

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

---

Ю.М.Чинючин, И.Ф.Полякова

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
И РЕМОНТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Часть I

Москва – 2004

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

---

Кафедра технической эксплуатации летательных  
аппаратов и авиадвигателей  
Ю.М.Чинючин, И.Ф. Полякова

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
И РЕМОНТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Часть I

Рекомендуется УМО для  
межвузовского использования  
в качестве учебного пособия  
для студентов специальности 061100

Москва - 2004

Печатается по решению редакционно-издательского совета Московского государственного технического университета ГА.

Рецензенты: д-р экон. наук, проф. О.В.Репина,  
д-р техн. наук, проф. А.А.Ицкович

Чинючин Ю.М., Полякова И.Ф.

Основы технической эксплуатации и ремонта авиационной техники: Учебное пособие. Часть I.-М.: МГТУ ГА, 2004.-.....с.

Учебное пособие издается в соответствии с новым учебным планом для студентов дневной и заочной форм обучения по специальности 061100 «Менеджмент организации» и содержит материал учебно-методического характера, необходимый для изучения основных вопросов теории и практики технической эксплуатации и ремонта гражданских воздушных судов.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры «\_\_\_»\_\_\_\_\_ 2004 г.  
и Методического совета по специальности 061100 «\_\_\_»\_\_\_\_\_ 2004 г.

### Принятые обозначения:

- АП - авиапредприятие;
- АТ - авиационная техника;
- АТБ - авиационно-техническая база;
- ВПП - взлетно-посадочная полоса;
- ГА - гражданская авиация;
- ГСМ - горюче-смазочные материалы;
- ГТД - газотурбинные двигатели;
- ИАС - инженерно-авиационная служба;
- ИТС - инженерно-технический состав;
- КБ - конструкторское бюро по проектированию ЛА и изделий АТ;
- ЛА - летательный аппарат;
- ПДО - производственно-диспетчерский отдел;
- ПТЭ - процесс технической эксплуатации;
- ПЭР - прямые эксплуатационные расходы;
- СВП - самолетно-вертолетный парк;
- ТО - техническое обслуживание;
- ТОиР - техническое обслуживание и ремонт;
- ФС - функциональная система;
- ЭТ - эксплуатационная технологичность;

## Содержание

Введение	3
<b>Глава 1. Летательный аппарат как объект эксплуатации</b>	<b>5</b>
1.1. Особенности проектирования ЛА	5
1.2. Основные компоненты ЛА	5
1.3. Основные требования, предъявляемые при эксплуатации ЛА	8
1.4. Надёжность изделий авиационной техники	8
1.4.1. Безотказность изделий АТ	8
1.4.2. Долговечность изделий АТ	11
1.4.3. Ремонтопригодность изделий АТ	14
1.4.4. Сохраняемость изделий АТ	14
1.5. Эксплуатационная технологичность ЛА	14
1.5.1. Единичные конструктивно-технологические свойства ЛА	14
1.5.2. Показатели эксплуатационной технологичности	17
1.5.3. Определение единичных показателей	19
1.5.4. Определение обобщённых показателей	20
1.5.5. Оценка и анализ показателей ЭТ	23
<b>Глава 2. Организация технической эксплуатации летательных аппаратов</b>	<b>24</b>
2.1. Система технического обслуживания и ремонта	24
2.2. Организация работ по ТО ЛА. Виды и формы ТО ЛА	26
2.2.1. Виды и формы ТОиР ЛА	26
2.2.2. Стратегии ТОиР изделий АТ	29
2.3. Классификация работ по ТО	31
2.4. Методы организации работ по ТО ЛА	32
2.5. Особенности построения системы ТОиР зарубежных самолётов	38
2.6. Задачи и организационная структура инженерно-авиационной службы	38
2.6.1. Задачи инженерно-авиационной службы	38
2.6.2. Организационная структура инженерно-авиационной службы и АТБ авиапредприятия	41
<b>Глава 3. Управление эффективностью процессов технической эксплуатации воздушных судов</b>	<b>48</b>
3.1. Структура процесса технической эксплуатации	48
3.2. Математическая модель ПТЭ	49
3.3. Эффективность ПТЭ ЛА. Выбор показателей эффективности	53
3.4. Расчёт показателей эффективности ПТЭ	57
3.5. Оценка и анализ уровня эффективности ПТЭ	58
3.6. Оперативное управление эффективностью ПТЭ ЛА	66
3.6.1. Основные понятия и определения	66
3.6.2. Цель и задачи оперативного управления	67
3.6.3. План повышения эффективности ПТЭ	68
3.7. Обеспечение экономичности технической эксплуатации	69
3.7.1. Укрупнённая структура общих эксплуатационных расходов	69
3.7.2. Роль ИАС в повышении экономичности технической эксплуатации	73
3.7.3. Определение экономического эффекта от снижения затратных показателей эффективности ПТЭ ЛА	75



## ВВЕДЕНИЕ

Гражданская авиация России является одной из важнейших транспортных отраслей народного хозяйства. Самолеты гражданской авиации выполняют рейсы в более чем 100 стран мира.

В условиях острой необходимости быстрого роста объема авиаперевозок и других видов работ, связанных с применением авиации в народном хозяйстве, возрастанием роли ГА в транспортной системе страны, в то же время, усложнения авиационной техники и технологических процессов ее применения, вопросы совершенствования методов хозяйствования, всемерного повышения эффективности авиатранспортного производства, интенсификации использования авиатехники, умения экономически грамотно ее эксплуатировать приобретает особую актуальность.

Менеджеры по специальности «МЕНЕДЖМЕНТ ОРГАНИЗАЦИИ» готовятся к профессиональной деятельности в области управления авиатранспортным производством. Они предназначены для работы в эксплуатационных и ремонтных предприятиях, научно-исследовательских и проектных организациях, а также учебных заведениях ГА по таким видам профессиональной деятельности, как производственно-управленческая, экспериментально - исследовательская, проектная и производственно-технологическая.

Успешное выполнение обязанностей менеджера, работающего в ГА, возможно не лишь при наличии у него определенного общеинженерного кругозора.

С этой целью учебный план по указанной специальности предусматривает изучение комплекса инженерно-технических дисциплин, направленных на освоение авиатранспортного производства в области аэропортов и воздушных трасс, организации и технологии пассажирских и грузовых перевозок, эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Экономические науки о воздушном транспорте не могут быть оторваны от технических наук, изучающих вопросы авиации и авиационной техники. Прогресс техники оказывает существенное влияние на экономику, а она, в свою очередь, определяет основные направления научно-технического прогресса.

Настоящее учебное пособие имеет целью помочь будущим инженерам-менеджерам подготовиться к предстоящей деятельности в ГА. Оно написано в соответствии с программой курса «Основы технической эксплуатации и ремонта авиационной техники», принятой для подготовки студентов по специальности 061100.

Опыт преподавания данного курса свидетельствует о том, что освоение вопросов, предусмотренных программой, представляет для студентов определенные трудности. В значительной степени это объясняется тем, что в настоящее время отсутствуют специальные учебники и другие литературные источники, которые содержали бы систематическое изложение материалов курса в соответствии с новой программой с учетом требований государственного образовательного стандарта по указанной новой специальности.

Настоящее учебное пособие базируется на материалах лекций, прочитанных в МИИГА – МГТУ ГА по курсу «Основы летно-технической эксплуатации, ремонта и безопасности полетов» для студентов специальности 1726, по курсам «Авиатехника,

ее обслуживание и ремонт» и «Основы технической эксплуатации и ремонта авиационной техники» для студентов специальности 0611. При написании пособия использованы действующие в ГА нормативно-технические документы по технической эксплуатации, поддержанию летной годности воздушных судов и обеспечению безопасности полетов.

Учебное пособие состоит из двух частей.

Первая часть включает три главы:

- Глава 1. Летательный аппарат как объект эксплуатации;
- Глава 2. Организация технической эксплуатации летательных аппаратов;
- Глава 3. Управление эффективностью процессов технической эксплуатации летательных аппаратов.

Вторая часть включает две главы:

- Глава 1. Технологические процессы технического обслуживания ЛА;
- Глава 2. Технологические процессы ремонта ЛА.

Приобретение теоретических знаний, закрепление практических навыков и умений по изучаемой дисциплине осуществляется в процессе лекционных и специальных практических занятий, а также ознакомительной производственной практик, проводимых в предприятиях и организациях ГА.

## Глава 1. Летательный аппарат как объект эксплуатации

### 1.1. Особенности проектирования ЛА

При проектировании ЛА осуществляется процесс выбора его основных параметров, к числу которых относятся:

- геометрические характеристики (площадь фюзеляжа и крыла, стреловидность крыла и др.);
- компоновочные характеристики (шаг кресел, диапазон центровки и др.);
- лётно-технические характеристики (дальность полета, взлетная дистанция и др.);
- ограничения (уровень шума на местности, стояночная нагрузка и др.);
- характеристики массы ЛА (коммерческая загрузка, пассажироместимость, масса конструкции и др.);
- критерии топливной эффективности (удельный расход топлива, себестоимость перевозок и др.);
- аэродинамические характеристики (устойчивость, управляемость и др.);
- требования к двигательной установке (тяга, развиваемая двигателем на взлете, на разных эшелонах полета и др.);
- прочностные характеристики конструкции ЛА;

### 1.2. Основные компоненты ЛА

#### 1.2.1. Планер самолёта

*Планер самолета* – это фюзеляж, крыло (включая механизацию крыла), хвостовое оперение с рулевыми поверхностями, гондолы шасси, обтекатели и каналы воздухозаборников, расположенных внутри фюзеляжа.

Планер самолета имеет ряд разъемов, которые облегчают сборку и ремонт планера. Силовые элементы планера изготавливаются из алюминиевых сплавов, магниевых сплавов, а наиболее нагруженные элементы – из стали. Обшивка выполняется из алюминиевых сплавов с нанесением лакокрасочных покрытий.

Основные факторы, влияющие на надежность элементов конструкции планера:

- аэродинамические нагрузки (действующие при взлете, на эшелоне, при посадке);
- акустические нагрузки (воздействие вибрационных и акустических нагрузок, возникающих при работе двигателей);
- широкий диапазон температур, при которых осуществляется эксплуатация ЛА (от -50° до +50° при стоянке и до -70° в полете).

### 1.2.2. Система управления ЛА

Система управления самолетом включает системы управления рулями (высоты и направления), стабилизатором, механизацией крыла (элеронами, закрылками, предкрылками и др.)

В систему управления входят:

- командные органы (штурвал, штурвальная колонка, ручки, тумблеры и т. д.);
- проводка управления (тросовая и жесткая);
- источники энергии - силовой привод (гидравлический, электрогидравлический и др.);
- управляемый орган (рули высоты, направления и др.);
- элементы сигнализации.

На надежность работы системы управления влияют значительные аэродинамические нагрузки, действующие в полете на рулевые поверхности. Кроме того, работа всех элементов системы протекает в специфических условиях полета, сопровождающихся перегрузками, деформациями, вибрационными нагрузками, нагревом. Многие элементы системы работают в условиях интенсивного загрязнения.

### 1.2.3. Шасси

Шасси представляет собой систему опор ЛА, предназначенную для обеспечения стоянки и движения по земле при рулении, взлете и посадке. Шасси снабжаются тормозами и устройствами, поглощающими энергию ударов при посадке ЛА и движении его по ВПП – это амортизаторы и пневматики колес. При полете шасси убираются в специальные отсеки, находящиеся в крыле или фюзеляже ЛА и закрываемые створками. Шасси относятся к одним из наиболее нагруженных элементов конструкции ЛА.

На надежную работу шасси влияют следующие факторы – силы реакции земли (при посадке), центробежные силы при развороте ЛА на ВПП, неровности ВПП; аэродинамические силы, действующие при взлете и посадке; атмосферные условия (способствуют развитию коррозии и разрушению резины покрышек); нагрузки при применении тормозных устройств.

### 1.2.4. Гидравлическая система

Гидравлическая система (г/с) – предназначена для привода в действие различных бортовых функциональных систем, например, исполнительных механизмов отклонения органов управления, систем уборки-выпуска шасси, тормозных механизмов колес шасси и т. д.

В состав г/с входят баки с рабочей жидкостью, источники давления (насосы, гидроаккумуляторы), трубопроводы, различные клапаны, фильтры, гасители пульсаций, приборы сигнализации и защиты. Для повышения надежности применяется резервирование г/с.

### **1.2.5. Высотное оборудование**

Высотное оборудование служит для обеспечения нормальной жизнедеятельности экипажа и пассажиров во время полета ЛА. К высотному оборудованию относят СКВ – систему кондиционирования воздуха в гермокабине; СРД – систему регулирования давления в гермокабине; кислородную систему, которая, в случае необходимости, осуществляет подачу кислорода пассажирам и членам экипажа. От надежной работы высотного оборудования зависит комфортность пассажиров и экипажа при полете ЛА.

### **1.2.6. Силовая установка**

*Силовая установка* – это совокупность авиационного двигателя (двигателей), систем и устройств ЛА, обеспечивающих необходимую для полета тягу.

Кроме двигателей в состав силовой установки входят топливная и масляная системы; система регулирования режимов работы двигателей; противопожарное и другое оборудование. Надежной работе двигателей в процессе их эксплуатации уделяется большое внимание, так как нарушение их режимов работы может привести к усложнению условий полета, что в свою очередь повлияет на безопасность полетов.

### **1.2.7. Пилотажно-навигационное оборудование**

Пилотажно-навигационное оборудование обеспечивает решение задач навигации и управления ЛА (определение текущего местоположения ЛА; определение отклонения от заданной траектории полета; формирование команд управления движением центра масс ЛА на заданной траектории, а также индикация пилотажно-навигационных параметров, информация об отказах аппаратуры и ряд других).

### **1.2.8. Радиотехническое оборудование**

Радиотехническое оборудование, в основной состав которого входят радиосвязное оборудование (используется для обмена информацией между членами экипажа и между ними и наземными радиостанциями); радионавигационное оборудование (радиовысотомер, доплеровский измеритель скорости и угла сноса, бортовая радиолокационная станция и др.)

### **1.2.9. Электрооборудование**

*Электрооборудование* – бортовые электротехнические устройства ЛА, необходимые для получения, распределения и использования электроэнергии. К ним относятся:

- источники электроснабжения – генераторы и преобразователи тока и напряжения, аккумуляторы;
- устройства стабилизации напряжений и частоты тока;
- электрооборудование силовой установки (автономные электростартеры, стартер - генераторы, работающие для запуска маршевых ГТД) и другие устройства.

### **1.3. Основные требования, предъявляемые к процессу эксплуатации и к ЛА.**

При использовании ЛА по назначению должны выполняться основные требования, предъявляемые к ГА как к транспортной системе – это обеспечение безопасности и регулярности полетов совместно с экономичностью эксплуатации. Добиться выполнения этих требований возможно за счет создания таких ЛА, конструкции которых обладают такими свойствами как высокая надежность и эксплуатационная технологичность, при одновременном применении высокоэффективной системы ТОиР [1].

### **1.4. Надёжность изделий авиационной техники**

*Надежность* – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования [4].

Надежность является сложным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения состоит из сочетания свойств: безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Ниже приводятся пояснения и определения, раскрывающие эти свойства.

#### **1.4.1. Безотказность изделий АТ**

Введем основные определения [4]:

*Безотказность* – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки.

*Объект* – это изделие АТ, агрегат, весь ЛА в целом.

Изделие АТ может находиться в одном из следующих состояний (рис. 1.1), при этом переход из состояния в состояние осуществляется через определенное событие [5].

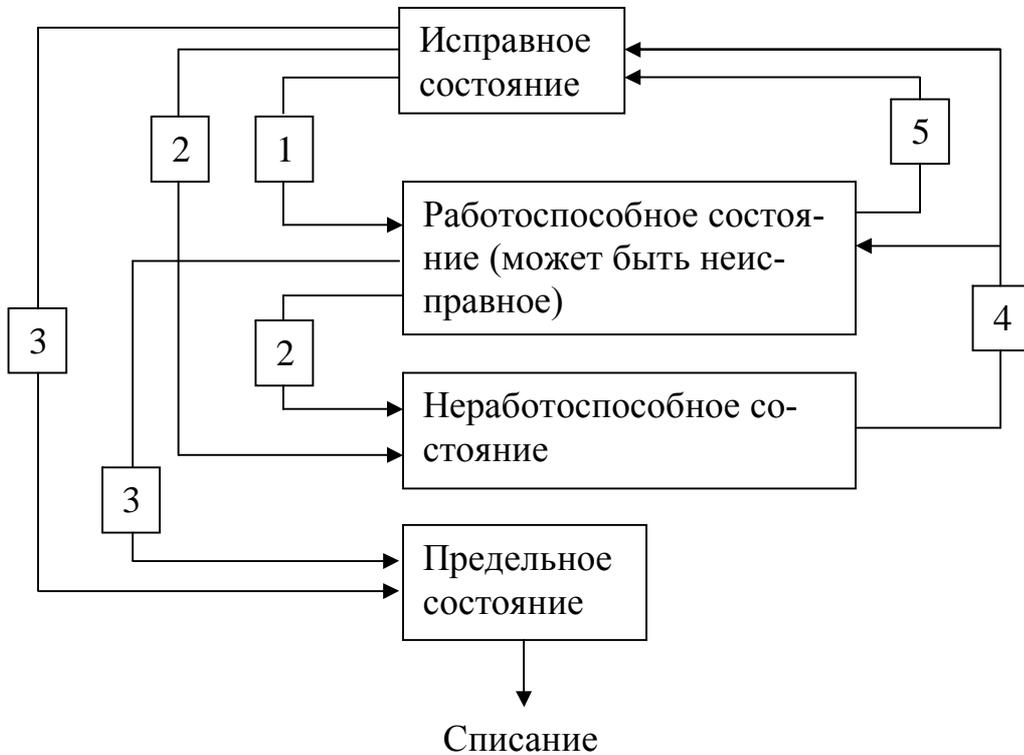


Рис. 1.1. Схема основных состояний объекта эксплуатации  
 1 – повреждение; 2 – отказ; 3 – переход изделия АТ в предельное состояние из-за неустранимого разрушения конструкции; 4 – восстановление (ремонт); 5 – восстановление.

*Исправное состояние* – это состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

*Неисправное состояние* – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

*Работоспособное состояние* – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

*Неработоспособное состояние* – состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

*Предельное состояние* – состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно, либо восстановление его исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

*Восстанавливаемый (невосстанавливаемый) объект* – объект, для которого в рассматриваемой ситуации проведение восстановления работоспо-

собного состояния предусмотрено (не предусмотрено) в нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

*Отказ* – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

*Повреждение* – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния. Классификация повреждений и отказов изделий АТ приведена на рисунке 1.2 [5].



Рис. 1.2. Виды повреждений и отказов

### 1.4.2. Долговечность изделий АТ

*Долговечность* – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта [1].

#### 1.4.2.1. Факторы, влияющие на долговечность.

Долговечность зависит от многочисленных факторов, которые можно подразделить на прочностные, эксплуатационные и организационные (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Факторы, влияющие на долговечность

Большие затраты на производство ЛА обуславливают необходимость обеспечения соответствующей долговечности и длительности их использования по назначению. Специалисты считают, что экономически выгоднее длительность использования современных пассажирских самолетов должна составлять порядка 60 000 часов налета [5]. При этом возникают проблемы связанные с физической, экономической и моральной долговечностью ЛА (рис. 1.4.).

