



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

**А.А. Ицкович,
И.А. Файнбург,
Г.Д. Файнбург**

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ И ПРОЦЕССАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению курсовой работы
«Управление системами и процессами
технической эксплуатации летательных
аппаратов»**

**для студентов
направления 25.04.01
заочной формы обучения**

**Москва
2019**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ (МГТУ ГА)»**

**Кафедра технической эксплуатации летательных аппаратов
и авиадвигателей**

А.А. Ицкович, И.А. Файнбург, Г.Д. Файнбург

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ И ПРОЦЕССАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению курсовой работы**

**«Управление системами и процессами технической
эксплуатации летательных аппаратов»**

*для студентов
направления 25.04.01
заочной формы обучения*

Москва
2019

ББК 056-082

И-96

Рецензент:

Найда В.А. – канд. техн. наук, доцент

Ицкович А.А.

И-96 Управление системами и процессами эксплуатации: учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы «Управление системами и процессами технической эксплуатации летательных аппаратов»./ А.А. Ицкович, И.А. Файнбург, Г.Д. Файнбург. – Воронеж: ООО «МИР», 2019. – 48 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Управление системами и процессами эксплуатации» по учебному плану для студентов направления 25.04.01 заочной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры 05.07.2019 г. и методического совета 02.07.2019 г.

В авторской редакции.

© Московский государственный
технический университет ГА, 2019

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Учебный план дисциплины

Дисциплина «Управление системами и процессами эксплуатации» изучается на 1 курсе заочной формы обучения по направлению подготовки 25.04.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей». Учебным планом предусмотрены: общий объём учебных часов на дисциплину - 108 ч., из них: самостоятельная работа – 96 часов., лекции – 8 часов, практические занятия – 4 часа, курсовая работа, зачет.

1.2. Цели освоения дисциплины

Освоение дисциплины «Управление системами и процессами эксплуатации» необходимо для подготовки магистра по направлению 25.04.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей».

Целью освоения дисциплины «Управление системами и процессами эксплуатации» является формирование профессиональной культуры управления системами и процессами эксплуатации летательных аппаратов (ЛА), под которой понимается готовность и способность личности использовать в профессиональной деятельности приобретенную совокупность знаний, умений и навыков для обеспечения безопасности полетов и эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА, характера мышления и ценностных ориентаций, при которых вопросы безопасности полетов и эффективности систем и процессов эксплуатации авиационной техники рассматриваются в качестве приоритета.

1.3. Результаты изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины обучающийся должен

знать:

модели управляемых состояний систем и процессов эксплуатации авиационной техники;

иерархическую структуру процессов эксплуатации авиационной техники и их взаимосвязи с производственными процессами;

методы программного управления системами и процессами эксплуатации авиационной техники;

условия применения полумарковских моделей для исследования эффективности процесса технической эксплуатации ЛА и методов разработки рекомендаций по совершенствованию процесса технической эксплуатации ЛА по результатам моделирования;

взаимосвязь эффективности процессов технической эксплуатации ЛА и безубыточной производственной деятельности авиапредприятий ГА;

способы совершенствования процесса технической эксплуатации ЛА и повышения его эффективности;

методы управления режимами технической эксплуатации ЛА;

порядок разработки рекомендаций по совершенствованию режимов технической эксплуатации ЛА;

характеристики процесса технической эксплуатации как объекта управления;

методологические основы управления процессами технической эксплуатации и поддержания летной годности ЛА;

методы управления индивидуальными режимами технического обслуживания и ремонта ЛА;

уметь:

определять параметры моделей управляемых состояний использования по назначению и технического обслуживания ЛА;

оценивать эффективность программного управления системами и процессами эксплуатации ЛА;

проверять адекватность и оценивать параметры полумарковских моделей процесса технической эксплуатации летательных аппаратов по данным эксплуатационных наблюдений;

анализировать показатели эффективности процесса технической эксплуатации летательных аппаратов;

анализировать эффективность режимов технической эксплуатации ЛА;

выполнять оценку показателей эффективности процесса технической эксплуатации ЛА и выявлять возможности для их повышения;

формулировать требования к системе управления процессами технической эксплуатации и поддержания летной годности ЛА;

решать задачи управления режимами диагностирования и замены изделий функциональных систем ЛА;

владеть:

методами моделирования управляемых состояний использования по назначению и технического обслуживания ЛА;

навыками выбора режимов технической ЛА;

методами оценивания параметров полумарковских моделей процесса технической эксплуатации ЛА по данным эксплуатационных наблюдений;

навыками комплексного анализа показателей эффективности процесса технической эксплуатации летательных аппаратов;

методами программного и оперативного управления системами и процессами эксплуатации ЛА;

навыками анализа эффективности процессов технической эксплуатации и поддержания летной годности ЛА;

методами управления режимами диагностирования и замены изделий функциональных систем ЛА по состоянию.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общие методические указания

При самостоятельном изучении материала данной дисциплины обучающийся должен работать с литературными источниками, указанными в

конец настоящего издания [1-23], в том числе учебными пособиями [1-4] и пособиями по выполнению практических и лабораторных занятий по дисциплине [5-8]. Обучающийся должен вести конспект изучаемой литературы. Для усвоения материала студент должен пользоваться основной и дополнительной литературой. При использовании литературы надо учитывать, что ряд аналогичных вопросов излагается в нескольких источниках, поэтому изучение их может ограничиваться одним из них. Другие источники приведены для получения дополнительных материалов.

Материал должен изучаться последовательно, согласно данным методическим указаниям. Изучение теоретического материала следует сопровождать решением задач [5-8].

Обучающийся должен выполнить курсовую работу и пройти по ней собеседование.

Качество изучения материала проверяется умением правильно и полно отвечать на вопросы самопроверки, представленные в конце каждой части [1-4] и решать задачи, приведенные в пособиях [5-8].

При изучении определенных тем рекомендуется знакомиться с материалами по эксплуатации конкретных типов ЛА и подбирать соответствующие примеры из собственной практической деятельности.

Обучающийся может получить от преподавателя письменную или устную консультацию по интересующим его вопросам данного курса.

2.2. Программа и методические указания по изучению разделов дисциплины

Раздел 1. Предмет и задачи управления системами и процессами эксплуатации и процессов поддержания летной годности ЛА

Содержание и значение проблемы управления системами и процессами эксплуатации и поддержания летной годности ЛА. Основные термины и определения.

Технико-экономические и социально-нравственные задачи авиационного персонала по управлению системами и процессами эксплуатации ЛА. Содержание и научная основа курса. Связь с другими дисциплинами. Основные предметы исследования, задачи управления системами и процессами эксплуатации ЛА. Классификация систем и процессов эксплуатации ЛА. Статистическое регулирование процессов эксплуатации ЛА. Свойства и модели систем и процессов эксплуатации ЛА. Роль стандартизации, международных и Российских нормативных документов в повышении эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА. Анализ достижений науки и техники, передового и зарубежного опыта в области управления системами и процессами эксплуатации и поддержания летной годности ЛА.

Литература: [1 (с. 3-13)], [11-21].

Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризовать технико-экономическое и социальное значение проблемы повышения эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА.

2. Дать характеристику задач управления систем и процессов эксплуатации ЛА.

3. Показать связь управления систем и процессов эксплуатации ЛА с другими учебными дисциплинами.

4. Охарактеризовать содержание и научные методы управления систем и процессов эксплуатации ЛА.

5. Охарактеризовать понятия: технический процесс, производственный процесс, процесс эксплуатации, процесс технической эксплуатации ЛА.

6. Дать классификацию технических процессов.

7. Охарактеризовать технический процесс как элемент системы преобразований.

8. Роль стандартизации, международных и Российских нормативных документов в повышении эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА.

Раздел 2. Методы системного анализа объектов и эффективности ТЭ ЛА

2.1. Управляемые системы и процессы эксплуатации ЛА.

Системы и процессы эксплуатации ЛА как объекты управления. Понятие управляемых систем и процессов эксплуатации ЛА. Структура систем процессов технической эксплуатации ЛА. Цели управления и показатели эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА. Принципы управления. Функции и методы управления. Типовые управленческие решения. Методологические и воспитательные аспекты деятельности авиационного персонала по управлению системами и процессами эксплуатации ЛА.

2.2. Математические модели систем и процессов эксплуатации ЛА.

Свойства систем и процессов эксплуатации ЛА как объектов управления. Параметры и характеристики состояний и переходов процессов технической эксплуатации ЛА. Классификация математических моделей систем и процессов эксплуатации ЛА. Методы обеспечения безопасности полетов. Управление объемами запасных частей ЛА. Управление техническим состоянием ЛА. Марковские и полумарковские модели управления систем и процессов эксплуатации ЛА. Оценивание параметров полумарковских моделей систем и процессов эксплуатации ЛА.

Литература: [1] (с. 14-37), [5-8].

Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризовать иерархическую структуру систем и процессов эксплуатации ЛА.

2. Рассмотреть условия управления системами и процессами эксплуатации ЛА 3. Определить цели управления систем и процессов эксплуатации ЛА.

4. Обосновать выбор показателей эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА.

5. Раскрыть основные принципы управления систем и процессов эксплуатации ЛА.

6. Охарактеризовать методы и функции управления систем и процессов эксплуатации ЛА.

7. Дать характеристику типовому алгоритму принятия решений.

8. Охарактеризуйте понятие системы управления систем и процессов эксплуатации ЛА.

9. Какую область применения охватывает система управления систем и процессов эксплуатации ЛА?

10. Опишите схему управления процессами технической эксплуатации.

11. Какую структуру имеет система управления системами и процессами эксплуатации ЛА?

12. Какие специальные функции управления выполняет система?

13. Какими свойствами обладают системы и процессы эксплуатации ЛА?

14. Раскрыть содержание статистических свойств процесса технической эксплуатации ЛА.

15. Представить процессы эксплуатации ЛА в виде графа состояний и переходов.

16. Сформулировать условия применения полумарковской модели процесса технической эксплуатации ЛА.

17. Записать формулы для определения основных характеристик полумарковского процесса технической эксплуатации ЛА.

Раздел 3. Методы управления системами и процессами эксплуатации и поддержания летной годности ЛА

3.1. Методы оптимизации программного управления системами и процессами эксплуатации и поддержания летной годности ЛА,

Виды программного управления системами и процессами эксплуатации ЛА. Модели оптимизации программного управления системами и процессами эксплуатации ЛА. Модели управляемых состояний систем и процессов эксплуатации ЛА. Оценка эффективности программного управления системами и процессами эксплуатации ЛА.

3.2. Методы текущего планирования и оперативного управления системами и процессами эксплуатации и поддержания летной годности ЛА.

Механизмы текущего планирования и оперативного управления системами и процессами эксплуатации ЛА. Планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту и использованию по назначению ЛА. Навыки разработки планов использования ЛА, отхода ее на техническое обслуживание и в ремонт. Контроль эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА. Анализ причин снижения эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА. Формирование управляющих воздействий по повышению эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА.

3.3. Управление режимами технической эксплуатации и поддержания летной годности авиационной техники.

Оптимизация сроков технического обслуживания и ремонта ЛА. Управление режимами диагностирования и замены изделий по состоянию.

Управление индивидуальными режимами технического обслуживания и ремонта ЛА. Выбор режимов технической эксплуатации ЛА. Оценка эффективности режимов технического обслуживания и ремонта ЛА. Методы управления режимами технического обслуживания и ремонта в условиях старения и частичного обновления парка ЛА. Пути и методы совершенствования стратегии и режимов технического обслуживания и ремонта ЛА. Навыки разработки рекомендаций по совершенствованию режимов и технологии технического обслуживания, контроля технического состояния ЛА.

