	1,0	1,0	0-25
Замена колеса главной ноги	1,0	1,0	0-35
Замена цилиндров уборки и выпуска передней ноги	1,0	1,0	0-50
Замена цилиндра уборки и выпуска главной ноги	1,0	1,0	1-50
Замена цилиндра-демпфера тележки (стабилизирующего амортизатора)	1,0	1,0	0-50 0-25
Замена бака гидросистемы	0,9	1,0	1-60
Замена дренажного бака гидросистемы	0,9	1,0	0-60
Замена гидронасоса на двигателе	1,0	1,0	0-50
Замена гидроаккумулятора	1,0	1,0	1-50
Замена фильтра гидросистемы	1,0	1,0	0,35
Замена гидропанели с агрегатами	1,0	1,0	2-00
Замена автомата давления	1,0	1,0	0-50
Замена тормозного клапана	0,8	0,9	1-00
Замена демпфирующего механизма	0,7	0,9	3-00
Замена рулевого цилиндра	1,0	1,0	1,50
<i>Высотное оборудование</i>			
Замена воздухо-воздушного радиатора	0,8	0,9	3-00
Замена турбохолодильника	0,7	1,0	0-75

Окончание табл. 3

1	2	3	4
Замена регулятора давления	0,7	0,9	0-50
Замена предохранительного клапана	0,7	1,0	0-6
Замена ограничителя абсолютного давления	0,9	1,0	0-50
Замена дроссельной заслонки	0,8	1,0	0-35
<i>Электрооборудование</i>			
Замена комплекта щеток генератора	0,9	1,0	0-50
Замена преобразователя	0,9	1,0	0-25
Замена регулятора напряжения	0,9	1,0	0-15
Замена автомата защиты	0,9	1,0	0-15
Замена арматуры освещения	0,9	1,0	0-10
Замена фары	1,0	1,0	0-50
Замена лампы в фаре	0,9	1,0	0-10
Замена электромеханизма заслонок отопления	0,9	1,0	0-25
Замена щеток токосъемника воздушного винта	0,8	0,9	0-35
Замена электромеханизма управления триммером	0,9	1,0	0-35

Объект считается достаточно технологичным, если значения оценочных показателей

$$\bar{K}_i = \frac{K_i}{K_i^*} \geq 1.$$

В противном случае принимается решение о необходимости совершенствования конструкции объекта.

Данные хронометража работ и результаты количественной оценки ЭТ представляются в виде табл. 4.

Таблица 4

Данные хронометража и результаты количественной оценки ЭТ (РТ) (указать наименование объекта и операции ТО)

№ работ	Содержание работ	Количество исполнителей	Время выполнения, ч	Трудоемкость, чел.-ч	Поза исполнителя
1	Расконтрить замки и открыть капоты двигателя	2	0,2	0,4	Стоя на стремянке, руки вверх
2 и т.д.					
В ы ы ы о д : (дать заключение об ЭТ объекта, указав значения оценочных показателей).					

Разработка мероприятий по повышению ЭТ

Мероприятия по повышению ЭТ объекта заключаются в доработке его конструкции. В зависимости от результатов качественного и количественного анализа ЭТ разрабатываются мероприятия по обеспечению доступности, легкосъемности или удобства работ. Сущность мероприятий определяется путем изучения особенностей конструкции объекта, а также аналогичных конструктивных решений на других типах ЛА. Одним из направлений совершенствования ЭТ объекта является использование известных конструктивных решений, отвечающих требованиям ЭТ. В этом случае не требуется производить прочностные и весовые расчеты конструкций, так как эталонные объекты уже прошли проверку в условиях эксплуатации.

В случаях использования оригинальных решений необходимо произвести прочностные и весовые расчеты конструкции с целью технического обоснования предложенных решений. Предлагаемые изменения конструкции не должны влиять на прочностные, весовые и функциональные характеристики объекта. В пояснительной записке представляются результаты расчетов, а также эскиз объекта (узлов, деталей) до и после проведения доработок конструкции.

Оценку эффективности мероприятий по повышению ЭТ проводят по изменению значений оценочных показателей, сокращению простоев ЛА на ТО (Р) и т. д. При этом используют данные условного хронометража работ с учетом предлагаемых мероприятий.

Мероприятия по повышению ЭТ объекта можно считать эффективными (без учета величины дополнительных капитальных вложений, идущих на совершенствование конструкции), если:

- значения единичных показателей ЭТ приблизились к нормативным;

- сократилось время простоя ЛА на ТО (Р) и т. д.

Результаты оценки эффективности мероприятий по совершенствованию ЭТ (РТ) объекта представляются в виде табл. 4 с учетом ожидаемых изменений в структуре и содержании работ.

2.1.2. Анализ эксплуатационной надежности

Эксплуатационная надежность - важнейшее свойство изделий, определяющее их способность нормально функционировать в заданных условиях эксплуатации. Задачи анализа надежности в настоящее время решаются как на этапе создания новой техники, так и в процессе ее эксплуатации. Они наиболее актуальны для сложных и ответственных технических устройств, к которым относятся ЛА и их системы.

Анализ эксплуатационной надежности служит основой для обоснования мероприятий по совершенствованию технологических процессов ТО (Р) и конструкции объекта.

Комплексное понятие «надежность» характеризует ряд специфических свойств объекта: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Наиболее важным из них является безотказность, т. е. способность объекта выполнять заданные функции в течение установленного периода времени (наработки), сохраняя значения основных выходных параметров в пределах, установленных нормативно - технической документацией. В курсовом проекте понятие эксплуатационной надежности отождествляется с безотказностью объекта.

Существуют два подхода к анализу надежности изделий. При первом изделия рассматриваются как невосстанавливаемые объекты, эксплуатируемые в интервале наработки, ограниченном моментами появления отказов. При втором предполагается, что отказавшие элементы изделий заменяются на новые (ремонтируются). В этом случае изделия эксплуатируются практически неограниченное время и рассматриваются как восстанавливаемые объекты.

Задачи, решаемые при анализе надежности, раскрываются наиболее полно при рассмотрении находящихся в эксплуатации изделий как невосстанавливаемых объектов.

В состав работ, выполняемых при анализе надежности, входят:

1. Качественный анализ надежности.
2. Количественный анализ надежности.
3. Исследование неисправностей.
4. Разработка мероприятий по повышению надежности, объекта.

Качественный анализ надежности

Результаты выполнения анализа надежности во многом зависят от представительности собранных статистических данных об отказах и неисправностях заданного объекта, которые представляют в виде табл. 5.

В графе «Характер отказа» указывают сущность неисправности, следствием которой явилось нарушение работоспособности (отказ) объекта (разрушение элемента конструкции, нарушение герметичности, зависание клапана и т. д.).

В графе «Повторяемость» указывают общую наработку объекта до отказа, выраженную в часах налета, циклах или посадках. Если такие сведения отсутствуют, то приводят качественные характеристики повторяемости (единичные случаи, массовый дефект, на 60% объектов и т. д.).

Таблица 5

Статистические данные об отказах и неисправностях
(указать наименование объекта)

№ п/п	Наименование (шифр) узла, агрегата, детали	Характер отказа	Повторяемость, ч	Обстоятельства обнаружения	Причина	Классификация
1	Барабан колеса КТ-141Е	Трещина по упору съемной реборды	750, 830, 900, 1050, 1100, 1120, 1320	При ТО (токовихревой контроль)	Недостаточная усталостная прочность	КПН
2 и т.д.						

В графе «Обстоятельства обнаружения» указывают способ и место обнаружения отказа (по указателю температуры при запуске двигателя, лабораторный контроль и т. д.).

В графе «Причина» указывают известную (предполагаемую) причину возникновения отказа (недостаточная герметизация, перезатяжка резьбового соединения и т. д.).

В графе «Классификация» указывают известное (предполагаемое) происхождение отказа:

- конструктивно - производственный недостаток (КПН);
- нарушение технологии ремонта (Р);
- нарушение правил эксплуатации (Э).

В пояснительной записке приводятся сведения об источниках получения статистических данных.

На основе данных табл. 5 проводится качественный анализ надежности объекта. При этом анализируют влияние отказов объекта на безопасность и регулярность полетов, рассматривают характерные причины возникновения отказов, сущность мероприятий по их предупреждению, производят группирование отказов по повторяемости, причинам возникновения, последствиям, методам выявления и т. д. Результаты группирования отказов представляют в пояснительной записке в виде круговых или прямоугольных диаграмм, отражающих процентное соотношение различных групп отказов.

Дается общая характеристика надежности объекта, указываются наиболее опасные и часто повторяющиеся отказы, причины их

возникновения, выбираются объекты для количественного анализа надежности и исследования неисправностей.

Количественный анализ надежности

Количественный анализ надежности заключается в определении теоретического закона распределения наработки объекта до отказа и его параметров. Определяется фактическая надежность объекта в пределах назначенного ресурса, а также необходимость проведения мероприятий, направленных на повышение его надежности.

При выполнении данного раздела проекта, как правило, приходится иметь дело с ограниченным объемом статистических данных, что требует применения специальных методов расчета параметров надежности [3]. С увеличением объема исходных статистических данных достоверность расчетов повышается.

Следует отметить, что в ряде случаев, например, при определении причин возникновения отказов, особый интерес представляет знание теоретического закона распределения наработки объекта до отказа.

Так, в случае экспоненциального закона интенсивность отказов практически не зависит от наработки, что свидетельствует о наличии внезапных отказов, обусловленных, как правило, различными нарушениями правил эксплуатации объекта.

Нормальный закон характеризуется ростом интенсивности и специфической формой кривой плотности вероятностей отказов с наработкой. Он характерен для постепенных отказов, связанных с накоплением повреждений, влиянием эксплуатационных повреждений и скрытых производственных дефектов.

Возможны и другие законы распределения отказов, каждому из которых соответствуют определенный характер и механизм развития отказов.

Исходными данными для проведения количественного анализа надежности являются:

t_p - общая продолжительность эксплуатации объекта (ресурс);

N - общее число эксплуатируемых объектов;

n - число отказавших объектов за время наблюдения;

$t_1, t_2, t_3, \dots, t_i, \dots, t_n$ — наработка объектов до отказа.

Порядок проведения количественного анализа надежности:

1. Из табл. 5 выбирают данные об одном из отказов объекта в порядке возрастания наработки $(t_1, t_2, t_3, \dots, t_i, \dots, t_n)$. Общую продолжительность эксплуатации объекта t_p разбивают на K интервалов длительностью Δt_i с таким расчетом, чтобы в каждый интервал попало не менее двух отказов $(\Delta n_i \geq 2)$.

2. На основе выполненной разбивки наработки составляют табл. 6, в которую заносят исходные данные и результаты расчета эмпирических параметров надежности $f_i^*(t)$, $\lambda_i^*(t)$ и $P_i^*(t)$. Расчет эмпирических параметров ведут по формулам:

$$f_i^*(t) = \frac{\Delta n_i}{N \cdot \Delta t_i}; \quad \lambda_i^*(t) = \frac{\Delta n_i}{(N - n_{i-1}) \Delta t_i}; \quad P_i^*(t) = \frac{f_i^*(t)}{\lambda_i^*(t)}.$$

3. На основе данных табл. 6 строят графики - гистограммы эмпирических функций $f^*(t)$, $\lambda^*(t)$, $P^*(t)$. По их виду с учетом предполагаемого характера отказа выдвигают гипотезу о соответствии эмпирического распределения одному из известных теоретических законов.