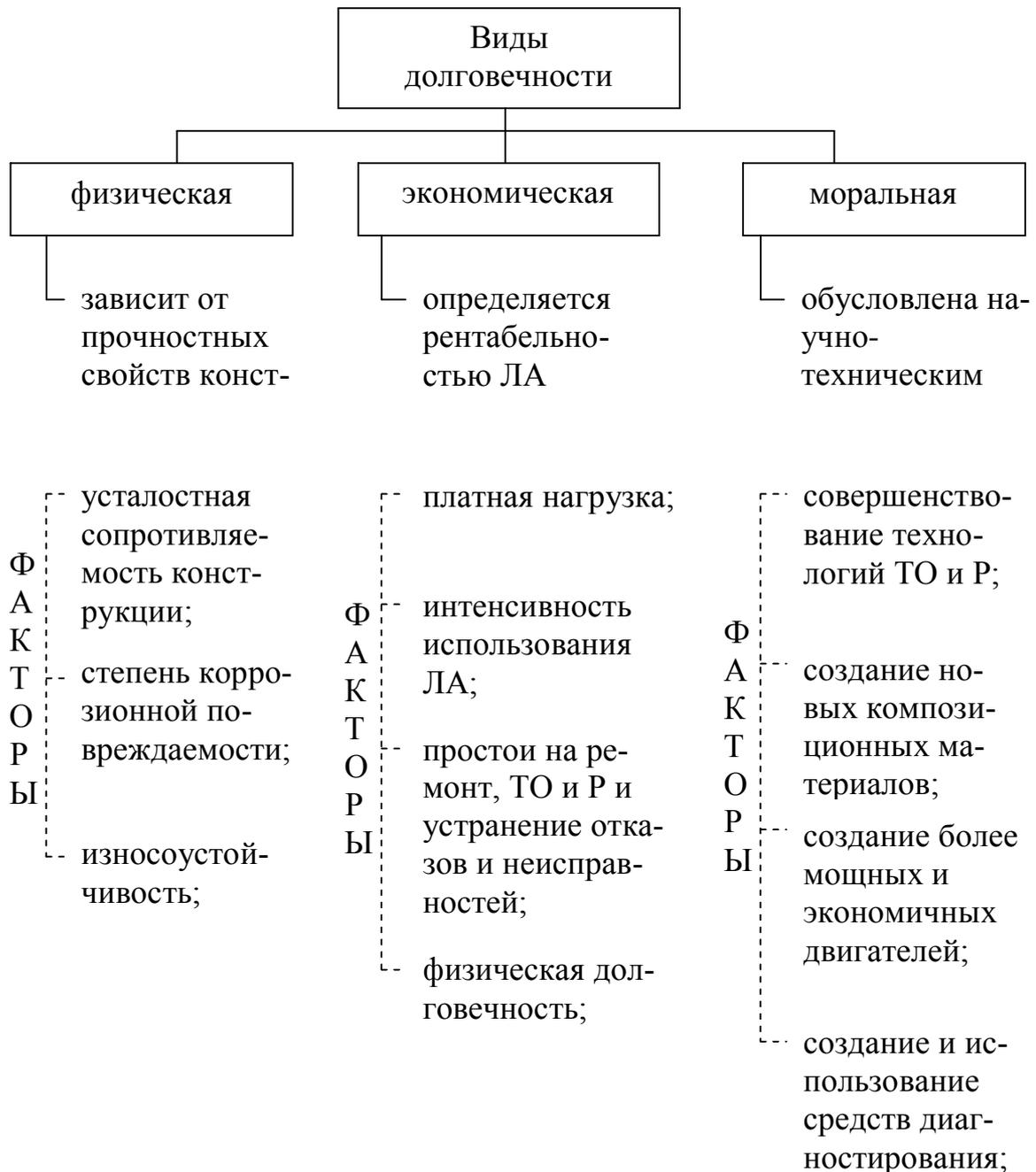


Рис. 1.4. Виды долговечности

Перечень факторов, влияющих на долговечность, можно продолжить; в приведенной схеме (рис. 1.4) указаны наиболее значимые.

Для количественной оценки долговечности используется понятие ресурса и срока службы.

Под *ресурсом* понимают продолжительность функционирования изделий АТ, которая выражается в летных часах (наработка) или циклах работы (например, количество посадок).

*Срок службы* – это календарная продолжительность работы изделия АТ.

Различают следующие виды ресурсов и сроков службы:

- гарантийный;
- назначенный;
- до первого ремонта;
- межремонтный;
- гамма-процентный;
- средний.

Существуют расчетные и экспериментальные методы для определения ресурса.

Примеры величин назначенных ресурсов для отечественного парка самолетов (по состоянию на 1.1.1999 г.) приведены в таблице 1.1 [6].

Таблица 1.1.  
Расчётный и фактический назначенный ресурс

Тип ЛА	Назначенный ресурс, ч	
	Расчетный	Фактический
АН-24 1971*	20000	54000
ИЛ-76 1980*	30000	20000
ИЛ-86 1980*	30000	30000
ИЛ-96 1990*	60000	24000
ТУ-154 1967*	30000	40000
ЯК-42 1980*	30000	20000

\* - год начала эксплуатации

Фактический ресурс был обоснован и подтвержден для парка самолетов данного типа.

### **1.4.3. Ремонтпригодность изделий АТ**

*Ремонтпригодность* – это свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов [4]. Характеризуется ремонтпригодность вероятностью того, что время восстановления работоспособного состояния изделия АТ или ЛА в целом не превысит заданного.

### **1.4.4. Сохраняемость изделий АТ**

*Сохраняемость* – это свойство объекта сохранять показатели безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения и (или) транспортирования.

## **1.5. Эксплуатационная технологичность ЛА**

Под *эксплуатационной технологичностью* понимается свойство конструкции ЛА, заключающееся в приспособленности его к выполнению всего комплекса работ по ТО и Р с использованием наиболее экономичных технологических процессов [3].

Эксплуатация ЛА приводит к изменению его технического состояния по различным причинам, например, в результате износа, старения, воздействия внешних неблагоприятных факторов.

Если своевременно не проводить работы по ТО и Р, которые направлены на восстановление исправного или работоспособного состояния изделий АТ, то их надежность будет ухудшаться. Следовательно, будет снижаться и уровень безопасности полетов.

А чтобы иметь возможность качественно и экономично выполнять работы по ТОиР, конструкция изделий АТ должна быть приспособлена к этому, т.е. обладать свойством – эксплуатационная технологичность.

Эксплуатационная технологичность ЛА является комплексным свойством конструкции. Оно формируется при создании ЛА под воздействием ряда эксплуатационных факторов, которые следует учитывать, а также за счет обеспечения определенной совокупности единичных конструктивно-технологических свойств ЛА.

### **1.5.1. Единичные конструктивно-технологические свойства ЛА.**

Единичные конструктивно-технические свойства ЛА, обеспечивающие его приспособленность к ТОиР и формируемые на этапах проектирования и производства, имеют первостепенное значение. К числу единичных конструктивно-технологических свойств относятся: доступность к объектам обслуживания и ремонта, контролепригодность, легкосъемность, взаимозаменяемость, восстанавливаемость, унифицированность узлов и агрегатов, крепежных деталей, преимущество средств наземного обслуживания и контрольно-измерительной аппаратуры.

*Доступность к объектам ТО и Р* является одним из важнейших конструктивных свойств, способствующих сокращению времени и трудовых затрат при проведении всех плановых работ по ТО и Р, а также при определении мест внезапных отказов, повреждений и их устранении.

При рассмотрении вопроса о доступности имеют в виду прежде всего удобство работы (позу) исполнителя при выполнении основных операций ТО и Р с минимальным объемом дополнительных работ.

Исполнитель должен иметь возможность достать рукой до любой нужной точки в зоне рабочего места, не меняя удобной позы, отчетливо просматривать всю зону рабочего места, правильно и надежно держать инструментами нужную деталь.

Степени доступности. С точки зрения удобства работы различают:

а) отличная доступность – исполнитель достигает место работы без утомления, не затрачивая излишних усилий на сохранение рабочей позы во время работы;

б) удовлетворительная доступность – исполнитель, достигая место работы, которое видно отчетливо, должен при этом принять несколько неудобное положение (например, встать на колени, присесть на корточки и др.)

в) недостаточная доступность – когда поза исполнителя неудобна и утомительна.

В зависимости от позы исполнителя значительно изменяется производительность его труда.

Например: поза «стоя, руки вытянуты вперед» – производительность труда при этом - 100%; поза «сидя на корточках, руки вытянуты вперед» – производительность труда всего ~35% [3]. При этом для выполнения одного и того же объема операций требуются различные трудоемкость и продолжительность работ.

В понятие доступности, кроме удобства работы исполнителя, входит также приспособленность объекта к проведению на нем целевых работ по ТО и Р с минимальными объемами дополнительных работ или вообще без них.

При этом под дополнительными работами понимаются: открытие и закрытие панелей, крышек люков, демонтаж и монтаж рядом установленного оборудования и другие работы.

По мере усложнения конструкции ЛА требование хорошей доступности все более выступает в противоречие с тенденцией сокращения относительных и абсолютных объемов отсеков для размещения приборов и оборудования. Рост числа приборов и оборудования ЛА происходит, как правило, не пропорционально увеличению объемов отсеков. Это обстоятельство лишний раз свидетельствует о важности и актуальности проблемы обеспечения хорошей доступности к агрегатам и оборудованию ЛА.

*Контролепригодность* - важное свойство конструкции для проведения объективного контроля параметров систем (ФС) и изделий АТ ЛА различными средствами и методами.

Это свойство особенно важно для сложных ФС ЛА, у которых более 50% времени текущего ремонта (т.е. работ по восстановлению исправного состояния) уходит на определение места и характера отказа или повреждения.

Значение проблемы контролепригодности изделий АТ и конструкции ЛА в первую очередь определяется требованиями обеспечения их надежной работы. Обеспечение приспособленности конструкций к проведению проверок исправности АТ теми или иными методами и средствами контроля неизбежно связано с дополнительными затратами. Однако это затраты окупаются за счет повышения надежности, более эффективного использования ЛА и сокращения расходов на проведения ТОиР.

Контролепригодность оказывает решающее влияние на внедрение в практику новых, более эффективных методов выполнения ТОиР и, в частности, метода технического обслуживания и замены агрегатов и изделий по фактическому техническому состоянию.

Опыт эксплуатации изделий АТ разных видов показывает, что обеспечение контролепригодности является посильной задачей для конструкторов и технологов. Во многих случаях для ее решения не требуется даже существенно усложнять конструкцию, необходимо лишь знать процессы развития повреждения, определяющие параметры и уметь выбрать наиболее эффективные для каждого конкретного случая контрольные точки, методы и средства контроля.

*Легкосъемность* – свойство конструкции изделия, означающее его пригодность к замене с минимальными затратами времени и труда.

Её не следует смешивать с доступностью. На ЛА имеются такие детали и изделия, к которым обеспечена отличная доступность, но замена их при эксплуатации затруднена. На борту ЛА ремонт отказавшего изделия не осуществляют. Такое изделие необходимо снять с ЛА и заменить на аналогичное исправное. Поэтому требование легкосъемности имеет важное значение для сокращения времени простоев ЛА и повышения регулярности их полетов (т.е. для повышения эффективности их эксплуатации). Легкосъемность во многом определяется применяемыми способами крепления изделий, заменяемых в эксплуатации, конструкцией разъемов, массой и габаритами съемных элементов.

Необходимо, чтобы все детали, подвергающиеся наиболее интенсивному изнашиванию и старению, а также имеющие большую частоту отказов, были легкосъемными. В ряде мест следует более широко применять быстросъемные соединения вместо обычных болтов и гаек. Существуют и другие рекомендации, использование которых позволяет улучшить легкосъемность.

Легкосъемность агрегатов, узлов, блоков самолета проявляется главным образом при выполнении работ по замене отказавших элементов.

*Взаимозаменяемость* комплектующих изделий и деталей означает такое их свойство, при котором из множества одноименных деталей (изделий) можно без выбора взять любую и без подгонки установить на ЛА. В зави-

симости от объема подгоночных работ устанавливается соответствующая степень взаимозаменяемости. Чем меньше объем подгоночных работ при замене изделий и деталей, тем выше степень их взаимозаменяемости.

Взаимозаменяемость оказывает значительное влияние на экономическую эффективность эксплуатации ЛА, так как имеет большое значение для сокращения труда, материалов и простоев ЛА при ТОиР. От этого фактора зависит успешное внедрение регламентированного агрегатно-узлового ремонта ЛА, метода замены и ремонта агрегатов функциональных систем по техническому состоянию.

*Унифицированность узлов, агрегатов, изделий ЛА* - это свойство их конструкции, которое заключается в том, что одни и те же изделия, агрегаты и узлы могут применяться на разных типах ЛА.

Это свойство намного упрощает и удешевляет работу по ТО и Р, уменьшает номенклатуру запасных частей на складах эксплуатационных предприятий, сокращает число видов потребной контрольно-проверочной аппаратуры. Унифицированность узлов, агрегатов, изделий ЛА является весьма важным их свойством не только для повышения эксплуатационной технологичности ЛА, но и для решения проблемы повышения эффективности процесса технической эксплуатации.

*Преемственность средств наземного обслуживания и контрольно-проверочной аппаратуры* означает возможность использования для технического обслуживания нового типа ЛА уже имеющихся в эксплуатации средств общего назначения. Чем больше число этих средств будет удовлетворять требованиям технического обслуживания и текущего ремонта нового типа ЛА, тем выше его эксплуатационная технологичность.

### **1.5.2. Показатели эксплуатационной технологичности**

Для анализа и оценки ЭТ конструкции ЛА на современном этапе развития самолетостроения недостаточно ограничиваться ее качественной характеристикой, нужен количественный расчет показателей. Такая необходимость возникает при: разработке технических требований к новому образцу ЛА; выборе из нескольких возможных конструктивных вариантов наилучшего; рассмотрении «конкурирующих» проектов изделий одного назначения и рассмотрении макета и проведении испытаний нового образца ЛА.

В настоящее время используются две группы показателей: единичные и обобщенные (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Классификация показателей эксплуатационной технологичности

### 1.5.3. Определение единичных показателей ЭТ

Единичные (частные) показатели, характеризующие отдельные свойства конструкции ЛА, выражаются в виде безразмерных коэффициентов.

Считается, что конструкция полностью отвечает предъявляемым к ней требованиям в отношении того или иного свойства, если коэффициент, характеризующий это свойство, равен или близок единице [3].

Коэффициент доступности к объекту ТОиР рассчитывается по формуле

$$K_{\partial} = 1 - \frac{T_{\text{доп}}}{T_{\text{осн}} + T_{\text{доп}}},$$

где  $T_{\text{доп}}$  – средняя трудоемкость дополнительных работ, чел-ч;  $T_{\text{осн}}$  – средняя трудоемкость основной работы, чел-ч.

К дополнительным работам в данном случае относятся такие, как снятие и установка крышек всевозможных люков, панелей, капотов, демонтаж и монтаж рядом установленного оборудования и прочие.

Основными работами являются контрольные, регулировочные, смазочные, заправочные операции, демонтаж и монтаж подлежащих замене агрегатов и изделий.

Коэффициент взаимозаменяемости изделия или элемента конструкции ЛА определяется как

$$K_{\text{в}} = 1 - \frac{T_{\text{подг}}}{T_{\text{д.м.}} + T_{\text{подг}}},$$

где  $T_{\text{подг}}$  - средняя трудоемкость подгоночных, проверочных или подстроечных работ при замене изделия (элемента конструкции), чел-ч;  $T_{\text{д.м.}}$  - средняя трудоемкость демонтажно-монтажных работ рассматриваемого изделия, чел.ч.

При определении  $K_{\text{в}}$  в величину  $T_{\text{подг}}$  включают все виды подгоночных, проверочных или подстроечных работ, выполняемых по месту установки на ЛА нового или взятого из обменного фонда изделия.

Коэффициент легкосъемности изделия или элемента конструкции ЛА определяется следующим образом:

$$K_{\text{л}} = 1 - \frac{\Delta T_{\text{д.м.}}}{T_{\text{д.м.}}},$$

где  $\Delta T_{\text{д.м.}}$  - отклонение трудоемкости демонтажно-монтажных работ рассматриваемого изделия в сравнении с базовым показателем, чел.-ч.

За базовый показатель может быть принят показатель легкосъемности, заданный в требованиях или аналогично образцу изделия, принятому за эта-

лон. Более подробно об этих и других единичных показателях ЭТ можно прочитать в цитируемой литературе [3].

Примеры.

1) Трудовые затраты на замену топливного насоса ПНВ-2 одного из самолетов составляют 1,5 чел-ч. Из них на выполнение дополнительных работ по снятию крышки лючка затрачивается 0,9 чел-ч, а непосредственно на снятие и установку насоса 0,6 чел-ч. Определить  $K_d$  для данного агрегата.

$$K_d = 1 - \frac{0,9}{0,6+0,9} = 1 - \frac{0,9}{1,5} \approx 0,4$$

2) На выполнение операций по демонтажу и монтажу колес одного из самолетов затрачивается 2,5 чел-ч. На другом типе самолета, принятом за эталон по данной операции, трудовые затраты на демонтаж и монтаж колеса составляют 2,0 чел-ч. Определить  $K_d$  для колеса.

$$K_l = 1 - \frac{2,5-2,0}{2,5} = 0,8$$

#### 1.5.4. Определение обобщенных показателей ЭТ

Совокупность обобщенных показателей ЭТ можно предоставить состоящей из двух групп: временные и экономические показатели.

*Первая группа показателей* характеризует ЭТ ЛА с точки зрения затрат времени на техническое обслуживание, ремонт, устранение внезапных отказов при эксплуатации и, следовательно, время нахождения ЛА в неработоспособном состоянии. К ним относятся:

а) *удельная суммарная оперативная продолжительность ТОиР  $K_{оп}$* . Слово «оперативная» в данном и других показателях ЭТ означает, что в расчет принимаются только те затраты времени (трудоемкости), которые непосредственно связаны с выполнением ТОиР на ЛА без учета различного рода перерывов в работе и связанных с ними дополнительных затрат времени (трудоемкости).

Удельная суммарная оперативная продолжительность ТОиР определяется следующим образом

$$K_{оп} = \frac{t_{ТОиР}}{T_{рес.с.}} + \frac{t_{см} \cdot \eta}{T_{рес.д} (1 - K_d)} \left[ \frac{ч}{ч. нал} \right],$$

где  $t_{ТОиР}$  - суммарная продолжительность работ по ТО и Р ЛА за межремонтный ресурс (ремонтный цикл) ЛА  $T_{рес.с.}$ , ч;

$T_{рес.с.}$  - суммарная наработка (межремонтный ресурс) между двумя смежными ремонтами, ч.нал;

$t_{см}$  - средняя продолжительность смены двигателя, ч;

$T_{рес.д.}$  - межремонтный ресурс двигателя, ч.нал;

$K_{\partial}$  - коэффициент досрочных замен двигателей.

$\eta$  - коэффициент, учитывающий число замен двигателей, которые не совмещаются по времени с периодическими формами ТО.

б) Среднее время устранения отказов  $\bar{t}_y$ . (В него входит время поиска и устранения отказов). Так как  $t_y$  является случайной величиной, то для определения  $\bar{t}_y$  следует воспользоваться математическим аппаратом для описания случайных величин.

При экспоненциальном законе распределения  $t_y$

$$\bar{t}_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{yi}$$

где  $t_{yi}$  - время устранения  $i$ -го отказа, ч;  
 $n$  - число отказов.

в) Интенсивность устранения отказов, величина обратно пропорциональная  $t_y$

$$\mu = \frac{1}{t_y}$$

г) Вероятность выполнения внепланового текущего ремонта (устранения отказа) за заданное время  $P_y \{t_y \leq t_3\}$  в зависимости от закона распределения, будут использоваться разные зависимости для определения  $P_y$ .

Для экспоненциального закона распределения  $t_y$

$$P_y \{t_y \leq t_3\} = 1 - e^{-\mu t_3}$$

где  $t_y$  - время устранения отказа, ч;

$t_3$  - заданное время устранения отказа, ч;

$\mu$  - интенсивность устранения отказа, 1/ч.

Данный показатель характеризует приспособленность ЛА к проведению внепланового текущего ремонта (устранения отказов) в процессе оперативных форм ТО при ограниченных затратах времени.

