

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ АВИАРЕМОНТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ.

Макин Ю.Н., доктор технических наук, профессор

Жизненный цикл ЛА и АД, причины, вызывающие необходимость ремонта, требования к ремонту.

Жизненный цикл ЛА и АД включает: летную эксплуатацию, ТОиР в АРП и АТБ, простое и хранение (из-за отсутствия ГСМ, запчастей, материалов, для выполнения конструктивных доработок, в ожидании и проведении ТОиР, в ожидании загрузки и т.д.).

Причина, вызывающая необходимость ремонта ЛА, АД и их агрегатов: выработка ресурсов, сроков службы (гарантийного до 1-го КР, межремонтного); неудовлетворительное техническое состояние; наличие летного происшествия, инцидента, приводящего к повреждению конструкции; необходимость переоборудования в другой вариант, модификацию, серию; по указанию ” Росавиации ”, ремонтного управления, объединения, АК; перед направлением в экспедицию вдали от мест основного базирования (Антарктида, проводка судов, ледовая разведка и т.д.).

Требования к ремонту АТ и авиаремонтному производству:

1. Высокое качество ремонта, послеремонтная надежность и безопасность полетов ЛА после их ремонта.
2. Минимальная трудоемкость ремонта.
3. Минимальная стоимость ремонта (минимальные затраты на запасные части, материалы, зарплату, энергоносители и т.д.)
4. Минимальная продолжительность ремонта (простои АТ).
5. Высокий уровень механизации, автоматизации производственных (технологических) процессов.
6. Высокий уровень социальной обеспеченности персонала АРП, АТБ, занимающихся ремонтом АТ, восстановлением деталей и узлов.
7. Обеспечение требований охраны труда и окружающей среды.

Безопасность полетов ЛА и экономическая эффективность ремонта.

Основным принципом эффективной деятельности ГА является: обеспечение безопасности полетов при минимальных экономических затратах.

Для АРП, АТБ, ремонтирующих АТ, этот принцип должен быть представлен следующими требованиями:

1. Обеспечение высокого уровня качества ремонта, послеремонтной надежности, а значит и безопасности полетов ЛА после их ремонта.
2. Обеспечение минимизации затрат на ремонт ЛА, АД, восстановления их деталей, узлов, конструктивных элементов, агрегатов.

Эти требования находятся в противоречии друг к другу. Повышение уровня качества ремонта, послеремонтной надежности, БП требует повышения затрат, в

том числе и на ремонт АТ. Сокращение затрат на ремонт может ухудшить качество ремонта, снизить послеремонтную надежность и прямо повлиять на БП в худшую сторону. В этой борьбе противоречий необходимо стремиться искать оптимальные решения. Но в любом случае для обеспечения БП должны быть принесены в жертву экономические показатели. Над решением этой проблемы должны работать специалисты ОКБ, заводов изготовителей АТ, АК, АРП и АТБ, НИИ и учебных заведений.

Основные термины, понятия и определения, расчеты показателей БП должны быть известны студентам из соответствующих УД.

Ранее в качестве показателей БП использовались статистические показатели: средний налет, среднее количество полетов на одно летное происшествие, инцидент; количество их на 1 млн. часов налета парком данного вида, типа ЛА; и т.д.

Но получение этих показателей требует длительной эксплуатации АТ. Поэтому получили применение вероятностные показатели: условная вероятность летного происшествия, инцидента по i -ой причине, безусловная вероятность летного происшествия, инцидента по этой причине, полная безусловная вероятность успешного завершения каждого отдельного полета на данном виде, типе ЛА и др.

Основными комплексными критериями оценки ЛА по БП являются: вероятность безопасного полета $P(БП)$ и полная вероятность летного происшествия с тяжелыми(аварийными) последствиями $P(ЛПАП)$:

$$P(БП) + P(ЛПАП) = 1, \text{ т.е. } P(БП) = 1 - P(ЛПАП)$$

Для контроля качества ремонта, послеремонтной надежности и БП отремонтированных ЛА в АРП, АТБ необходимо службам ОТК, надежности вести исследования разрушенных, отказавших, забракованных, а также имеющих повреждения, дефекты деталей, узлов, конструктивных элементов, агрегатов, систем ЛА и АД.

Исследования включают: методы, способы ОТС при разной наработке изделий, объектов АТ; лабораторные исследования; сбор, обработку и анализ соответствующей статистической информации(анализы повреждений и дефектов, обнаруживаемых при дефектации в АРП); сбор, обработку и анализ материалов по претензиям эксплуатационных предприятий(рекламационные, технические акты в период действия гарантий АРП на качество ремонта, послеремонтную надежность и БП отремонтированных ЛА при отработке ими установленных межремонтных ресурсов, сроков службы).

Экономическая эффективность эксплуатации ЛА определяется с учетом затрат на ремонт в процессе отработки ресурсов, сроков службы. Затраты на покупку нового ЛА и затраты на его ремонт в процессе эксплуатации отражаются на себестоимости летного часа, а значит и на прибыль АК.