Таблица 6

Расчет статистических параметров надежности

№ инт.	t_i, t_{i+1}	Δt_i	Δn_i	$f_i^*(t)$	$\lambda_i^*(t)$	$P_i^*(t)$
1	t_1, t_2	Δt_1	Δn_1	$f_1^*(t)$	$\lambda_1^*(t)$	$P_1^*(t)$
2						
3						
.						
.						
к						

4. Определяют параметры выбранного теоретического закона. При этом учитывают, что для каждого закона характерны свои параметры.

Так, для экспоненциального распределения определяют только один параметр - среднюю наработку до отказа T_{cp} :

$$T_{cp} = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n t_i + (N - n)t_p \right].$$

Для нормального закона определяют параметры m и σ с использованием различных методов, например, метода разделяющих разбиений. Для этого решают систему уравнений:

$$F^*(t_1) = 1 - P^*(t_1) = \Phi \left\{ \frac{t_1 - m}{\sigma} \right\} = \Phi \{z_1\},$$

$$F^*(t_2) = 1 - P^*(t_2) = \Phi \left\{ \frac{t_2 - m}{\sigma} \right\} = \Phi \{z_2\},$$

где $F^*(t_1)$ и $F^*(t_2)$ - значения эмпирической функции распределения, соответствующие наработкам t_1 и t_2 , выбранным в первой и последней третях наработки t_p .

По известным значениям функции $F^*(t_1)$ и $F^*(t_2)$, используя таблицу $\Phi\{z\}$ [3], определяют значения аргументов z_1 и z_2 , а затем параметры теоретического закона:

$$m = \frac{t_1 z_2 - t_2 z_1}{z_2 - z_1}; \quad \sigma = \frac{t_2 - t_1}{z_2 - z_1}.$$

5. Проводят проверку правильности гипотезы о виде теоретического закона с помощью одного из критериев согласия.

Наиболее достоверные результаты (при отсутствии дополнительной информации о виде закона) могут быть получены при использовании критерия согласия χ^2 . Для этого составляют табл. 7, в которую заносят исходные данные и результаты расчетов.

Таблица 7

Оценка сходимости теоретического и статистического распределений

№ инт.	t_i	t_{i+1}	Δt_i	Δn_i	q_i	N_{q_i}	$\Delta n_i - N_{q_i}$	$u_i = \frac{(\Delta n_i - N_{q_i})^2}{N_{q_i}}$
1	t_1	t_2	Δt_1	Δn_1	q_1	N_{q_1}	$\Delta n_1 - N_{q_1}$	u_1^2
2								
3								
κ								
Значение критерия согласия $\chi^2 = \sum_{i=1}^{\kappa} u_i^2 =$								

Расчет значений q_i ведут по формулам:

$$q_i = 1 - e^{-\lambda \Delta t_i} \quad \text{для экспоненциального закона;}$$

$$q_i = \Phi\left\{\frac{t_{i+1} - m}{\sigma}\right\} - \Phi\left\{\frac{t_i - m}{\sigma}\right\} \quad \text{для нормального закона.}$$

По полученному значению χ^2 с учетом степени свободы $r = K + 1 - S$, которая зависит от числа разрядов (интервалов) K и числа связей распределения S (для экспоненциального закона $S = 2$, для нормального $S = 3$ и т. д.), по таблице χ^2 [3] определяют вероятность P сходимости законов. Если $P < 0,1$, то гипотезу о виде теоретического закона следует отвергнуть и подобрать другой закон, более подходящий для описания исходных статистических данных.

6. Производят построение графиков функций $f(t)$, $\lambda(t)$ и $P(t)$ для теоретического закона. Текущие значения функций рассчитывают с учетом известных параметров закона:

$$\lambda(t_i) = \frac{1}{T_{cp}} = const,$$

$$P(t_i) = e^{-\lambda t_i} \quad - \text{ для экспоненциального закона;}$$

$$f(t_i) = \frac{1}{t_i \cdot \sigma} \Phi \left\{ \frac{t_i - m}{\sigma} \right\},$$

$$P(t_i) = 1 - \Phi \left\{ \frac{t_i - m}{\sigma} \right\} \quad - \text{ для нормального закона.}$$

Результаты расчета текущих значений параметров теоретического закона представляют в виде табл. 8.

Таблица 8

Расчет теоретических параметров надежности

t_i	$\lambda(t_i)$	$f(t_i)$	$P(t_i)$
t_1	$\lambda_1(t_1)$	$f_1(t_1)$	$P_1(t_1)$
t_2			
N_{gr}			
И далее до $10 t_p$			

7. С учетом параметров теоретического закона $\lambda(t)$, m и σ определяют фактическую надежность объекта при отработке установленного ресурса $P(t_p)$ или полета $P(t_n)$:

$$P(t_n) = e^{-\lambda(t) \cdot t_n} \quad - \text{ для экспоненциального закона } (t_n = 3 \dots 5 \text{ ч}),$$

$$P(t_p) = 1 - \Phi \left\{ \frac{t_p - m}{\sigma} \right\} \quad - \text{ для нормального и других законов.}$$

Действующие ресурсы самолетов и ГТД представлены в табл. 9 и 10.

8. Производят оценку надежности объекта.

Вероятность отказа объекта $q(t) = 1 - P(t)$ за ресурс (полет) не должна превышать допустимого значения ($q_{доп} = 0,001$)

Уровень эксплуатационной надежности изделий АТ оценивается также с использованием показателя K_{1000} :

$$K_{1000} = \frac{n_{\Sigma} \cdot 1000}{T_{\Sigma}},$$

где n_{Σ} — суммарное число отказов и неисправностей (досрочных снятий с эксплуатации);

T_{Σ} — суммарная наработка всех однотипных объектов за отчетный период эксплуатации.

Таблица 9

Действующие ресурсы (сроки службы) самолетов и вертолетов ГА, час. налета (лет)

№ п/п	Тип ВС	Назначенный ресурс	Ресурс до 1-го ремонта	Межремонтный
1	Ту-134А	40000 (25)	6000 (4,5)	6000 (4,5)
2	Ту-154М	30000 (20)	10000 (6)	6000 (6)
3	Ту-154Б	37500 (22)	10000 (6)	12000 (10)
4	Ил-62М	24000 (30)	5000 (6)	5000 (6)
5	Ил-76ТД	13500 (20)	5000 (5)	5000 (5)
6	Як-42	22000 (25)	22000 (25)	0
7	Як-40К	30000 (30)	6000 (5)	6000 (10)
8	Ан-24	45000 (30)	5000 (6)	4000 (5)
9	Ми-8 до № 4885	20000 (30)	1500 (5)	1500 (5)
10	Ми-8 с № 4885	23000 (30)	1500 (5)	1500 (5)
11	Ми-8МТВ	7000 (25)	1500 (9)	1500 (9)
12	Ми-2	10500 (20)	1500 (5)	1500 (5)
13	Ка-32	15000 -	1000 (8)	1000 (8)

Таблица 10

Действующие ресурсы авиационных двигателей, устанавливаемых на самолетах ГА, час. налета

№ п/п	Тип авиац. двигателя	Назначенный ресурс, ч	Ресурс до 1-го ремонта, ч	Межремонтный ресурс, ч
1	Д-30	19000	4500	3500
2	Д-30КУ-154	12000	6000	6000
3	Д-30КУ	18000	6000	6000
4	Д-30 КП	6500	4000	4000
5	АИ-25	18000	6000	6000
6	АИ-20М	20000	6000	6000
7	АИ-24П	20000	5000	4000
8	АИ-24ВТ	15000	3000	3000

9	НК-8-4	18000	9000	7000
10	НК-8-2У	13000	6000	6000
11	ТВ2-117	12000	1500	1500
12	ТВ3-117ВМ	3000	1500	1500
13	АШ-62ИР	6000	1200	800
14	Д-36	10000	6000	5000
15	Д-136	3000	1000	1000

Значение K_{1000} не должно превышать установленного для изделия стандарта (см. приложения А и Б).

Если стандарт для изделия отсутствует, то принимают $[K_{1000}] = 0,2$.

9. По виду теоретического закона подтверждают или отвергают гипотезу о характере и причине возникновения отказа, планируют мероприятия по повышению надежности объекта.

На кафедре ЭЛАИД имеется возможность провести количественный анализ надежности с использованием ЭВМ.

Исследование неисправностей

Определение причин возникновения неисправностей обычно представляет значительную трудность, так как для этого приходится прибегать к проведению специальных исследований (металлографическому анализу, механическим испытаниям и т. д.), а также к выполнению прочностных поверочных расчетов. При выполнении курсового проекта предпочтение отдается поверочным расчетам конструкций с учетом реальных условий нагружения. Расчеты ведутся с использованием типовой или специальной методики, разработанной применительно к решению конкретной задачи.

В качестве объектов исследования обычно выбирают неисправности, для которых выполнялся количественный анализ надежности. Необходимо учитывать также наличие готовых методик расчета, наличие информации об условиях эксплуатации объекта, характере повреждений, технологии изготовления, свойствах материалов и т. д.

Так, например, для определения причин разрушения конструкции необходима информация о характере внешних воздействий, прочностных характеристиках материала, влиянии повреждений на запас работоспособности и т. д.

Объект исследования целесообразно выбрать еще в период прохождения производственной практики, так как здесь имеется возможность составить подробное описание конструкции, изучить характер проявления неисправности, провести необходимые исследования поврежденных элементов (деталей) и т. д.

Практикой отработана определенная схема проведения работ по исследованию неисправностей [4], которой следует придерживаться при выполнении данного раздела курсового проекта.

Предварительное ознакомление с объектом исследования. Ознакомление с объектом исследования начинают с установления обстоятельств, при которых возникла неисправность. На основе изучения данных эксплуатации формируют предварительное заключение (гипотезу) о возможных причинах ее возникновения, составляют план проведения дальнейших исследований.

При определении причин появления неисправности учитываются результаты количественного анализа надежности, а также содержание мероприятий по доработке конструкции объекта, проведенных промышленностью.

В план проведения исследований включают перечень работ по получению недостающих данных, намечают основные этапы исследования и последовательность выполнения работ.

Анализ внешнего состояния. Анализ внешнего состояния объекта может дать большой объем дополнительной информации о причинах возникновения неисправности. Для этого необходимо иметь отказавшее изделие (деталь) с подробным описанием дефекта. Путем визуального осмотра или инструментальными методами выявляют признаки, которые могли бы послужить доказательством принятой гипотезы о причине появления неисправности. Так, если произошло механическое разрушение конструкции, необходимо обратить внимание на отсутствие следов пластической деформации обломков, исследовать структуру и строение излома. На основе полученных данных можно судить о характере и причине разрушения (статическое, повторно - статическое, усталостное, хрупкое, вязкое и т.д.)

Данных внешнего осмотра обычно недостаточно для установления причины появления неисправности, поэтому приходится прибегать к проведению специальных исследований (металлографии, прочностных испытаний и т.д.).