*Вторая группа обобщенных показателей* характеризует эксплуатационную технологичность ЛА с точки зрения затрат труда, материалов и запасных частей на проведение технического обслуживания и ремонта. К этой группе показателей относятся:

а) *удельная суммарная оперативная трудоемкость*  $T_{OиP} K_{от}$ , представляющая отношение суммарной оперативной трудоемкости к налету  $T_C$  за рассматриваемый период. Данный показатель характеризует потребную трудоемкость, затрачиваемую на ЛА и вне его для поддержания безотказной работы всех функциональных систем на заданном уровне, а также обеспечения исправности и работоспособности ЛА.

$$K_{от} = \frac{T_{T_{OиP}}}{T_{рес.с}} + \frac{n_d(T_{зам.д} + T_{рем.д})}{T_{рес.д}} + 0,1 \frac{T_{T_{OиP}}}{T_{рес.с}} \left[ \frac{\text{чел-ч}}{\text{ч. нал}} \right],$$

где  $T_{T_{OиP}}$  - трудоемкость выполнения всех работ по ТО и Р ЛА за время  $T_{рес.с}$ , чел-ч;

$n_d$  - число двигателей на ЛА;

$T_{зам.д.}$  - трудоемкость выполнения работы по замене двигателя, чел-ч;

$T_{рем.д.}$  - трудоемкость выполнения работы по ремонту двигателя, чел-ч;

Слагаемое  $\left\{ 0,1 \frac{T_{T_{OиP}}}{T_{рес.с}} \right\}$  учитывает удельную трудоемкость выполнения работ по замене изделий АТ; снимаемых с ЛА до выработки  $T_{рес.с}$ :

б) *удельная стоимость запасных частей и материалов, расходуемых при проведении*  $T_{OиP} K_{оз}$ , представляющая отношение стоимости запасных частей и материалов, непосредственно расходуемых при ТОиР, к налету  $T_C$  за рассматриваемый период. Этот показатель характеризует частоту сменяемости агрегатов, узлов, блоков, деталей при эксплуатации ЛА с учетом их стоимости.

$$K_{оз} = \frac{C_{T_{OиP}}}{T_{рес.с}} + \frac{n_d C_{рем.д}}{T_{рес.д}} + \sum_{i=1}^{N_u} \frac{C_{рем.и} * n_{ui}}{T_{рес.и} (1 - K_{ui})} \left[ \frac{\text{руб.}}{\text{ч. нал}} \right],$$

где  $C_{T_{OиP}}$  - средняя суммарная стоимость запасных частей и

материалов при выполнении работ по ТО и Р ЛА за время  $T_{рес.с}$ , руб;

$C_{рем.д.}$  - средняя стоимость запасных частей и материалов при ремонте двигателя за  $T_{рес д}$ , руб;

$C_{рем i}$  - средняя стоимость запасных частей и материалов при ремонте изделий АТ за время  $T_{рес и i}$ , руб;

$T_{рес и i}$  - наработка (ресурс)  $i$ -го изделия, час-нал;

$n_{и i}$  - число изделий определенного типа;

$N_u$  - число типов изделий, ремонтируемых на ЛА в пределах  $T_{рес.с.}$ :

### 1.5.5. Оценка и анализ показателей ЭТ

Оценка уровня ЭТ ЛА производится дифференцированно по каждому показателю.

За меру сравнения принимают относительные показатели

$$\beta_{i_1} = \frac{K_{i_2}}{K_i} \quad \text{или} \quad \beta_{i_2} = \frac{K_i}{K_{i_3}}$$

где  $K_i$  - значение  $i$ -го показателя Э.Т. оцениваемого ЛА;

$K_{i_3}$  - значение  $i$ -го базового (эталонного) показателя.

Для каждого показателя  $\beta_i$  выбирается то из приведенных выражений, в котором его увеличению отвечает повышение уровня Э.Т.

Следуя этому правилу:

Оценка для  $K_{он}$ ,  $K_{от}$ ,  $K_{оз}$

определяется как отношение

$$\beta_{i_1} = \frac{K_{i_2}}{K_i}$$

Оценка для единичных показателей (кроме легкоъемности) и для

$P_y \{t_y \leq t_3\}$  определяется как от-

ношение

$$\beta_{i_2} = \frac{K_i}{K_{i_3}}$$

После расчета показателей ЭТ ЛА и выполнения расчетов их оценки, делается вывод (т.е. анализируются действия) о необходимости доработки конструкции, в случае если  $(\beta_{i_1} \text{ и } \beta_{i_2}) < 1$  и об отсутствии доработок,

если  $(\beta_{i_1} \text{ и } \beta_{i_2}) \leq 1$ .

Пример. Требуется дать дифференцированную оценку ЭТ ЛА по некоторым обобщенным и единичным показателям. В качестве эталонных принимаем значения этих показателей, заданных в технической документации (в требованиях) на данный тип самолета. Все результаты расчетов поместим в таблицу 1.2.

Таблица 1.2

Пример оценки показателей ЭТ

Показатели	Значение показателей ЭТ		$\beta_i$
	Расчетное (рассматриваемого ЛА)	Эталонное (заданное в требованиях)	
Обобщенные			
$K_{от}$ [ч/ч.налета]	0,9	0,8	0,88(-)
$K_{от}$ [чел-ч/ч.налета]	15,5	14,0	0,9(-)
$K_{оз}$ [руб/ч.н]	27	30,0	1,11(+)
$P_y \{t \leq t_3\}$	0,98	0,98	1,0(+)
Единичные			
$K_\delta$	0,8	0,85	0,94(-)
$K_\lambda$	0,9	0,95	0,95(-)
$K_\epsilon$	0,92	0,9	1,02(+)

Знак (+) означает, что конструкция удовлетворяет заданному уровню ЭТ, а знак (-) - нет, т.е. следует дорабатывать конструкцию.

## Глава 2. Организация технической эксплуатации летательных аппаратов

### 2.1. Система технического обслуживания и ремонта

*Техническое обслуживание* – это комплекс операций по поддержанию работоспособности, обеспечению исправности ЛА и готовности их к полетам.

*Ремонт* – комплекс операций по восстановлению работоспособности изделий функциональных систем ЛА или составных частей изделий.

Весь комплекс операций по ТОиР условно можно разделить на две группы: первая – плановые профилактические работы, связанные в основном; вторая – работы по обнаружению и устранению уже имеющих место отказов и повреждений [1].

Основное требование, предъявляемое к процессу технической эксплуатации в целом, состоит в том, чтобы при ограниченных затратах труда обеспечить наибольшую вероятность того, что в необходимый момент времени ЛА окажется работоспособным и выполнит поставленную задачу.

Поддержание заданного уровня готовности изделий к использованию по назначению и их работоспособность в процессе использования с минимальными затратами времени, труда и средств на проведение работ по техническому обслуживанию и ремонту обеспечивает система ТО и Р (рис. 2.1) [1].

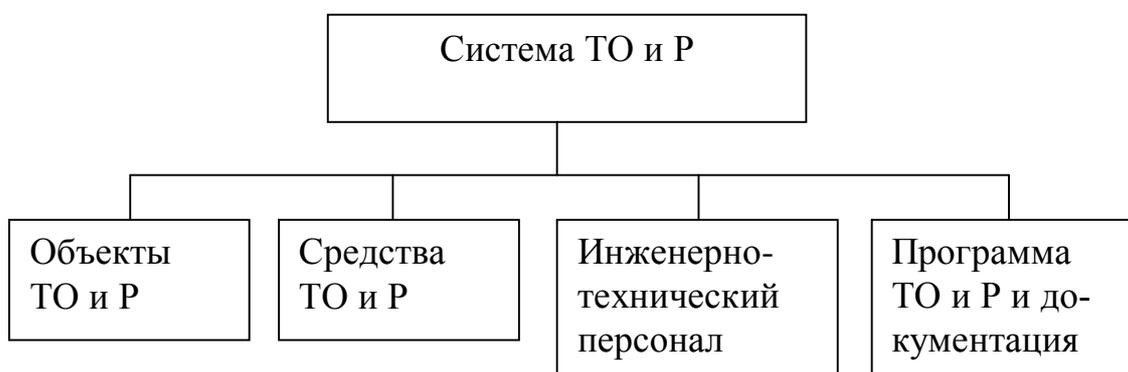


Рис. 2.1. Структура системы ТО и Р

Объекты ТО и Р были рассмотрены выше (в главе 1.).

Средства ТО и Р. Среди большого числа факторов, оказывающих влияние на производительность труда, важнейшее значение имеет механизация и автоматизация производственных процессов.

Производственные процессы можно подразделить на следующие группы:

- заправка ГСМ и водой;
- подогрев силовых установок и кондиционирования ЛА;
- запуск двигателей, электропитание систем ЛА;
- вывешивание и подъем ЛА;
- буксировка и транспортирование ЛА;
- зарядка ЛА сжатыми и сжиженными газами;
- удаление обледенения, обработка туалетов и прочие виды работ [6].

Инженерно-технический персонал (ИАС) призван осуществить инженерно-авиационное обеспечение летной работы на предприятиях гражданской авиации. Более подробно задачи и организационная структура ИАС будут рассмотрены ниже.

Программа ТО и Р – это документ, содержащий совокупность основных принципов и принятых решений по применению наиболее эффективных методов и режимов ТО и Р, реализованных в конструкции объектов при их проектировании и изготовлении и эксплуатационно-технической документации с учетом заданных требований и условий эксплуатации.

## **2.2. Организация работ по ТО ЛА. Виды и формы ТО ЛА**

Организация ТОиР осуществляется на основе двух принципов: плановости и своевременного предупреждения отказов.

*Под принципом плановости* понимается соблюдение установленной периодичности отхода ЛА на ту или иную форму ТО и Р, а так же объемов части стандартных регламентных операций и операций по техническому диагностированию и дефектации объектов АТ.

*Предупредительный характер* ТО и Р обеспечивается за счет организации постоянного наблюдения при эксплуатации за уровнями надежности, а в ряде случаев и техническим состоянием функциональных систем и отдельных изделий с целью своевременного выявления предотказового состояния последних с последующей заменой изделий или регулировкой их параметров.

### **2.2.1. Виды и формы ТО и Р ЛА**

Применительно к ЛА гражданской авиации установлены следующие виды технического обслуживания: оперативное, периодическое, сезонное, специальное, при хранении. Основными из перечисленных видов являются оперативное и периодическое. Каждый из видов технического обслуживания отличается объемом и сложностью работ, потребным временем и периодичностью их выполнения.

*Оперативное техническое обслуживание* выполняется непосредственно перед вылетом и после посадки ЛА в базовых, транзитных и конечных аэропортах. При этом выполняются следующие виды работ: по встрече ЛА, обеспечению стоянки, осмотру и обслуживанию, обеспечению вылета.

Основное назначение оперативного технического обслуживания – устранение возникших в полете отказов и повреждений и подготовка ЛА к очередному вылету. При оперативном техническом обслуживании, как правило, не должно быть работ, необходимость выполнения которых определяется налетом (числом посадок) ЛА или индивидуально наработкой его отдельных агрегатов и изделий. Необходимость, частота и последовательность выполнения оперативных форм обуславливается характером и условиями использования ЛА по назначению. Работы по обеспечению вылета производятся непосредственно перед вылетом ЛА независимо от того, какая форма оперативного обслуживания выполнялась. Работы по обеспечению стоянки выполняются в случаях передачи ЛА от экипажа в АТБ.

Особое место в оперативном техническом обслуживании занимают работы по поиску и устранению отказов и повреждений элементов и изделий функциональных систем ЛА. Учитывая стохастическую природу отказов и повреждений, решение задач поиска их причин и своевременного устранения представляется весьма сложным делом, требующим от исполнителей глубоких знаний конструкции и эксплуатации тех или иных типов ЛА. Качество и своевременность решения этих задач при оперативном техническом обслуживании во многом определяют безотказность работы техники и регулярность полетов.

*Периодическое техническое обслуживание* выполняется через строго установленные интервалы, измеряемые числом часов налета ЛА, числом посадок или календарным временем.

Основное назначение периодического технического обслуживания – выявление и устранение имеющих место отказов и повреждений элементов, изделий и агрегатов функциональных систем ЛА на ранних стадиях их развития, а также проведение профилактических мероприятий по предотвращению возникновения отказов и повреждений при дальнейшей эксплуатации ЛА: замена агрегатов, отработавших ресурс, смазка шарнирных соединений, регулировка изделий по результатам технического диагностирования и другие мероприятия. Выполнение периодических форм технического обслуживания обеспечивает поддержание работоспособности и требуемой исправности парка ЛА. Формы периодического технического обслуживания отличаются значительно большей трудоемкостью и строгой периодичностью выполнения.

Для большинства основных типов ЛА принята следующая периодичность выполнения форм технического обслуживания: форма 1 (Ф-1) – через каждые  $(300\pm 30)$  ч налета, форма 2 (Ф-2) – через каждые  $(900\pm 30)$  ч налета и форма 3 (Ф-3) – через каждые  $(1800\pm 30)$  ч налета [1].

Если ЛА по условиям эксплуатации имеет сравнительно малый налет, то его периодическое обслуживание выполняют по календарным срокам. Для самолета Ту-154, например, через каждые 4 мес $\pm 15$  сут выполняется форма 1К, через  $(12\pm 1)$  мес – форма 2К, через  $(24\pm 1)$  мес – форма 3К. Если самолет такого же типа длительно выполняет учебно-тренировочные полеты, то техническое обслуживание шасси, закрылков, предкрылков, интерцепторов и системы управления стабилизатором выполняют по посадкам: через каждые  $(300\pm 30)$  посадок в объеме формы 1, через  $(900\pm 30)$  посадок – формы 2, через  $(1800\pm 30)$  посадок – формы 3.

Допуск на каждую форму по налету, посадкам, календарным срокам позволяет избежать неоправданных простоев ЛА в тех случаях, когда АТБ вследствие загруженности не может приступить к обслуживанию данного ЛА. Тогда эксплуатация этого ЛА продолжается за счет допуска, который позволяет также выполнить работы по данной форме раньше базового значения, если позволяют условия. Но с каким бы допуском не выполнялись работы по формам периодического обслуживания, отсчет всегда ведется от базового значения.

Каждая последующая форма периодического технического обслуживания включает в себя работы, предусмотренные предыдущими формами, а также специфические работы, присущие только данной форме. Так, при выполнении работ по форме 2, производятся также работы по форме 1, при выполнении работ по форме 3 – работы по формам 1 и 2. При замене двигателя по любой причине на ЛА выполняется та форма технического обслуживания, которая требуется по налету планера, производятся работы, непосредственно связанные с заменой двигателей и с осмотром элементов конструкции и систем, доступ к которым возможен только при снятом двигателе.

Каждая форма периодического обслуживания состоит из предварительных, основных (стандартных) и заключительных работ. Предварительные работы включают приемку ЛА, подготовку необходимого оборудования, инструмента, материалов для обслуживания, изучения задания и документации. Основные (стандартные) работы предусматривают, кроме осмотра, демонтаж ряда агрегатов, инструментальную проверку параметров систем и оборудования, замену смазки в шарнирах, выполнение регулировочных работ. Основные работы группируются по отдельным функциональным системам ЛА: силовая установка, шасси, планер, управление, гидравлическая система, система кондиционирования воздуха, система регулирования давления в кабинах, радиоэлектронное оборудование, приборное, электрическое, кислородное и бытовое оборудование и др. Заключительные работы – уборка рабочего места и передача ЛА в цех оперативного обслуживания для подготовки к полету и выполнения работ по обеспечению стоянки.

*Сезонное техническое обслуживание* проводится 2 раза в год при переходе к эксплуатации в осенне-зимний и весенне-летний периоды. Современные типы ЛА, как правило, не требуют больших затрат труда на выполнение сезонного обслуживания, поэтому оно проводится совместно с очередной формой периодического обслуживания. Сезонное обслуживание предусматривает дефектацию и полное восстановление защитных покрытий, устранение мелких повреждений и коррозии на деталях планера и шасси, регулировку натяжений тросовых проводок, проверку работоспособности противообледенительных систем и сигнализаторов обледенения, дефектацию и ремонт чехлов и заглушек и другие работы.

*Специальное техническое обслуживание* выполняется в случаях возникновения резких отклонений от условий нормальной эксплуатации. К ним относятся: грубая посадка, посадка до взлетно-посадочной полосы (ВПП), выкатывание ЛА за пределы ВПП, полет в турбулентной атмосфере, попадание в зону грозовой деятельности, попадание молнии в ЛА, превышение перегрузок и т.п. После любого из перечисленных случаев на ЛА выполняется комплекс смотровых и стандартных работ, предусмотренный действующей документацией по техническому обслуживанию, для проверки состояния элементов определенных зон конструкции ЛА и принятия решения о возможности его дальнейшей эксплуатации.

*Техническое обслуживание при хранении* выполняется на ЛА, длительное время не совершающих полеты. Оно обеспечивает снижение вредного влияния атмосферных и других факторов и способствует наилучшему сохранению техники в данных условиях. Обслуживание при хранении выполняется через каждые 10 суток стоянки ЛА. По мере увеличения срока хранения усиливается вредное влияние атмосферных факторов, следовательно, увеличиваются и объемы работ. Поэтому различают работы, выполняемые на ЛА через каждые 10 сут., через каждые (30+3) сут. и (90+9) сут.

*Ремонт ЛА*, как и периодическое техническое обслуживание, выполняется по истечении определенных интервалов, измеряемых числом часов налета, числом посадок или календарным временем.

Ремонтные операции на ЛА (за исключение текущего ремонта, который входит структурно в техническое обслуживание), могут выполняться или в виде капитального ремонта, или в виде так называемых ремонтных форм, похожих по принципу построения на формы периодического технического обслуживания. Однако капитальный ремонт в ряде случаев, согласно требованиям стандартов, может быть вынесен за рамки системы технической эксплуатации и рассматриваться как самостоятельный этап эксплуатации ЛА. Ремонт же, выполняемый в виде определенной совокупности ремонтных форм, совмещенных, как правило, с формами периодического технического обслуживания, естественно входит составной частью в систему технической эксплуатации.

Ремонтные формы в отличие от форм периодического технического обслуживания отличаются значительно большими интервалами времени и трудоемкостью работ. Их основное назначение и отличительная особенность состоят в том, чтобы оценить техническое состояние элементов и узлов конструкции в труднодоступных зонах, выявить и устранить отказы и повреждения на ранних стадиях их развития, восстановить поврежденные участки конструкции планера, лакокрасочное покрытие, бытовое оборудование ЛА, выполнить требуемые доработки конструкции по бюллетеням промышленности. В течение назначенного ресурса на ЛА последовательно выполняют несколько ремонтных форм: Р-1, Р-2, Р-3, Р-4 и другие, усложняющиеся по мере увеличения общего налета ЛА и числа посадок.

### **2.2.2. Стратегии ТОиР изделий АТ**

Содержание работ по ТО изделий АТ и периодичность их выполнения определяется применяемой стратегией ТОиР.

*Стратегия* – совокупность принятых принципов, правил и управляющих воздействий, определяющих комплексное развитие эксплуатационных свойств конструкции АТ, методов организации и производственно-техническую базу ТОиР.

В соответствии с действующими стандартами различают следующие стратегии технического обслуживания и ремонта [1, 3]:

- *техническое обслуживание по наработке* (ТОНАР), при которой перечень и периодичность выполнения операций определяется значением на-

работки изделия с начала эксплуатации или после ремонта (среднего, капитального);

- *техническое обслуживание по состоянию* (ТОСКП и ТОСКУН), при которой(ых) перечень и периодичность выполнения операций определяется фактическим техническим состоянием изделия в момент начала технического обслуживания;

- *ремонт по наработке*, при котором объем разборки изделия и дефектации его составных частей назначается единым для парка однотипных изделий в зависимости от наработки с начала эксплуатации и (или) после капитального (среднего) ремонта, а перечень операций по восстановлению определяется с учетом результатов дефектации составных частей изделия;

- *ремонт по техническому состоянию*, при котором перечень операций, в том числе разборки, определяется по результатам диагностирования изделия в момент начала ремонта, а также по данным о надежности этого изделия и однотипных изделий.

Вопрос о том, какую стратегию ТОиР выбрать зависит: во-первых, от возможностей определения в процессе эксплуатации предельного состояния изделия, при котором оно еще работоспособно; во-вторых, от принятого критерия установления сроков замены изделия на ЛА.

Критерий установления сроков замены определяется состоянием изделия, при котором его дальнейшая эксплуатация на ЛА приведет к снижению безопасности или регулярности полетов.

Каждой стратегии технического обслуживания и ремонта соответствует определенная стратегия эксплуатации (использования) изделий АТ. Различают следующие стратегии эксплуатации: до выработки ресурса (срока службы); до предотказового состояния; до отказа.

Для каждой стратегии эксплуатации можно выбрать соответствующие им и наиболее эффективные стратегии ТОиР (в таблице 2.1. эта взаимосвязь обозначена знаком “+”).

## Взаимосвязь стратегий эксплуатаций и стратегий ТО и Р

Стратегия ТОиР	Стратегия эксплуатации (использования)		
	до выработки ресурса (срока службы)	до предотказового состояния	до отказа
<u>Техническое обслуживание</u>			
По наработке (ТОНАР)	+	-	-
По состоянию с контролем параметров (ТОСКП)	-	+	-
По состоянию с контролем уровня надежности (ТОСКУН)	-	-	+
<u>Ремонт</u>			
По наработке	+	-	-
По техническому состоянию	-	+	+

Стратегии ТОиР по состоянию существенно отличается от стратегий ТОиР по наработке. Отличие заключается не только в характере технологических процессов ТОиР, но и в распределении материальных и трудовых затрат, потребных на развитие материально-технической базы, соответствующей требованиям той или иной стратегии.