Литература: [2], с. 3-75, [3], с. 84-110, [9-21].

Вопросы для самопроверки

1. Виды программного управления процессами технической эксплуатации ЛА.
2. Общие требования к программному управлению процессами технической эксплуатации ЛА.
3. Принципы программного управления процессами технической эксплуатации ЛА.
4. Структура и задачи подсистемы программного управления процессами технической эксплуатации ЛА.
5. Разомкнутые и замкнутые схемы управления процессами технической эксплуатации во взаимосвязи со стратегиями ТОиР ЛА.
6. Характеристики объекта эксплуатации, стратегии, режимы ТОиР и этапы развития программ технической эксплуатации ЛА.
7. Какие стратегии ТОиР ЛА реализуются при разомкнутой и замкнутой схемах управления?
8. Какую структуру имеет программа технической эксплуатации ЛА?
9. Выполнить классификацию программ технической эксплуатации ЛА.
10. Модели оптимизации программного управления процессами технической эксплуатации ЛА.
11. Модели управляемых состояний процессов технической эксплуатации ЛА.
12. Оценка эффективности программного управления процессами технической эксплуатации ЛА.
13. Как осуществляется выбор методов управления режимами технической эксплуатации ЛА?
14. Оценка эффективности режимов технического обслуживания и ремонта ЛА.
15. Методы управления режимами технического обслуживания и ремонта в условиях старения и частичного обновления парка ЛА.
16. Опишите модели оптимизации режимов диагностирования и замены изделий по состоянию.
17. Управление индивидуальными режимами технического обслуживания и ремонта ЛА.

18. Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий с контролем уровня надёжности.

Раздел 4. Автоматизация управления системами и процессами эксплуатации ЛА.

Виды информационных технологий и нормативная база автоматизации управления системами и процессами эксплуатации ЛА. Цели и принципы автоматизации управления системами и процессами эксплуатации ЛА. Требования к автоматизированным системам управления (АСУ) процессами технической эксплуатации ЛА. Стандартизация в области АСУ. Основные задачи автоматизации управления АСУ. и информационно-управляющих систем (ИУС). Характеристика основных видов АСУ (ИУС) процессами технической эксплуатации ЛА. Функциональная структура, информационное, техническое, программное и организационное обеспечение АСУ (ИУС) процессами технической эксплуатации ЛА. Состояние и тенденции развития АСУ (ИУС) процессами технической эксплуатации ЛА.

Литература: [1] с. 37-41, [3], с. 18-28.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите цели и принципы автоматизации управления системами и процессами эксплуатации ЛА.

2. Какие требования предъявляются к автоматизированным системам управления АСУ процессами технической эксплуатации ЛА?

3. Охарактеризуйте роль стандартизации в области АСУ.

4. Назовите основные задачи автоматизации управления.

5. Выполните классификацию АСУ.

6. Охарактеризуйте функциональную структуру, информационное, техническое, программное и организационное обеспечение АСУ. процессами технической эксплуатации ЛА.

7. Опишите состояние и тенденции развития АСУ процессами технической эксплуатации ЛА.

Раздел 5. Управление эффективностью систем и процессов Э и ПЛГ АТ

5.1. Управление эффективностью систем и процессов эксплуатации и поддержания летной годности ЛА.

Системы управления эффективностью систем и процессов эксплуатации и поддержания летной годности ЛА.

Основные требования к системе управления эффективностью процессов эксплуатации ЛА. Структура и задачи системы управления эффективностью процессов эксплуатации ЛА. Схема управления эффективностью процессов эксплуатации ЛА. Построение системы управления эффективностью процессов эксплуатации ЛА. Специальные функции управления эффективностью процессов эксплуатации ЛА. Функциональные и целевые подсистемы управления эффективностью процессов эксплуатации ЛА. Показатели эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА. Методика анализа

эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА. Методика планирования повышения эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА.

5.2. Инструменты проектного управления эффективностью систем и процессов технической эксплуатации и поддержания летной годности ЛА.

История развития проектного менеджмента, международные и российские стандарты управления проектами. Определения понятий проект, управление проектами, портфель проектов. Взаимосвязь систем и процессов технической эксплуатации и поддержания летной годности АТ с портфелем проектов авиационного предприятия. Действующие международные и отечественные стандарты управления проектами. Инициирование, планирование и разработка паспорта проекта. Примеры проектов авиапредприятия: цели, ожидаемые результаты и критерии выполнения. Календарный график проекта и план контрольных событий. Основные участники проекта и их роли. Формирование бюджета проекта, основные статьи расходов. Управление рисками проекта.

Литература: [1], с. 14-29, [3], с. 18-28, [21-23].

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные требования к системе управления эффективностью процессов эксплуатации ЛА.

2. Структура и задачи системы управления эффективностью процессов эксплуатации ЛА.

3. Как осуществляется построение системы управления эффективностью процессов эксплуатации ЛА?

4. Какие специальные функции управления эффективностью процессов эксплуатации ЛА выполняют функциональные и целевые подсистемы ЛА?

5. Формирование системы показателей эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА.

6. Охарактеризуйте методику анализа эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА.

7. Раскройте содержание методики планирования повышения эффективности систем и процессов эксплуатации ЛА.

8. Дайте определения понятий проект, управление проектами, портфель проектов.

9. Покажите взаимосвязь систем и процессов технической эксплуатации и поддержания летной годности ЛА с портфелем проектов авиационного предприятия.

10. Какие применяются в настоящее время международные и отечественные стандарты управления проектами?

11. Что такое инициирование, планирование и разработка паспорта проекта?

12. Приведите примеры проектов авиапредприятия, а также их цели, ожидаемые результаты и критерии выполнения.

13. Как составляется календарный график проекта и план контрольных событий.
14. Кто является основными участниками проекта, и какие их роли?
15. Как формируются бюджет проекта и основные статьи расходов?
16. Как осуществляется управление рисками проекта?

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

3.1. Общие требования к курсовой работе

Целью выполнения курсовой работы (КР) является овладение научными методами управления системами и процессами технической эксплуатации ЛА, систематизация и обобщение теоретических знаний, приобретенных при изучении материала по дисциплине «Управления системами и процессами эксплуатации», получение навыков и умений применять теоретические знания к решению практических задач управления системами и процессами технической эксплуатации ЛА. Объектами исследования являются ЛА и их изделия.

При выполнении КР автор несет ответственность за правильность расчетов и принятые решения.

Преподаватель на лекции дает рекомендации по выполнению КР студентом, уточняет объем и глубину проработки отдельных заданий, проводит консультации.

При оформлении КР необходимо соблюдать определенные требования. Изложение материалов КР должно быть конкретным и четким. Заимствованные цитаты, таблицы и другие материалы должны иметь ссылку на источник. В тексте необходимо соблюдать единую техническую терминологию, принятую в учебных пособиях и стандартах.

Оформление материала, изложенного в КР, производится в соответствии со Стандартами «Единой системы конструкторской документации»: ГОСТ 2.105-95. «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы». Титульный лист КР должен быть выполнен в соответствии с требованиями настоящего пособия (Приложение 2). За ним следует лист «Содержание», на котором выполняется основная надпись.

Текст КР должен быть написан разборчиво на одной стороне листа формата А4 (297x210 мм). При оформлении КР на компьютере текст набирается шрифтом Times New Roman, размер шрифта – 14 пт., интервал – 1,5. Текст КР должен быть отформатирован по «ширине», отступ первой строки абзаца – 1,25. Числовые значения в формулах объясняются. Окончательный результат приводится с указанием размерности. Таблицы, помещенные в тексте, должны иметь номера и названия. При оформлении результатов в табличной форме приводятся примеры расчетов с подстановкой исходных данных в используемые формулы. Рисунки должны иметь номера и подрисовочные подписи. На графиках необходимо указывать масштаб и

размерность изображаемых величин. На все таблицы и рисунки в тексте должны быть ссылки.

В тексте необходимо выделить заголовки отдельных частей КР, их разделов и подразделов в соответствии с «Содержанием». В конце пояснительной записки приводится литература, используемая при выполнении КР.

Исходные данные и конкретные технические задания для выполнения КР приведены для каждой задачи отдельно. Выбор варианта задания производится согласно шифру зачетной книжки по сумме трех последних цифр. Например, для шифра М73576, вариант 18 (5+7+6).

3.2. Содержание пояснительной записки КР

Титульный лист

Введение.

Задание 1. Управление объемами запасных частей для замены отказавших изделий.

1.1. Определение потребного количества запасных изделий для эксплуатации парка ЛА на период назначенного ресурса.

1.2. Определение возможной длительности эксплуатации изделий для парка ЛА с учетом замены отказавших и при наличии заданного количества запчастей на складе авиапредприятия.

Выводы по задаче 1.

Задание 2. Управление техническим состоянием изделий, подверженных износу и старению.

2.1. Определение зависимости параметра изделия от наработки для математического ожидания и среднего квадратического отклонения по статистическим данным эксплуатационных наблюдений при двух фиксированных значения наработки.

2.2. Определение зависимости параметра изделия от наработки для математического ожидания и среднего квадратического отклонения по статистическим данным эксплуатационных наблюдений при трех фиксированных значения наработки.

Выводы по задаче 2.

Задание 3. Модели управляемых состояний процесса технической эксплуатации ЛА

3.1. Определение параметров модели управляемого состояния использования по назначению.

3.2. Определение параметров управляемого состояния технического обслуживания и ремонта с детерминированной периодичностью и переменным объемом работ.

Выводы по задаче 3.

Задание 4. Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА с учетом старения и частичного восстановления.

4.1. Определение параметров закона распределения Вейбулла наработки изделия до отказа;

4.2. Оценка параметров функции затрат на техническое обслуживание и ремонт ЛА;

4.3. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта изделий ЛА;

4.4. Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА.

Выводы по задаче 4.

Заключение (выводы).

Список литературы.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

4.1. Задание № 1. Управление объемами запасных частей для замены отказавших изделий.

4.1.1. Техническое задание.

Задание содержит решение следующих задач:

1) Определение потребного количества запасных изделий для эксплуатации парка ЛА на период назначенного ресурса.

2) Определение возможной длительности эксплуатации изделий для парка ЛА с учетом замены отказавших и при наличии заданного количества запчастей на складе авиапредприятия.

В качестве объекта анализа выбираются типовые изделия системы кондиционирования воздуха (СКВ) самолета Ту-154: распределитель, обратный клапан, турбохолодильник, кран наддува, регулятор избыточного давления, блок управления.

4.1.2. Необходимые теоретические сведения.

Для управления объемами запасных частей используется уравнение Пуассона:

$$P_{r \text{ don}} = \sum_{n=0}^r \frac{(\omega t)^n}{n!} e^{-\omega t}, \quad (4.1)$$

где $P_{r \text{ don}}$ - вероятность того, что для замены отказавших изделий будет достаточно r запасных частей, $P_{r \text{ don}} = 1 - P_{\text{don}}$, ω - параметр потока отказа; t - период эксплуатации в часах наработки.

Параметр потока отказа ω вычисляется известными методами теории надежности на базе статистических данных наработки до отказа восстанавливаемых изделий. На интервале наработки Δt_i определяется статистическая оценка ω_i^* :

$$\omega_i^* = \frac{\Delta n_i}{N \Delta t_i}, \quad (4.2)$$

где Δn_i - количество отказов изделий на интервале наработки Δt_i .