Анализ условий эксплуатации. При изучении условий эксплуатации необходимо установить соответствие наработки объекта установленному ресурсу, соблюдение режимов эксплуатации, а также технологий ТО (Р). При изучении технологий ТО (Р) обращают внимание на содержание и периодичность регламентных работ, причины и характер текущего ремонта, состояние инструмента, приспособлений и т. д.

При изучении конструктивно-технологических факторов необходимо обратить внимание на соответствие конструкции объекта рабочему чертежу, отсутствие производственных дефектов, соответствие физико-химических свойств материалов и т. д. К конструктивным факторам, которые могут привести к возникновению неисправности, можно отнести нерациональную конструкцию, плохие

условия смазки, неверный выбор защитных покрытий, ошибки в назначении посадок и т.д.

Характерным признаком конструктивно-производственных недостатков является высокая повторяемость неисправностей в различных условиях эксплуатации и их связь с наработкой объекта.

Эксплуатационные и ремонтные неисправности обычно малочисленны, носят случайный характер и слабо связаны с наработкой.

Поверочные расчеты. Поверочные расчеты проводят с целью обоснования выдвинутой гипотезы возникновения неисправности. Как правило, расчеты выполняют в два этапа.

На первом этапе проводится поверочный расчет объекта по типовой методике в предположении о соблюдении установленных режимов и правил его эксплуатации. Результаты первого этапа исследования, как правило, не позволяют однозначно установить причину появления неисправности, что свидетельствует о несовершенстве используемой методики расчета или о наличии расхождений в исходных данных и фактических условиях работы объекта.

На втором этапе проводят расчет с учетом возможных отклонений от нормальных условий эксплуатации объекта (перегрузки, увеличенные зазоры, заброс температур, перезатяжка соединений и т. д.). При этом может возникнуть необходимость в разработке специальных методик расчета, которые не приводятся в популярной технической литературе и справочниках. Результатом расчета служат условия, при которых возможно возникновение неисправности. Если эти условия находятся в пределах реально возможных отклонений в режимах эксплуатации объекта, то их принимают в качестве вероятной причины неисправности.

Так, например, расчет герметичности ниппельного соединения трубопровода, выполненный по типовой методике, обычно дает завышенный запас долговечности. Расчеты, выполненные в вероятностном аспекте с учетом реальных условий нагружения (вибраций, пульсаций давления и т.д.) позволяют повысить точность оценки запаса долговечности соединения, но требуют использования дополнительной информации, которую можно получить только путем проведения дополнительных исследований конструкции в условиях эксплуатации объекта.

Разработка мероприятий по повышению эксплуатационной надежности

Такие мероприятия могут носить организационный и технический характер. Организационное направление базируется на введении ограничений на сроки и режимы эксплуатации объекта, изменении периодичности проведения профилактических мероприятий (проверок,

промывок фильтров и т.д.). Так, например, в случае недостаточной надежности объекта можно сократить его межремонтный ресурс $t_{\text{мр}}$. С учетом закона распределения наработки до отказа новый ресурс $t_{\text{мр}}^*$ определяют по формуле:

$$t_{\text{мр}}^* = m + U_{q_{\text{доп}}} \cdot \sigma,$$

где m , σ параметры распределения;

$U_{q_{\text{доп}}}$ - квантиль теоретического нормального распределения, соответствующий допустимой вероятности отказа $q_{\text{доп}}$.

Возможен также перевод объекта на эксплуатацию по состоянию (ТЭС) с контролем параметров (метод ТЭП), начиная с наработки $t_{\text{мр}}^*$. Величину УДП и периодичность проверок при этом определяют согласно [6]. Проверки совмещают с действующими формами ТО ЛА.

Техническое направление базируется на повышении запаса работоспособности объекта. Здесь могут быть предложены мероприятия по совершенствованию конструкции или технологии изготовления изделия, введение входного контроля прочности, ограничений нагрузок и т. д.

Предлагаемые мероприятия должны быть реальными в исполнении и технически обоснованы, не должны влиять на основные функциональные и весовые характеристики объекта. Сущность мероприятий представляют в записке в виде расчетов, а на листах - в виде чертежей объекта до и после доработки его конструкции.

2.2. АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТО (Р)

2.2.1. Анализ структуры процесса

Эффективность использования АТ во многом зависит от совершенства организации производственных процессов ТО (Р). Основой для их совершенствования служат результаты анализа методов ТО (Р) и организационной структуры действующих технологических процессов ТО (Р) заданного объекта.

Анализ организационной структуры процесса ТО (Р) включает:

1. Построение модели процесса (сетового графика).
2. Расчет параметров модели процесса.
3. Совершенствование (корректировка) структуры процесса.

Построение модели процесса (сетового графика)

Приступая к построению модели процесса, необходимо обобщить материалы, собранные в период прохождения производственной

практики. Исходные данные для построения сетевого графика представляют в виде табл. 11.

На основе табл. 11 составляют перечень событий процесса. Событие в данном случае означает конец выполнения одной работы и начало другой. Продолжительность события равна нулю, т. е. переход от предшествующей работы к последующей происходит мгновенно.

Таблица 11

*Хронометраж работ по ТО (Р)
(указать тип ЛА и форму ТО)*

№ опер.	Наименование операции	Число исполн.	Продолжительность, ч		$t_{ож}$	σ^2
			t_{min}	t_{max}		
1	Установить самолет на стоянку	3	0,15	0,2	0,17	0,0001
2 и т.д.						
Общие данные:		Σn	Σt_{min}	Σt_{max}	$\Sigma t_{ож}$	$\Sigma \sigma^2$

Различают исходное и завершающее события. Исходное событие означает начало работ, например, «ЛА установлен на стоянку для выполнения ТО». Завершающее событие представляет конечную цель выполняемых работ, например, «ТО закончено, работы приняты инженером ОТК».

Исходное и завершающее события определяют границы процесса. Между ними располагаются все остальные (промежуточные) события, количество которых зависит от степени детализации процесса (целесообразно ограничиться 25-30 событиями, объединив однотипные работы). Полный перечень событий в заданной последовательности представляют в виде табл. 12.

Для перехода от одного события к другому необходимо выполнить определенную работу. Каждая работа начинается и заканчивается конкретным событием. При этом каждое событие может быть началом или результатом нескольких работ.

Всякая работа требует затрат времени и характеризуется ожидаемой продолжительностью $t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}$ и дисперсией продолжительности $\sigma^2 = \left(\frac{t_{max} - t_{min}}{5} \right)^2$.

Последовательность событий процесса ТО (Р)

№ события	№ предшеств. события	Наименование события	Примечание
0	—	ЛА установлен на стоянку	После выполнения рейсового полета
1 и т.д.	1	Предварительные работы закончены	Установлены стремянки

На основе данных табл. 11 и 12 производят построение модели процесса (сетевое графика). На сетевом графике события изображают кружками, внутри которых записывают их порядковые номера (i, j, k и т. д.). Кружки соединяют стрелками (работы) с соблюдением принятой технологической последовательности. Над каждой стрелкой указывают шифр работы (h, i, j, k и т. д.).

Пример построения сетевого графика представлен в работе [5].

Рассчитывают следующие параметры сетевого графика:

$t_{pn}(i, j)$ - ранний срок начала работы;

$t_{пн}(i, j)$ - поздний срок начала работы;

$t_{po}(i, j)$ - ранний срок окончания работы;

$t_{пo}(i, j)$ - поздний срок окончания работы;

$P_n(i, j)$ - полный резерв времени работы;

$P_c(i, j)$ - свободный резерв времени работы;

$K_n(i, j)$ - коэффициент напряженности работы.

Расчет параметров ведут по формулам:

$$t_{pn}(i, j) = t_{pn}(i, j) + t_{ож}(i, j); \quad t_{пн}(i, j) = t_{po}(h, i)$$

$$t_{pn}(j, k) = t_{po}(i, j) \text{ или } t_{пн}(j, k) = t_{po}(i, j)_{\max} - \text{если работе } j, k \text{ пред-}$$

шествует несколько работ;

$$t_{пн}(i, j) = t_{пo}(i, j) - t_{ож}(i, j)$$

$$P_n(i, j) = \begin{cases} t_{пн}(i, j) - t_{пн}(i, j) \\ t_{пo}(i, j) - t_{po}(i, j) \end{cases};$$

$$P_c(i, j) = t_{пн}(j, k) - t_{po}(i, j) = t_{пн}(i, j) - t_{ож}(i, j)$$

$$K_n(i, j) = \frac{t(L)_{\max} - t_{кр}(L)}{t_{кр} - t_{кр}(L)};$$

или

$$K_n(i, j) = 1 - \frac{P_n(i, j)}{t_{кр} - t_{кр}(L)},$$

где $t(L)_{\max}$ - длина максимального пути, проходящего через работу i, j ;

$t_{кр}$ - длина критического пути (пути наибольшей продолжительности);

$t_{кр}(L)$ - часть критического пути, проходящая через работу i, j .

Расчет параметров удобно вести табличным способом, поместив исходные данные и результаты расчета в табл. 13.

Таблица 13

Расчет параметров сетевого графика

Кол-во предшествующих работ	Шифр работы	$t_{ож}$	$t_{рн}(i, j)$	$t_{ро}(i, j)$	$t_{ин}(i, j)$	$t_{но}(i, j)$	$P_n(i, j)$	$P_c(i, j)$	$K_n(i, j)$	σ^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Столбцы 1, 2, 3 заполняют на основе табл. 11 и 12. Столбцы 4 и 5 заполняют одновременно, столбцы 6 и 7 заполняют в обратном порядке (снизу вверх). Далее подсчитывают резервы времени по каждой работе. Значения σ переносят из табл. 11 только для работ критического пути.

Оценку совершенства структуры процесса производят по вероятности $P(t_{дур} \geq t_{кр})$ выполнения комплекса работ в установленный (директивный) срок ($t_{дур}$).

Продолжительность ТО ЛА ГА ($t_{дур}$) приведена в табл. 14, а трудоемкость их выполнения в табл. 15.

Распределение времени выполнения работ обычно подчиняется нормальному закону, поэтому

$$P(t_{дур} \geq t_{кр}) = 1 - \Phi \left\{ \frac{t_{кр} - t_{дур}}{\sqrt{\sum \sigma_{кр}^2}} \right\} \geq P_{зад},$$

где $\Phi\{ \}$ - стандартный интеграл вероятностей;

$\sum \sigma_{кр}^2$ - сумма дисперсий продолжительностей работ критического пути.

Структуру процесса можно считать совершенной, если вероятность завершения работ в установленный срок не ниже заданного значения ($P_{зад} \geq 0,95$).

В тех случаях, когда структура процесса не обеспечивает своевременного выполнения работ, проводят ее совершенствование (корректировку).

Совершенствование (корректировка) структуры процесса

Корректировку начинают с анализа работ критического и подкритического путей ($K_n \geq 0,75$). Для этого необходимо тщательно изучить характер выполняемых работ, применяемое оборудование и технологии, трудовые и материальные ресурсы предприятия.

Корректировку можно проводить по различным критериям. Чаще всего для этих целей используют критерий «время».

Сокращения времени выполнения работ (длины критического пути) можно добиться путем:

- сокращения времени выполнения отдельных операций;
- перераспределения трудовых ресурсов между работами (замены последовательного выполнения работ параллельным) и т. д.