Необходимые условия для применения стратегий ТОиР ЛА по состоянию представлены на рис. 2.2.

Характерные особенности и области применения стратегий ТОиР изделий АТ по состоянию сформулированы в таблице 2.2, а алгоритм принятия решения по выбору (назначению) стратегии ТОиР приведен на рисунке 2.3.

### 2.3. Классификация работ по ТО.

В зависимости от характера решаемых задач работы по ТО самолетов можно разделить на группы по различным признакам:

- 1) по принадлежности к объекту обслуживания (например, самолетные системы);
- 2) по признаку плановости (плановые – в соответствии с Регламентом; внеплановые – устранение отказов, возникших в полете);
- 3) по периодичности выполнения (оперативное ТО, периодическое ТО, ремонт);
- 4) по признаку повторяемости на различных типах самолетов (“ типовые” или “нетиповые”);
- 5) по уровню механизации
- 6) по назначению.





Рис. 2.2. Условия применения стратегий ТОиР по состоянию

На рисунке 2.4. приведена подробная классификация работ по назначению

#### 2.4. Методы организации работ по ТО ЛА

При проведении технического обслуживания ЛА могут быть применены разные методы организации работ: системный, закрепленный, бригадный, зонный, одноразовый, поэтапный. Выбор того или иного метода зависит от особенностей производственной деятельности авиапредприятия и определяется руководством АТБ.

Самый главный фактор выбора состоит в том, чтобы принятый метод обеспечил высокое качество технического обслуживания при минимальных затратах времени, труда и материальных средств.

Рассмотрим содержание (сущность) методов обслуживания.

*Бригадный* – используется при оперативном и периодических формах ТО. Выполнение работ по обслуживанию осуществляется бригадами, которые могут быть систематизированы по типам самолетов (системам, группам систем).

## Особенности и области применения стратегий ТО и Р по состоянию

<u>Особенности стратегий ТОиР по состоянию.</u>	
<p style="text-align: center;"><u>ТОСКУН</u></p> <p>- изделие эксплуатируется до отказа - для всего парка однотипных изделий осуществляется контроль уровня надежности (сравнивается фактическое и допустимое количество отказов за определенные интервалы времени)</p>	<p style="text-align: center;"><u>ТОСКП</u></p> <p>- изделие эксплуатируется до предотказового состояния - необходимо применение средств диагностирования, обеспечивающих оперативный контроль за определением работоспособного состояния изделия</p>
- не устанавливается межремонтный ресурс	
<u>Области применения стратегий ТОиР по состоянию.</u>	
<p style="text-align: center;"><u>ТОСКУН</u></p> <p>Целесообразно применять для обслуживания изделий, отказы которых не влияют на безопасность полетов, что устанавливается анализом надежности систем.</p>	<p style="text-align: center;"><u>ТОСКП</u></p> <p>Целесообразно применять для обслуживания изделий и систем, которые по соображениям безопасности полетов не могут быть допущены к эксплуатации до отказа, а по экономическим соображениям – к эксплуатации до выработки установленного межремонтного ресурса.</p>

*Закрепленный* – заключается в том, что за летательным аппаратом закрепляется авиатехник или группа технического состава, которые обслуживают этот конкретный ЛА.

*Системный* – заключается в обслуживании бригадой исполнителей определенных систем. Технический состав бригад проходит специальную подготовку, и на каждого исполнителя оформляется допуск к работе на одной или нескольких системах.

*Зонный* – при этом методе конструкция ЛА делится на ряд зон. Зоны выбираются с учетом: 1) объединения однотипных операций; 2) удобства подходов к конструкции и оборудованию; 3) общности подготовительных и заключительных операций; 4) оптимальности расстановки наземного оборудования; 5) устранения взаимных помех при работе нескольких



Рис. 2.3. Алгоритм выбора рациональных стратегий использования изделий ФС и стратегий ТОиР

исполнителей. Метод позволяет уменьшить потери на переход с одного участка на другой, расширить формат работ на самолете, дает возможность использовать одновременно большее число специалистов, что позволяет повысить эффективность и качество ТО, а, следовательно, и эффективность использования ЛА.

*Одноразовый* – заключается в том, что весь объем работ каждой периодической формы ТО выполняют за один раз. До окончания всех регламентных и дополнительных работ ЛА для полетов не используется. Метод обычно используется в периоды малой загруженности авиапредприятия по выполнению перевозок пассажиров и грузов.

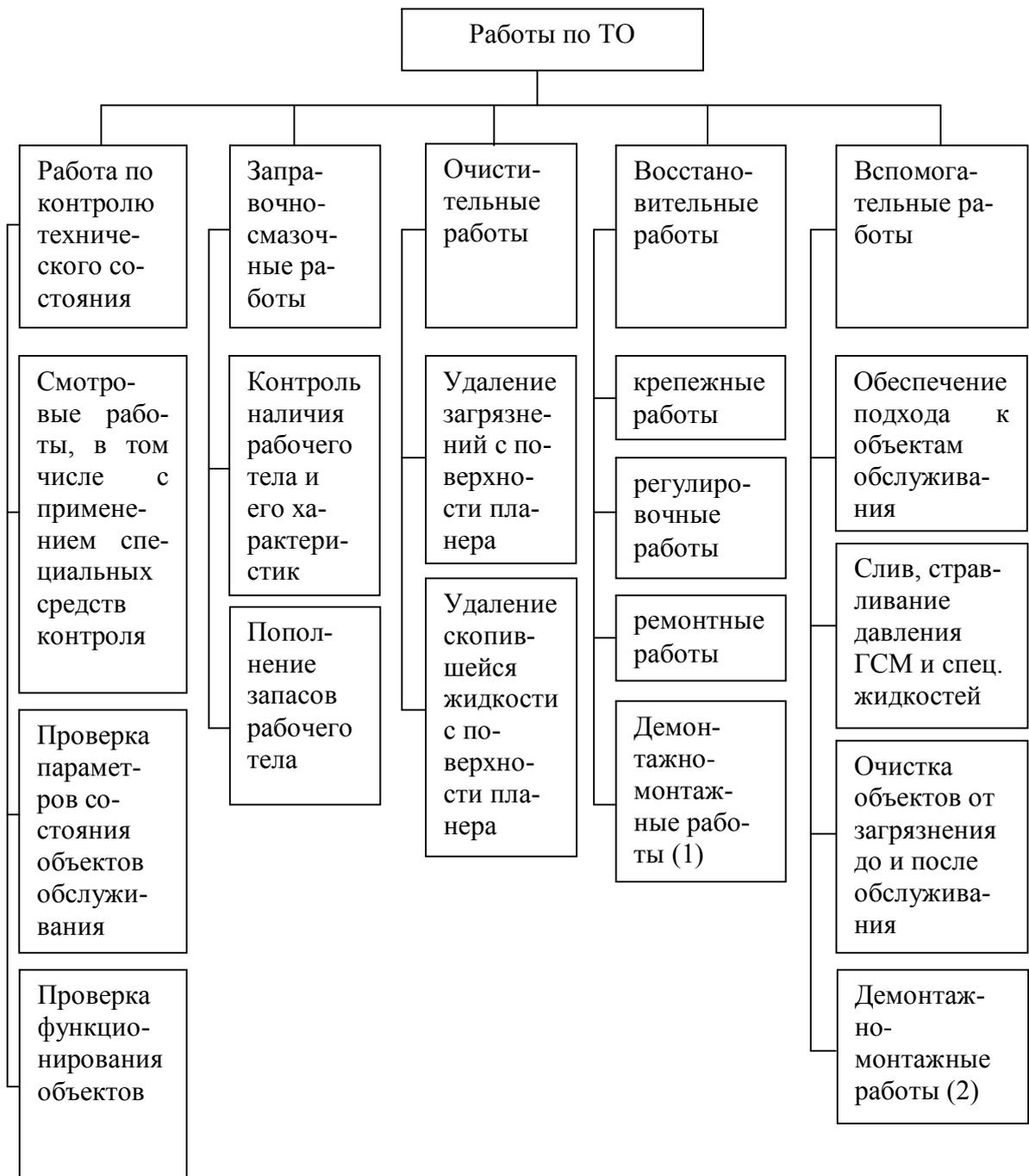


Рис. 2.4. Классификация работ по назначению

1. демонтажно-монтажные работы, проводимые с целью замены изделий, отработавших ресурс;
2. демонтажно-монтажные работы, проводимые с целью обеспечению обслуживания объектов вне самолета.

*Поэтапный* – применяется для более эффективного использования ЛА на авиапредприятиях за счет более равномерного распределения трудоемкости технического обслуживания по времени эксплуатации ЛА.

Существует 2 поэтапных метода, которые рассмотрим более подробно.

*Поэтапный метод с распределением работ в пределах допусков на заданную периодичность данной формы* – в этом случае весь необходимый объем работ разделяют на несколько этапов, которые выполняются в промежутках между рейсами ЛА. Такой метод приемлем только для нетрудоемких форм ТО (рис. 2.5).

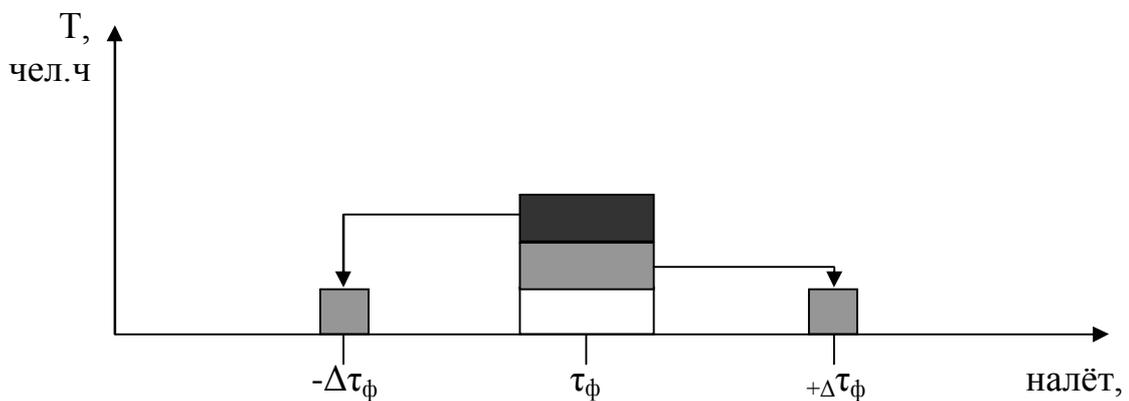
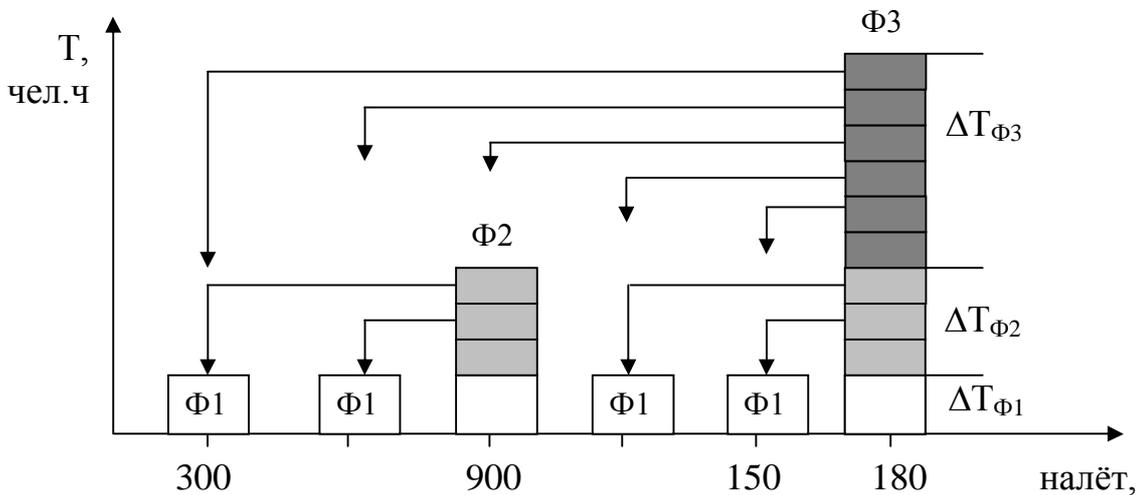
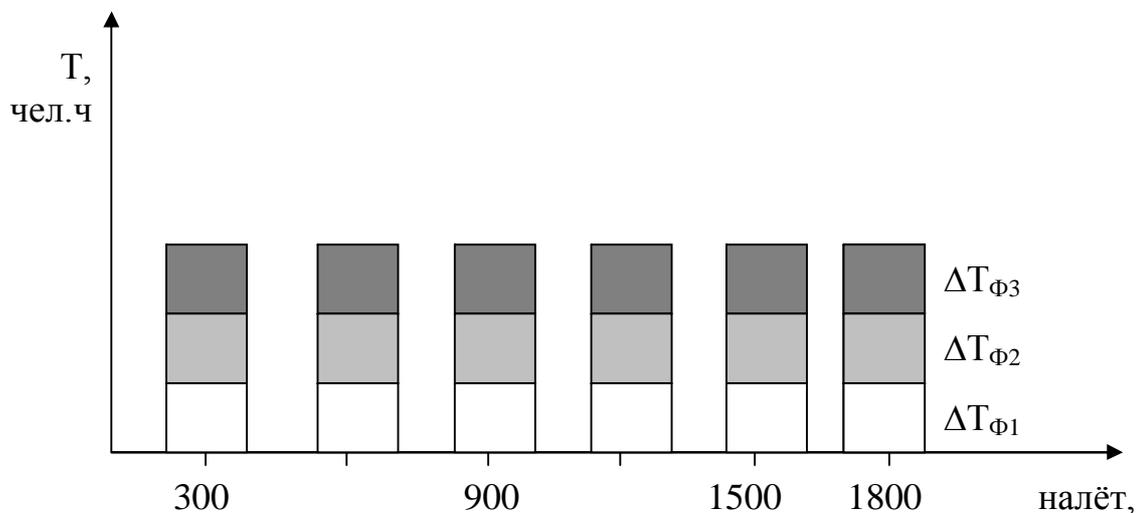


Рис. 2.5. Поэтапное обслуживание в пределах допуска на заданную периодичность  $\tau_{\phi}$

Прямоугольниками показаны условные трудоемкости работ (см. рис. 2.5.). Работы, которые необходимо выполнить при налете  $\tau_{\phi}$  разбиваются на несколько частей, которые необходимо выполнить в пределах допуска  $\pm\Delta\tau_{\phi}$  на периодичность данной формы ТО.



а)



б)

Рис.2.6. Схема организации обслуживания поэтапным методом с распределенной трудоемкостью

*Поэтапный метод с распределенной трудоемкостью* состоит в том, что выполнение отдельных объектов работ более трудоемких периодических форм совмещается с обслуживанием менее трудоемких (рис. 2.6а).

В данном случае каждое периодическое техническое обслуживание включает объем работ первой по трудоемкости формы регламента  $T_{\Phi-1}$  и трудоемкости дополнительных работ  $\Delta T_{\Phi-i}$ , присущих каждой последующей форме регламента. Так, для регламентов с обслуживанием ЛА по формам Ф-1, Ф-2 и Ф-3 будем иметь:

$$T_{\Phi 2} = T_{\Phi 1} + \Delta T_{\Phi 2} ;$$

$$T_{\Phi 3} = T_{\Phi 1} + \Delta T_{\Phi 2} + \Delta T_{\Phi 3} = T_{\Phi 2} + \Delta T_{\Phi 3} ;$$

где  $T_{\Phi 1}$ ,  $T_{\Phi 2}$ ,  $T_{\Phi 3}$  – трудоемкость периодического ТО по формам Ф1, Ф2, Ф3, соответственно;  $\Delta T_{\Phi 2}$ ,  $\Delta T_{\Phi 3}$  – трудоемкость дополнительных работ при обслуживании по Ф2 и Ф3, соответственно.

При таком методе организации ТО трудоемкость каждого этапа примерно одинакова (рис. 2.6.б), что позволяет сократить продолжительность на ТО при более трудоемких формах, создать условия для равномерной загрузки цеха периодического ТО и повысить эффективность использования ЛА. Однако данный метод не обеспечивает необходимую степень увеличения налета.

*Сезонный* – метод с неравномерной трудоемкостью отдельных этапов. Переход на сезонный метод ТО (зимой и осенью – этапы повышенной трудоемкости, летом и весной – малой трудоемкости) дает ряд преимуществ перед методом равной трудоемкости: сокращаются простои самолётов на

ТО в пиковые периоды, что повышает исправность и интенсивность использования парка; создается возможность наиболее полной загрузки инженерно-технического состава за счет его перераспределения между цехами оперативного и периодического обслуживания по периодам года.

## **2.5. Особенности построения системы ТОиР зарубежных самолетов.**

В целом организация ТОиР в зарубежных авиакомпаниях сходна с отечественной практикой. Осуществляется как пирамидальное выполнение форм ТОиР с возрастающей трудоемкостью и увеличением объема работ, так и поэтапное ТО, при котором объемы работ трудоемких форм ТОиР большой периодичности распределяется между формами с меньшей периодичностью или равной трудоемкости.

Основные характеристики форм ТОиР зарубежных самолетов представлены в таблице 2.3. При их рассмотрении следует учитывать, что трудоемкость, продолжительность и периодичность форм существенно варьируется в разных авиакомпаниях (например, по самолету В-747) [6].

## **2.6. Задачи и организационная структура инженерно-авиационной службы**

### **2.6.1. Задачи инженерно-авиационной службы**

Инженерно-авиационная служба (ИАС) призвана осуществлять инженерно-авиационное обеспечение (ИАО) летной работы на предприятиях и в учебных заведениях гражданской авиации. Основное содержание ИАО - решение большого комплекса задач технической эксплуатации ЛА, направленных на обеспечение высокой надежности и безопасности полетов, заданного уровня исправности парка ЛА и готовности к полетам, минимальной себестоимости ТОиР. Рассмотрим основные задачи ИАС:

1. Планирование использования ЛА и производственной деятельности АТБ, обеспечивающее бесперебойное выполнение плана летной работы, регулярность полетов, ритмичную работу подразделений АТБ, планомерную выработку ресурса и отправку АТ на ремонтные предприятия. С этой целью ИАС разрабатывает годовые графики отхода АТ в ремонт и на периодические формы технического обслуживания, перспективные и оперативные планы использования ЛА, производит обоснованные расчеты потребного числа двигателей, комплектующих изделий, запасных частей и расходных материалов на предстоящий год и представляет заявки в органы снабжения.

2. Организация и выполнение технического обслуживания АТ в соответствии с требованиями эксплуатационной и ремонтной документации, указаний МГА, совершенствование организационных форм и методов технического обслуживания АТ на основе достижений научно-технического прогресса. Для этого в научно-исследовательских институтах и учебных заведениях гражданской авиации совместно с авиапредприятиями

Таблица 2.3

## Характеристики форм ТОиР зарубежных самолетов ГА.

Тип самолета (авиакомпания)	Форма ТОиР	Периодичность, ч.	Продолжительность, ч.	Трудоемкость, чел.-ч.
DC-9	Транзитное ТО	1 полет	0.5	
	A	525		
	B	2000		
	C	10000	7 дней	6500
	D	20000	21* день	14000
B-737	Транзитное ТО	1 полет	0.6	
	A	125	3.0	29
	B	750	8.0	84
	C	3000	32.0	1201
	D	20000	257.0	6914
B-727 (ANSETT)	Транзитное ТО	1 полет		
	A	65		
	B	130	8.5	80
	C	8000		8000
	D	16000	15 дней	20000
B-747 (Air France)	Транзитное ТО	1 полет	0.75 – 0.1	
	A	330	21.0 – 30.0	95 – 156
	B	1200	3 – 4 дня	3000
	C	4500	4 дня	3000
	D	22000	15 дней	50000
B-747 (JAL)	Транзитное ТО	1 полет	0.75 – 1.0	
	A	250	5.5	85
	B	1000	9.0	128
	C	3000	4 – 5 дней	5000 – 6000
	H	3 года	10 – 17 дней	25000 – 30000
DC-10 (Swissair)	Транзитное ТО	1 полет	0.3 – 0.5	
	A	420	8.0	
	C	2100	24.0	
	D	23000	14** дней	26000 – 30000

\* Выполняется совместно с одной из форм ТО.