Прибыль может быть достигнута при обязательном соблюдении следующего неравенства:

$$C_n + C_p + C_z \cdot T < D \cdot T,$$

где C_n , C_p , $C_э'$ – соответственно затраты на покупку нового ЛА, затраты на все его ремонты во время эксплуатации, себестоимость одного летного часа (затраты на ГСМ, ТО, зарплата экипажу и др.); D' – доход от одного часа эксплуатации ЛА; T – время эксплуатации (например – назначенный ресурс ЛА).

Качество ремонта, послеремонтная надежность, межремонтные ресурсы и сроки службы ЛА и АД.

Рассмотрим некоторые общие и специфические для АРП термины, относящиеся к качеству продукции, труда, ремонта АТ и др. (часть из них представлена в 1.2 данного учебника).

Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. **Показателем качества продукции** – является количественная характеристика свойств продукции, входящих в состав ее качества, рассматривается применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления. Этих показателей несколько: единичный, комплексный, интегральный и базовый.

Контроль качества продукции – это проверка соответствия показателей качества продукции установленным требованиям.

Управление качеством продукции – это установление, обеспечение и поддержание необходимого уровня качества продукции при ее разработке, производстве и эксплуатации или потреблении, осуществляемое систематическим контролем качества и целенаправленным воздействием на условия и факторы, влияющие на качество продукции.

Качество труда работников – совокупность свойств процессов трудовой деятельности, от которых зависит соответствие этого процесса и его результатов установленным требованиям, количественная характеристика свойств процесса труда, составляющих его качество.

Качество ремонта продукции – совокупность свойств процесса ремонта продукции, от которых зависит соответствие этого процесса и его результатов установленным требованиям.

Показатели качества ремонта продукции – является количественная характеристика свойств процесса ремонта продукции, составляющая его качество.

Применительно к авиаремонтному производству качество продукции – это совокупность свойств отремонтированной АТ (ЛА, АД, агрегатов и др.) обуславливающих соответствие ее летно-тактических и технических характеристик, устанавливаемых ресурсов и сроков службы. На качество ремонта АТ влияют разные факторы.

В некоторых АРП распределение обнаруженных при контроле качества ремонта самолетов недостатков за календарный год распределяются:

- замечания по ремонту самолетов, восстановлению его деталей	10-20%
- замечания по сборке, монтажу, регулировке	75-80%
- другие замечания	5-10%

Кроме выше указанного, представлены данные по распределению замечаний, обнаруженных при контроле качества на этапах ремонта ЛА в АРП.



Влияние основных факторов на качество ремонта АТ.

Таблица

Распределение замечаний за год при контроле качества на этапах ремонта ЛА.

№ п/п	Наименование замечаний	Доля в %
1.	Механические повреждения деталей, узлов, агрегатов, конструктивных элементов ЛА	30,0
2.	Некачественный ремонт, монтаж трубопроводов	19,6
3.	Касание, трение деталей друг о друга (некачественный монтаж)	11,4
4.	Некачественный монтаж крепления объектов ЛА	8,7
5.	Не законтрено соединение (некачественный монтаж)	5,2
6.	Некачественная регулировка АиРЭО	4,9
7.	Некачественный ремонт, монтаж, подгонка деталей соединения, люков	3,0
8.	Некачественные соединения электропроводки при монтаже	2,2
9.	Некачественная клепка при ремонте ЛА	1,1
10.	Другие замечания	13,9
Итого:		100,0