Первый вариант корректировки является наиболее перспективным, так как структура технологических процессов ТО (Р) обычно тщательно отрабатывается, а дополнительные трудовые резервы отсутствуют. Сокращения продолжительности работ можно добиться за счет повышения производительности труда, внедрения средств механизации и автоматизации, совершенствования технического оборудования, перехода на прогрессивные методы ТО (Р) и т. д.

Второй вариант корректировки базируется на использовании резервов времени некритических путей для сокращения длины критических и подкритических путей. Это достигается путем перевода людских и материальных ресурсов с работ некритических путей на работы критических путей. Однако не следует злоупотреблять этим приемом, так как всякие перестройки сетевого графика ведут к нарушению традиционной структуры процесса, увеличению числа подкритических путей, необходимости переквалификации исполнителей, что в конечном итоге может привести к провалу плановых заданий.

Следует учитывать, что любые корректировки сетевого графика вызывают необходимость пересчета его параметров.

В пояснительной записке представляют два варианта сетевого графика: традиционный и после корректировки.

На кафедре ЭЛАиД имеется возможность провести анализ структуры процесса на ЭВМ.

Таблица 14

*Продолжительность технического обслуживания
самолетов и вертолетов ГА, час.*

№ п/п	Тип ВС	Оперативные формы		Периодические формы			Смена одного двигате- ля
		А1 (А2)	Б1 (Б2)	Ф-1	Ф-2	Ф-3	
1	Ту-154Б, М	1,4 (2,1)	9,4 (16)	36	53	93	16,5
2	Ту- 134А	1,2 (3,9)	6,4 (10,5)	18	36	72	12
3	Ил-62М	2,1 (3,5)	12,0	36	72	115	16,6
4	Ил- 76ТД	2,3 (4)	13,3	49	108	170	24,5
5	Як-40	1,1 (1,8)	6,0	17	36	70	12,5
6	Як-42	1,3 (2,0)	9,0	35	71	108	16,8
7	Ан-24	1,0	5,6	18	35	55	12
8	Ми-8						
9	Ми- 8МТВ						

Таблица 15

*Трудоёмкость технического обслуживания
самолетов и вертолетов ГА, чел. - час.*

№ п/п	Тип ВС	Оперативное ТО		Периодическое ТО			Смена одного двигателя
		А1 (А2)	Б1 (Б2)	Ф-1	Ф-2	Ф-3	
1	Ту-154Б, М	6,5	17	350	533	805	64
2	Ту-134А	4,8	13,5	238	388	550	48
3	Ил-62М	11	18	451	710	1115	64
4	Ил-76ТД	15	48	570	980	2950	96
5	Як-40	3,5	10,5	97	165	285	48
6	Як-42	7,5	25	296	525	960	64
7	Ан-24	3,8	9,0	160	238	352	48
8	Ми-8						

2.2.2. Анализ технологической оснащённости процесса

Технологии ТО (Р) разрабатываются заводами - изготовителями, ремонтными заводами, а также ведущими АТБ. В технологиях оговариваются последовательность и содержание работ, используемое оборудование и инструмент, а также другие сведения, необходимые для выполнения типовых технологических операций. На практике разработанные технологии и оборудование не всегда обеспечивают высокую производительность и качество выполнения работ. Это объясняется тем, что реальные процессы ТО (Р) отличаются большим разнообразием климатических и других факторов (север - юг, в ангаре - на открытой стоянке и т. д.). Кроме того, идет непрерывное совершенствование регламентов и технологий ТО (Р) ЛА. В результате технологии и технологическое оборудование приходят в несоответствие с задачами и содержанием работ по ТО (Р). Кроме того, разработанные технологии и оборудование не всегда отвечают современному уровню научно - технического прогресса.

Исходными предпосылками для совершенствования технологий ТО (Р) объекта являются:

- изменения в составе и содержании работ по ТО (Р);
- результаты анализа эксплуатационной технологичности;
- результаты анализа эксплуатационной надежности;
- результаты анализа организационной структуры процесса ТО (Р)

и др.

С учетом характера поставленной задачи выбирается место и направление совершенствования технологического процесса (разработка средств контроля и испытаний, механизация работ, повышение качества ТО (Р), повышение культуры труда и т. д.).

Данный раздел проекта включает:

- анализ технологий и технологического оборудования;
- разработку (совершенствование) технологического оборудования;
- разработку (совершенствование) технологий.

Анализ технологий и технологического оборудования

Аналізу подвергают действующие технологии ТО (Р) заданного объекта. При этом обращают внимание на соответствие перечня и содержания выполняемых работ требованиям регламента и технологических указаний, уровень механизации и автоматизации работ, наличие и эффективность использования технологического оборудования, соблюдение норм техники безопасности и культуру труда исполнителей.

В пояснительной записке приводят описания технологий выполнения типовых операций (промывка фильтров, испытание насоса и т. д.), дают характеристики используемого оборудования (стендов, установок, приспособлений, инструмента и т. д.).

Намечают мероприятия по разработке (совершенствованию) технологий и оборудования.

Разработка (совершенствование) технологического оборудования

Вне зависимости от поставленной задачи можно выделить следующие этапы проектирования:

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

Переходя к проектированию, студент должен отчетливо представлять назначение и технические требования, предъявляемые к разрабатываемому оборудованию. Техническое задание должно содержать исходные данные, необходимые для выбора его технических характеристик (назначение, перечень измеряемых параметров, точность измерений, режимы работы, производительность, габариты, вес, требования к технике безопасности и т. д.).

Принципиальная схема проектируемого оборудования позволяет наглядно представить принцип его работы, выбрать способы и средства получения рабочих воздействий, измерения параметров, определить номенклатуру и характеристики комплектующих изделий, узлов и деталей. Принципиальная схема представляется в пояснительной записке.

Исходя из принятой принципиальной схемы производят подбор комплектующих изделий (источников давления, емкостей, кранов, арматуры, электродвигателей, редукторов, измерительных приборов и т. д.). Предпочтение отдают изделиям АТ, а также изделиям массового производства. Комплектующие изделия подбирают путем сопоставления их технических характеристик с требованиями, предъявляемыми к данному элементу конструкции. Для этого производят расчет потребных технических характеристик отдельных структурных элементов (источников питания, силовых агрегатов и т. д.) с учетом принятой принципиальной схемы и технического задания.

Исходя из принципиальной схемы и технических характеристик комплектующих изделий производят предварительную (эскизную) компоновку конструкции. На этом этапе проектирования размеры конструкции задают интуитивно (без расчета). Главное, чтобы конструкция обеспечивала выполнение заданных функций, отличалась простотой изготовления и удобством эксплуатации.

Силовые и кинематические расчеты при проектировании станков, установок и приспособлений обычно не сложны. Выбирают наиболее ответственные и нагруженные элементы и расчетным путем подбирают их параметры, материалы и т. д. При выполнении расчетов используют учебные пособия, справочники и другую литературу.

После проведения эскизной компоновки и поверочных расчетов нестандартных элементов приступают к окончательной компоновке конструкции. На этом этапе проектирования можно использовать чертежи аналогичных конструкций, каталоги комплектующих элементов и т. д.

При выполнении проекта обычно ограничиваются чертежом общего вида, на основе которого при необходимости разрабатывается рабочая документация: рабочие чертежи узлов и деталей, сборочный чертеж, спецификация, монтажный и габаритный чертежи.

Согласно ЕСКД чертеж общего вида должен содержать следующие элементы:

- виды, разрезы и сечения, а также надписи и текстовую часть, необходимые для понимания конструктивного устройства, взаимодействия составных частей и принципа работы изделия;
- наименования и обозначения составных частей изделия, для которых в спецификации приводятся технические характеристики, материал и количество;
- габаритные, присоединительные и установочные размеры;
- технические требования к изделию и его технические характеристики.

В техническом описании оборудования оговаривают его назначение, принцип работы, основные технические данные, особенности компоновки, назначение и размещение органов управления, настройки, регулирования и т. д.

В инструкции по эксплуатации указывают перечень и содержание работ по подготовке оборудования к работе, правила нормальной эксплуатации, содержание работ по ТО и устранению возможных неисправностей.

В инструкции по технике безопасности указывают отдельные наиболее опасные моменты, допускающие возможность возникновения травм и профессиональных заболеваний, а также меры по их предупреждению.

Эффективность проекта должна быть технически и экономически обоснована. В зависимости от поставленной задачи (предупреждение отказов, снижение трудоемкости работ, сокращение простоя ЛА и т. д.)

методика расчета существенно изменяется. Расчеты по повышению безотказности объектов обычно дают лишь ориентировочные сведения о величине ожидаемого экономического эффекта, что объясняется сложностью прогнозирования надежности изделий. То же самое можно сказать и о сокращении простоев ЛА на ТО (Р), так как этот показатель изменяется только в тех случаях, когда исследуемая операция лежит на критическом пути процесса. Наиболее приемлема методика расчета срока окупаемости оборудования с учетом изменения трудоемкости работ. Технологическое оборудование считается достаточно эффективным, если срок его окупаемости не превышает 6—8 лет. Однако и здесь должны быть учтены такие факторы, как влияние мероприятий на надежность объекта, повышение культуры производства, охрану труда и т. д.

Разработка (совершенствование) технологии

Завершающим этапом работы над проектом является разработка (совершенствование) технологии выполнения исследуемых операций.

Технологии составляют на основе действующих с учетом тех изменений, которые возникают при использовании разработанного оборудования. Если технология по составу и содержанию работ не изменяется, то в разделе указывают только особенности выполнения отдельных работ с использованием разработанного оборудования. В пояснительной записке новые технологии представляют в виде технологических карт, а на листах — в виде графических технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стандарт предприятия СТП СГАУ 6.1.4-97. Общие требования к оформлению учебных текстовых документов.
2. Анализ эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности ЛА: Метод. указания/Сост. *Углов Б. А.*; СГАУ. Самара, 1993. 33с.
3. Примеры расчета характеристик надежности авиационной техники: Метод. указания/Сост. *Кочуров В.А., Новиков Г.А.*; СГАУ. Самара, 2001. 40 с.
4. Исследование причин появления неисправностей авиационной техники: Метод. указания/Сост. *Игошин Н. Н.* и др.; КуАИ, Куйбышев, 1984. 29 с.
5. Анализ процессов технической подготовки самолетов к полетам методами СПУ: Метод. указания/Сост. *Нанадав А. П.*; КуАИ, Куйбышев, 1980. 10 с.
6. Техническое обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию: Метод. указания / Сост. *Макаровский И.М.*; СГАУ. Самара, 1994. 37 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Распределение агрегатов и комплектующих изделий самолета Ту-154Б по методам (стратегиям) технической эксплуатации с установленным контрольным уровнем надежности