\*\* При двухсменной работе специалистов.

проводится научно-исследовательская работа, направленная на разработку и внедрение более прогрессивных решений в организационную структуру ИАС, методов ТОиР АТ и управление производственными процессами. ИАС также изучает и внедряет передовой опыт работы лучших предприятий и подразделений, организует рационализаторскую и изобретательскую работу, разрабатывает и осуществляет мероприятия по научной организации труда.

3. Разработка и проведение мероприятий по обеспечению безопасности полетов, предупреждению отказов и неисправностей АТ, которые достигаются высоким уровнем качества выполняемых плановых работ по ТО и Р АТ, глубоким анализом причин отказов и неисправностей, разработкой эффективных профилактических мероприятий, установленной системой контроля качества подготовки ЛА к полету, высоким уровнем профессиональной подготовки летного и инженерно-технического состава. ИАС систематически анализирует техническое состояние ЛА, выявляет причины конструктивно-производственных и эксплуатационных недостатков, ведет учет отказов и неисправностей, определяет и анализирует фактическую надежность АТ, разрабатывает требования к промышленности (КБ) и организует доработки по устранению выявленных конструктивно-производственных недостатков.

4. Обеспечение технически грамотной эксплуатации ЛА в полете, под которой понимают: выбор оптимальных режимов полета, обеспечивающих минимальные расходы топлива и высокую надежность работы силовых установок, систем и агрегатов; умение своевременно и правильно использовать дублирующие приборы и системы при выходе из строя основных, а также технически правильные действия экипажа в усложненных условиях полета. Решение этой задачи достигается высоким уровнем технической подготовки летных экипажей, умением грамотно производить расчеты полетов и правильно выбирать наиболее выгодные режимы полета, участием инженерного состава в подготовке экипажей к полету, включением инженеров в состав экипажей, а также высоким уровнем подготовки АТ к полету.

5. Организация и проведение технической учебы и контроля за уровнем технической подготовки летного и инженерно-технического состава, которые являются важнейшими условиями для успешной работы эксплуатационных предприятий. В связи с этим установлен строгий порядок допуска к работе летного и инженерно-технического состава, согласно которому все лица указанных категорий допускаются к выполнению своих должностных обязанностей лишь при наличии у них удостоверений об изучении в установленном объеме конкретной техники и ее эксплуатации с последующим прохождением стажировки на предприятиях гражданской авиации. Но независимо от этого ИАС эксплуатационных предприятий в целях повышения квалификации организует учебу с летным и инженерно-техническим составом по наиболее актуальным для данного предприятия вопросам эксплуатации АТ.

6. Ведение учета и отчетности о наличии, состоянии, движении приписанного парка ЛА и двигателей, исправности АТ, расходе и остатке ре-

сурса, выполнении доработок по бюллетеням, расходе агрегатов, запасных частей и материалов, отказах и неисправностях и т.д. проводится по установленным формам и представляется в вышестоящие инстанции согласно установленному табелю донесений.

7. Организация нормирования трудоемкости различных видов технического обслуживания ЛА, расхода технического имущества, уточнение перечней одиночных и групповых комплектов наземного оборудования, что позволяет правильно осуществлять планирование производственной деятельности АТБ.

8. Обеспечение своевременной передачи АТ в ремонт и получение ее с ремонтных предприятий согласно графику, утвержденному МГА, и договорам, заключенным между эксплуатационными и ремонтными предприятиями.

9. Организация материально-технического обеспечения работы АТБ. ИАС производит расчеты на базе статистики отказов и неисправностей, а также установленных ресурсов и сроков службы АТ и подает заявки в органы снабжения на потребное авиационное техническое имущество, поддерживает контакт с органами снабжения для своевременной реализации заявок и бесперебойного пополнения запасов расходной кладовой АТБ.

10. Обеспечение высокого уровня трудовой и производственной дисциплины инженерно-технического состава и рабочих.

### **2.6.2. Организационная структура инженерно-авиационной службы и АТБ авиапредприятия**

На уровне эксплуатационного предприятия основным производственно-структурным подразделением ИАС является АТБ (авиационно-техническая база).

Основная задача и предназначение АТБ – выполнение работ по оперативному, периодическому ТО, выполнение текущего ремонта; проверок и ремонта авиационного радиоэлектронного оборудования.

АТБ делятся на 5 классов в зависимости от годового объема работ и имеют практически, в основном, одну и ту же типовую структуру, а отличаются главным образом численностью состава.

В приписных аэропортах, имеющих собственный парк, структура АТБ строится как и на предприятиях основного базирования (преимущественно по 5 классу) [1].

В аэропортах, не имеющих собственного парка создаются цеха, смены и бригады оперативного обслуживания ЛА.

Типовая организационная структура АТБ 5 класса представлена на рис. 2.7.



Рис 2.7. Организационная структура АТБ

Главный инженер является заместителем начальника АТБ. Он осуществляет техническое руководство процессом технической эксплуатации АТ на авиапредприятии. В его обязанности входит совершенствование организационных форм и методов ТОиР АТ, внедрение в производство прогрессивной технологии, научной организации труда, передового опыта, новых средств механизации ТО и диагностирования АТ, последних достижений науки и техники.

Главный инженер отвечает за техническое состояние приписного парка ЛА, обеспечение его нормативной исправности и заданного уровня надежности, разработку мероприятий по предотвращению отказов и неисправностей, организацию рекламационно-претензионной работы и выполнение доработок АТ, метрологическое обеспечение ТО, авиационно-техническую подготовку инженерно-технического состава.

Начальник производства является заместителем начальника АТБ. Он руководит работой всех производственных подразделений (цехов, участков) АТБ и производственно-диспетчерского отдела (ПДО). Основными обязанностями начальника производства являются: руководство разработкой планов работы подразделений АТБ, перспективного и оперативного использования ЛА, а также отхода их в ремонт; обеспечение плана воздушных перевозок и авиационных работ своевременно подготовленными ЛА; проведение работ по повышению качества, сокращению сроков и снижению себестоимости обслуживания АТ; предупреждение отказов и неисправностей АТ, авиационных происшествий и инцидентов по причинам нарушения правил ТО и конструктивно-производственных недостатков; контроль ведения учетно-отчетной документации.

Начальник производства отвечает за выполнение производственных планов подчиненными подразделениями, обеспечение безопасности и регулярности полетов, зависящих от качества ТО АТ, поддержание нормативной исправности приписного парка ЛА.

Заместитель начальника АТБ по ПАНХ и МВЛ осуществляет техническое руководство производственной деятельностью АТБ (цехов, участков, бригад) приписных аэропортов, технических подразделений на временных аэродромах. Он отвечает за организацию работы руководимых подразделений, обеспечение исправности ЛА, безопасности и регулярности полетов, зависящих от качества ТО, организацию и уровень технической подготовки подчиненного инженерно-технического состава.

???1) *Цех (цехи) периодического технического обслуживания ЛА* (рис.2.8.) производит техническое обслуживание по периодическим (трудоемким) формам регламентных работ, замену двигателей и комплектующих изделий, доработки по бюллетеням, устранение неисправностей. В крупных АТБ (с большим объемом работы) при наличии нескольких типов ЛА может создаваться не один, а два-три цеха. При малом объеме работ вместо цеха создается участок, что имеет место на небольших АТБ.

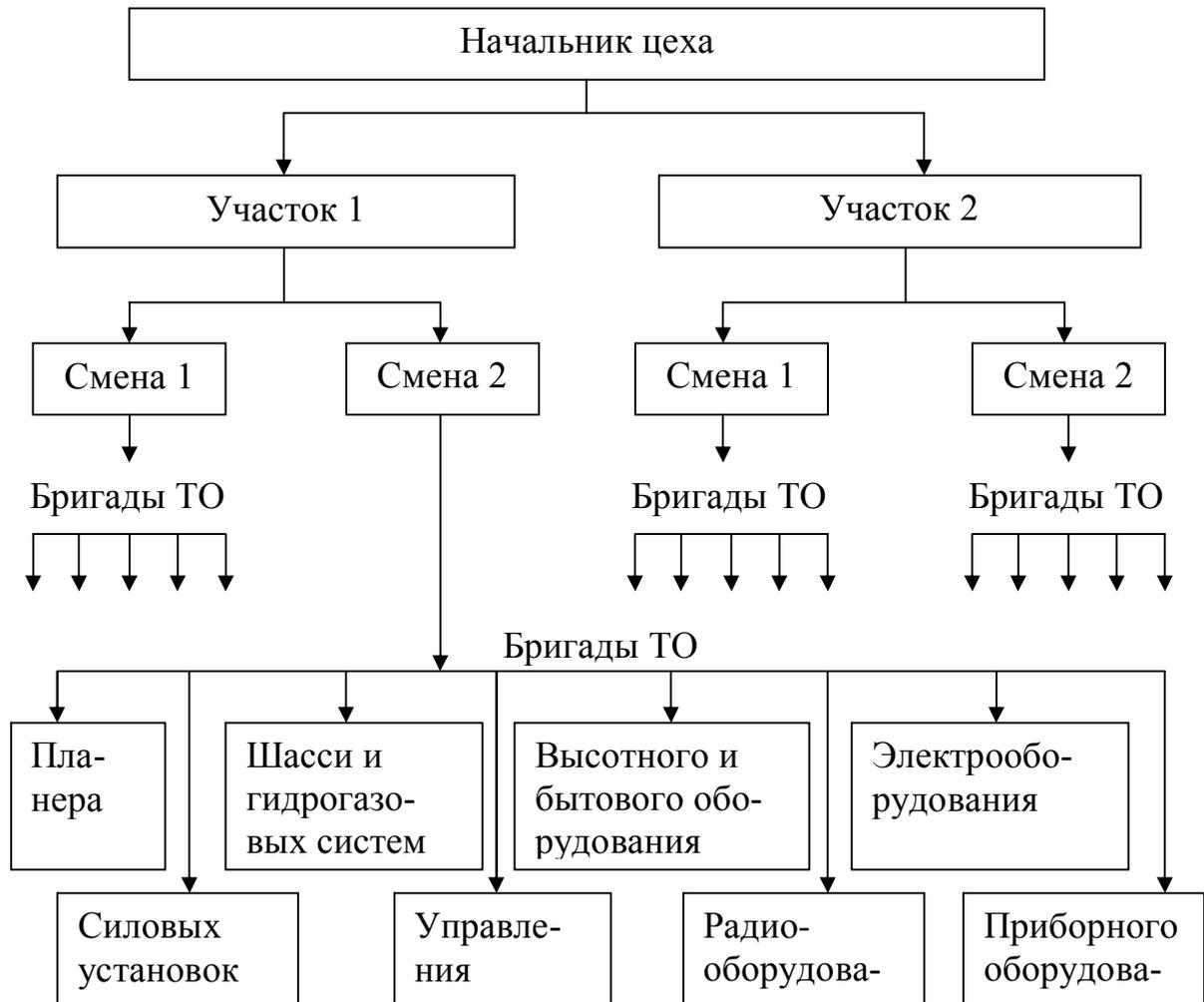


Рис. 2.8. Схема организационной структуры цеха периодического технического обслуживания.

Цех возглавляет начальник, который подчинен начальнику производства. Для улучшения качества подготовки АТ к полету и повышения производительности труда цех может подразделяться на участки с более узкой специализацией, например по типам ЛА. Участки возглавляют начальники, подчиненные непосредственно начальнику цеха. Каждый цех (участок) работает посменно. Число смен определяется объемом и условиями работы. Смена состоит из нескольких специализированных бригад, выполняющих работы по техническому обслуживанию лишь вполне определенных систем и агрегатов. Такие бригады могут создаваться по техническому обслуживанию планера, силовых установок, органов управления, шасси, высотного и бытового оборудования, гидравлических систем, электрооборудования, приборов, радиооборудования. Бригады возглавляются опытными техниками-бригадирами. Работой руководят начальник смены, инженеры смены по специальностям, техники-бригадиры. Эти же должностные лица и инженер ОТК контролируют полноту и качество выполняемых работ.

2) *Цех (цехи) оперативного технического обслуживания* производит обслуживание ЛА по оперативным формам, связанным с непосредственной

подготовкой их к полету. Эти формы обслуживания сравнительно нетрудоемки. В аэропортах с большим объемом работ и наличием нескольких типов ЛА может создаваться два-три цеха оперативного обслуживания, а в аэропортах с малым объемом работ вместо цеха создается участок оперативного обслуживания.

Цех оперативного обслуживания возглавляет начальник, который непосредственно подчинен начальнику производства. Этот цех, как и цех периодического обслуживания, подразделяется на участки, смены и бригады, число которых на каждом эксплуатационном предприятии определяется производственной необходимостью и местными условиями. Но так как объем работ по оперативным формам технического обслуживания ЛА невелик, то на каждый ЛА назначается одна комплексная бригада технического состава, включающая различных специалистов. Руководство работой личного состава смены осуществляют начальник смены, сменные инженеры, техники-бригадиры. Эти же должностные лица контролируют и качество подготовки ЛА к полету.

3) *Цех (участок) лабораторных проверок и ремонта авиационного и радиоэлектронного оборудования (АиРЭО)* выделяет своих специалистов для работы в цехах (участках) технического обслуживания ЛА, а также для лабораторных проверок и ремонта АиРЭО.

На эксплуатационных предприятиях первого и второго классов значительная часть инженерно-технического состава, обслуживающего АиРЭО. Очень значительная часть входит непосредственно в состав цехов периодического и оперативного технического обслуживания.

В каждом из них работу указанных специалистов возглавляют старшие инженеры по АиРЭО. Остальная часть инженерно-технического состава этих специальностей работает в цехе (на участке) лабораторных проверок и ремонта этого оборудования, работа которого возглавляется начальником цеха (участка). Руководство всей службой этого оборудования осуществляет заместитель главного инженера АТБ по АиРЭО.

На эксплуатационных предприятиях третьего и четвертого классов с меньшим объемом работы весь инженерно-технический состав службы АиРЭО находится в одном цехе (участке).

4) *Цех (участок) текущего ремонта ЛА* выполняет слесарно-механические, жестяно-медницкие, сварочные, клепальные, столярные, малярные и другие ремонтные работы. Кроме того, он производит ремонт оборотного фонда агрегатов и запасных частей. Все работы цех выполняет по заказам начальников цехов, участков, смен и производственно-диспетчерского отдела.

Цех состоит из производственных групп (бригад), которые подразделяются на смены. Число их определяет начальник АТБ в зависимости от объема и условий работы. Цех возглавляет начальник, подчиненный непосредственно начальнику производства. Контроль качества выполняемых работ осуществляют заказчики и мастера ОТК.

5) *Цех (участок) обслуживания бытового оборудования* выполняет весь комплекс работ по внутренней уборке пассажирских и служебных кабин, туалетных комнат, по уходу за всем бытовым оборудованием. Он также обеспечивает хранение, стирку, чистку и ремонт снятого с ЛА бытового оборудования и инвентаря.

Цех (участок) возглавляет начальник (мастер), подчиненный непосредственно начальнику производства. Работой руководят мастера (бригадиры), которые в оперативном отношении подчинены начальникам смен, осуществляющим руководство всем составом смены по подготовке ЛА к полету.

6) *Цех (участок) подготовки производства* обеспечивает бесперебойную работу производственных подразделений АТБ. Личный состав цеха оформляет и передает в ремонт снятые с ЛА двигатели, агрегаты и оборудование, а также принимает отремонтированную АТ, ведет учет расходуемого авиационного имущества, комплектовку агрегатов, обеспечивает доставку к рабочим местам цеха периодического технического обслуживания агрегатов, оборудования, запасных частей и расходных материалов.

Цех (участок) подготовки производства возглавляет начальник (старший инженер), подчиняющийся непосредственно начальнику производства, а в оперативном отношении — начальнику производственно-диспетчерского отдела.

7) *Отдел технического контроля* осуществляет контроль качества технического обслуживания и текущего ремонта ЛА. В функции ОТК также входят: анализ причин и предупреждение отказов и неисправностей АТ; контроль выполнения требований официальных документов; разработка мероприятий по предупреждению брака; проверка состояния и хранения контрольно-измерительной аппаратуры, приспособлений и средств механизации; ведение учета и отчетности по отказам и неисправностям АТ а также контроль и учет выполнения разовых осмотров и конструктивных доработок. ОТК определяет соответствие применяемых при техническом обслуживании материалов, полуфабрикатов и готовых изделий техническим условиям.

В состав отдела входят инженеры и техники по разным специальностям, которые закрепляются за цехами и сменами и работают по их графикам. В оперативном отношении инженеры ОТК подчинены начальникам смен. Однако действия сотрудников ОТК не зависят от администрации цехов и участков; их распоряжения по вопросам технического контроля могут быть отменены лишь начальником ОТК или начальником АТБ.

8) *Производственно-диспетчерский отдел* осуществляет перспективное и оперативное планирование использования ЛА; планирование отхода АТ на ТОиР, планирует и организует разовые осмотры, доработки и переоборудование ЛА: разрабатывает диспетчерские графики и сменно-суточные задания цехам (участкам, сменам, бригадам) и централизованно управляет процессами выполнения работ по техническому обслуживанию ЛА и подготовке производства, ведет учет ЛА и двигателей, эксплуатационную техническую документацию, отчетность и техническую статистику. Отдел подчинен непосредственно начальнику производства.

9) *Технический отдел* призван изучать и обобщать опыт работы АТБ и разрабатывать рекомендации по совершенствованию методов технического обслуживания авиационной техники. Кроме того, на него возлагается контроль за общим техническим состоянием ЛА, организация передачи ЛА в ремонт и приемки их из ремонта, учет отказов и неисправностей и разработка мероприятий по их предупреждению, ведение рекламационной работы, технической информации, а также альбомов(карт прочности) силовых элементов ЛА, внедрение инструментальных методов контроля технического состояния АТ, организация рационализаторской и изобретательской работы, технической учебы с летным и техническим составом.

На некоторых АТБ вместо технического отдела создается технологическо-конструкторское бюро (ТКБ). Кроме задач, возложенных на технический отдел, ТКБ выполняет работу по изучению и обобщению опыта эксплуатации, корректировке регламентов и технологических карт закрепленных типов ЛА. Отдел подчинен главному инженеру АТБ.

10) *Отдел главного механика* обеспечивает механизацию трудоемких процессов технического обслуживания и подготовки АТ к полету, техническую и энергетическую оснастку производственных помещений и участков, производство сжатых газов, ремонт и профилактику наземного оборудования, изготовление нестандартного оборудования и средств малой механизации.

11) *Лаборатория (участок) технической диагностики* предназначена для диагностирования и прогнозирования технического состояния АТ и оценки уровня ее надежности на различных этапах эксплуатации. В состав лаборатории обычно входят следующие группы: сбора, учета и анализа информации о неисправностях АТ, анализа масла двигателей и трансмиссий вертолетов, неразрушающих методов контроля, анализа информации и выдачи оперативных рекомендаций по эксплуатации АТ.

В своей работе лаборатория тесно взаимодействует с ОТК, группой расшифровки полетной информации, ПДО, производственными цехами. Лабораторию возглавляет начальник, подчиненный главному инженеру АТБ.

12) *Группа нормирования труда* создается для проведения исследований рабочих процессов в цехах (на участках) АТБ для разработки технически обоснованных нормативов на выполнение работ по различным видам технического обслуживания и текущего ремонта ЛА. Группа подчинена главному инженеру АТБ.

13) *Группа расшифровки записей полетной информации* создается в крупных аэропортах в составе АТБ для расшифровки записей контролируемых параметров.

14) *Метрологическая лаборатория* создается для проведения контроля за соответствием техническим условиям всей измерительной аппаратуры. Она подчинена главному инженеру АТБ.

### Глава 3. Управление эффективностью процессов технической эксплуатации воздушных судов

При технической эксплуатации самолетов гражданской авиации выполняется большой и разнообразный комплекс мероприятий, связанных с их техническим обслуживанием, ремонтом и подготовкой к полетам.

Комплекс мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту самолетов условно можно разделить на две группы: плановые профилактические работы, связанные в основном с предупреждением отказов и неисправностей, т.е. имеющие основной целью поддержание работоспособного состояния; работы по обнаружению и устранению внезапных отказов и неисправностей, т.е. в основном направленные на восстановление работоспособного состояния.