Строятся гистограммы $\omega_i^* = f(\tau)$

и определяется среднее значение $\omega(t)$ для k интервалов

$$\omega_{cp}^* = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \omega_i^*. \quad (4.3)$$

4.1.3. Последовательность выполнения работы

1) Получение исходных данных

Варианты задания формируются в соответствии с данными табл. 4.1.

Выбор варианта задания студентами производится согласно шифру зачетной книжки по сумме трех последних цифр. Например, для шифра М73496, вариант №19 (4+9+6).

Исходные данные по надежности (табл. 4.2) являются результатами эксплуатационных наблюдений за наработками изделий до отказа.

2) Порядок решения задачи №1

Исходные данные: № варианта; коэффициент корректировки; заданное изделие СКВ; объем парка ЛА (m); количество изделий на ЛА (a); назначенный ресурс (T_{PH}), допустимая вероятность отсутствия запасного изделия на складе для замены отказавшего ($P_{r\partial on}$) (табл. 4.1); наработки до отказа для заданного изделия СКВ (табл. 4.2).

Определение статистической оценки параметра потока отказа ω_{cp}^* :

исходные данные наработки до отказа разбить на интервалы и для каждого интервала определить ω_i^* , $i = \overline{1, k}$ по формуле (4.2);

построить гистограмму $\omega_i^* = f(t)$;

определить среднее значение ω_{cp}^* по формуле (4.3);

для определения потребного количества запасных изделий, $n_{3(i)}$ для эксплуатации одного изделия установленного на ЛА, в течение назначенного ресурса T_{PH} подставляем в формулу (4.1):

$$P_{r\partial on} = 1 - P_{\partial on}, t = T_{PH}, \omega = \omega_{cp}^*.$$

Принимаем $n = 0$ и определяем P_{r0} ($n = 0$); затем $n = 1$ и находим

$$P_{r1} (n = 1) \sum_{n=1}^r P_n.$$

При этом, на каждом шаге проверяем условие: не превышает ли сумма значение $P_{r\partial on}$ при

$$\sum_{n=1}^k P_n \geq P_{r\partial on}$$

вычисления прекращаются и определяется $n_{3i} = r$.

Потребное количество запасных изделий n_3 для эксплуатации изделий парка ЛА:

$$N_{3n} = n_{3(i)} am.$$

Порядок решения задачи №2

Исходные данные для выбранного варианта в задаче №1: вариант задания, заданное изделие СКВ, объем парка ЛА (m), количество изделий на ЛА (a), допустимая вероятность отсутствия запасного изделия на складе для

замены отказавшего ($P_{дон}$), количество запасных частей на складе (n_3) (табл. 4.1), $\omega = \omega_{cp}$, вычисленное в задаче №1.

Таблица 4.1

Варианты заданий

№Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Коэффициент корректировки	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
Наименование Изделия СКВ	Распределитель 513					Обратный Клапан 5102					Турбохолодиль- ник 1621г					Кран надува 4602					Регулятор Изб.дав 4561					Блок управления 2427				
Объем Парка ЛА	5					10					15					20					25					30				
Кол-во изделий На ЛА а	5					4					2					3					2					2				
Количество Запасных Частей на Складе п _з	5					4					5					2					5					5				
Назначенный Ресурс, T _{рн}	3000					3000					6000					4000					6000					6000				
P _{доп}	0,25					0,2					0,05					0,1					0,05					0,05				

Таблица 4.2.

Статистические данные по наработке до отказа

Наименование Изделия	Наработки до отказа, ч
Распределитель 513	150, 155, 230, 245, 310, 330, 420, 475, 510, 520, 530, 565, 670
Обратный Клапан 5102	310, 340, 355, 367, 420, 470, 510, 533, 540, 570, 585, 670
Турбохолодильник 1621т	327, 395, 450, 470, 535, 540, 570, 610, 620, 637, 780, 800, 950, 1000
Кран надува 4602	125, 130, 185, 210, 230, 235, 240, 257, 310, 320, 345, 400, 470, 520, 710
Регулятор избыточного давления 4561	370, 410, 425, 500, 560, 575, 582, 600, 610, 620, 655 720, 810, 815, 900
Блок управления 2427	588, 646, 675, 697, 798, 836, 893, 969, 1013, 1026 1083, 1112, 1273

Для определения возможной длительности эксплуатации для парка ЛА с учетом отказавших и при наличии заданного количества запчастей на складе авиапредприятия n_3 подставляем в формулу (4.1):

$$P_{r\partial on} = 1 - P_{\partial on},$$

$$t = \tau,$$

$$\omega = \omega_{cp}.$$

Принимаем $\tau_1 = 1000$ и рассчитываем:

$$P_{n_3(\tau_1)} = \sum_{n=0}^{n_3} P_n.$$

Затем $\tau_2 = 2000$ и определяем, и т.д. При этом, на каждом шаге проверяется условие, не превышает ли сумма $P_{n_3(\tau_1)}$ значения $P_{r\partial on}$. При $P_{n_3(\tau_1)} \leq P_{r\partial on}$ вычисления прекращаются и принимается $\tau = \tau_1$

Графическое определение потребного количества запасных изделий $n_{з(i)}$ для одного изделия, установленного на самолете, приведено на рис. 4.1. Графическое определение возможной длительности эксплуатации τ_i (рис. 4.2).

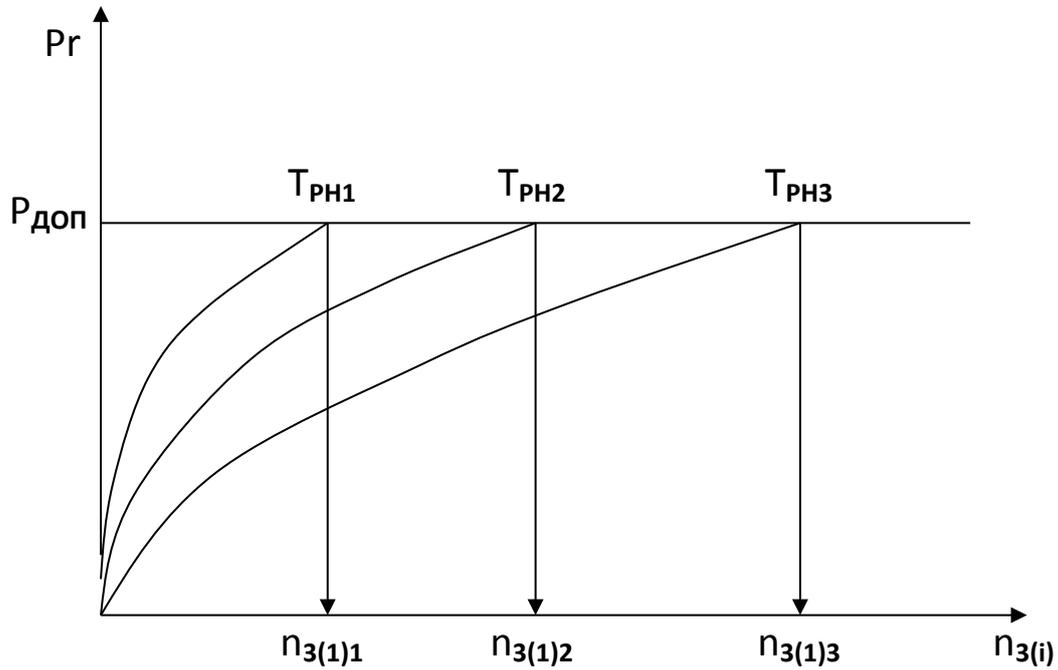


Рис. 4.1. Определение $n_{з(i)}$ потребного $n_{зи}$ для i -го варианта задания $T_{рНi}$

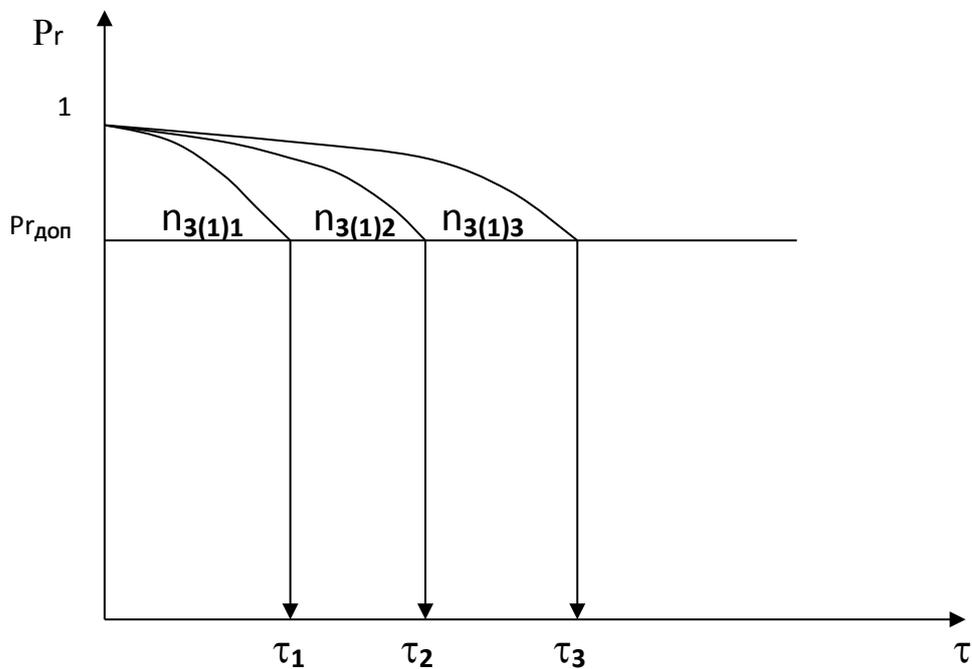


Рис. 4.2. Определение τ_i для i -го варианта задания.

Вопросы, рекомендованные к рассмотрению

1. Какой закон распределения количества отказов используется для определения объема запасных частей?
2. Как определить вероятность того, что для замены отказавших изделий достаточно запчастей?
3. Как рассчитать потребное количество запчастей?
4. Как определить графически потребное количество запчастей?
5. Как определить возможные длительности эксплуатации изделий для парка ЛА с учетом замены отказавших и при наличии заданного количества запчастей на складе авиапредприятия?

4.2. Задание № 2. Управление техническим состоянием изделий, подверженных износу и старению

4.2.1. Техническое задание

Задание № 2 содержит решение следующих задач:

1). Определение зависимости параметра изделия от наработки для математического ожидания и среднего квадратического отклонения по статистическим данным эксплуатационных наблюдений при двух фиксированных значениях наработки.

2). Определение зависимости параметра изделия от наработки для математического ожидания и среднего квадратического отклонения по статистическим данным эксплуатационных наблюдений при трех фиксированных значениях наработки.

В качестве объекта анализа выбираются параметры гидравлического насоса НП-43М самолета Ту-134 аксиально-поршневого типа, регулируемой подачи.

4.2.2. Необходимые теоретические сведения [5]

При нелинейном характере процесса изменения параметра $\eta(t)$ скорость изменения параметра V может быть аппроксимирована линейной зависимостью

$$V = \frac{d\eta}{dt} = C + k\eta \quad (4.4)$$

Преобразуя и интегрируя левую и правую части (4.4) по времени и параметру, получаем

$$t - t_1 = \frac{1}{k} \ln \frac{C+k\bar{\eta}}{C+k\eta_1},$$

где $\bar{\eta}_1$ и $\bar{\eta}$ - средняя величина параметра при t и общая средняя, соответственно.