Раздел 1. Система кондиционирования

№ п/п	Наименование изделий	Обозначение	Кол-во на	Значение	Метод ТЭ
			ЛА	K_{1000}	
1	2	3	4	5	6
1	Регулятор давления (прибор командный)	2077АТ	2	0,38	3
2	Воздухо-воздушный радиатор	4487АТ	1	0,61	3
3	Воздухо-воздушный радиатор (вторичный ВВР)	4458Т	2	0,15	3
4	Турбохолодильник (ТХ)	1621Т	2	0,14	3
5	Блок управления из (комплекта АРТ-36-1)	2427Т	2	0,15	3
6	Блок управления (из комплекта АРТ-36-2)	2427А	3	0	3
7	Клапан обратный	4672	3	0	3
8	Клапан выпускной	48701	4	0	3
9	Фильтр воздушный	11ВФ12	6	0	3
10	Регулятор избыточного давления	4561АТ	2	0,2	3
11	Регулятор избыточного давления	4832	1	0,2	3
12	Регулятор избыточного давления	4833	2	0,2	3
13	Задвижка регулирующая	3161	1	0,2	3
14	Электромеханизм регулирующей заслонки	МПК-13БТВ	2	0,2	3
15	Запорный кран с электромеханизмами МПК-13А-5	4602А	2	0,2	3
16	Распределитель горячего воздуха	513Б	4	0,04	3
17	Электромеханизм	МПК-1	7	0,0	3
18	Распределитель холодного воздуха	514Б	3	0	3
19	Регулятор подачи воздуха	1408Т	1	0,2	3
20	Клапан обратный фиксируемый	5102А	7	0,10	2

ПРИМЕЧАНИЕ: Цифрой 1 обозначен метод ТЭ по ресурсу (стратегия ТОНАР); цифрой 2 - метод ТЭ до предотказного состояния (стратегия ТОСКП); цифрой 3 - метод ТЭ до безопасного отказа (стратегия ТОСКН)

1	2	3	4	5	6
21	Клапан обратный	4488Т	1	0,2	3
22	Компенсатор	8Д2.995.016	12	0	3
23	Компенсатор	8Д2.995.050	12	0	3
24	Компенсатор	8Д2.995.017	5	0	3
25	Компенсатор	8Д2.995.051	5	0	3
26	Компенсатор	8Д2.995.052	1	0	3
27	Компенсатор	8Д2.995.018	1	0	3
28	Командный прибор ПСШ	5701Т.01	2	0	3
29	Сигнализатор давления	МСТ-5А	2	0	3
30	Сигнализатор давления	СДУ-4А-07	1	0	3
31	Электроклапан	4073Т	1	0	3
32	Термореле	4463АТ-48	3	0	3
33	Кран наддува	4602	3	0	3
34	Заслонка дроссельная	5701Т.02	2	0	3
35	Электроклапан	2259Т	6	0	3
36	Клапан обратный	4489	1	0	3
37	Указатель расхода воздуха	УРВ-1500К	2	0,2	3
38	Приемник температуры	П-9Т	9	0	3
39	Датчик температуры	2182А	6	0	3
40	Надувной трап	ТН-2	5	0	3

Раздел 2. Система управления самолетом

1	2	3	4	5	6
1	Тяга элеронов следящая	154.00.5107.080	1	0,15	3
2	Подъемник внешнего предкрылка	154.00.6732.030	4	0,12	2
3	Механизм эффекта триммирования	МП-100М-198±16	1	0	3
4	Пружинный загрузатель РН	154.00.5105.060	1	0	3
5	Взлетно-посадочный загрузатель	154.00.5106.205	1	0	3
6	Полетный загрузатель	154.00.5105.130	1	0	3
7	Загрузатель пружинный элеронов	154.00.5107.0051	1	0	3
8	Следящая тяга руля высоты	54.00.5106.280	1	0	3

1		3	4	5	6
9	Пружинная тяга	154.00.5201.005	1	0	3
10	Пружинная тяга	154.00.5201.005	1	0	3
11	Пружинная тяга	154.00.5301.005	1	0	3
12	Пружинная тяга	154.00.5302.000	1	0	2
13	Пружинная тяга	154.00.5302.020	1	0	2
14	Пружинная тяга	154.00.5900.265	2	0	3
15	Подъемник внутреннего закрылка	154.80.5712.210	4	0	3
16	Подъемник внешнего закрылка	154.00.5712.020	4	0	4
17	Подъемник внутреннего предкрылка	154.00.5732.010	4	0	2
18	Подъемник среднего предкрылка	154.00.5732.020	4	0,12	3
19	Пружинная тяга элеронов	154.00.5201.160	1	0	2
20	Полетный загрузатель руля направления	154.00.6105.060	1	0	3
21	Загрузатель пружинный элеронов	154.80.5107.175	1	0	1
22	Рулевой привод (лев., прав)	РП-57	2	0,2	2
23	Рулевой привод	РП-58	2	0,2	2
24	Тяга карданная	154.00.5900.195	2	0	2
25	Механизм элерон-энтерцептора	154.00.5900.365	2	0	2
26	Рулевой привод (лев., прав.)	РП-55	2	0,23	1
27	Рулевой агрегат управления элеронами	РА 56В-1	1	0,2	2
28	Рулевой агрегат РН (к системе АВСУ)	РА 56В-1	1	0,2	2
29	Рулевой привод	РП-56	2	0	1
30	Пружинный загрузатель ГГ	154.80.5105.085	1	0	3
31	Рулевой агрегат РВ (к системе АВСУ)	РА-56В-1	2	0,1	2
32	Механизм включения полетного загрузателя тангажа	154.00.5106.320	1	0	2
33	Основной загрузатель РВ	154.00.5106.760	1	0	3
34	Загрузатель полетный РВ	154.00.5106.725	1	0	3
35	Цилиндр управления внутренним интерцептором		2	0,2	2
36	Выключатель концевой	Д-701	2	0	3
37	Электромеханизм	МП ОСМТ-40	1	0,2	3
38	Тяга пружинная РН	154.00.5301.506	1	0	2
39	Тяга пружинная РВ	154.00.5301.300	1	0	2
40	Механизм концевых выключателей	МКВ-41 сер. 2	7	0	3

1	2	3	4	5	6
41	Датчик сельсинный	ДС-10	5	0,2	3
42	Механизм управления стабилизатора	154.80.5752.000	1	0	2
43	Подъемник стабилизатора	154.00.5752.010	1	0	1
44	Подъемник стабилизатора	154.80.5752.010	1	0,2	2
45	Электромеханизм	МУС-3-ПТВ	1	0,2	2
46	Механизм кольцевых выключателей	МКВ-42А	1	0	3
47	Рулевой привод	РП-60-1	1	0,2	2
48	Механизм концевых выключателей	МКВ-45	1	0	3
49	Электромеханизм	ЭП1-8П	1	0,2	2
50	Механизм концевых выключателей	МКВ-40А	1	0	3
51	Механизм концевых выключателей	МКВ-43	1	0	3
52	Электромеханизм	М11 ООМ-27 13,5	1	0	2
53	Электромагнитный кран	ГА-142/1	1	0,2	3
54	Электромагнитный кран	ГА-158	1	0,2	3

Раздел 3. Топливная система

1	2	3	4	5	6
1	Штуцер заправки жидкости «И»	154.23.6159.078	1	0,15	2
2	Бачок	154.23.6159.010	1	0,31	2
3	Насос слива топлива	ЭЦН-19А	-	0,23	2
4	Указатель	УЦН-2Т	2	0,15	3
5	Переключатель	ПТК1-6Т	1	0,31	3
6	Насос перекачивающий	ЭЦН-323	12	0,10	2
7	Насос подкачивающий	ЭЦН-325	4	0,2	3
8	Насос подкачивающий	ЭЦН-319	2	0,10	1
9	Насос электропроводный центробежный	ЭЦН-19	1	0	1
10	Поплавковый клапан	154.00.6196.500	1	0	2
11	Клапан слива перелитого топлива	154.82.6155.130	3	0	3
12	Клапан слива перелитого топлива	154.82.6155.170	2	0	3
13	Клапан слива перелитого топлива	154.82.6155.120	2	0	3
14	Клапан слива перелитого топлива	154.82.6155.320	2	0	3
15	Кран заправки топливом	154.80.6155.260	7	0,11	2

1	2	3	4	5	6
16	Клапан	154.23.6100.013	3	0	1
17	Термический клапан	154.00.150.000	2	0	1
18	Кран электромагнитный	610200А	6	0,03	1
19	Кран перекрывной	568600МА	7	0,2	2
20	Мембранный клапан	154.80.6100.645	4	0	3
21	Мембранный клапан	154.80.6100.210	4	0	2
22	Поплавковый клапан	154.800.000.675	1	0,2	3
23	Трубка Вентури	154.84.000.070	3	0	2
		154.84.0100.	6	0	3
24	Кран слива топлива (магистральный)	6047000-Т	3	0	3
25	Датчик расходомера	ДРТМС-10АТ	3	0	3
26	Датчик плотномера	ДПЕ5-1Т	1	0	3
27	Кран сливной	636700А	1	0	3
28	Термический клапан	154.00.6100.250		0	1
29	Датчик-сигнализатор остатка топлива «2500 кг» с уплотнением	ДСМК-8А-3	1	0	3
30	Датчик топливомера с прокладкой (из комплекта СУИР4-1Т)	ДТС20-7	1	0,23	3
		ДТС20-8	2	0,23	3
		ДТС20-9	2	0,23	3
		ДТС20-10	2	0,23	3
		ДТС20-11	2	0,23	3
		ДТС20-12	2	0,23	3
		ДТС20-13	2	0,23	3
		ДТС20-14	1	0,23	3
		ДТС20-15	1	0,23	3
		ДТК11	1	0,063	3
		ДТК11-1	2	0,063	3
		ДТК11-2	2	0,063	3
		ДТК11-3	1	0,063	3
		ДТ-40-8	2	0,2	2
		ДТ-40-9	2	0,2	2
31	Датчик заправки с прокладкой (из комплекта СУИТ4-1Т)	ДСИ4-1Т	1	0	3
		ДСИ4-2Т	2	0	3
		ДСИ4-3Т	2	0	3
32	Устройство коммутационное с блоками	УКБ-22	1	0	3
		УКБ-23	1	0	3
33	Указатель топливомера	УТО2-6Т	1	0	3
34	Указатель мгновенного расхода топлива	УМРТ1-2Т	3	0,26	1
35	Клапан обратный	154.80.6100.102	16	0	3

1	2	3	4	5	6
36	Сигнализатор давления	МТВ-0,2А	17	0	3
37	Сигнализатор давления унифицированный	СДУ2А-0,18	15	0,02	3
38	Клапан обратный	154.00.6100.525	2	0	3
39	Кран электромагнитный	ИКТ-16	1	0,2	3
40	Коллектор заправки топливом	154.80.6155.250	1	0	2
41	Сигнализатор давления	СДУ-6-4,5	1	0	3
42	Коллектор	154.80.6155.215	1	0	3
43	Коллектор	154.80.6155.250	1	0	3
44	Датчик	П-1	2	0	3
45	Порционер	154.80.6100.500	1	0	2
46	Клапан слива топлива	154.82.6150.270	8	0	0
47	Клапан в сборе	154.82.6155.115	2	0	2
48	Клапан	154.82.6155.150	2	0	2
49	Заслонка	154.82.6155.117	4	0	2
50	Указатель топливомера	УТО2-5Т	1	0	3
51	Указатель топливомера	УТДА-3Т	1	0,13	3
52	Указатель суммарного запаса топлива	УСЗТ-5Т	1	0	3
53	Указатель	УИ1-240 П азр.	4	0	3
54	Указатель топливомера	УТД4-1Т	1	0	3