Между этими группами работ на практике могут существовать различные соотношения в зависимости от принятых критериев оптимальности и стратегии в проведении профилактики. Но в любом случае основное требование, предъявляемое к системе технического обслуживания и ремонта в целом, состоит в том, чтобы обеспечить заданный уровень безопасности и регулярности полетов при ограниченных затратах труда, времени и средств для поддержания в исправном состоянии самолетного парка. Грамотное решение этой задачи может быть получено, если существуют способы управления результатами работы авиапредприятия, осуществляющего ТО ЛА. Таковую возможность дают структурное описание ПТЭ и математическая модель его функционирования [1,7], которые будут рассмотрены ниже.

#### 3.1. Структура процесса технической эксплуатации самолетов

*Процесс технической эксплуатации ЛА (ПТЭ)* представляет собой последовательную во времени мену различных состояний эксплуатации в соответствии с принятой стратегией [1].

*Под структурой ПТЭ* понимается совокупность его различных состояний и распределение самолетов по этим состояниям.

Изучение структуры реального ПТЭ является необходимым условием для разработки его математической модели.

Перечень состояний и их граница определены «Инструкцией по почасовому учету исправности и использования самолетов» (табл. 3.1) [7].

Обобщенная структура ПТЭ с возможными группами его состояния приведена на рис. 3.1.

Группа состояний  $S_1$  включает в себя состояния оперативного цикла ПТЭ самолетов (П, Г, А, М, Е,  $O_6$ ,  $T_6$ , У); состояния ПТЭ данной группы характеризует совершенство процесса использования самолетов по назначению и производственной деятельности оперативных цехов АТБ.

Группа  $S_2$  - включает в себя группу  $S_1$  и группу дополнительных состояний ПТЭ ( $O_p$ ,  $T_p$ , Ш, З, Дв, Ж, Д, С). Состояния ПТЭ группы  $S_2$  характеризуют производственную деятельность АТБ в целом, а самолеты, прохо-

дящие через указанные состояния, можно назвать действующим парком АТБ.

Группа  $S_3$  – включает группы  $S_1$  и  $S_2$  и группу состояний, характеризующих нахождение самолетов в ремонте ( $O_p, P, Ж$ ).

Группа  $S_3$  характеризует совершенство ПТЭ всего приписного парка самолетов, то есть эффективность работы АТБ и авиаремонтного завода.

Состояние П – полет (использование по назначению) – является целевым для ПТЭ. Среди остальных состояний можно выделить:

состояния ожидания начала обслуживания и ремонта ( $O_b, O_p, O_r$ );

состояния непосредственного обслуживания и ремонта ( $E, T_b, T_p, P, Y, Д$ );

состояния ожидания списания ( $C$ ):

состояния готовности ( $Г, А, М$ ).

Следует отметить, что простои самолета в состояниях ожидания начала ТОиР объясняются многими причинами и, прежде всего, отсутствием свободных обслуживающих бригад, недостатками в организации обслуживания, изменениями планов воздушного движения и т.п.

Учет простоев и использования приписного парка ЛА возложен на производственно-диспетчерский отдел (ПДО) авиационного предприятия.

Для учета и контроля нахождения в состояниях ПТЭ приписного парка ЛА в любой момент времени диспетчером ПДО ведется по установленной форме диспетчерский график, составляемый каждые сутки. В диспетчерском графике для каждого самолета (бортового номера) приписного парка указывается состояние ПТЭ, в которое самолет попадает, и время пребывания в этом состоянии.

### 3.2. Математическая модель ПТЭ

Рассмотрим, как строится математическая модель ПТЭ. Обозначим через  $t_1$  момент времени, соответствующий началу некоторого состояния ПТЭ, а через  $t_2$  - его конец. Очевидно, что интервал  $X = t_2 - t_1$  есть продолжительность состояния. На практике легко убедиться, что длина интервала  $X$  – величина случайная [2].

Весь ПТЭ, характеризуется конечным множеством своих состояний  $\Delta$ . Обозначим через  $\delta_j$  состояние процесса,  $j$  – порядковый номер состояния. Примем, что 1) смена состояний ПТЭ происходит последовательно и непрерывно; 2) переходы из состояния в состояние осуществляются мгновенно.

Из последнего условия следует, что лучше рассматривать в качестве количественной характеристики не время перехода из  $j$ -го состояния в

## Перечень возможных состояний ПТЭ ЛА

№ п/п	Шифр состояния	Наименование состояния	Границы состояния	
			начало	конец
1	П	Использование по назначению (полёт)	взлёт	посадка
2	Е	Подготовка к полёту (Ф-А)	начало Ф-А	окончание Ф-А
3	А	Неиспользованное время	готовность	взлёт
4	М	Простои по метеоусловиям	взлёт по расписанию	взлёт фактический
5	Г	В резерве	назначение в резерв	снятие из резерва
6	О <sub>Б</sub>	Ожидание Ф-Б	посадка	начало Ф-Б
7	Т <sub>Б</sub>	Обслуживание по Ф-Б	начало Ф-Б	окончание Ф-Б
8	О <sub>ПФ</sub>	Ожидание периодического ТО	посадка	начало периодического ТО
9	Т <sub>ПФ(Ф1)</sub>	Периодическое ТО (Ф1)	начало Ф1	окончание Ф1
10	Т <sub>ПФ(Ф2)</sub>	Периодическое ТО (Ф2)	начало Ф2	окончание Ф2
11	Т <sub>ПФ(Ф3)</sub>	Периодическое ТО (Ф3)	начало Ф3	окончание Ф3
12	У	Устранение неисправностей	прерывание ТО	дата готовности
13	О <sub>Р</sub>	Ожидание отправки в ремонт	начало ожидания отправки в ремонт	отправка в ремонт
14	Р	Ремонт	отправка в ремонт	прибытие после ремонта
15	З	Отсутствие запчастей	прерывание ТО	дата готовности
16	Д	Доработки по бюллетеням	начало доработок	окончание доработок
17	Ж	Рекламации промышленности	обнаружение неисправности	устранение неисправности
18	З <sub>В</sub>	Задержка вылета	начало задержки	окончание задержки
19	Д <sub>В</sub>	Отсутствие двигателя	прерывание ТО или ремонта	дата готовности



смежное  $k$ -е состояние, а относительные частоты  $P_{jk}$  переходов самолета из  $j$ -го состояния в  $k$ -е, где  $k \in \Delta$ .

Для определения  $P_{jk}$  на достаточно большом фиксированном интервале времени наблюдения  $T_H$  за процессом ТЭ определим число попаданий  $n_j$  процесса в  $j$ -е состояние и подсчитаем число непосредственных (прямых) переходов  $n_{jk}$  из  $j$ -го состояния в  $k$ -е состояние.

Тогда относительные частоты переходов можно определить следующим образом

$$P_{jk} = \frac{n_{jk}}{n_j}$$

для каждого из состояний  $j, k \in \Delta$ .

Составив матрицу частот переходов  $\|P_{jk}\| = \bar{P}$ , мы получим описание структуры данного ПТЭ. Доказано, что ПТЭ обладает свойствами стационарности и эргодичности [2].

Благодаря второму свойству, в соответствии с матрицей  $\|P_{jk}\| = \bar{P}$ , можем определить частоты  $\pi_j$  попадания объектов в  $j$ -е состояние ПТЭ за время  $T_H, j \in \Delta$ :

$$\pi_j = \frac{n_j}{\sum_{k=1}^N n_k},$$

где  $N$  – общее число состояний, наблюдаемых в интервале  $T_H$ .

Из значений  $\pi_j$ , полученных для всех  $N$  состояний, можно составить однострочковую таблицу частот  $\boldsymbol{\pi} = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$ , которая называется вложенным вектором-строкой частот состояний.

Т.о., совокупность множества  $\Delta \{x_i\}$ , матрицы  $\bar{P}$  и вектора  $\boldsymbol{\pi}$  является математической моделью рассматриваемого ПТЭ ЛА. Отметим, что матрица  $\bar{P}$  обладает следующими свойствами [1, 2]:

- 1) матрица  $\bar{P}$  – квадратная, имеет конечный порядок;
- 2) вероятности  $P_{jk}$  зависят от состояний  $j$  и не зависят от более ранних состояний;
- 3) все элементы  $\bar{P}$  не отрицательные ( $P_{jk} \geq 0$  для всех  $j$  и  $k$ ), а сумма элементов каждой ее строки равна единице:

$$\sum_{k=1}^N P_{jk} = 1.$$

Для описания ПТЭ удобно пользоваться графом состояний и переходов  $G$ , который можно построить, воспользовавшись матрицей переходов  $\bar{P} = \|P_{jk}\|$  (рис. 3.2.)

Так как матрица  $\bar{P}$  имеет конечный порядок, то число вершин графа  $G$  также конечно. Каждая  $j$ -я вершина графа соединяется в  $k$ -ой вершиной ребром  $E = (j, k)$ , если элемент  $(jk)$  в  $\bar{P}$  равен 1. Ориентация ребер выполняется в направлении от  $j$ -ой вершины к  $k$ -ой. Если же элементы  $(j, k)$  ( $k, j$ )

существуют одновременно, то у графа  $G$  будет два ориентированных ребра между соответствующими вершинами. Разметка ребер и вершин графа  $G$  выполняется с помощью матрицы  $\bar{P}$  и вектора-строки  $\pi$ . Таким образом, модель и граф ПТЭ являются математическим описанием работы авиационного предприятия.

### **3.3. Эффективность ПТЭ ЛА. Выбор показателей эффективности**

*Эффективность ПТЭ* – это результаты работы авиапредприятия по поддержанию требуемого уровня безопасности полетов, регулярности полетов, использования самолетного парка, исправности самолетного парка и экономичности эксплуатации.

Эффективность ПТЭ – сложное комплексное свойство, характеризующее работу АП по обслуживанию самолетов. Оно распадается на ряд отдельных свойств, которые назовем “критерии эффективности”. Из формулировки определения эффективности ПТЭ следует перечень критериев эффективности:

- 1) безопасность полетов;
- 2) регулярность полетов;
- 3) использование самолетного парка;
- 4) исправность самолетного парка;
- 5) экономичность эксплуатации.

Повышение эффективности ПТЭ ЛА заключается в сокращении количества отказов авиационной техники в полете, задержек отправок, простоев и затрат на ТО, в повышении интенсивности использования самолетов.

Повышение эффективности ПТЭ ЛА означает предоставление возможности увеличения налета имеющихся самолетов за счет сокращения простоев на ТО, что позволяет увеличить объем перевозок без увеличения парка самолетов. При этом имеется в виду, что соответственно возрастающий объем технического обслуживания будет обеспечиваться не за счет привлечения дополнительных трудовых и материальных ресурсов, а за счет сокращения удельных затрат труда и средств на ТО при выполнении требований по безотказности авиационной техники и регулярности отправок.

#### **3.3.1. Показатели эффективности ПТЭ, выбор и обоснование их состава**

Под показателями эффективности ПТЭ (ЛА) понимается количественная характеристика свойств, определяющих его способность обеспечить выполнение стоящих перед авиационным предприятием задач.

А в широком понимании и задач, стоящих перед авиационной транспортной системой в целом.

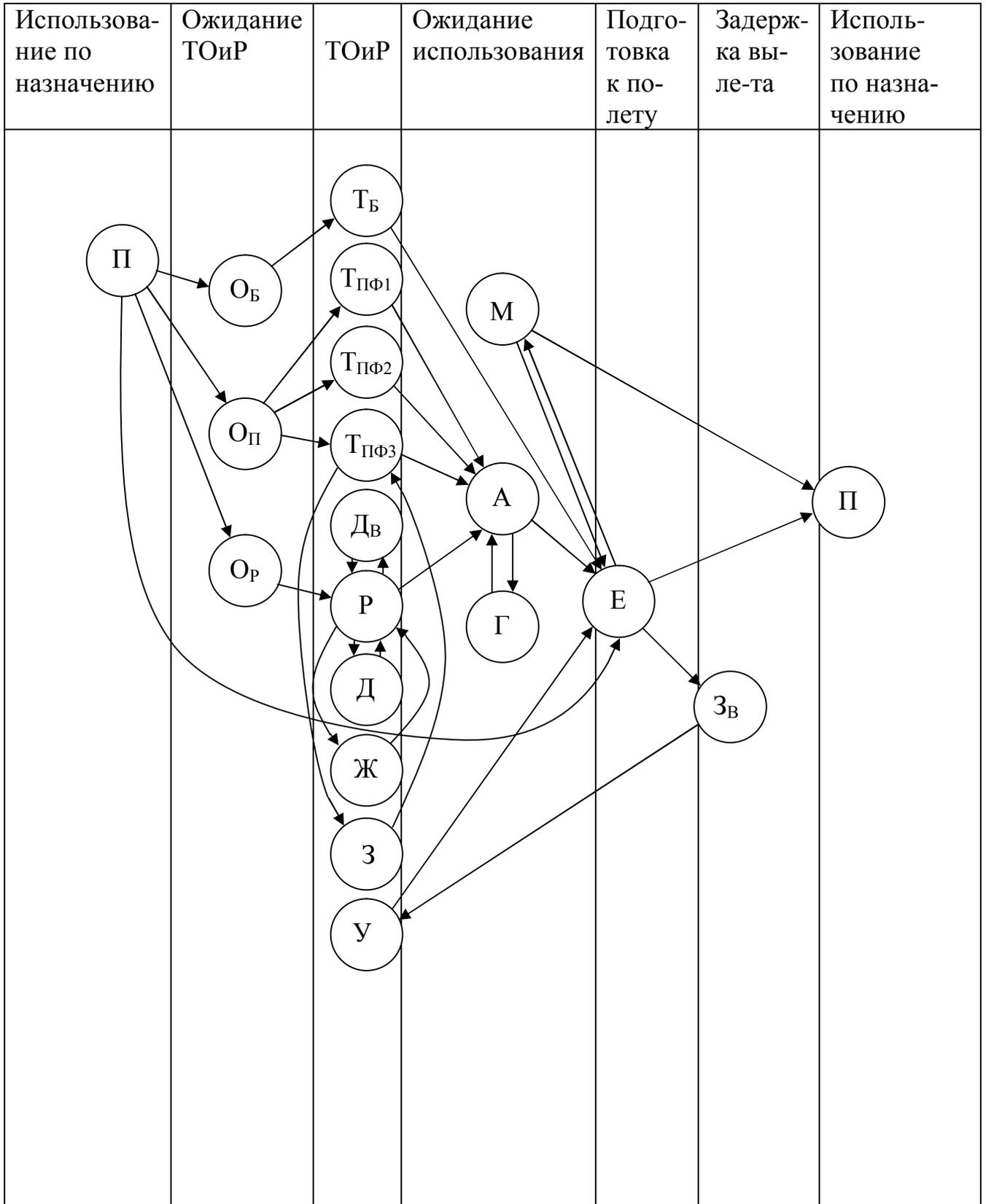


Рис. 3.2. Граф состояний и переходов ПТЭ (возможный вариант)

При установлении состава показателей к ним предъявляются следующие требования:

- состав показателей должен быть необходимым и достаточным для задач нормирования, планирования и управления эффективностью ПТЭ ЛА;
- расчет показателей должен осуществляться на основании существующих форм учета и отчетности;
- расчет показателей должен быть простым и нетрудоемким;
- показатели эффективности ПТЭ ЛА должны быть непосредственно связаны с показателями транспортного процесса, то есть с количеством используемых самолетов, налетом часов, простоями на ТО, затратами на ТО;
- показатели должны нормироваться, а также удовлетворять требованиям адекватности и достоверности.

В таблице 3.2. приведена система показателей эффективности для авиатранспортной системы и ПТЭ ЛА.

Таблица 3.2.

Система показателей эффективности

Критерии эффективности Структурный уровень	Безопасность полётов	Регулярность вылетов	Интенсивность использования и исправности	Экономичность эксплуатации
	Показатели эффективности			
Авиационная транспортная система (отрасль)	$T_{\Pi}$	$P_B$	$R, \Pi_{\Pi}$	$C_R, \rho$
Система (процесс) технической эксплуатации	$K_{1000\Pi}$ $K_{1000И}$	$P_{1000}$ $P_{100}$	$K_{И}, K_{В.И.},$ $K_{испр}, K_{\Pi}$	$T_{уд}, C_{уд}$

В таблице введены следующие обозначения показателей:  $T_{\Pi}$  – наработка на отказ в полете;  $P_B$  – коэффициент регулярности вылетов;  $R$  – объем перевозок;  $\Pi_{\Pi}$  – производительность полетов;  $C_R$  – себестоимость авиаперевозок;  $\rho$  – рентабельность авиаперевозок. Все эти показатели определяют результаты работы отрасли в целом.

Рассмотрим более подробно показатели эффективности ПТЭ.

Для оценки безотказности АТ и безопасности полетов используются коэффициенты, характеризующие число отказов АТ в полете по вине ИАС

на 1000 ч налета  $K_{1000П}$  и число отказов, приводящих к возникновению инцидентов по вине ИАС на 1000 ч налета  $K_{1000И}$ :

$$\text{и } K_{1000П} = \frac{d_{И} \cdot 1000}{H}$$

где  $d_{П}$  – суммарное число отказов, выявленных в полете за налет  $H$ ;  
 $H$  – общий налет парка ЛА, ч;  
 $d_{И}$  – суммарное число отказов, приведших к инцидентам.

*Инцидент* – событие, связанное с использованием ЛА, которое имело место с момента, когда какое-либо лицо вступило на борт ЛА с намерением совершить полет, до момента, когда все лица, находящиеся на борту с целью полета, покинули ЛА, и обусловленное отклонениями от нормального функционирования ЛА, экипажа, служб управления и обеспечения полетов, воздействием внешней среды, могущее оказать влияние на безопасность полета, но не закончившееся авиационным происшествием [1].

Эти показатели полностью отвечают требованиям оценки деятельности ИАС предприятий по обеспечению безотказности АТ и безопасности полетов и позволяют производить дифференцированную оценку влияния на них различных факторов и причин.

Регулярность отправок ЛА в полет определяется показателем нарушений регулярности отправок ЛА по техническим причинам (по вине ИАС) на 1000 отправок  $P_{1000}$  или коэффициентом регулярности полетов  $P_{100}$ .

$$P_{1000} = \frac{n_{зад} \cdot 1000}{N_0}, \quad P_{100} = \left(1 - \frac{n_{зад}}{N_0}\right) \cdot 100\%$$

где  $n_{зад}$  – количество задержек вылетов за рассматриваемый период;  
 $N_0$  – количество отправок самолетов в рейсы за рассматриваемый период.

Исправность и использование самолетного парка ЛА по времени оценивается относительными показателями:

$K_{И}$  - коэффициентом использования парка ЛА по назначению

$$K_{И} = \frac{H}{\Phi};$$

$K_{ВИ}$  - коэффициентом возможного использования парка ЛА

$$K_{ВИ} = K_{И} + K_{РН}$$

где  $H$  – общий налет парка ЛА, ч;

$\Phi$  – календарный (располагаемый) фонд времени эксплуатации парка ЛА, ч.

Коэффициент  $K_{РН}$  характеризует реальную возможность использования по назначению парка ЛА, простаивающего в исправном состоянии:

$$K_{РН} = \frac{K_{И} \cdot t_A}{\Phi},$$

где  $t_A$  – суммарное время простоев исправных используемых ЛА, ч.

$K_{испр}$  - коэффициентом исправности парка ЛА

$$K_{испр} = K_{П} + K_{E} + K_{Г} + K_{M},$$

где  $K_{П} = \frac{t_{П}}{\Phi}$ ,  $K_{E} = \frac{t_{E}}{\Phi}$ ,  $K_{Г} = \frac{t_{Г}}{\Phi}$ ,  $K_{M} = \frac{t_{M}}{\Phi}$  – коэффициенты, характеризующие пребывание ЛА в состояниях – полет, обеспечение рейсов, в резерве, простои по метеоусловиям;

$t_{П}$ ,  $t_{E}$ ,  $t_{Г}$ ,  $t_{M}$  – суммарное время пребывания ЛА соответственно в рейсах, на обеспечении вылетов, в резерве и простоях по метеоусловиям;

$K_{П}$  - удельными простоями ЛА по техническим причинам

где  $t_i$  – суммарное время простоев ЛА в  $i$ -ом состоянии ПТЭ, кроме состояния П, ч.

$$K_{П} = \frac{\sum t_i}{H},$$

Экономичность эксплуатации характеризуется через

$\tau_{уд}$  - удельные трудозатраты

$$\tau_{уд} = \frac{\sum \tau_{iТО}}{H},$$

$C_{уд}$  - удельные материальные затраты

$$C_{уд} = \frac{\sum C_{уд i ТО}}{H},$$

где  $\tau_{i ТО}$  – удельные трудозатраты в  $i$ -ом состоянии ПТЭ, чел-ч/ч. нал.;

$C_{уд i ТО}$  – удельные материальные затраты в  $i$ -ом состоянии ПТЭ, руб/ч. налета.