В десятичных логарифмах:

$$t - t_1 = \frac{1}{klge} \lg \frac{\frac{C}{k} + \bar{\eta}}{\frac{C}{k} + \bar{\eta}_1}.$$

Обозначая $\frac{1}{klge} = A$, $\frac{C}{k} = h$, получим

$$\bar{\eta} = (\bar{\eta} + h)10^{\frac{t-t_1}{A}} - h. \quad (4.5)$$

Коэффициент А, измеренный в единицах наработки, определяет форму кривой (коэффициент долговечности), коэффициент h, измеренный в единицах параметра, определяет положения кривой (коэффициент смещения).

Дифференцируя (4.5) получим уравнение скорости изменения параметра

$$V = \frac{d\eta}{dt} = \frac{\bar{\eta}_1+h}{Alge} 10^{\frac{t-t_1}{A}}. \quad (4.6)$$

Экспоненциальное уравнение (4.5) предполагает нормальное распределение параметра для любого момента наработки.

В этом случае верхнюю (нижнюю) доверительную границу изменения параметра можно описать таким же экспоненциальным уравнением, подставляя в него вместо математического ожидания исходного параметра верхний (нижний) доверительный предел этой случайной величины

$$\eta_1^1 = \bar{\eta}_1 + t_\alpha \sigma_1,$$

$$\eta_1^{11} = \bar{\eta}_1 - t_\alpha \sigma_1,$$

верхняя доверительная граница процесса изменения параметра

$$\eta^1 = (\bar{\eta}_1 + t_\alpha \sigma_1 + h)10^{\frac{t-t_1}{A}} - h, \quad (4.7)$$

нижняя доверительная граница процесса изменения параметра

$$\eta^{11} = (\bar{\eta}_1 - t_\alpha \sigma_1 + h)10^{\frac{t-t_1}{A}} - h, \quad (4.8)$$

где σ_1 - среднее квадратическое отклонение параметра при наработке

t_1

t_α - коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности α (табл. П.1.1; $f = n - 1$, приняв $n = 20$).

Подставив в (4.7) и (4.8) вместо η^1 и η^{11} значения верхнего и нижнего доверительных пределов в момент t_2 и решив совместно, получим

$$A = \frac{t_2-t_1}{lg \frac{\sigma_2}{\sigma_1}}, \quad (4.9)$$

$$h = \frac{\bar{\eta}_2 - \bar{\eta}_1 \frac{\sigma_2}{\sigma_1}}{\frac{\sigma_2}{\sigma_1} - 1}, \quad (4.10)$$

где $\bar{\eta}_2$ и σ_2 - среднее значение параметра и среднее квадратическое отклонение в момент t_2 .

Уравнения (4.5, 4.7-4.10) дают возможность по статистическим данным эксплуатационных наблюдений параметра в моменты t_1 и t_2 найти уравнения для математического ожидания и доверительных пределов процесса изменения параметра (задача №1).

В случае, если известны математические ожидания параметра $\bar{\eta}_1, \bar{\eta}_2, \bar{\eta}_3$ при трех фиксированных значениях наработки t_1, t_2, t_3 (задача №2) получим

$$h = \frac{\bar{\eta}_2^2 - \bar{\eta}_1 \bar{\eta}_3}{\bar{\eta}_1 + \bar{\eta}_3 - 2\bar{\eta}_2}, \quad (4.11)$$

$$A = \frac{t_3 - t_1}{\lg\left(\frac{\bar{\eta}_3 - \bar{\eta}_2}{\bar{\eta}_2 - \bar{\eta}_1}\right)}. \quad (4.12)$$

4.2.3. Последовательность выполнения работы

1). Получение исходных данных

Варианты задания формируются в соответствии с данными табл. 4.3.

Выбор варианта студенты производят согласно шифру зачетной книжки по сумме трех последних цифр. Исходные данные по параметрам (табл. 4.3) являются результатами эксплуатационных наблюдений за параметрами изделий при фиксированных значениях наработки t

Исходные данные варианта формируются при умножении наработки t на корректирующий коэффициент (табл. 4.3).

2). Порядок решения задачи № 1.

Исходные данные: № варианта, коэффициент корректировки; данный параметр гидронасоса, значения моментных функций: матожидания $\bar{\eta}$ и среднего квадратического отклонения σ при наработках $t_1=500$ ч, $t_2=1000$ ч (в исходном варианте); доверительная вероятность α .

Определение значений коэффициентов долговечности A и смещения h по формулам (4.9) и (4.10), соответственно.

Составление зависимостей матожидания $\bar{\eta}$, верхнего η^1 и нижнего η^{11} доверительных пределов параметра гидронасоса $\eta(t)$ от наработки t по формулам (4.5), (4.7) и (4.8), соответственно.

Составление зависимости скорости V изменения параметра η от наработки t по формуле (4.6).

По полученным зависимостям определить прогноз матожидания $\bar{\eta}$, верхнего η^1 и нижнего η^{11} доверительных пределов и скоростей V изменения параметра на период упреждения $\tau = \frac{t_2}{2}$ (при наработке $t_3 = t_2 + \frac{t_2}{2}$).

Построение графических зависимостей $\bar{\eta}(t), \eta^1(t), \eta^{11}(t), V(t)$ (рис. 4.3).
Порядок решения задачи №2

Исходные данные: № варианта, коэффициент корректировки; данный параметр гидронасоса, значения моментных функций: матожидания $\bar{\eta}$ и среднего квадратического отклонения σ при наработках $t_1=0$ ч., $t_2=500$ ч, $t_3=1000$ ч (в исходном варианте).

Определение значений коэффициентов долговечности A и состояния h по формулам (4.11), (4.12).

Далее выполнить операции в последовательности решения задачи №1 и сравнить результаты прогноза в задачах 1 и 2, сделать выводы.

Таблица 4. 3

Исходные данные по вариантам заданий

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Коэффициент коррекции	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Параметр Гидронасоса	Давление рабочей жидкости $P, \text{ кг/см}^2$				Объемный КПД, γ				Зазор в поршневых парах по $\varnothing 9,2, S_1$ мк				Суммарный осевой люфт $\uparrow \delta, \text{ мк}$				Зазор золотника с гильзой по $\varnothing 6,3 S_2, \text{ мк}$				Зазор направляющей с силовым цилиндром $S_3, \text{ мк}$									
	$\bar{\eta}_p$	σ_p	$\bar{\eta}_\gamma$	σ_γ	$\bar{\eta}_{S_1}$	σ_{S_1}	$\bar{\eta}_\delta$	σ_δ	$\bar{\eta}_{S_2}$	σ_{S_2}	$\bar{\eta}_{S_3}$	σ_{S_3}																		
Наработки $t, \text{ ч}$	0	224.6	0.56	0.929	0.011	25.3	1.4	17.9	4.9	4.7	0.66	21.84	1.69																	
	500	217.9	4.2	0.904	0.026	26.9	2.5	71.6	20.1	9.3	2.0	31.62	3.45																	
	1000	215.9	4.4	0.893	0.048	29.7	3.3	91.5	21.7	10	2.05	37.3	9.5																	
Доверительная вероятность α	0.95				0.9				0.85				0.9				0.85				0.8									

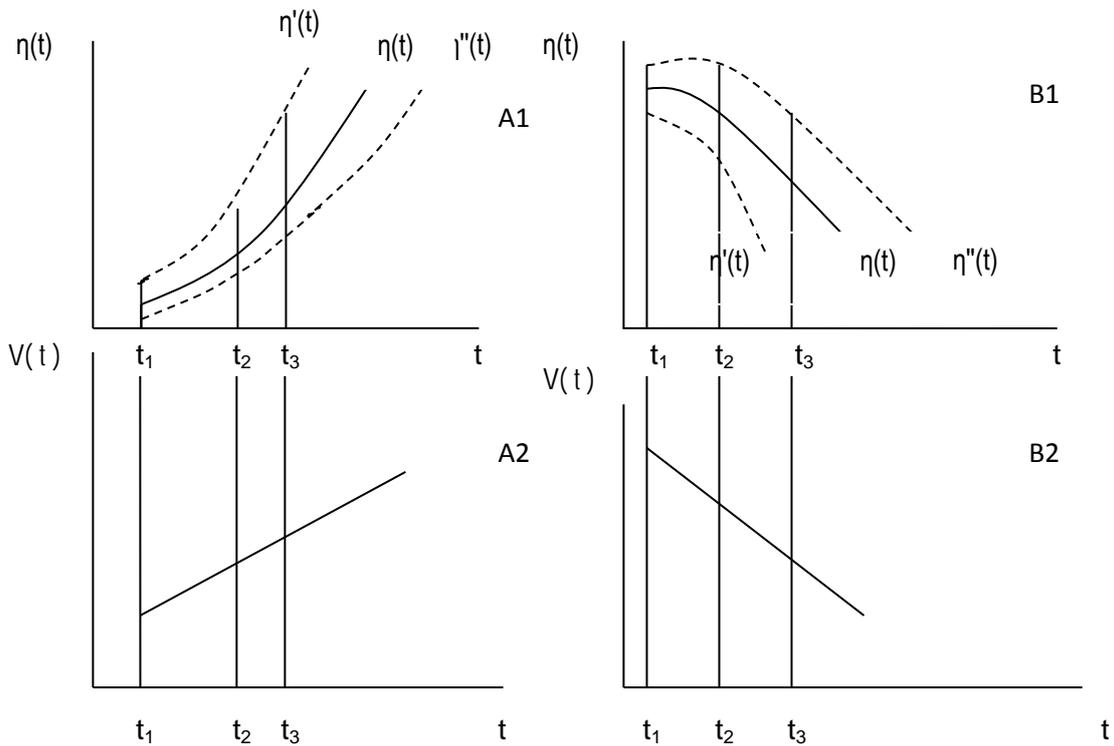


Рис.4.3. Вид зависимостей $\bar{\eta}(t)$, $\eta^1(t)$, $\eta^{11}(t)$, $V(t)$ A1, A2 – при возрастающем; B1, B2 – при убывающем характере изменения параметра $\eta(t)$.

Вопросы, рекомендованные к рассмотрению

1. При нелинейном характере процесса изменения параметра технического состояния изделия какой зависимостью может быть аппроксимирована скорость его изменения от наработки?
2. Какими зависимостями может быть аппроксимирована зависимость параметра технического состояния изделия при линейной зависимости скорости его изменения от наработки?
3. При каких условиях можно аппроксимировать экспоненциальной зависимостью зависимость параметра технического состояния изделия от наработки?
4. Как определить коэффициенты экспоненциальной зависимости и параметра технического состояния изделия от наработки по данным о параметрах нормального распределения параметра?
5. Какие исходные данные должны быть заданы для определения экспоненциальной зависимости параметра технического состояния изделия от наработки?

4.3. Задание № 3. Модели управляемых состояний процесса технической эксплуатации ЛА

4.3.1. Техническое задание:

Задание № 3 содержит решение следующих задач:

1) Определение параметров модели управляемого состояния использования по назначению.

2) Определение параметров управляемого состояния технического обслуживания и ремонта с детерминированной периодичностью и переменным объемом работ.

В качестве объектов анализа выбираются функциональные системы ЛА, характеристики их надежности и видов технического обслуживания и ремонта.