Раздел 4. Гидравлическая система

1	2	3	4	5	6
1	Кран редукционный	УГ-122/2	1	0,15	3
2	Клапан редукционный подгормаживания	УГ-92А	1	0,46	2
3	Кран двухпозиционный	ГА-184У	1	0,25	3
4	Фильтр сливной	154.80.5810.200	1	0,31	2
5	Пульт золотниковый	РГ16А.000.4	1	0,15	3
6	Клапан переключения	НУ-5805-200.11	1	0,15	3
7	Гидронасос	НП-89	4	0,20	2
8	Кран электромагнитный двухпозиционный	ГА-165	2	0,12	2
9	Клапан предохранительный	ГА-186М	2	0	3
10	Обратный клапан	ОК-6А	17	0,1	3
11	Обратный клапан	ОК-8А	10	0,1	3
12	Обратный клапан	ОК-10Б	12	0,1	2

1	2	3	4	5	6
13	Обратный клапан	ОК-12А	6	0,1	3
14	Обратный клапан	ОК-14А	6	0,1	3
15	Обратный клапан	ОК-16А	1	0,1	3
16	Гаситель пульсации	154.00.5803.040	4	0,26	3
17	Панель зарядки гидроаккумулятора аварийного торможения	154.80.5606.000	1	0	2
18	Панель агрегатов 1 ГС	154.00.5606.250	1	0	2
19	Панель агрегатов	154.00.5606.050	1	0	3
20	Клапан редукционный	УГ14	4	0	2
21	Клапан редукционный	УГ92/2-1	4	0	2
22	Гидроаккумуляторы гидросистемы	154.80.5803.030	4	0	2
23	Редуктор	ГА-210	4	0	3
24	Воздушный баллон	154.80.5810.300	2	0	3
25	Воздушный баллон	154.80.7541.005	2	0	3
26	Воздушный редуктор	РВ-60М	1	0	3
27	Редукционный клапан	448М	1	0	3
28	Кран электромагнитный	702000-Т	2	0	3
29	Манометр авиационный	МА-250	1	0	3
30	Панель агрегатов	154.00.5606.550	1	0	3
31	Панель агрегатов	154.00.5606.580	1	0	3
32	Регулятор давления	154.00.5810.180	2	0,13	3
33	Фильтр гидравлический	11ГФ9СН	2	0,2	2
34	Панель агрегатов 2-й и 3-й гидросистемы	154.00.5006.200	2	0	3
35	Рулевой агрегат РВ и РН	РА-56-В-1	2	0,1	3
36	Датчик давления	ИД-150	2	0	3
37	Кран электромагнитный	ГА163-А/16	1	0	1
38	Распределитель золотниковый	154.00.5810.000	1	0	2
39	Электрогидравлический механизм	ЭГМ	1	0	2
40	Кран электрогидравлический 2- позиционный	КЭ54-2	1		1
41	Гидроаккумулятор	154.00.5803.140	1	0	2
42	Дроссель игольчатый	Н5810-020	3	0,2	3
43	Клапан обратный	Н5810-270-1	11	0	3
44	Дроссель постоянного расхода	НУ5810-40М-1	5	0	3
45	Кран	1А158	1	0	2
46	Кран	ГА142/1	1	0	2
47	Кран сливной	605500-Т	8	0	3

1	2	3	4	5	6
48	Уровнемер	104.00.5602.000	2	0	2
49	Датчик (из комплекта УММ1-6А-Т)	ДУ1-2ВТ	1	0	3
49а	Датчик (из комплекта УММ1-6-Г)	ДУ1-2В-Т	1	0	3
50	Клапан зарядный	800 600-1	1	0	2
51	Клапан проверки давления	154.80.5601.405	3	0	3
52	Бак 1-й и 2-й гидросистем	154.00.5602.000	1	0,2	3
53	Бак 3-й гидросистемы	154.00.5602.100	1	0,2	3
54	Фильтроэлемент	340 099А	3	0	1
55	Корпус дренажного бака (лев., прав.)	154.80.6602.350	2	0	3
56	Клапан редукионный	860000-1	2	0	1
57	Баллон воздушный	154.80.5601.300	2	0	3
58	Кран электромагнитный	154.00.5606.215	5	0	2
59	Датчик (из к-та ДИМ 2-240)	ПД2-240	3	0,2	3
60	Сигнализатор давлений	МСТ 100	3	0	3
61	Клапан предохранительный	154.00.5606.030	1	0	2
62	Кран запорный	154.80.5606.035	1	0	2
63	Кран запорный	154.00.5606.230	2	0	2
64	Фильтр	154.00.5606.300	2	0	1
65	Клапан предохранительный	154.80.5606.020	2	0	2
66	Фильтр воздушный	11ВФ12	3	0,2	2
67	Фильтр воздушный	723.900-6А-1	1	0	1
68	Регулятор давления	154.00.5810.170	3	0	2
69	Клапан бортовой	1923-1-Т	1	0	3
70	Клапан бортовой	1882-2-Т	1	0	3
71	Клапан зарядный	3001 51	1	0	3
72	Клапан бортовой	1890А-5-Т	1	0	3
73	Манометр	НГМ400	1	0	3
74	Выключатель концевой	АМ200-К	2	0	3
75	Цилиндр управления внутренним интерцептором	154.00.5801.100	2	0	1
76	Армированные рукава в линии нагнетания насосов НГ-89Д	154.80.5601.1100.007		0	1
		154.80.5601.1100.009		0	1
		154.80.5601.1100.011		0	1
		154.80.5601.1100.013		0	1
		154.80.5601.1100.015		0	1

1	2	3	4	5	6
77	Гидравлические шланги (остальные)			0	1
78	Насосная станция	НС-46-2	2	0,1	3
79	Шланг к системе управления интерцептором	154.00.5601.020/010	1	0,2	2
80	Шланг к системе управления интерцепторами	154.00.5601.020/004	1	0,2	2
81	Гидрошланг внутренних интерцепторов	4609.АП.10.240.310	1	0,2	2
82	Шланг цилиндра створок	4847.АП.10.240.390	1	0,2	2
83	Шланг к РП-56РВ	4849.АП.6.240.290	1	0,2	2
84	Шланг	4609.АП.6150.125	1	0,2	2
85	Шланг	4609.АП.1024.0.415	1	0,2	2
86	Шланг к РП-56 РВ	4849.АП.6240.405	1	0,2	2
87	Гидрошланг	4609.АП.1024.0.300	1	0,2	2
88	Гидрошланг	4609.АП.1024.0.295	1	0,2	2
89	Гидрошланг	154.80.5601.1160.013	1	0,2	2
90	Гидрошланг	4846.АП.6.240.340.РП-66	1	0,2	2
91	Гидрошланг к системе управления интерцепторами	154.84.5601.276/16-5	1	0,2	2
92	Шланг к НП-86	154.80.5601.1100/007	1	0,2	2
93	Шланг к НП-86	154.80.5601.1100/909	1	0,2	2
94	Шланг к НП-86	154.80.5601.1100/011	1	0,2	2
95	Шланг к НП-86	154.80.5601.1100/013	1	0,2	2
96	Шланг к НП-86	154.80.5601.110/015	1	0,2	2

Раздел 5. Шасси

1	2	3	4	5	6
1	Тележка	154.00.4105.000	2	0,15	1
2	Тележка	154.00.4105.300	2	0,08	2
3	Цилиндр управления створками	154.80.4106.300	2	0,15	2
4	Замок убранного положения основного шасси (беззолотниковый)	154.82.4106.100	1	0,46	2
5	Амортизатор основного шасси	154.04.4101.000	2	0,08	2
		154.84.4101.000	2	0,08	2
6	Механизм управления створками	154.00.4106.000	2	0,02	2
7	Подкос-подъемник ОШ	154.80.4102.600	2	0,26	2
8	Амортистойка передней ноги	154.80.4201.000	1	0,38	2
9	Рулежно-демпфирующий цилиндр	154.80.4205.100	1	0,2	2
10	Механизм распора	154.00.4204.000	1	0,2	2
11	Головка золотниковая	154.00.4203.050	1	0	1
12	Замок подвески основного шасси	154.80.4106.150	1	0,2	2
13	Распределитель золотниковый	154.00.4102.100	2	0,2	2
14	Стабилизирующий амортизатор ОШ	154.80.4102.100	2	0,13	2
15	Золотник замка подвески основного шасси	154.80.4106.515	2	0,2	2
16	Ориентир колес передней ноги	154.80.4208.100	1	0,2	2
17	Кран основного управления шасси трехпозиционный электромагнитный	КЗ-47	1	0,2	2
18	Амортизатор передней опоры с разгрузочным поршнем	154.02.4201.000. СБ	1	0,2	2
19	Гаситель пульсации	154.00.4200.030	2	0	2
20	Клапан перепуска	154.00.4102.030	2	0,2	2
21	Масляный зарядный клапан	154.04.4106.120	8	0	1
22	Блок управления	154.82.4106.150	2	0	1
23	Замок подвески передней стойки	154.00.4106.005	1	0	1
24	Колесо тормозное	КТ.141А.010	12	0	3
		КТ.141Д.010	12	0	3
		КТ.141В.010	12	0	3
25	Тормоз	КТ.141А.030	12	0	3
	Тормоз	КТ.141Д.030	12	0	3
	Тормоз	КТ.141Е.030	12	0	3
26	Не тормозное колесо	КН-10	2	5	3

1	2	3	4	5	6
27	Автомат антиюзовой	УА-51А-4-3	12	0,15	3
28	Пружина замка подвески	154.82.4106.121	2	0,15	1
29	Трос системы поворота колес передней опоры	154.04.4210.180.007 154.04.4210.180.009	2	0	3
30	Гидроцилиндр уборки- выпуска передней опоры	154.00.4203.050	1	0	3
31	Автомат антиюзовой	УА-511-4-3	12	0,15	3
32	Клапан редукционный	УГ-92/2-1	4	0,2	3
33	Клапан подтормаживания	УГ-02А	1	0,46	3
34	Фиксатор переключения ППНГ-15К управления шасси	154.00.7201.045	1	0,2	2
35	Золотниковый распределитель	154.00.5810.000	1	0,2	2

Раздел 6. Бортовая ВСУ

1	2	3	4	5	6
	<u>Двигатель:</u>	ТА-6А	1	0,40	2
1	Регулятор	892.1000БИ	1	0,81	2
2	Электромагнитный кран	МКВ-251	1	0,31	2
3	Электромагнитный кран	МКВ-251А	1	0,31	2
4	Регулятор воздуха	РВ-65	1	0,15	2
5	Маслонасос	МН-4Б	1	0,2	2
6	Насос-регулятор АГР	802 АМ	1	0,2	2
7	Клапан электромагнитный	МКТ-17Б	1	0,2	2
8	Клапан электромагнитный	МКТ-17М	1	0,2	2
9	Генератор-стартер	ГС-12ТО	1	0,2	2
10	Агрегат зажигания	СКНР-22-0,5А	1	0,2	2
11	Агрегат зажигания	СКНР-22-0-5А сер.2	1	0,2	2
12	Сигнализатор давления масла	МСТ-3,2.	1	0,2	2
13	Сигнализатор уровня масла	СУЗ-17Т	1	0,2	2
	<u>ПРИМЕЧАНИЕ:</u> Изделия, перечисленные в пунктах 1-10, входят в ТА-6А и эксплуатируются с ресурсами ТА-6А				