Приведенные формулы, определяющие выражения для показателей эффективности, характеризующих количественное описание критериев эффективности, не дают возможности выявить, как распределяется располагаемый фонд времени ( $\Phi$ ), удельные трудо-и материальные затраты по состояниям ПТЭ. Поэтому не представляется возможным выяснить, в каких состояниях ПТЭ за рассматриваемый период времени эффективность была самой низкой, что и как надо изменить в работе авиапредприятия, чтобы улучшить результаты его работы, т.е. повысить эффективность ПТЭ. Иными словами, неясно как управлять эффективностью ПТЭ. Ответить на этот вопрос позволяет рассмотренная выше математическая модель ПТЭ.

### 3.4. Расчет показателей эффективности ПТЭ

Расчет показателей эффективности производится на каждом организационном уровне структуры АТБ и отрасли. В качестве отчетных периодов для анализа эффективности ПТЭ ЛА на разных уровнях рекомендуется принимать интервалы, указанные в табл. 3.3. [2,7]

## Отчетные периоды для анализа эффективности

Уровень структуры	Календарные интервалы времени			
	Декада	Месяц	Квартал	Год
$S_3$			+	+
$S_2$		+	+	
$S_1$	+	+		

В конкретных АТБ они принимаются в зависимости от потребности в результатах анализа и возможности получения необходимой информации. С точки зрения повышения оперативности использования результатов анализа эффективности ПТЭ предпочтительнее принимать меньший из указанных интервалов.

Рассмотренная выше математическая модель ПТЭ дает возможность вывести формулы для расчета показателей эффективности, в которые входят величины, характеризующие отдельные состояния ПТЭ [1,2]. Эти формулы приведены в таблице 3.4. Исходными данными для расчета показателей эффективности является информация, содержащаяся в учетно-отчетной документации АТБ (табл.3.5).

Однако иногда возникает необходимость спрогнозировать изменение эффективности ПТЭ в случае уменьшения или увеличения парка самолетов АТБ или налета часов. Тогда для расчета показателей нужны величины  $n_i$  определяются по формулам, приведенным в таблице 3.6. [1,8].

Формулы для определения относительной частоты попадания в состояние  $\pi_i$  и среднего времени пребывания в состоянии  $\mu_i$  даны в таблице 3.6.

### 3.5. Оценка и анализ уровня эффективности ПТЭ

Оценка эффективности ПТЭ осуществляется по специальной методике, которая позволяет решать задачи по:

- информационному обеспечению расчета показателей эффективности;
- расчету показателей эффективности;
- анализу влияния различных технических и организационных факторов;
- определению целесообразности и рациональной последовательности внедрения мероприятий по повышению эффективности ПТЭ;
- оценке эффективности результатов внедрения разработанных мероприятий.

Решение перечисленных задач производится для каждого типа самолета (в масштабе авиапредприятия) на всех уровнях (группы  $S_1, S_2, S_3$ ).

Расчетные формулы для определения показателей

Показатель	Расчетная формула	Примечание
1	2	3
$K_{1000П}$	$K_{1000П} = \frac{d_n \times 1000}{H}$	$d_n$ - суммарное число отказов, выявленных в полете за налет $H$
$P_{100П}$	$P_{100П} = \left(1 - \frac{n_{зв}}{n_{п}}\right) \cdot 100\%$	$n_{зв}, n_{п}$ - количество попаданий в состояния ЗВ и П.
$K_{И}$	$K_{И} = \frac{\pi_{п} \cdot \mu_{п}}{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i}$	$\pi_i, \mu_i$ - характеристики $i$ -го состояния ПТЭ. $\pi_{п}, \mu_{п}$ - характеристики состояния П.
$K_{ИР}$	$K_{ИР} = \frac{\pi_{п} \cdot \mu_{п} + \sum_j \pi_j \cdot \mu_j}{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i}$	$\pi_j, \mu_j$ - характеристики состояний: Е, ОБ, ТБ, ЗВ.
$K_{ВИР}$	$K_{ВИР} = \frac{\pi_{п} \cdot \mu_{п} + \sum_j \pi_j \cdot \mu_j}{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i}$	$\pi_j, \mu_j$ - характеристика состояний: Е, ОБ, ТБ, ЗВ, А, М, Г.
$K_{П}$	$K_{П} = \frac{\sum_j \pi_j \cdot \mu_j}{\pi_{п} \cdot \mu_{п}}$	$\pi_j, \mu_j$ - характеристика состояний: ОП, ОР, Ф1, Ф2, Ф3, У, Р, З, Д, Ж.
$K_{ИСПР}$	$K_{ИСПР} = \frac{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i - \sum_j \pi_j \cdot \mu_j}{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i}$	$\pi_j, \mu_j$ - характеристика состояний: ОП, ОР, Ф1, Ф2, Ф3, У, Р, З, Д, Ж.
$K_{Т}$	$K_{Т} = \frac{\sum_j \pi_j \cdot \tau_j}{\pi_{п} \cdot \mu_{п}}$	$\pi_j, \tau_j$ - характеристика состояний: Е, ТБ, Ф1, Ф2, Ф3, Р, У, Д.

№ № п/п	Составляющие эффективность ПТЭ самолетов	Уровни управления эффективностью	Показатели эффективности			Информационное обеспечение			
			Наименование показателя	Условное обозначение	Расчетная формула	Исходные данные для расчета	Подразделения, формирующие исходные данные	Источники получения информации	Периодичность информации
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Безотказность	цех АТБ	1.1 Количество отказов, проявившихся в полете за рассматриваемый период	$n_{\text{отк}}$	—	—	Цех оперативного технического обслуживания	Бортовой журнал ЛА	Декада
		АТБ	1.2 Количество отказов, проявившихся в полете на 1000 ч полета	$K_{1000}$	$K_{1000} = \frac{n_{\text{отк}} \cdot 1000}{H}$	H – налет парка самолетов за рассматриваемый период	Лаборатории надежности и технической диагностики (ЛНТД), ОТК	Карточки учета неисправностей, отчеты по безопасности полетов	Месяц
2.	Регулярность отправок в рейсы	цех АТБ	2.1 Количество задержек отправок за рассматриваемый период	$n_{\text{зад}}$	—	—	Цех оперативного технического обслуживания	Акты о задержках рейсов по техническим причинам	Декада

Информационное обеспечение для расчета, анализа и оперативного управления эффективностью ПТЭ.

1	2	3	4	5	6	7	
		АТБ	2.2 Количество задержек по техническим причинам на 1000 вылетов	$P_{1000}$	$P_{1000} = \frac{n_{\text{зад}} \cdot 1000}{N_0}$	$N_0$ – количество отправок самолетов в рейсы за рассматриваемый период	ЛНТД
		цех АТБ	2.3 Средняя продолжительность задержки рейсов по техническим причинам	$\theta_{\text{зад.ср}}$	$\theta_{\text{зад.ср}} = \frac{\sum t_{\text{зад}_i}}{n_{\text{зад}}}$	$t_{\text{зад}_i}$ – продолжительность i-ой задержки рейса, ч.	Цех оперативных технических служб
		АТБ	2.4				ЛНТД
3.	Затраты времени	цех АТБ	3.1 Простои самолетов в i-ом состоянии ПТЭ (i-ой форме технического обслуживания)	$t_{\text{пр}}$	—	—	Цехи технического обслуживания (диспетчерского цеха)

1	2	3	4	5	6	7	8
		АТБ	3.2 Удельные простои на техническом обслуживании	$K_{\text{пуд}}$	$K_{\text{пуд}} = \frac{\sum_i t_{\text{ПРi}}}{H}$	—	Производственно-диспетчерский отдел (ПДО)
4.	Затраты труда	цех АТБ	4.1 Фактические трудозатраты на техническое обслуживание в i-ом состоянии ПТЭ (на i-ой форме технического обслуживания)	$T_i$	—	—	Цехи технического обслуживания (нормировщик цеха)
		АТБ	4.2 Удельные трудозатраты на техническое обслуживание	$\tau_{\text{уд}}$	$\tau_{\text{уд}} = \frac{\sum_i T_i}{H}$	—	Планово-экономический отдел (ПЭО)

1	2	3	4	5	6	7	8
5.	Затраты средств	цех АТБ	5.1 Материальные затраты на техническое обслуживание	$C_i$	_____	_____	Цехи технического обслуживания
		АТБ	5.2 Удельные материальные затраты на техническое обслуживание	$C_{уд}$	$C_{уд} = \frac{\sum_i C_i}{N}$	_____	Планово-экономический отдел (ПЭО)

## Формирование характеристик проектируемого ПТЭ ЛА

Характеристика			Способ определения (формула)	Примечание
№ п/п	Наименование	Обозначения		
1	2	3	4	5
1	Кол-во состояний ПТЭ	N	Определяется по количеству состояний рассматриваемого ПТЭ с учетом заданных условий эксплуатации (номер варианта)	
2	Кол-во попаданий в состояния	$n_i$	$n_{\Pi} = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{t_{БП}}$ $n_E = 1,1 \cdot n_{\Pi}$ $n_{ТБ} = \frac{365}{\tau_b} \cdot N_{ЛА} - (n_{\Phi 1} + n_{\Phi 2} + n_{\Phi 3})$ $n_{ОБ} = n_{ТБ}$ $n_{\Phi 1} = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{\tau_{\Phi 1}} - (n_{\Phi 2} + n_{\Phi 3} + n_p)$ $n_{\Phi 2} = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{\tau_{\Phi 2}} - (n_{\Phi 3} + n_p)$ $n_{\Phi 3} = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{\tau_{\Phi 3}} - n_p$ $n_p = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{T_{РЕС.С}}$ $n_{ор} = n_p$ $n_{\Pi\Phi} = n_{\Phi 1} + n_{\Phi 2} + n_{\Phi 3}$ $n_{оп\Phi} = n_{\Pi\Phi}$ $n_y = 0,05 \cdot n_{\Pi}$ $n_3 = 0,15 \cdot n_{\Pi\Phi}$ $n_d = 0,1 \cdot n_{\Pi\Phi}$ $n_{ж} = 0,03 \cdot n_{\Pi\Phi}$ $n_{зв} = 0,05 \cdot n_{\Pi}$ $n_{амг} = 0,25 \cdot n_{\Pi}$	$T_{ГСС}$ -средний годовой налет на списочный ЛА (приложение 4) $N_{ЛА}$ - объем парка ЛА $t_{БП}$ -средняя длительность беспосадочного полета $\tau_b$ -периодичность выполнения формы Б $\tau_{\Phi 1}, \tau_{\Phi 2}, \tau_{\Phi 3}$ - периодичность выполнения $\Phi 1, \Phi 2, \Phi 3$ ; $T_{рес}$ – межремонтный ресурс ЛА $n_{\Pi\Phi}$ -общее число попаданий ЛА на периодические формы ТО.

1	2	3	4	5
3	Относительная частота попадания в состояния	$\pi_i$	$\pi_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^N n_i}$	
4	Среднее время пребывания в состоянии, ч.	$\mu_i$	$\mu_i = \frac{t_i}{n_i}$	$t_i$ - суммарное время пребывания парка ЛА в $i$ -м состоянии

Для анализа влияния различных организационных и технических факторов на эффективность ПТЭ в отчетном периоде ведется контроль за уровнем эффективности путем сравнения ее показателей с некоторыми базовыми значениями, за которые могут приниматься нормативные показатели эффективности или показатели предшествующего периода.

Оценка уровня эффективности проектируемого ПТЭ производится по критериям обеспечения регулярности и безопасности полетов, использования и исправности ЛА, экономичности ТОиР. Оценка эффективности рассчитывается по следующей формуле:

$$\bar{P} = \frac{P_{расч.}}{P_{норм.}},$$

где:  $P_{расч.}$  – соответствующий показатель эффективности, рассчитанный согласно выражениям (табл. 3.4);

$P_{норм.}$  – нормативные значения соответствующих показателей

В качестве нормативных могут быть взяты рассматриваемые показатели ПТЭ за предыдущий отчетный период (оценки эффективности за квартал, полугодие, год), если оценивается работа одного авиационного предприятия. Если необходимо сравнить результаты работы данного авиапредприятия с результатами работы другого, то в качестве нормативных берутся показатели эффективности последнего.

Нормативные показатели могут задаваться как планируемые показатели эффективности ПТЭ.

По результатам оценки принимается решение о соответствии или несоответствии уровня эффективности рассматриваемого ПТЭ нормативам.

При условии:

$$P < 1 \text{ – для } K_{П}, K_{Т}, K_{С}, K_{1000П};$$

$$P > 1 \text{ – для } P_{100отп}, K_{И}, K_{ПР}, K_{ВПР}, K_{ИСПР},$$

рассматриваемый ПТЭ соответствует нормативам и, следовательно, в нем не было снижения уровня эффективности. Если же указанное условие не

выполняется, т.е. наблюдается снижение эффективности ПТЭ, следует разработать соответствующие предложения, направленные на повышение эффективности.

Анализ изменения уровня эффективности ПТЭ по показателям использования, исправности и экономичности эксплуатации позволяет установить степень влияния отдельных его состояний на значения этих показателей: по затратам времени -  $\pi_i \mu_i$ ; по трудоемкости -  $\pi_i \tau_i$ ; по стоимости -  $\pi_i c_i$  [2].

Состояния, для которых указанные величины являются наибольшими, оказывают наиболее существенное влияние на значения соответствующих показателей эффективности процесса технической эксплуатации. По указанному признаку все состояния ПТЭ могут быть выстроены в ранжированный ряд по убыванию влияния состояний на соответствующий показатель эффективности. Такой подход позволяет из множества состояний ПТЭ выделить для анализа только те, которые оказывают наиболее существенное – доминирующее - воздействие. Число доминирующих состояний выбирается с учетом требуемой глубины анализа.

В условиях влияния на уровень эффективности ПТЭ множества факторов и наличия ограниченных ресурсов необходимо постоянно решать задачу по целесообразному использованию резервов, т.е. определять, на что прежде всего должны быть направлены усилия, чтобы добиться максимальных результатов в повышении уровня эффективности. Для этого необходима разработка управленческих решений по внедрению возможных мероприятий по совершенствованию ПТЭ. К таким мероприятиям могут относиться целенаправленные действия инженерно-авиационной службы по совершенствованию средств технического обслуживания и ремонта, организации и управлению производственными процессами, по изменению режимов и внедрению новых методов технического обслуживания и ремонта.

### **3.6. Оперативное управление эффективностью ПТЭ ЛА**

#### **3.6.1. Основные понятия и определения**

Под *оперативным управлением эффективностью* процесса технической эксплуатации (ПТЭ) понимается конкретное, непосредственное воздействие на ПТЭ с целью достижения заданных уровней сокращения простоев, затрат труда и средств при выполнении требований по безопасности и регулярности полетов [8].

*Система оперативного управления эффективностью ПТЭ* представляет собой совокупность объекта, методов и средств управления, направленных на оперативное регулирование эффективности ПТЭ самолетов. Объектом оперативного управления является производственная деятельность цехов и участков эксплуатационного авиапредприятия, непосредственно направленная на повышение эффективности ПТЭ и основанная на результатах оперативного контроля уровня эффективности ПТЭ.

Под *методом оперативного управления* понимается совокупность правил по определению необходимых управляющих воздействий, обеспечивающих непрерывное поддержание планируемого уровня эффективности ПТЭ самолетов. Средства оперативного управления является совокупность производственных, материальных и трудовых ресурсов, а также технические средства диспетчерского управления, графики, схемы, таблицы и другие специальные формы, используемые при оперативном управлении.

Система оперативного управления предназначена для осуществления оперативных воздействий на процесс производства с целью стабилизации выполнения плановых уровней эффективности ПТЭ. Оперативное управление реализуется на уровне производственных участков (смен и цехов технического обслуживания) и направлено на установление значимости рассогласования фактических показателей эффективности ПТЭ с планируемыми значениями, определение причин отклонения и принятия решения о необходимости в дополнительных управляющих воздействиях на ПТЭ или корректировки плана повышения эффективности.

При оперативном управлении оптимизируются показатели эффективности ПТЭ, определяющие безотказность авиационной техники, регулярность полетов, эффективность использования и экономичность эксплуатации.

### **3.6.2. Цель и задачи оперативного управления**

Цель оперативного управления производственной деятельностью авиационного предприятия - повышение эффективности ПТЭ.

Задачами оперативного управления является устранение наилучшим способом отклонений от принятого плана совершенствования эффективности производственной деятельности предприятия по критериям безопасности и регулярности полетов, эффективности использования и экономической эффективности.

Для обеспечения цели и задач оперативного управления необходимо определение функциональной, организационной и информационной структур системы управления, в результате чего устанавливаются:

- органы управления, их подчиненность, структура и состав решаемых задач;
- способы и алгоритмы управления;
- информационные потоки;
- способы и средства обработки и анализа информации.

Кроме этого необходимо знать плановые (базовые или нормативные) значения показателей для установленных критериев эффективности ПТЭ.

Схема оперативного управления эффективностью ПТЭ представлена на рис. 3.3.

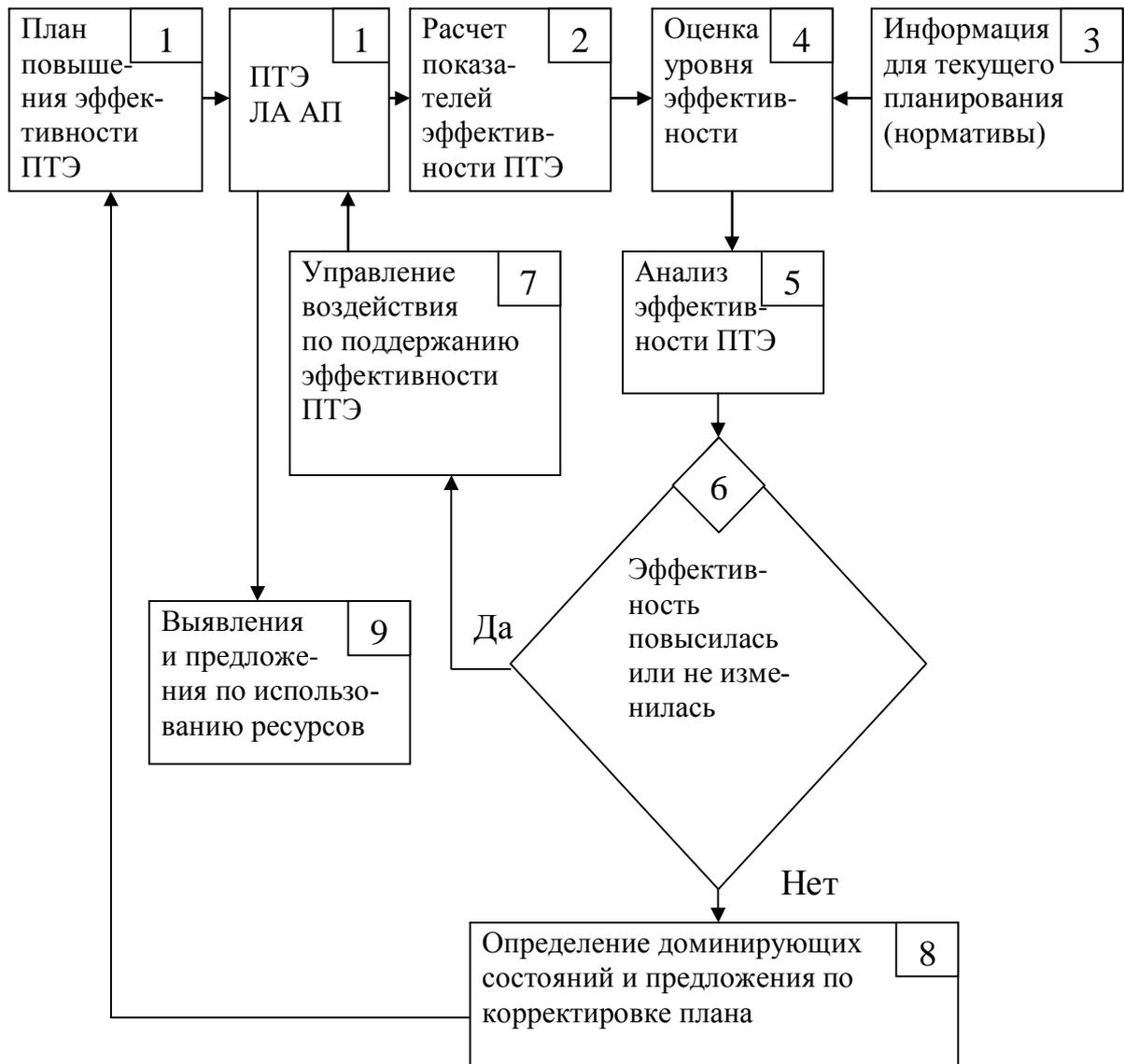


Рис.3.3. Блок-схема оперативного управления эффективностью ПТЭ

### 3.6.3. План повышения эффективности процесса технической эксплуатации

План повышения эффективности ПТЭ при оперативном управлении представляет ежемесячное плановое значение относительного показателя эффективности  $\bar{P}_{ПЛ}$  (блок 10, рис. 3.3.) и является директивным. В процессе оперативного управления эффективность ПТЭ постоянно контролируется (блок 2, где производится оценка показателей эффективности ПТЭ  $\bar{P}$ ) и производится сравнение  $\bar{P}_{ПЛ}$  и  $\bar{P}$  (блок 3), после чего выполняется анализ эффективности ПТЭ (блок 4).