4.3.2. Необходимые теоретические сведения. [2,5]

Модели управляемых состояний: использования по назначению: I_i , $i = \overline{1, S}$ и технического обслуживания и ремонта (ТОиР) B_j , $j = \overline{1, n}$ являются фрагментами полумарковской модели управляемого ПТЭ ЛА.

В модели управляемого состояния использования по назначению (рис. 4.4) выделяются следующие состояния:

- состояния использования I_{i+1} , в котором объект имеет уровень работоспособности ниже, чем в I_i ;
- состояние ТОиР (восстановления) B_j , $j = \overline{1, n}$, посещаемое с периодичностью T_j .

I. Модель управляемого состояния использования по назначению должна удовлетворять следующим требованиям:

1) В предположении ожидания переходов из I_i в I_{i+1} заданы:

а) случайное время пребывания объекта в состоянии I_i , имеющее функцию распределение $F(t)$

$$P\{\tau < t\} = F(t), \quad (4.13)$$

где τ - время пребывания в состоянии I_i до выхода в состояния B_1, \dots, B_n ;

б) вероятность P_1, \dots, P_n ($P_1 + \dots + P_n = 1$) перехода в состояния B_1, \dots, B_n ; соответственно, отражающие периодичность проведения ТО и Р в этих состояниях.

Пусть объект попадает в состояние ТО и Р с периодичностью

$$\tau_o = \int_0^{\infty} t dt$$

а в состояние B_j , $j = \overline{1, n}$ попадает с периодом T_j (суммарное время пребывания объекта в состоянии I_i) между двумя последовательными попаданиями в состояние B_j .

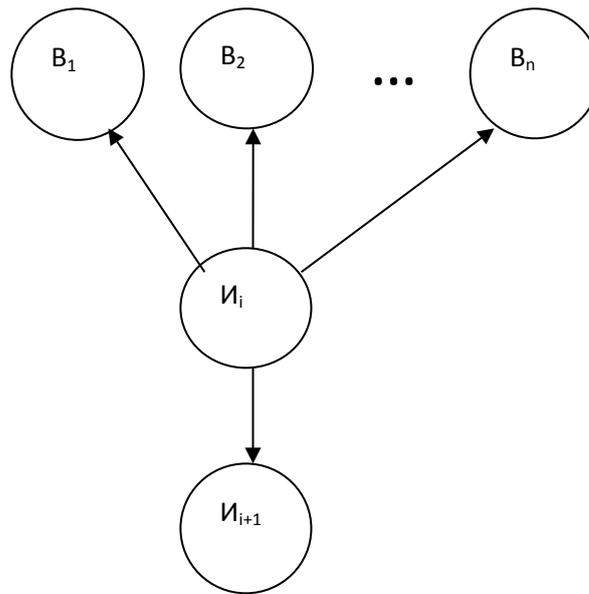


Рис. 4.4. Управляемое состояние использования по назначению ЛА

На практике $T_1, T_2 = K_1 T_1, \dots, T_n = K_{n-1} T_{n-1}$, где K_1, \dots, K_{n-1} – целые числа, при этом P_1 определяется по формулам:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{K_1 - 1}{K_1} = 1 - \frac{T_1}{T_2}, \dots \\
 P_j &= \frac{K_j - 1}{K_j} = \frac{T_1}{T_j} \left(1 - \frac{T_j}{T_{j+1}}\right), \\
 P_1 &= \frac{T_1}{T_n}.
 \end{aligned} \tag{4.14}$$

2). В предположении отсутствия переходов в состояния ТО и Р задано случайное время пребывания объекта в состоянии I_i , распределенное по закону $G(t)$

$$P\{\tau < t\} = G(t), \tag{4.15}$$

где τ - время выхода из I_i в I_{i+1}

Процессы 1) и 2), накладываемые друг на друга, должны отражаться заданием параметров

$$\mu_{I_i B_1} = \mu_{I_i B_2} = \dots = \mu_{I_i B_n},$$

где $\mu_{I_i B_j}$ - среднее время пребывания объекта в состоянии I_i при условии его последующего перехода в состояние ТО и Р,

$\mu_{I_i I_{i+1}}$ - среднее время пребывания в состоянии I_i при условии перехода в состояние I_{i+1} ,

μ_{I_i} - среднее время пребывания в состоянии I_i ,

$P_{I_i B_j}$ - вероятность перехода из I_i в B_j ,

$P_{И_iИ_{i+1}}$ - вероятность перехода из $И_i$ в $И_{i+1}$.

Обозначим $P_{И_iВ}$ вероятность перехода в состояние ТО и Р

$$P_{И_iВ} = \sum_{j=0}^n P_{И_iВ_j} = 1 - P_{И_iИ_{i+1}},$$

тогда получим

$$P_{И_iВ_j} = P_j P_{И_iВ} \quad (4.16)$$

Вероятность $F(t)$ выхода объекта в состояние $В = \cup В_j$, $j = \overline{1, n}$ до наступления отказа за время $\tau(t)$ определяется по формуле:

$$\bar{G}(t) = \int_0^t (1 - F(t)) dG(t) \quad (4.17)$$

Параметры состояний фрагмента модели процесса технической эксплуатации определяются по формулам:

$$P_{И_iВ_j} = P_j \left(1 - \int_0^t G(t) dF(t) \right), j = \overline{1, n}$$

$$\mu_{И_iВ_j} = \frac{\int_0^\infty t(1-F(t)) dG(t)}{1 - \int_0^\infty G(t) dF(t)}, j = \overline{1, n} \quad (4.18)$$

$$\mu_{И_iИ_{i+1}} = \frac{\int_0^\infty t(1-G(t)) dF(t)}{1 - \int_0^\infty F(t) dG(t)},$$

$$\mu_{И_i} = \int_0^\infty tF(t) + \int_0^\infty tG(t) - \int_0^\infty tF(t)G(t)$$

В частном случае, соответствующем детерминированной периодичности ТО и Р τ_0 , получим

$$F(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t \geq 0 \end{cases}$$

Тогда приведенные выше формулы (4.17) примут вид:

$$P_{И_iИ_{i+1}} = G(\tau_0) \quad (4.19)$$

$$P_{И_iВ_j} = P_j(1 - G(\tau_0)), j = \overline{1, n}, \quad (4.20)$$

$$\mu_{И_iВ_j} = \tau_0, \quad (4.21)$$

$$\mu_{И_iИ_{i+1}} = \frac{1}{G(\tau_0) \int_0^{\tau_0} tG(t)}, \quad (4.22)$$

$$\mu_{И_i} = \int_0^{\tau_0} tG(t) = \tau_0(1 - P_{И_iИ_{i+1}}), \quad (4.23)$$

Функции и параметры распределений (экспоненциального, нормального и Вейбулла) приведены в табл. 4.4.

Функции распределения и параметры распределения

Закон распределения	Функция распределения $F(t) = G(\tau_0) =$	Параметры распределения
Экспоненциальный	$1 - e^{-\lambda\tau_0}$	$\lambda = \frac{1}{m_t}$
Нормальный	$\Phi\left(\frac{\tau_0 - m_t}{\sigma_t}\right)$	m_t, σ_t
Вейбулла	$1 - e^{-\left(\frac{\tau_0}{a}\right)^b}$	$v = \frac{\sigma_t}{m_t}$ $b = f(v)$ $a = \frac{m_t}{K_b}$

Примечание:

1) функция нормального распределения определяется по табл. П.1. 2.

2) параметры распределения Вейбулла определяются по табл. П1.3: по значению коэффициента вариации v находим параметр (b) и коэффициент K_b и вычисляем параметр а.

II. Модель управляемого состояния ТООР (рис. 4.5) с детерминированной периодичностью и переменным объемом работ определяет следующую ситуацию: из исходного состояния (одно из состояний использования I_i , $i = \overline{1, s}$) объект попадает с периодичностью τ_0 в состояние ТООР V_j , где выполняется некоторый постоянный объем работ A_{i1} и переменный объем работ A_{jk} , $k = \overline{2, m}$ при каждом попадании в это состояние ТООР.

Принята следующая структура состояния процесса технической эксплуатации V_j : состояния V_{jk} , $k = \overline{1, m}$, в которых выполняется объем работ A_{jk} ; «нулевые» состояния Φ_{jk} , $k = \overline{1, m}$, характеризующиеся нулевыми значениями среднего времени пребывания и расходов на единицу времени пребывания объекта в них.

Вероятности переходов P_i, q_j , (рис. 4.5) удовлетворяют условию

$$P_i, q_i \geq 0, P_i + q_i = 1.$$

Продолжительность пребывания μ_i в состоянии V_{jk} , является аддитивным параметром. В состоянии Φ_{jk} продолжительность пребывания равна нулю.

Среднее время μ_{jcp} пребывания в состоянии ТООР V_j удовлетворяет уравнению:

$$\mu_{jcp} = P_1\mu_1 + P_2\mu_2 + \dots + P_m\mu_m \quad (4.24)$$

Другие параметры состояния ТО и Р B_j :

средние трудовые затраты

$$\tau_{jcp} = P_1\tau_1 + P_2\tau_2 + \dots + P_m\tau_m, \quad (4.25)$$

средняя стоимость ТО и Р

$$C_{jcp} = P_1C_1 + P_2C_2 + \dots + P_mC_m, \quad (4.26)$$

В частном случае модель состояния ТО и Р характеризуется значениями параметров:

$$P_1 = 1, P_2 = \frac{1}{2}, \dots, P_m = \frac{1}{m},$$

$$\mu_{jcp} = \mu_1 + \frac{\mu_2}{2} + \dots + \frac{\mu_m}{m}, \quad (4.27)$$

$$\tau_{jcp} = \tau_1 + \frac{\tau_2}{2} + \dots + \frac{\tau_m}{m}, \quad (4.28)$$

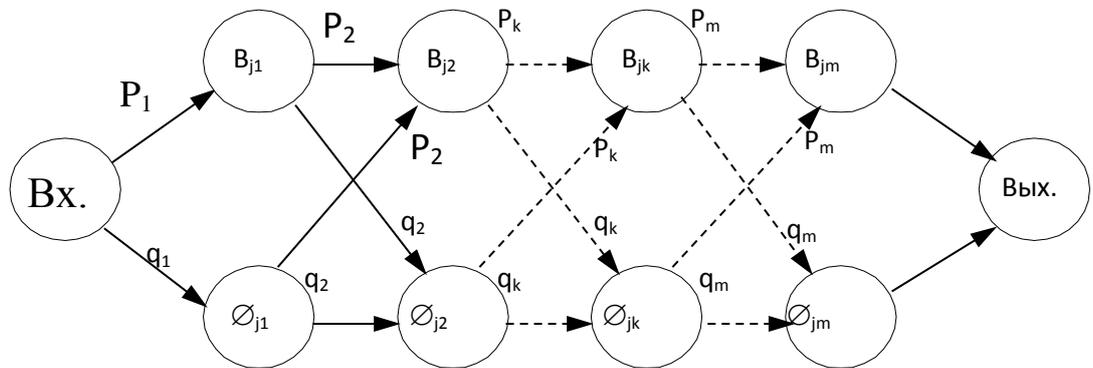


Рис.4.5. Управляемое состояние ТОиР ЛА

$$C_{jcp} = C_1 + \frac{C_2}{2} + \dots + \frac{C_m}{m}, \quad (4.29)$$

4.3.3. Получение вариантов исходных данных

Варианты задания формируются в соответствии с данными табл. 4.5 путем умножения их на корректирующие коэффициенты. Выбор варианта задания производится согласно шифру зачетной книжки по сумме трех последних цифр.