Распределение агрегатов и комплектующих изделий самолета Ту-154М по методам (стратегиям) технической эксплуатации с установленным контрольным уровнем надежности

Раздел 1. Система кондиционирования

№ п/п	Наименование изделий	Обозначение	Кол-во на ЛА	Значение	Метод ТЭ
				K_{1000}	
1	2	3	4	5	6
1	Воздухо-воздушный радиатор (вторичный ВВР)	4458Т	2	0,15	3
2	Клапан обратный	4477	2	0	1
3	Клапан обратный	4672Т	2	0	3
4	Электромеханизм	МПК-13А-5	8	0,063	2
5	Клапан выпускной	4870Т	4	0	3
6	Фильтр воздушный	11ВФ12-1	0	0	3
7	Регулятор избыточного давления	4561 АТ	2	0,2	3
8	Регулятор избыточного давления	4832	1	0,2	3
9	Задвижка регулирующая	3161	1	0,2	3
10	Клапан обратный фиксируемый	5102 А	2	0,1	2
11	Электромеханизм регулирующей заслонки 3161	МПК-13БТВ	11	0,2	3
12	Задатчик температуры воздуха	РР-53-4Т	3	0	2
13	Турбохолодильная установка	3318	2	0	2
14	Задатчик температуры воздуха	РР-53-1Т	2	0	2
15	Задатчик температуры	ЗТ-570	1	0	2
16	Регулятор давления	6119	2	0	2
17	Задатчик температуры	ЗТ-100	1	0	2
18	Сигнализатор температуры	3747 Т	5	0	3
19	Электромагнитный клапан	2259	10	0	3
20	Электромагнитный клапан	4073 Т	1	0	3
21	Тепловое реле	4435 АТ-51	5	0	3
22	Блок управления	БУ-2А	1	0	2
23	Регулятор подачи воздуха	1408 Т	8	0,2	3
24	Клапан регулирующий	1919 Т	1	0	2
25	Сигнализатор давления	МСТ-5А	2	0	3
26	Сигнализатор давления	МСТ-10А	3	0	3
27	Сигнализатор давления	СДУ-1А-07	1	0	3

1	2	3	4	5	6
28	Воздухо-воздушный радиатор (1 ст. охл.)	5307-АТ	3	0	2
29	Обратный клапан	3164	1	0	3
30	Регулятор избыточного давления	5606Т-1	3	0	2
31	Турбохолодильник (ТХ)	1621Т	1	0,14	3
32	Датчик контроля температуры	11-ОТ	9	0	3
33	Датчик регулирования температуры	П11-19	2	0	2
34	Регулятор избыточного давления воздуха	3206А	4	0	3
35	Регулятор избыточного давления	6401Т	3	0	3
36	Электромеханизм	ЭПВ-50БТ	3	0	2
37	Компенсатор	8Д2.995.050	3	0	3
38	Электромеханизм	МПК-13БТВ	4	0	2
39	Заслонка дроссельная	3701Т.02	2	0,13	3
40	Электромеханизм	МПК-13ДТ6	5	0	2
41	Фильтр отстойник	5700Т.33	4	0	2
42	Исполнительный механизм	53771	3	0	2
43	Регулятор избыточного давления	5606Т-1	3	0	2
44	Заслонка	3308Б	7	0	2
45	Клапан обратный	3203Т	4	0	3
46	Компенсатор	8Д2.995.051	4	0	3
47	Исполнительный механизм	5419Т	7	0	2
48	Командный прибор	5701Т.01	2	0	3
49	Заслонка перекрывания	6303В	5	0	2
50	Указатель расхода воздуха	УРВ-1300К	2	0,2	3
51	Электромеханизм	МПК-15-5	2	0	2
52	Измеритель	ТВ-1	2	0	3
53	Универсальный электрический термометр сопротивления	ТЭ-40	2	0	3
54	Приемник термометра сопротивления	П-1	6	0,26	3
55	Приемник	П-109М	6	0	2
56	Индикатор	ИТП1-60/60Б	2	0	1
57	Индикатор унифицированный профильный	ИП!-150Б	2	0	1
58	Приемник	П-77	16	0	3
59	Электропривод	ЭП-528Т	9	0	3

Раздел 2. Система управления самолетом

1	2	3	4	5	6
1	Механизм эффекта триммирования	МП-100М-198±16	3	0	3
2	Полетный загрузатель РН	154.00.5105.130	1	0	2
3	Подъемник внутреннего закрылка (левый, правый)	154.82.5712.010.007 154.82.5712.010.009	2	0	2
4	Подъемник внешнего закрылка (левый)	154.00.5712.020.009	2	0	2
5	Подъемник внешнего закрылка (правый)	154.00.5712.020.007	2	0	2
6	Тяга элеронов следящая	154.00.5107.080	1	0,15	3
7	Следящая тяга руля высоты	154.00.5106.280.	1	0	3
8	Пружинная тяга РВ	154.00.5301.300	1	0	2
9	Пружинный загрузатель РН	154.80.5105.085	1	0	2
10	Основной загрузатель РВ	154.00.5106.760	1	0	2
11	Полетный загрузатель РВ	154.00.5106.725	1	0	2
12	Загрузатель элеронов пружинный	154.00.5107.115	1	0	2
13	Рулевой привод (левый, правый)	РП-67-1	2	0	2
14	Рулевой привод (левый, правый)	РП-58-1	4	0	2
15	Тяга карданная	154.00.5900.195	2	0	2
16	Тяга пружинная	154.00.5900.775	2	0	2
17	Механизм элерон-интерцептора	154.00.5900.365	2	0	2
18	Рулевой привод (левый, правый)	РП 55-2А	2	0,23	2
19	Тяга пружинная элеронов	154.00.5201.150	1	0	2
20	Рулевой агрегат управления элеронами	РА-56Р-1	1	0	2
21	Тяга пружинная	154.00.5201.195	1	0	2
22	Тяга пружинная элерона	154.00.5231.160	1	0	2
23	Рулевой агрегат	РА-56В-1	2	0	2
24	Рулевой привод	РП-56-2	3	0,15	2
25	Пружинная тяга	154.00.3302.000	1	0	2
26	Механизм включения полетного загрузателя тангажа	154.00..5106.320	1	0	2
27	Электромеханизм	МЭТ4Б	1	0	3
28	Выключатель концевой	Д701	2	0	3
29	Электромеханизм	МП108МТ-40	1	0,2	3
30	Тяга пружинная РН	154.00.5301.503.007 154.00.5301.503.009	1	0	2

1	2	3	4	5	6
31	Пружинная тяга РВ	154.00.5302.060	1	0	2
32	Механизм конечных выключателей	МКР-41 сер.2	2	0	3
33	Датчик сельсинный	ДС-10	2	0,2	3
34	Механизм управления стабилизатором	154.80.5752.000	1	0	2
35	Подъемник стабилизатора	154.83.5752.010	1	0	2
36	Электромеханизм	МУС-3-МТВ	1	0,2	2
37	Электромеханизм	ЭПВ-8П	1	0	2
38	Механизм конечных выключателей	МКВ-42А сер.2	2	0	3
39	Подъемники внутреннего предкрылка	154.83.5732.010	4	0	2
40	Подъемник	154.93.5732.030	2	0,12	2
41	Подъемник внешнего предкрылка	154.83.5732.030	2	0	2
42	Подъемник среднего предкрылка	154.83.5732.040	2	0	2
43	Подъемник внешнего предкрылка	154.83.5732.060	2	0	2
44	Подъемник	154.83.5732.020	4	0,08	2
45	Механизм конечных выключателей	МКВ-40А	3	0	3
46	Тяга пружинная	154.00.5302.055	1	0	2
47	Микровыключатель	МКВ-43М	1	0	3
48	Микровыключатель	МКВ-45	1	0	3
49	Электромеханизм	М1100М-27113,5	1	0	2
50	Рулевой привод	РП-60-0	1	0,2	2
51	Электрогидравлический механизм	ЭГМ-1	1	0	2
52	Рулевой привод	РП-59-1	4	0,26	2
53	Электромагнитный кран	ГА-142/1	1	0,2	3
54	Электромагнитный кран	ГА-158	1	0,2	3

Раздел 3. Топливная система

1	2	3	4	5	6
1	Насос перекачивающий	ЭЦН-322	12	0,10	2
2	Насос подкачивающий	ЭЦН-325	4	0,2	2
3	Насос подкачивающий	ЭЦН-319	2	0,10	1

1	2	3	4	5	6
4	Клапан слива перелитого топлива	154.82.6150.270	8	0,13	3
5	Сигнализатор давления теплостойкий, виброустойчивый	МСТВ-0,2А	18	0	3
6	Сигнализатор давления унифицированный	ОДУ6-4,5	1	0	3
7	Кран перекрывной	768600 МА	5	0,2	2
8	Сигнализатор давления унифицированный	СДУ2А-0,18	15	0,02	3
9	Датчик сигнализатор остатка топлива «2500 кг» с уплотнением	ДСМК-8А-3	1	0	3
10	Датчик топливомера с прокладкой (из к-та СУИТ4-1Т)	ДТС-20-7	1	0,23	3
		ДТС-20-8	2	0,23	3
		ДТС-20-9	2	0,23	3
		ДТС-20-10	2	0,23	3
		ДТС-20-11	2	0,23	3
		ДТС-20-12	2	0,23	3
		ДТС-20-13	2	0,23	3
		ДТС-20-14	1	0,23	3
		ДТС-20-15	1	0,23	3
		ДТК-11-1	2	0,63	3
		ДТК-11-2	2	0,63	3
		ДТК-11-3	2	0,63	3
		ДТК-11	1	0,63	3
		ДТ-40-8	2	0,2	2
ДТ-40-9	2	0,2	2		
11	Датчик с прокладкой (из к-та СУИТ4-1Т)	ДСИ-4-1Т	1	0	3
		ДСИ-4-2Т	2	0	3
		ДСИ-4-3Т	2	0	3
12	Клапан слива перелитого топлива	154.82.6155.170	2	0,08	3
13	Устройство коммутационное (из комплекта СУИТ4-1Т)	УКБ-22	1	0	3
		УКБ-23	-	0	3
14	Указатель топливомера	УТО-2-6Б	1	0	3
15	Датчик температуры	П-77 вар.2	2	0	3
16	Клапан мембранный порционера топлива	154.80.6100.260	4	0	3
17	Клапан поплавковый	154.80.6100.675	1	0,2	3
18	Клапан обратный	154.80.6100.102	16	0	3
19	Насос ВСУ	154.80.6100.110	1	0	1
20	Датчик плотности	ДПЕ 5-1Т	1	0	3
21	Датчик расходомера	ДРТМС-10АТ	3	0	3