В случае отклонения от плана вырабатывается или управляющее воздействие по поддержанию эффективности ПТЭ (блок 5) или предложения по корректировке плана (блок 9).

Разработка плана повышения эффективности ПТЭ (предварительного планового задания, встреченного плана, формирование плана) для оперативного управления производится при текущем планировании индивидуально для каждого показателя эффективности рассматриваемых критериев эффективности ПТЭ.

С этой целью в план включаются мероприятия, направленные на организационно-технологическую перестройку производства, которая заключается в разработке и использовании методик поиска неисправностей авиационной техники, широком использовании методов диагностирования и контроля, оптимальном использовании трудовых и материальных ресурсов, введении посменной отчетности по установленным показателям эффективности ПТЭ.

Основную информационную базу при выполнении анализа эффективности ПТЭ и оперативном управлении результатами работы авиапредприятия составляют:

- нормативно-справочные документы (плановое задание по повышению эффективности ПТЭ, нормы простоя ЛА на ТО, нормы расхода запасных частей, материалов, ГСМ и электроэнергии, регламент и технология ТО, нормы времени на замену агрегатов);
- техническое описание и инструкции, руководство по летной эксплуатации;
- рабочая документация, используемая при ТО (карта-наряд на ТО, бортовой журнал самолета, карточки учета неисправностей);
- сведения, содержащиеся в отчете цеха о трудоемкости ТО и отчете планово-экономического отдела о выполнении производственного плана.

В качестве дополнительных источников информации могут использоваться [8]:

- ведомость учета исправности самолетов (ПДО);
- анализ качества ТО (ОТК);
- отчеты группы надежности изделий АТ;
- калькуляции расходов (бухгалтерия);
- рекламационные и технические акты.

В результате разработки предложений по повышению эффективности ПТЭ должен быть составлен перечень организационно-технических мероприятий, позволяющих стабилизировать положительные или устранить отрицательные изменения уровня эффективности ПТЭ.

### **3.7. Обеспечение экономичности технической эксплуатации**

#### **3.7.1. Укрупненная структура общих эксплуатационных расходов**

Экономичность технической эксплуатации ЛА характеризуется затратами трудовых, топливно-энергетических и материальных ресурсов на единицу продукции ТО и ремонта АТ. Затраты на эти виды работ входят

составной частью в себестоимость авиаперевозок. Синтезируя все текущие затраты на производство продукции, себестоимость является одним из главных показателей издержек материалов, средств и труда, т.е. уровня эксплуатационных расходов авиапредприятия.

Себестоимость единицы транспортной продукции  $C$  определяется отношением общей суммы эксплуатационных расходов по транспортной авиации за определенный период к общему объему транспортной продукции, произведенной за этот же период:

$$C = \frac{C_{\Sigma}}{W_{TP}},$$

где  $C_{\Sigma}$  – сумма эксплуатационных расходов, руб.;  $W_{TP}$  – общий объем транспортной продукции, т·км.

Себестоимость тонно-километра и себестоимость летного часа связаны соотношением

$$C = \frac{C^*}{A_{\text{ч}}},$$

где  $C^*$  – себестоимость летного часа, руб./ч налета;  $A_{\text{ч}}$  – часовая производительность полетов, т·км/ч налета.

Данные показатели нашли широкое применение в практике планирования работы авиапредприятия и оценки их хозяйственной деятельности [1].

Традиционная до недавнего времени в ГА система учета прямых эксплуатационных затрат (ПЭР) предусматривала их разбивку по следующим статьям калькуляции [6]:

- авиационные горюче-смазочные материалы (авиа ГСМ);
- амортизация самолетно-вертолетного парка (СВП);
- текущий ремонт СВП;
- заработная плата персонала;
- отчисление на социальное страхование;
- аэропортовые расходы.

Распределение затрат по этим статьям для основных типов самолетов представлено в таблице 3.7 [6].

Укрупнено эксплуатационные расходы делятся на стоимость потребленных средств производства и затраты на оплату труда. Для определения, анализа и оценки себестоимости на авиапредприятиях эксплуатационные расходы расчленяются более детально по калькуляционным статьям, группам и подгруппам затрат. В настоящее время выделяют шесть калькуляционных статей.

Таблица 3.7.  
Структура себестоимости лётного часа самолетов (за 1988 г.)

Тип самолета	Составляющие себестоимости летного часа, руб/ч						Всего
	ГС М	Амортизация	Текущий ремонт	Заработная плата	Отчисления на социальное страхование	Аэропортовые расходы	
Ан-2	22	21	12	41	6	38	140
Л-410	21	170	29	57	9	35	321
Як-40	84	89	17	103	15	141	449
Ан-24	59	66	23	124	19	150	441
Ту-134	203	163	31	178	27	214	816
Як-42	196	392	36	174	26	242	1066
Ту-154	419	312	58	296	45	408	1538
Ил-62	534	530	58	229	34	226	1611
Ил-62М	478	468	58	225	34	219	1482
Ил-86	753	1507	192	563	86	621	3722

Доля каждой из статей (в процентах) за последние годы в среднем по ГА составляет [1]:

Авиа ГСМ .....	22
Амортизация СВП (реновация) .....	17
ТОиР СВП .....	20
Заработная плата всего состава (кроме ИАС) .....	15
Отчисления на социальное страхование .....	4
Аэропортовые расходы .....	22

Всего:..... 100

В свою очередь затраты на ТОиР СВП, которые в укрупненной структуре расходов довольно значительны – 20%, могут быть представлены в виде следующих расходных статей:

- заработная плата основных производственных рабочих.....30%
- материальные затраты на закупку и ремонт запасных частей и агрегатов и на расходные материалы ТОиР (в том числе на ремонт авиадвигателей – 23%).....58%
- накладные (цеховые и общезаводские расходы).....12%.

Следует отметить, что разделение первых двух статей, относящихся к прямым расходам на ТОиР, на зарплату и материальные затраты, носит достаточно условный характер.

В данном случае к материальным затратам отнесены все расходы на закупку и ремонт комплектующих изделий безотносительно к тому, выполняется ремонт силами эксплуатационного подразделения, ремонтного предприятия или завода-изготовителя. Поэтому в эти расходы включены и затраты на заработную плату ремонтного персонала. Соответственно в статью «заработная плата основных производственных рабочих» эти затраты не включались.

Статья «Авиа ГСМ» включает расходы на топливо и смазочные материалы только по самолетам и вертолетам, а статья «Амортизация СВП» - только расходы на реновацию, так как расходы на капитальный ремонт перенесены в статью «ТОиР». Нормы амортизации на реновацию в процентах от балансовой стоимости в год составляют: для планеров всех типов ЛА – 8%; для двигателей всех типов – 10%.

ИАС оказывает непосредственное влияние на снижение эксплуатационных расходов и прежде всего по статье «Текущий ремонт СВП» за счет совершенствования программ ТО и ремонта АТ, технологии ТО и ремонта, увеличения межремонтных ресурсов АТ, обоснования норм расхода ГСМ и других мероприятий.

Не менее важной характеристикой, определяющей уровень эксплуатационных расходов, является экономичность самой конструкции ЛА, которая оценивается при производстве и эксплуатации обобщенным показателем экономичности  $K_{э}$ . Он определяется как отношение суммарных затрат на производство ТОиР, приходящихся на 1 ч налета, к массе конструкции ЛА:

$$K_{э} = \frac{C_H + A \cdot (C_{уд.ТО} + C_{уд.р.})}{A \cdot G_0},$$

где  $C_H$  – стоимость нового ЛА, руб.;  $C_{уд.ТО}$  и  $C_{уд.р.}$  – удельные затраты на техническое обслуживание и ремонт соответственно, руб./ч налета;  $A$  – назначенный ресурс ЛА, ч;  $G_0$  – масса конструкции ЛА, т.

Для ЛА с различной массой конструкции значения  $K_{э}$  должны быть различными. С увеличением  $G_0$  показатель  $K_{э}$  уменьшается (экономичность конструкции растет) (рис. 3.4). Таким образом, возникает задача установления нормативных величин  $K_{э}$  в зависимости от массы конструкции  $G_0$ , необходимых для оценки экономичности конструкций различных типов ЛА.

Основными путями повышения экономичности конструкции ЛА являются увеличение назначенного и межремонтных ресурсов, повышение безотказности и эксплуатационной технологичности.

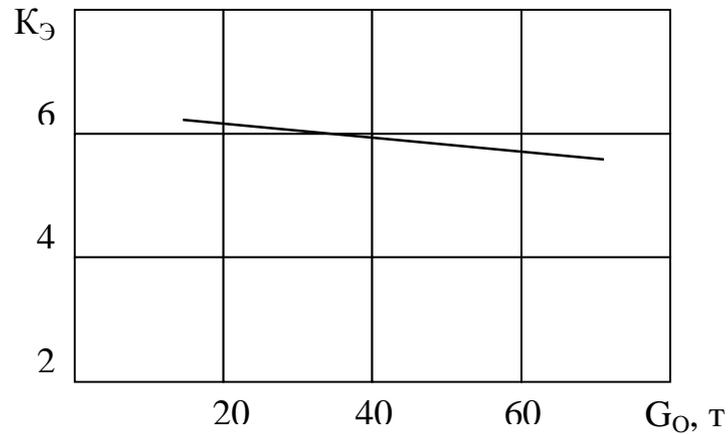


Рис. 3.4. Зависимость показателя экономичности конструкции ЛА от ее массы

### 3.7.2. Роль ИАС в повышении экономичности технической эксплуатации

Работники ИАС гражданской авиации ведут постоянную работу по повышению производительности труда, экономии трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов, снижению себестоимости ТО. С этой целью ИАС должны решать следующие задачи: оснащать производственные подразделения АТБ высокопроизводительным оборудованием, применять прогрессивные методы ТО АТ; повышать квалификацию ИТС и рабочих; совершенствовать организационную структуру АТБ; внедрять научную организацию труда; внедрять прогрессивные, технически обоснованные нормы и нормативы, нормы расхода запасных частей и материалов; учитывать и рационально использовать запасные части и материалы; требовать от заводов полного возмещения убытков по изделиям АТ, на которые предъявлены рекламации; обеспечивать полную отработку ресурса изделий АТ; сокращать общепроизводственные расходы АТБ; учитывать и анализировать трудовые и материальные затраты, дифференцировать их по типам ЛА и видам работ, принимать меры по их снижению

Особое значение в деятельности ИАС по повышению экономичности эксплуатации занимает проблема снижения трудовых затрат на ТО АТ и повышение производительности труда. Данная проблема обусловлена, с одной стороны, увеличением объема летной работы и объема работ по ТО АТ в АТБ на предстоящий период, а с другой - известными ограничениями в темпах роста трудовых ресурсов на перспективу.

Для снижения трудозатрат на ТО все большее применение получают поэтапный метод организации работ на периодических формах ТО, сетевые и технологические графики их выполнения [10], специализация цехов по видам работ, кооперированный метод эксплуатации ЛА, предусматривающий их ТО в специализированных АТБ, интегрированный метод ТО и ремонта и др.

Работа по снижению трудозатрат и повышению производительности труда должна проводиться как в направлении уменьшения потребной трудоемкости ТО и АТ, которая в свою очередь диктуется свойствами ее надежности и совершенством программы ТОиР, так и в направлении снижения реальных трудозатрат, дополнительно зависящих от степени освоения ЛА и условий конкретных авиапредприятий.

Гражданская авиация – один из основных потребителей топлива в стране. Около одной трети себестоимости авиаперевозок приходится на долю ГСМ. Сокращение расхода ГСМ при выполнении полетов не только уменьшает стоимость авиаперевозок, но и высвобождает дополнительное сырье для других отраслей народного хозяйства.

Основные направления работы отрасли по экономии авиатоплива направлены на внедрение новой и модифицированной АТ с повышенными характеристиками топливной эффективности, совершенствование методов эксплуатации ЛА в полете и на земле для сокращения удельного расхода топлива на единицу транспортной работы, обеспечения правильного его хранения и расходования.

Инженерно-авиационная служба, в распоряжении которой находится АТ, наземное оборудование, здания и сооружения, играет определяющую роль в решении задач эффективного использования и экономии топливно-энергетических ресурсов на предприятиях гражданской авиации.

К числу основных мероприятий, проводимых ИАС по экономии ГСМ, относятся следующие [1]:

- оптимизация графиков опробования авиадвигателей при выполнении работ по ТО или устранению отказов и неисправностей, требующих запуска двигателей.

Например, внедрение сокращенного графика опробования двигателя НК-8-4 на самолете Ил-62 при ТО по форме Б позволяет экономить до 750 кг авиатоплива при одном ТО:

- организация и планирование ТО ЛА по смене авиадвигателей без облета. На самолетах Ил-62 и Ил-62М в Домодедовском производственном объединении получена годовая экономия около 84 т авиатоплива;
- организация анализа и учета расходования авиатоплива на ЛА в процессе их эксплуатации с использованием информации бортовых систем регистрации параметров полета и работы систем;
- организация ТО ЛА на опорных (внебазовых) зонах, исключая нерациональные перегоны ЛА в базовый аэропорт;
- обеспечение на предприятия раздельного сбора отстоя горючесмазочных материалов и сдачи его на склады для повторного использования;
- применение моющих средств и других заменителей, исключающих использование авиатоплива в технологических процессах при ТО летательных аппаратов, и технических средств, обеспечивающих экономию авиатоплива.

### 3.7.3. Определение экономического эффекта от снижения затратных показателей эффективности ПТЭ ЛА

В располагаемом годовом фонде времени ЛА  $T_{г.ф.}$  наряду с налетом  $T_r$  значительную долю занимает простои по различным причинам. Все простои можно объединить в три группы:

- 1) простои ЛА по техническим причинам;
- 2) по различным причинам в исправном состоянии;
- 3) простои в промежуточных и конечных аэропортах при выполнении рейсов.

Для того, чтобы снижать простои ЛА необходимо знать причины их вызывающие.

Так простои ЛА по техническим причинам в основном складываются из затрат времени на ТО и Р; на доработках ЛА по бюллетеням и на рекламациях промышленности; в ожидании новых или отремонтированных двигателей и запасных частей, необходимых для установки на ЛА.

Простои в исправном состоянии в аэропортах базирования могут происходить из-за отсутствия необходимых метеоусловий для выполнения полетов; из-за нахождения ЛА в резерве в соответствии с установленными нормативами; по причине отсутствия в расписании рейсов в ночное время.

К простоям ЛА в промежуточных и конечных аэропортах при выполнении рейсов относят затраты времени на выполнение оперативных форм ТО (предполетного, транзитного и послеполетного) в соответствии с технологическими графиками, а также различных простои в ожидании вылетов.

Как уже указывалось выше в задачу ИАС входит выработка технических или технологических решений по снижению простоев для повышения эффективности эксплуатации ЛА.

Определение годового экономического эффекта от снижения простоев проводится согласно Положению о стимулировании повышения эффективности ПТЭ ЛА [11] и рассчитывается следующим образом:

$$\mathcal{E}_{K_{II}} = (K_{II}^{\delta} - K_{II}^{отч}) \cdot K_{II}^{отч} \cdot P_{л.ч.}^{отч} \cdot H^{отч} - Z_{ВН},$$

где  $\mathcal{E}_{K_{II}}$  – экономический эффект от сокращения простоев самолетов на ТО и Р в случае использования высвобождаемого времени для увеличения налета, руб;

$K_{II}$  – удельные простои самолетного парка;

$K_{II}$  – коэффициент использования самолетного парка;

$P_{л.ч.}$  – прибыль от одного летного часа, руб;

$H$  – годовой налет парка;

$Z_{ВН}$  – затраты на внедрение.

Индексы: «Б» - относятся к показателям базового периода (например, предшествующего внедрению года); «отч» - относятся к показателям отчетного года (года внедрения).

Эксплуатационные затраты зависят также от степени использования в АТБ трудовых и материальных ресурсов. К числу основных факторов, влияющих на эксплуатационные затраты относят [1]:

- уровень конструктивно-эксплуатационного совершенства приписного парка ЛА и прогрессивность системы их ТО;
- степень технологической специализации АТБ;
- удельный вес дополнительных работ в общем объеме производства АТБ;
- степень внедрения в АТБ прогрессивных методов и форм организации ТО (по техническому состоянию, поэтапный, совмещенные ТО и ремонт и др.);
- производительность труда рабочих АТБ;
- степень использования производственной мощности АТБ и др.

Количественно эксплуатационные затраты определяются показателями эффективности –  $K_T$  (удельные трудозатраты) и  $K_C$  (удельные материальные затраты).

Деятельность ИАС АТБ должна быть направлена на разработку и внедрение предложений по снижению влияния перечисленных выше факторов. Что приводит к повышению экономичности эксплуатации. Годовой экономический эффект от внедрения таких предложений рассчитывается [11]:

- от снижения удельных трудозатрат

$$\mathcal{E}_{K_T} = (K_T^B - K_T^{отч}) \cdot C_{н.ч}^{отч} \cdot H^{отч} - \mathcal{Z}_{вн},$$

где  $\mathcal{E}_{K_T}$  - экономический эффект от снижения затрат труда от ТОиР, руб.;

$\tau_{уд}$  - удельные трудозатраты на ТОиР;

$C_{н.ч}$  - средняя зарплата за 1 нормо-час, руб.

- от снижения удельных материальных затрат

$$\mathcal{E}_{K_C} = (K_C^B - K_C^{отч}) \cdot H^{отч} - \mathcal{Z}_{вн},$$

где  $\mathcal{E}_{K_C}$  - экономический эффект от сокращения материальных затрат на ТОиР, руб.;

$K_C$  - удельные материальные затраты на ТО и Р.

## Литература

1. Техническая эксплуатация летательных аппаратов/Под ред. Смирнова Н.Н.- М.: Транспорт, 1990.
2. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. – 2-е изд.- М.: Транспорт, 1987.
3. Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М. Эксплуатационная технологичность ЛА.- М.: Транспорт, 1994.
4. Надежность в технике. Термины и определения. ГОСТ 27.002-83. Издание официальное.- М.: 1983.
5. Ицкович А.А. Надежность летательных аппаратов и двигателей. Части 1 и 2. Учебное пособие.- М.: МГТУ ГА, 1995
6. Далецкий С.В., Деркач О.Я., Петров А.Н. Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации.- М.: Воздушный транспорт, 2002.
7. Смирнов Н.Н., Полякова И.Ф. Методические указания по проведению практического занятия «Построение структуры и модели ПТЭ, выбор показателей для оценки его эффективности». – М.: МГТУ ГА, 1997.
8. Смирнов Н.Н., Полякова И.Ф. Расчет, оценка и анализ эффективности ПТЭ. Пособие по проведению лабораторной работы. – М.: МГТУ ГА, 1999.
9. Методика оперативного управления эффективностью процесса технической эксплуатации самолетов в эксплуатационных авиапредприятиях. - М.: МИИГА, 1984.
10. Герасимова Е.Д., Найда В.А., Полякова И.Ф. Повышение эффективности ПТЭ ЛА за счет сокращения простоев при подготовке ВС к полету. Пособие по выполнению контрольной работы. – М.: МГТУ ГА, 2004.
11. Положение о стимулировании повышения эффективности процесса технической эксплуатации самолетов в эксплуатационных авиапредприятиях. – М.: МИИГА, 1984