Для получения значения варианта задания следует умножить исходные данные $m_t, \sigma_t, t_i, \tau_i$ на коэффициент корректировки варианта задания.

4.3.4. Последовательность выполнения работы.

Задача №1

Исходные данные: № варианта, корректирующий коэффициент, значения моментных функций m_t и σ_t при разных законах распределения, периодичностей T_i , ч, продолжительностей t_i , ч и трудоемкостей τ_i , чел-ч, ТО и Р самолета (табл. 4.5).

Порядок решения задачи №1

1) Определение вероятностей $\overline{P}_j, j = \overline{1, r}$ по формуле (4.14)

2) Оценка параметра экспоненциального распределения и управляемого состояния использования по назначению:

параметры распределения λ (табл. 4.5);

вероятности перехода $P_{I_i I_{i+1}}$ (табл. 4.5);

вероятностей переходов $P_{I_i B_1}, P_{I_i B_2}, P_{I_i B_3}, P_{I_i B_4}$ по формуле (4.20), и найденным ранее значениям вероятностей $P_j, j = \overline{1, r}$,

времени пребывания в состоянии I_i по формуле (4.23).

3) Оценка параметров нормального распределения и управляемого состояния использования по назначению:

параметров распределения m_t и σ_t , заданных в исходных данных (табл. 4.4);

вероятности перехода $P_{I_i I_{i+1}} = G(\tau_0)$ по формуле, приведенной в табл. 4.5 и по данным табл. П. 1.2.

вероятностей переходов $P_{I_i B_1}, P_{I_i B_2}, P_{I_i B_3}, P_{I_i B_4}$ по формуле (4.20) и найденным ранее значениям $P_j, j = \overline{1, r}$;

времени пребывания в состоянии I_i по формуле (4.23).

4). Оценка параметров распределения Вейбулла и управляемого состояния использования по назначению:

коэффициента вариации по формуле приведенной в табл. 4.5,

параметра распределения b и коэффициента K_b по табл. П.1.3,

параметра распределения a ;

вероятности перехода $P_{I_i I_{i+1}}$ (табл. 4.5);

вероятностей переходов $P_{I_i B_1}, P_{I_i B_2}, P_{I_i B_3}, P_{I_i B_4}$ по формуле (4.20) и найденным значениям вероятностей $P_j, j = \overline{1, r}$;

времени пребывания в состоянии I_i по формуле (4.23).

Задача №2

Исходные данные: № варианта, корректирующий коэффициент, значения периодичностей T_i ч, продолжительностей t_i , ч и трудоемкостей τ_i , чел.- ч ТОиР самолета или продолжительностей, трудоемкостей ТОиР при заданных вероятностях переходов (см. табл. 5.4)

Порядок решения задачи №2

1) Определение параметров управляемого состояния ТОиР по исходным данным, приведенным в пп. 2,3 табл. 4.4:

вероятности $P_j, j = \overline{1, r}$ (оценены в задаче №1);

среднего времени пребывания в состоянии ТОиР по формуле (4.24);

средней трудоемкости в состоянии ТОиР по формуле (4.25).

2) Определение параметров управляемого состояния ТОиР по данным п.4 табл. 4.5 (частный случай):

вероятности $P_j, j = \overline{1, r}$ заданы;

среднего времени пребывания в состоянии ТОиР находим по формуле (4.27); средней трудоемкости в состоянии ТОиР - по формуле (4.28).

Вопросы, рекомендованные к рассмотрению

1. Какие управляемые состояния принимаются в модели процесса технической эксплуатации?

2. Дайте характеристику модели управляемых состояний использования по назначению и ТОиР процесса технической эксплуатации ЛА.

3. Как определяются характеристики процесса технической эксплуатации в модель управляемого состояния использования по назначению ЛА?

4. Какие функции распределения времени пребывания в состояниях используются в моделях управляемых состояний ЛА?

4.4. Задание № 4. Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА с учетом старения и частичного восстановления

4.4.1. Техническое задание.

Задание № 4 содержит решение следующих задач:

1) Определение параметров закона распределения Вейбулла наработки изделия до отказа;

2) Оценка параметров функции затрат на техническое обслуживание и ремонт ЛА;

3) Определение оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта изделий ЛА;

4). Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА, $P_j, j = \overline{1, r}$

Объектом анализа является ЛА, изделия которого по мере старения подвергаются частичному восстановлению. Пусть $I_k, 0 \leq k \leq N$ состояние объекта в зависимости от числа восстановлений, а В – состояние частичного восстановления, в котором с вероятностью P_0 («качество восстановления») изделие заменяется новым (полностью восстанавливается), а с вероятностью $q_0 = 1 - P_0$ продолжает эксплуатироваться в прежнем состоянии (рис. 4.6). Установлен заданный уровень безотказности: вероятности безотказной работы $P^* = 1 - q^*$, где q^* - допустимая вероятность отказа. Состояние U_k является смешанным состоянием, т.е. среднестатистический объект, находящийся в состоянии U_k с вероятностью $P_{sk}, 0 \leq s \leq N$, $\sum_s P_{sk}$ является объектом, проработавшим время $s\tau_0$ без восстановления, где τ_0 - периодичность технического обслуживания (ремонта) ЛА.

Варианты заданий

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Коэффициент Корректировки	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3
1.Значения моментных функций																														
Наработок до Отказа t																														
Экспоненциаль- ный m_t	1000					2000					3000					4000					5000					6000				
Нормальный m_t	1000					2000					3000					4000					5000					6000				
σ_t	350					650					950					1300					1600					1900				
Вейбулла	1000					2000					3000					4000					5000					6000				
m_t																														
σ_t	550					1100					1600					2100					2600					3200				
2.Периодичность ТО самолета типа	Ту-134					Ту-134					Як-40					Ту-154					Ил-62м					Ил-86				
T_1	330					300					300					300					300					330				
T_2	1000					900					900					900					900					1000				
T_3	2000					1800					1800					1800					1800					2000				
T_4	6000					6000					10000					6000					10000					10000				

Таблица 4.5 (продолжение)

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Коэффициент Корректировки	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3
Продолжитель- ность t_i ч и трудоемкость τ_i чел.-ч ТоиР при периодичности:	t_i		τ_i		t_i		τ_i		T_i		τ_i		t_i		τ_i		t_i		τ_i		T_i		τ_i							
T_1	114,3	123,8		112,5		237,9		298,3		295,5		134,5		350,6		141,9		451,7		270		571,9								
T_2	179,6	194,6		183,3		387,8		529,9		525,2		204,2		532,6		224,5		714,7		464,5		982,8								
T_3	346,1	374,8		280,2		601,5		1475,9		1254,9		309,3		806,5		353,6		1125		1407		2977,4								
T_4	1140	2800		1140		2800		2795,9		2980		1020		5115		2800		5000		2858,5		6050								
Продолжитель- ность t_i ч и трудоемкость τ_i чел.-ч ТоиР при вероятностях переходов:	t_i		τ_i		t_i		τ_i		T_i		τ_i		t_i		τ_i		t_i		τ_i		t_i		τ_i							
$P_1=1$	50	120		70		150		90		170		100		200		120		250		150		300								
$P_2=1/2$	150	270		100		200		120		250		160		350		200		310		250		370								
$P_3=1/3$	200	350		210		500		250		450		260		450		350		600		400		650								
$P_4=1/4$	300	600		350		700		360		550		300		600		460		750		550		810								
$P_5=1/5$	450	800		500		810		400		1000		460		850		510		900		620		950								
$P_6=1/6$	520	950		550		950		560		1200		500		1000		620		1100		750		1200								
$P_7=1/7$	750	1020		700		1200		800		1500		680		1300		760		1500		900		1800								

4.4.2. Необходимые теоретические сведения.

Для изделия, полное восстановление (замена на новое) которого производится с вероятностью $P(\tau_0 = 1 - P_0)$ - вероятность продолжения эксплуатации в том же состоянии) при каждом техническом обслуживании (ремонте), выполняемом с периодичностью τ_0 , установлена заданная вероятность безотказной работы $P^* = 1 - q^*$, где q^* - допустимая вероятность отказа. Задача управления режимами технического обслуживания и ремонта ЛА заключается в определении периодичности τ_0 (и, возможно, «качества восстановления» P_0), обеспечивающих минимальные удельные затраты на техническое обслуживание и ремонт $C(\tau_0, P_0)$ при заданном уровне надежности $P \geq 1 - q^*$. Блок-схема модели оптимизации режимов технического обслуживания и ремонта изделий с учетом старения и частичного восстановления приведена на рис. 4.6.

При решении задач приняты следующие предположения:

1) наработка изделий до отказа имеет распределение Вейбулла с плотностью

$$\lambda \alpha t^{\alpha-1} e^{-\lambda t^\alpha}, \quad (4.30)$$

где λ, α - параметры распределения Вейбулла;

в табл. П.1.3 $\alpha = b$

$$\lambda = \frac{1}{a^b}, \quad (4.31)$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(\frac{m_t}{K_b}\right)^b}.$$

Коэффициент вариации определяется по формуле:

$$v = \frac{\sigma_t}{m_t}, \quad (4.32)$$

где m_t и σ_t - математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение наработки до отказа, соответственно.

2) функция затрат на техническое обслуживание и ремонт имеет вид

$$M_0(t) = A_1 + A_2 t + A_3 t^\beta, \quad \beta > 0, \quad (4.33)$$

где A_1 - разовые затраты

$A_2 t$ - затраты пропорциональные времени (наработке),

$A_3 t^\beta$ - затраты на восстановление.

Оценка параметров функции затрат выполняется по формулам

$$M_0(t) = A_1 + A_3 t^\beta, \quad (4.34)$$

где

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln M_{0i} \cdot \ln t_i) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln M_{0i} \cdot \sum_{i=1}^n \ln t_i}{\sum_{i=1}^n (\ln t_i)^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n \ln t_i)^2}, \quad (4.35)$$

$$A_3 = \exp\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln M_{0i} - \beta \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln t_i\right), \quad (4.36)$$