1	2	3	4	5	6
22	Кран слива	C36700	3	0	3
23	Термоклапан	154.00.6100.250	4	0,78	1
24	Кран электромагнитный	610200А	6	0	1
25	Клапан обратный	154.00.6100.525	2	0	3
26	Трубка Вентури	154.04.6100.110	6	0	3
27	Клапан заправки топлива	154.80.6150.260	6	0	2
28	Клапан слива перелитого топлива	154.82.6155.320	2	0	3
29	Коллектор заправки топлива	154.80.6155.250	1	0	2
30	Коллектор	154.80.6155.255	1	0,2	3
31	Кран электромагнитный	МКТ-16	1	0	3
32	Порционер	154.80.6100.500	1	0	2
33	Клапан слива топлива	154.82.6150.272	2	0	3
34	Клапан в сборе	154.82.6155.115	2	0	2
35	Клапан	154.82.6155.150	2	0	2
36	Заслонка	154.82.6155.117	4	0	2
37	Клапан термический	154.80.6000.022	1	0	2
38	Указатель топливомера	УТО0-5Т	1	0	3
39	Указатель топливомера	УТД4-2Т	1	0	3
40	Указатель топливомера	УТД4-1Т	1		3
41	Указатель топливомера	УГД4-3Т	1	0,13	3
42	Указатель топливомера	УСЗТ5-Т	1	0	3
43	Индикатор унифицированный	УИ1-240В	4	0	3

Раздел 4. Гидравлическая система

1	2	3	4	5	6
1	Клапан редукционный	УГ-122-2	1	0,15	3
2	Клапан подтормаживания	УГ-92А	1	0,46	2
3	Кран электромагнитный двухпозиционный	ГА-184У	1	0,15	3
4	Фильтр сливной	154.80.5810.200.015	1	0,31	2
5	Насос плунжерный	НП-89/Д	4	0,2	2
6	Кран электромагнитный двухпозиционный	ГА-165	2	0,11	2
7	Клапан предохранительный	ГА-186М	2	0	3

1	2	3	4	5	6
8	Обратный клапан	OK-6A	26	0,1	3
		OK-8A	10	0,1	3
		OK-10Б	12	0,1	3
		OK-12A	6	0,1	3
		OK-14A	6	0,1	3
		OK-16A	1	0,1	3
9	Воздушный баллон	154.80.5810.000	2	0	3
10	Воздушный баллон	154.80.7541.005	2	0	1
11	Воздушный редуктор	PB-60M	1	0	3
12	Клапан редукционный	448M	1	0	3
13	Пульт золотниковый	PI164.000.4	2	0	3
14	Гидроаккумулятор	154.00.5803.140	2	0	2
15	Кран электромагнитный	702000-T	2	0	3
16	Манометр авиационный	MA-250	1	0	
17	Регулятор давления	154.00.3810.000	2	0,13	3
18	Клапан редукционный	УГ-140	4	0	2
19	Клапан редукционный	УГ92 -1	1	0	2
20	Гидроаккумулятор III гидросистемы	154.80.5803.030	4	0	2
21	Клапан бортовой	1882A-2-T	2	0	3
22	Клапан бортовой	1923A-1-T	2	0	3
23	Манометр	MA-1	2	0	3
24	Манометр	MA-40	2	0	3
25	Манометр	MTM-400	3	0	3
26	Реле времени гидравлическое	154.00.5810.000	1	0	2
27	Распределитель золотниковый	154.00.5810.000	1	0	2
28	Кран электрогидравлический двухпозиционный	K3-47	1	0,26	1
29	Гаситель пульсаций	154.00.5803.040	4	0,26	3
30	Автомат антиозоновый	A51	12	0,13	1
31	Блок защиты	УГ-121	6	0,012	2
32	Клапан челночный	УГ-128	12	0,021	2
33	Фильтр гидравлический	8Д2966037-2	3	0	2
34	Фильтр гидравлический	8Д2966015-2	2	0	2
35	Фильтр сливной	154.80.5810.200	3	0	2
36	Фильтр тонкой очистки	1 1ГФ9СН	3	0,2	2
37	Клапан отключения	45.00.5810.270	1	0	2
38	Цилиндр управления внутренним интерцептором	154.00.580.100ГС	2	3	2
39	Кран	154.80.5855.000	4	0	2
40	Клапан разьема	670400ЛФ	5	0	3

1	2	3	4	5	6
41	Холодильник III гидросистемы	154.8С.5601.070	1	0	3
42	Холодильник II гидросистемы	154.80.5601.070	1	0	3
43	Холодильник I гидросистемы	154.80.5601.060	1	0	3
44	Панель бортового обслуживания I гидросистемы	154.83.5606.405	1	0	2
45	Панель бортового обслуживания II гидросистемы	154.83.5606.410	1	0	2
46	Панель бортового обслуживания III гидросистемы	154.83.5606.400	1	0	2
47	Фильтр заправочный III гидросистемы	154.00.5606	1	0	1
48	Насосная станция	НС-46-2	2	0	2
49	Клапан разьема	673100АФ	3	0	3
50	Клапан разьема	673500ФТ	2	0	3
51	Клапан обратный	Н-5810-270-1	11	0	3
52	Дроссель	Н-5810-270	3	0	2
53	Клапан разьема	673200Ф	4	0	3
54	Клапан проверки давления	154.80.5601.405	3	0	3
55	Кран электромагнитный трехпозиционный	ГА 142/1	1	0	2
56	Кран сливной	605500-1	5	0	3
57	Уровнемер	154.00.5602.080	1	0	2
58	Датчик (из к-та УИЕ1 АП-5А-Т)	ДУ1-2В-Т	1	0	3
59	Датчик (из к-та УИЕ1 АП-6-Т)	ДУ-2В-Т	1	0	3
60	Клапан зарядный	800600-1	6	0	2
61	Фильтр заправочный	154.80.5606.650	1	0	1
62	Гидравлический бак I и II гидросистем	154.83.5602.650	1	0	1
63	Гидравлический бак III гидросистемы	154.83.5602.100	1	0	2
64	Фильтроэлемент	340С99А	3	0	1
67	Корпус дренажного бака	154.80.5602.350	2	0	3
68	Редуктор давления	154.00.5601.180	2	0	3
69	Кран электромагнитный	154.00.5606.215	5	0	2
70	Датчик (из к-та ДИМ2-240)	ИД2-240	3	0	3
71	Сигнализатор давления	МСТ-100	3	0	3
72	Кран залорный	154.83.5606.230	3	0	3
73	Фильтр	154.00.5606.630	3	0	1
74	Клапан предохранительный	154.83.5606.225	1	0	2
75	Фильтр	154.83.5606.340	1	0	2
76	Клапан предохранительный	154.83.5606.020	2	0	2
77	Фильтр	154.83.5606.300	2	0	1
78	Регулятор давления	154.00.5810.170	2	0	2
79	Фильтр воздушный	11ВФ12	3	0,2	2

1	2	3	4	5	6
80	Фильтр воздушный	723900-6АТ	1	0	1
81	Клапан бортовой	1890А-5-Г	3	0	3
82	Выключатель концевой	АМ800-К	2	0	3
83	Клапан бортовой	1822А-2-Г	1	0	3
84	Механизм стопорения	МС-15	1	0	2
85	Кран электромагнитный	ГАЮЗ-А/16	2	0	3
86	Кран электромагнитный	КЭ54-2	1	0	1
87	Клапан отключения	154.00.5810.050	1	0	3
88	Манометр авиационный	МА-10	2	0	3
89	Манометр авиационный	МА-10М	2	0	3
90	Манометр авиационный	МА-60КР	3	0	3
91	Клапан зарядный	3501 -1	1	0	3
92	Клапан редукционный	860000-1	2	0	3
93	Клапан перекл. предн. колеса	НУ-5806-200М	1	0,15	3

Раздел 5. Шасси

1	2	3	4	5	6
1	Тележка основного шасси	154.02.4100.300.001	2	0,15	1
2	Цилиндр управления створками основного шасси	154.80.4100.300	2	0,15	1
3	Замок убранного положения основного шасси (беззолотниковый)	154.82.4106.100	2	0,46	2
4	Амортизатор основного шасси	154.02.4101.000	2	0,08	2
5	Гидроподъемник основного шасси	154.80.4102.600	2	0,26	2
6	Амортстойка передней опоры	154.83.4201.100	1	0,38	2
7	РДЦ (рулежно-демпфирующий цилиндр)	154.80.4205.100	1	0,2	2
8	Механизм распора	154.82.4204.000	1	0,2	2
9	Головка золотниковая	154.80.4203.080	1	0	1
10	Замок подвески передней опоры	154.00.4205.005	1	0,2	2
11	Распределитель золотниковый	154.80.4102.100	2	0,2	2
12	Амортизатор стабилизирующий	154.04.4107.000	2	0,13	2
13	Подъемник уборки-выпуска передней опоры	154.00.4203.030	1	0,1	2
14	Ориентир колес передней опоры	154.80.4208.100	1	0,2	2
15	Механизм управления створками основного шасси	154.82.4106.000	2	0,2	2
16	Механизм управления створками передней опоры	154.82.4107.000	2	0,2	2

Раздел 6. Бортовая ВСУ

1	2	3	4	5	6
1	Двигатель	ТА-6А	1	0,40	2
2	Регулятор	89.1000БН	1	0,31	2
3	Электромагнитный кран	МКЗ-251	1	0,31	2
4	Электромагнитный кран	МКВ-251А	1	0,31	2
5	Регулятор воздуха	РВ-6Б	1	0,15	2
6	Маслонасос	МН-4Б	1	0,2	2
7	Насос - регулятор	892 АМ	1	0,2	2
8	Клапан электромагнитный	МКТ-17Б	1	0,2	2
9	Клапан электромагнитный	МКТ-17М	1	0,2	2
10	Стартер - генератор	ГС-12ТО	1	0,2	2
11	Агрегат зажигания	СКНР-22-0,5 сер.2	1	0,2	2
12	Сигнализатор давления масла	МСТ-3,2	1	0,2	2
13	Сигнализатор уровня масла	СУЗ-17Т	1	0,2	2
<p>ПРИМЕЧАНИЕ: Изделия перечисленные в пп. 1-10 входят в ТА-6А и эксплуатируются с ресурсами ТА-6А</p>					
1	Счетчик запусков и времени	726А	1	0,2	3
2	Электромеханизм	МП-750ТВ	1	0,2	3
3	Электромеханизм	МПК-13А-5	1	0,2	3
4	Автоматическая панель запуска	АПД-30А	1	0	3
5	Блок управления и сигнализации	БУС-1	1	0	3
6	Панель стартер-генератора	ПСТ-6	1	0	3
7	Измеритель	ИТА-6М	1	0,31	3
8	Пробразователь	ПТА-6М	1	0,31	3
9	Измеритель температуры выхлопных газов	ТСТ-2	1	0,2	3
10	Измеритель температуры масла	ТУЭ-46	1	0,2	3
11	Сигнализатор опасной температуры	СОТ-2	2	0,2	3

Учебное издание

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
И РЕМОНТ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

Методические указания по курсовому проектированию

Составитель *Макаровский Игорь Мстиславович*

Редактор Л. Я. Чегодаева
Корректор Л. Я. Чегодаева

Подписано в печать 19.08.04. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ.л. 3,49. Усл. кр.-отт. 3,51. Уч.-изд.л. 3,75.
Тираж 200 экз. Заказ 47. Арт. С-38/2004.

Самарский государственный аэрокосмический
университет. 443086 Самара, Московское шоссе, 34.

РИО Самарского государственного аэрокосмического
университета. 443086 Самара, Московское шоссе, 34.