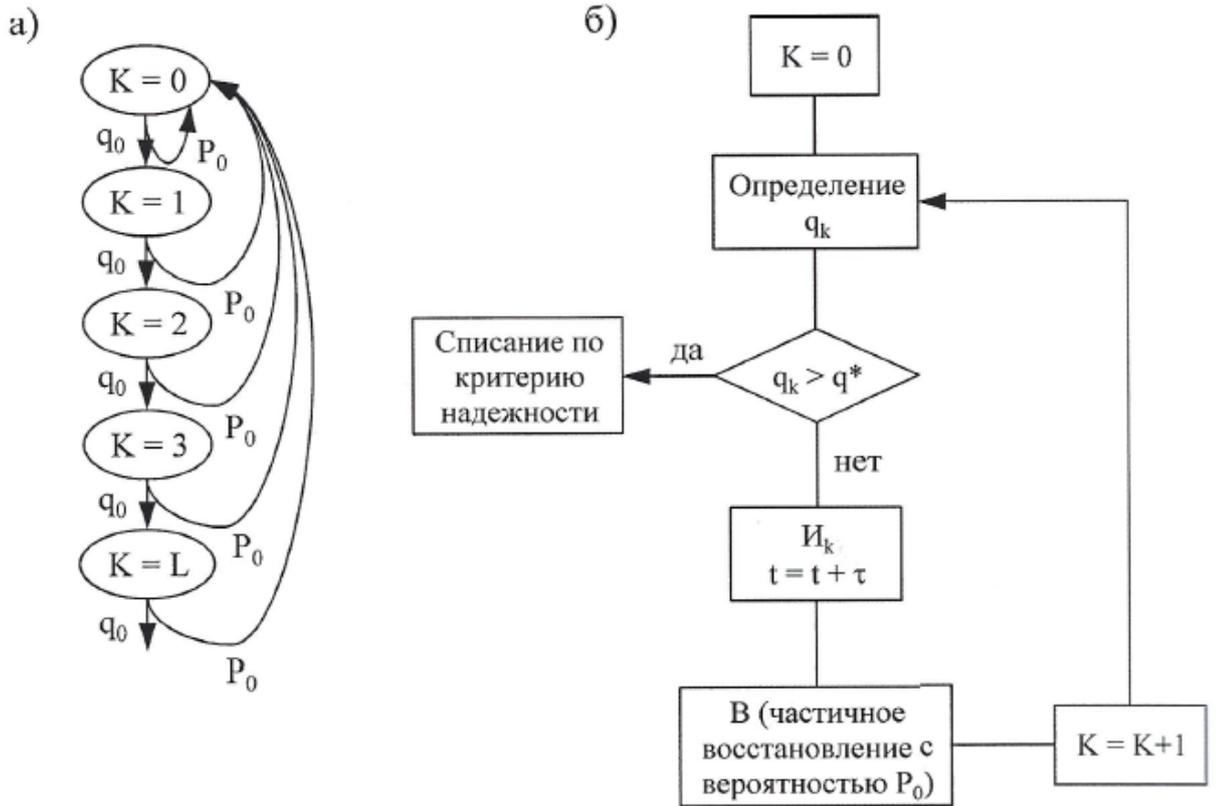


Рис. 4.6. Модель управления режимами технического обслуживания и ремонта изделий с учетом старения и частичного восстановления: а) механизм формирования технического состояния изделий; б) блок-схема модели процесса технической эксплуатации изделий.

$$A_1 = \begin{cases} M_{01} + \Delta M_{01}^\alpha \text{ при } A_3 < 0 \\ M_{01} + \Delta M_{01}^\alpha \text{ при } A_3 > 0 \\ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_{01} \text{ при } A_3 = 0 \end{cases}, \quad (4.37)$$

$$\Delta M_0^\alpha = t_f^{\alpha^*} \cdot \frac{\bar{S}(M_0)}{\sqrt{n}},$$

$$\alpha^* = 0,99, f = n - 1, \quad (4.38)$$

$$\bar{S}(M_0) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_{0i}^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n M_{0i})^2}{n-1}}, \quad (4.39)$$

где $t_f^{\alpha^*}$ - коэффициент Стьюдента при уровне значимости α^* и числе степеней свободы f для выборки объема n .

При заданных значениях P_0 , q^* , найденных выше параметрах распределения Вейбулла λ, α и параметрах функции затрат A_1, A_2, A_3 , β оптимальная периодичность технического обслуживания и ремонта определяется следующим образом:

А. В предположении выполнения условия бесконечного времени жизни изделия вычисляем оптимальную периодичность технического обслуживания и ремонта τ_0

$$\tau_0 = \left| \frac{A_1}{A_3 \cdot (\Gamma(\beta+1))(\beta-1)} \right|^{\frac{1}{\beta}} \cdot |\ln q_0|, \quad (4.40)$$

где $\Gamma(\beta + 1)$ - гамма-функция (табл. П.1.4)

Б. Проверка условия бесконечного времени жизни изделия

$$\frac{q_0 |\ln q_0|}{\tau_0} \int_0^\infty f_0(t) e^{-t(\ln q_0)/\tau_0} dt \leq q^* \quad (4.41)$$

Если $f_0(t)$ имеет распределение Вейбулла (4.30), то соотношение (4.41) можно заменить на

$$\frac{\lambda \cdot \tau_0^\alpha \cdot P_0^2 \cdot \Gamma(\alpha+1)}{q_0 \cdot |\ln q_0|^{\alpha+1}} \leq q^* \quad (4.42)$$

В. Если значение τ_0 из (4.40) удовлетворяет неравенствам (4.42), то вычисленная по (4.40) периодичность технического обслуживания и ремонта является оптимальной.

В противном случае τ_0 определяется из уравнения

$$\frac{q_0 |\ln q_0|}{\tau_0} \int_0^\infty f_0(t) e^{-t(\ln q_0)/\tau_0} dt = q^* \quad (4.43)$$

или, в случае распределения Вейбулла, по формуле

$$\tau_0 = \left| \frac{q_0 q^* (\ln q_0)^{\alpha+1}}{\lambda P_0^2 \Gamma(\alpha+1)} \right|^{\frac{1}{\alpha}} \quad (4.44)$$

Управление режимами технического обслуживания и ремонта можно производить, варьируя значением вероятности полного восстановления («качества восстановления») P_0 .

4.4.3. Последовательность выполнения работы.

1) Получение исходных данных.

Варианты исходных данных формируются в соответствии с данными табл. 4.6.

Выбор варианта задания студентами производится согласно шифру зачетной книжки по сумме трех последних цифр.

2) Порядок решения задач:

Задача №1. Определение параметров закона распределения Вейбулла наработки изделия до отказа. Вычислить коэффициент вариации по формуле (4.32).

По табл. П.2 определить параметр $\alpha=b$ и коэффициент K_b , по которому вычислить $\lambda = \frac{1}{a^b}$

Задача №2. Оценка параметров функции затрат на техническое обслуживание и ремонт ЛА.

1) Вычислить параметр β по формуле (4.35). Расчеты рекомендуется выполнить с использованием табл. 4.7.

2) Определить A_3 по формуле (4.36).

3) По табл. П.1 определить коэффициент Стьюдента для $\alpha^* = 0,99$, $f = n - 1$, приняв $n = 25$.

Определить ΔM_0^α по формуле (4.38), приняв $\bar{S}(M_0) = M_0/2$.

4) вычислить A_1 по формуле (4.37) с учетом полученного значения параметра A_3 .

Задача №3. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта ЛА.

Расчеты выполнить в следующем порядке:

1) в предположении условия бесконечного времени жизни изделия определить τ_0 по формуле (4.40), значения гамма-функции определить по табл. П.1.4;

2) проверить условие бесконечного времени жизни по формуле (4.42);

3) если значение τ_0 из (4.40) удовлетворяет неравенству (4.42), то вычисленная по (4.40) периодичность технического обслуживания и ремонта τ_0 является оптимальной;

4) в противном случае τ_0 определяется по формуле (4.43) или, в случае распределения Вейбулла, по формуле (4.44).

Задача №4. Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА.

Варьируя значениями вероятности полного восстановления P_0 , определить значения периодичностей технического обслуживания и ремонта, повторив расчеты по формулам (4.40) или (4.44). Построить график $\tau_0(P_0)$ и выполнить анализ полученных результатов.

Вопросы, рекомендованные к рассмотрению

1. Поясните схему модели управления режимами технического обслуживания и ремонта изделий с учетом старения и частичного обновления.

2. Сформулируйте задачу определения оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта изделий с учетом старения и частичного обновления.

3. Какой критерий применяется при оптимизации технического обслуживания?

4. Какое принято распределение наработки до отказа изделий при решении задачи?

5. Какую функцию затрат на техническое обслуживание и ремонта изделий используют при решении задачи?

6. Как определить оптимальную периодичность технического обслуживания и ремонта изделий с учетом старения и частичного обновления?

Исходные данные

Вариант	t , ч	M_{0i} , чел-ч	$P^* P^*$	P_0	m_t	σ_t
1,2	300	85,0	0,95	0,30	1000	550
	900	177,3				
	1800	274,4				
3,4	300	91,5	0,90	0,25	2000	1100
	900	277,3				
	1800	360,2				
5,6	300	176,5	0,85	0,20	3000	1600
	900	454,9				
	1800	634,6				
7,8	300	112,5	0,80	0,15	3500	1900
	900	257,3				
	1800	421,2				
9,10	300	133,4	0,75	0,12	2800	1500
	900	302,2				
	1800	570,3				
11,12	300	142,2	0,95	0,18	2500	1400
	900	295,5				
	1800	570,2				
13,14	300	156,1	0,92	0,16	3200	1800
	900	342,5				
	1800	590,4				
15,16	300	84,7	0,80	0,15	4000	2100
	900	123,6				
	1800	198,2				
17,18	300	39,1	0,75	0,10	5000	2600
	900	71,2				
	1800	176,0				
19,20	300	123,8	0,70	0,05	6000	3200
	900	194,6				
	1800	374,8				
21,22	300	98,2	0,90	0,20	4600	2500
	900	210,4				
	1800	395,3				
23,24	300	135,2	0,95	0,15	3700	2000
	900	250,1				
	1800	480,5				
25,26	300	67,2	0,85	0,25	5200	3000
	900	150,3				
	1800	290,4				
27,28	300	98,3	0,98	0,18	4200	2400
	900	210,2				
	1800	450,5				
29,30	300	127,2	0,85	0,20	3800	2000
	900	280,4				
	1800	620,3				

Расчет параметра β

t_i	M_{0i}	$\ln t_i$	$\ln M_{0i}$	$\ln t_i \ln M_{0i}$	$(\ln t_i)^2$
					$\ln t_i$
		$\sum_{i=1}^n \ln t_i$	$\sum_{i=1}^n \ln M_{0i}$	$\sum_{i=1}^n \ln t_i \ln M_{0i}$	$\sum_{i=1}^n (\ln t_i)^2$

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П.1.1

Значения коэффициента Стьюдента t_α

$f = k$	α						
	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99	0.995	0.999
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.09	31.60
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	12.92
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.595	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.500	4.029	5.408
8	1.397	1.860	2.306	2.897	3.355	3.833	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.781
10	1.372	1.813	2.228	2.764	3.169	3.581	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.373	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.625	2.977	3.326	4.141
15	1.341	1.753	2.131	2.603	2.947	3.286	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.584	2.921	3.252	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.540	2.861	3.174	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.850
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.792
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.745
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.707
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.674
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.646
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.705	2.971	3.551
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.936	3.496
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.460
80	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887	3.416
100	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871	3.391
150	1.287	1.655	1.976	2.352	2.609	2.849	3.357
200	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	2.839	3.340
300	1.284	1.650	1.968	2.339	2.592	2.828	3.323
500	1.283	1.648	1.965	2.334	2.586	2.82	3.310
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.291

Значения $F_0(x)$

X		0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	5000	5040	5080	5120	5160	5199	5239	5279	5319
0.1	0	5398	5438	5478	5517	5557	5596	5636	5675	5714
0.2	0	5793	5832	5871	5910	5948	5987	6026	6064	6103
0.3	0	6179	6217	6255	6293	6331	6368	6406	6443	6480
0.4	0	6554	6591	6628	6664	6700	6736	6772	6808	6844
0.5	0	6915	6950	6985	7019	7054	7088	7123	7157	7190
0.6	0	7257	7291	7324	7357	7389	7422	7454	7486	7517
0.7	0	7580	7611	7642	7673	7704	7344	7764	7794	7823
0.8	0	7881	7910	7939	7967	7995	8023	8051	8078	8106
0.9	0	8159	8186	8212	8238	8264	8289	8315	8340	8365
1	0	8413	8438	8461	8485	8508	8531	8554	8577	8599
1.1	0	8643	8665	8686	8708	8729	8749	8770	8790	8810
1.2	0	8849	8869	8888	8907	8925	8944	8962	8980	8997
1.3	0.9	0320	0490	0658	0824	0988	1149	1308	1466	1621
1.4	0.9	1924	2073	2220	2364	2507	2647	2785	2922	3056
1.5	0.9	3319	3448	3574	3699	3822	3943	4062	4179	4295
1.6	0.9	4520	4630	4738	4845	4950	5053	5154	5254	5352
1.7	0.9	5543	5637	5728	5818	5907	5994	6080	6164	6246
1.8	0.9	6407	6485	6562	6637	6712	6784	6856	6926	6995
1.9	0.9	7128	7193	7257	7320	7381	7441	7500	7558	7615
2	0.9	7725	7778	7831	7882	7932	7982	8030	8077	8124
2.1	0.9	8214	8257	8300	8341	8382	8422	8461	8500	8537
2.2	0.9	8610	8645	8679	8713	8745	8778	8809	8840	8870
2.3	0.9	8928	8956	8983	9010	9036	9061	9086	9111	9134
2.4	0.99	1802	2024	2240	2451	2656	2857	3053	3244	3431
2.5	0.99	3790	3963	4132	4297	4457	4614	4766	4915	5060
2.6	0.99	5339	5473	5603	5731	5855	5975	6093	6207	6319
2.7	0.99	6533	6636	6736	6833	6928	7020	7110	7197	7282
2.8	0.99	7445	7523	7599	7673	7744	7814	7882	7948	8012
2.9	0.99	8134	8193	8250	8305	8359	8411	8462	8511	8559
3	0.99	8650	8694	8736	8777	8817	8856	8893	8930	8965

Коэффициенты для распределения Вейбулла

b	K_b	C_b	ν
0.2	120	1900	15.83
0.3	8.86	46.9	5.29
0.4	3.32	10.4	3.14
0.5	2	4.47	2.24
0.6	1.50	2.61	1.74
0.7	1.27	1.86	1.46
0.8	1.13	1.43	1.26
0.9	1.05	1.17	1.11
1	1.00	1.00	1.00
1.1	0.965	0.878	0.910
1.2	0.941	0.787	0.837
1.3	0.924	0.716	0.775
1.4	0.911	0.659	0.723
1.5	0.903	0.612	0.678
1.6	0.897	0.574	0.640
1.7	0.892	0.540	0.605
1.8	0.889	0.512	0.575
1.9	0.887	0.485	0.547
2	0.886	0.463	0.523
2.1	0.886	0.441	0.489
2.2	0.886	0.425	0.480
2.3	0.886	0.409	0.461
2.4	0.887	0.394	0.444
2.5	0.887	0.380	0.428
3	0.893	0.326	0.365
3.5	0.900	0.285	0.316
4	0.906	0.255	0.281

$$m_t = aK_b$$

$$\sigma(t) = aC_b$$

Таблица П. 1.4

Значения Гамма-функции

X	$\Gamma(x)$	X	$\Gamma(x)$	X	$\Gamma(x)$	X	$\Gamma(x)$
1.00	1.0000	1.25	0.9064	1.50	0.8862	1.75	0.9191
1.01	0,9943	1,26	0.9044	1.51	0.8866	1.76	0.9214
1.02	0,9888	1,27	0.9025	1.52	0.8870	1.77	0.9238
1.03	0,9835	1,28	0.9007	1.53	0.8876	1.78	0.9262
1.04	0.9784	1.29	0.8990	1.54	0.8882	1.79	0.9288
1.05	0.9735	1.30	0.8975	1.55	0.8889	1.80	0.9314
1.06	0,9687	1,31	0.8960	1.56	0.8896	1.81	0.9341
1.07	0,9642	1,32	0.8946	1.57	0.8905	1.82	0.9368
1.08	0.9597	1.33	0.8934	1.58	0.8914	1.83	0.9397
1.09	0.9555	1.34	0.8922	1.59	0.8924	1.84	0.9426
1.10	0.9514	1.35	0.8912	1.60	0.8935	1.85	0.9456
1.11	0.9474	1.36	0.8902	1.61	0.8947	1.86	0.9487
1.12	0.9436	1.37	0.8893	1.62	0.8959	1.87	0.9518
1.13	0.9399	1.38	0.8885	1.63	0.8972	1.88	0.9551
1.14	0.9364	1.39	0.8879	1.64	0.8986	1.89	0.9584
1.15	0.9330	1.40	0.8873	1.65	0.9001	1.90	0.9618
1.16	0.9298	1.41	0.8868	1.66	0.9017	1.91	0.9652
1.17	0.9267	1.42	0.8864	1.67	0.9033	1.92	0.9688
1.18	0.9237	1.43	0.8860	1.68	0.9050	1.93	0.9724
1.19	0.9209	1.44	0.8858	1.69	0.9068	1.94	0.9761
1.20	0.9182	1.45	0.8857	1.70	0.9086	1.95	0.9799
1.21	0.9156	1.46	0.8856	1.71	0.9106	1.96	0.9837
1.22	0.9131	1.47	0.8856	1.72	0.9126	1.97	0.9877
1.23	0.9108	1.48	0.8857	1.73	0.9147	1.98	0.9917
1.24	0.9085	1.49	0.8859	1.74	0.9168	1.99	0.9958
0.5	1.7725	1.5	0.8862	2.5	1.3294	3.5	3.3233
0.5	$\sqrt{\pi}$	1.5	$1/2 \sqrt{\pi}$	2.5	$3/4 \sqrt{\pi}$	3.5	$15/8 \sqrt{\pi}$

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

Кафедра технической эксплуатации ЛАиАД

«Проверена»

Руководитель ДП

степень, звание, Ф.И.О.

(подпись, дата)

«Защищена»

с оценкой _____

Комиссия

(подпись, дата)

(подпись, дата)

КУРСОВАЯ РАБОТА
 по дисциплине «Управление системами и процессами
 эксплуатации»

НА ТЕМУ

«Управление системами и процессами
 технической эксплуатации летательных аппаратов»

Курсовую работу выполнил

Студент _____

Ф.И.О. _____ (подпись)

Шифр _____

Группа _____

Дата _____

Москва 20__

ЛИТЕРАТУРА

1. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Управление системами и процессами эксплуатации авиационной техники. Учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 2014.
2. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Управление системами и процессами эксплуатации авиационной техники. Методы управления системами и процессами эксплуатации авиационной техники: учеб. пособие. – М.: МГТУ ГА, 2016.
3. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Эффективность процессов технической эксплуатации ЛА: учеб. пособие. – М.: МГТУ ГА, 2011.
4. Ицкович А.А., Чинючин Ю.М., Смирнов Н.Н., Файнбург И.А. Управление качеством процессов технической эксплуатации АТ: учеб. пособие М.: МГТУ ГА, 2011.
5. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Управление системами и процессами эксплуатации авиационной техники. Пособие по выполнению практических занятий «Управление системами и процессами эксплуатации авиационной техники». - М.: МГТУ ГА, 2013.
6. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов: Пособие по проведению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 2011.
7. Ицкович А.А., Алексанян А.Р., Файнбург И.А. Управление системами и процессами эксплуатации авиационной техники. Пособие по проведению практических занятий «Функциональное моделирование систем и процессов эксплуатации авиационной техники». - М.: МГТУ ГА, 2014.
8. Ицкович А.А., Алексанян А.Р., Файнбург И.А. Управление системами и процессами эксплуатации авиационной техники. Пособие по проведению практических занятий «Имитационное моделирование систем и процессов эксплуатации авиационной техники». - М.: МГТУ ГА, 2016.
9. Далецкий С.В. Проектирование системы технического обслуживания и ремонта воздушных судов гражданской авиации. – М.: МАИ, 2001.
10. Далецкий С.В., Деркач О.Я., Петров А.Н. Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации. – М.: Воздушный транспорт, 2002.
11. Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники гражданской авиации. НТЭРАТ ГА-93. Приказ ДВТ 20.09.94 № ДВ.
12. Основные положения по разработке требований к плановому техническому обслуживанию самолета. Совместный документ изготовителя и авиакомпания. АТА MSG-3. Изменение 20093.1. – США: АТА, 2003.
13. Федеральные авиационные правила. Требования к юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, осуществляющим коммерческие перевозки. Форма и порядок выдачи документа, подтверждающего соответствие юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, осуществляющих коммерческие перевозки требованиям Федеральных авиационных правил, утвержденного Минтранс России 13.08.2015 г., № 246.

14. Приложение 6 к Конвенции о международной гражданской авиации "Эксплуатация воздушных судов". ИКАО, 2010г.
15. Приложение 8 к Конвенции о международной гражданской авиации. Лётная годность воздушных судов. Международный стандарт. ИКАО, 2010г.
16. Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации "Управление безопасностью полетов". ИКАО, 2013г.
17. Руководство по летной годности (Дос. 9760). ИКАО, 2001г.
18. Федеральный закон РФ «Воздушный кодекс Российской Федерации» от 19.03.97г.№ 60-ФЗ.
19. ГОСТ Р 53863-2010 Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Термины и определения.
20. ГОСТ Р 54080-2010. Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Информационно-аналитическая система мониторинга летной годности воздушных судов. Общие требования.
21. ГОСТ Р 54869. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом. –М.: Стандартиформ, 2012.
22. Ицкович А.А., Чернов А.О., Файнбург Г.Д., Файнбург И.А. Повышение эффективности процессов поддержания летной годности воздушных судов на основе методологии управления проектами. Научный вестник МГТУ ГА. 2017; 20(1): 26-35.
23. Ицкович А.А., Файнбург Г.Д., Файнбург И.А., Чернов А.О. Система процессов и проектов поддержания летной годности воздушных судов. Научный вестник МГТУ ГА. 2018; 21(1): 164-173.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения.....	4
1.1	Учебный план по дисциплине.....	4
1.2.	Цели освоения дисциплины	4
1.3.	Результаты изучения дисциплины «Управление системами и процессами эксплуатации» обучающимся.....	5
2.	Методические указания по изучению дисциплины.....	5
2.1.	Общие методические указания	5
2.2.	Методические указания по изучению разделов дисциплины.....	6
3.	Методические указания по выполнению курсовой работы.....	11
3.1.	Общие требования к курсовой работе	11
3.2.	Содержание пояснительной записки КР.....	13
4.	Методические рекомендации по выполнению контрольных заданий курсовой работы	14
4.1.	Задание № 1. Управление объемами запасных частей для замены отказавших изделий.....	14
4.2.	Задание № 2. Управление техническим состоянием изделий, подверженных износу и старению	19
4.3.	Задание № 3. Модели управляемых состояний процесса технической эксплуатации ЛА	24
4.4.	Задание № 4. Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА с учетом старения и частичного восстановления	30
	Приложение 1. Таблицы коэффициентов и значений функций распределения случайных величин.....	39
	Приложение 2. Титульный лист курсовой работы.....	44
	Литература.....	45

Подписано в печать 08.07.2019 г.
Формат 60x84/16 Печ.л. 3 Усл. печ. л. 3,49
Заказ 494/ Тираж 30 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д.20

Отпечатано ООО «МИР»
394033, г. Воронеж, Ленинский пр-т 119А, лит. Я, оф. 215
Тел.: 8 (958) 649-53-31 Email: 89586495331@mail.ru