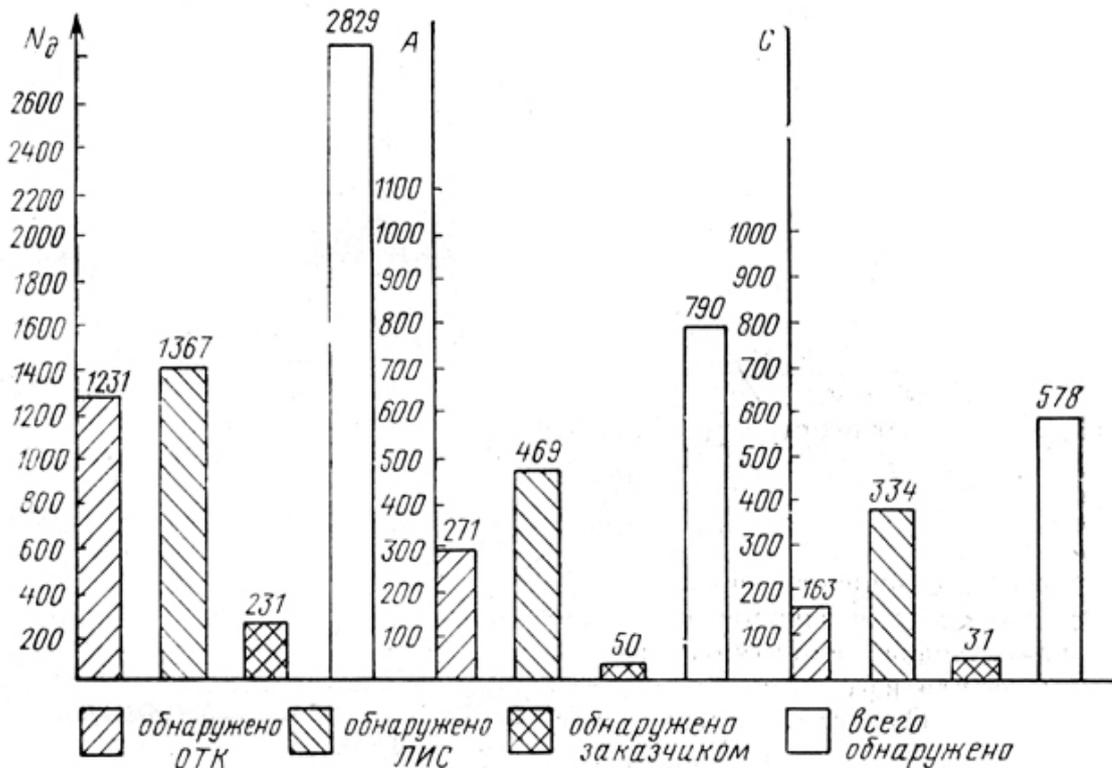


Рис. Среднегодовое распределение трудоемкости, стоимостью устранения замечаний, обнаруженных при контроле качества на этапах ремонта ЛА:
 Нд - количество замечаний; А – трудоемкость устройства; С – стоимость, т.е. затраты на устранение замечаний

В АРП нашла применение система бездефектного труда. Система бездефектного труда – это комплекс мероприятий, которые предусматривают следующее:

1. Повышение личной ответственности рабочих и ИТР за качество своего труда.
2. Повышение квалификации рабочих и ИТР.
3. Создание необходимых условий рабочим и ИТР для высококачественного труда.
4. Совершенствование организации, технологических процессов ремонта АТ и контроля качества труда исполнителей.
5. Совершенствование технического оснащения АРП, цехов и участков.
6. Автоматизация и механизация производственных процессов и контрольных операций.
7. Использование количественных показателей качества труда при ремонте АТ для оценки результатов труда каждого рабочего и ИТР, каждой бригады, участка, смены, цеха, АРП в целом.
8. Разработка рекомендаций и внедрение мероприятий для дальнейшего повышения качества ремонта АТ, повышения ее надежности и БП.
9. Целенаправленное моральное и материальное стимулирование бездефектного труда рабочих и ИТР.

На рис. представлена система контроля качества ремонта АТ.



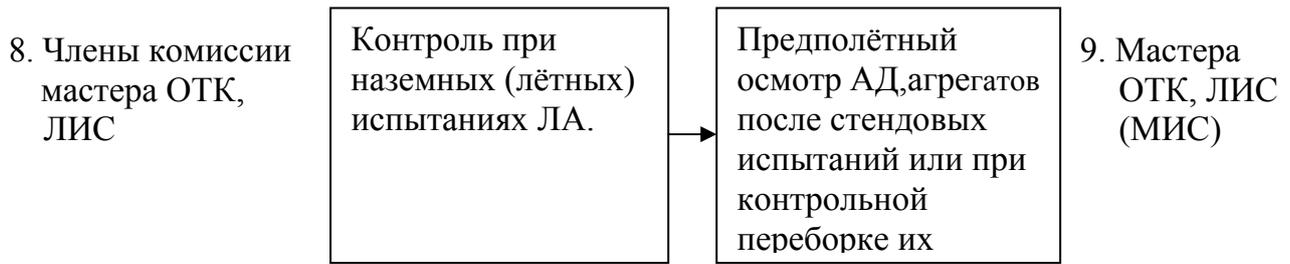


Рис. Система последовательно – технологического контроля качества ремонта ЛА.

1. Но основное влияние на качество ремонта АТ оказывает ответственное исполнение своих обязанностей исполнителями(рабочими), бригадирами, ИТР

цехов и участков, руководящего состава АРП. Особая ответственность ложится на работников ОТК, основная функция которых, контроль качества ремонта АТ.

Каждый исполнитель выполняет четыре этапа контроля:

2. Контроль годности технологической и контрольной оснастки, оборудования, аппаратуры и инструментов.
3. Входной контроль поступивших деталей, узлов, агрегатов, АД, ЛА, запасных частей к ним и материалов.
4. Контроль на всех стадиях ТП ремонта деталей, узлов, агрегатов, АД, ЛА.

Приемо-сдаточный контроль и при необходимости испытания.

Качество отремонтированной АТ формируется при выполнении ТП.

Коэффициент качества ремонта АТ – это величина (в %), характеризующая уровень или состояния качества ремонта АТ за определенный промежуток времени. Он определяется по формуле:

$$K_k = \left[1 - \frac{\sum \Pi}{P} - a\Pi_1 - b\Pi_2 - c\Pi_3 - d \left(\frac{5 - Омс}{Омс} \right) \right]$$

где $\Sigma\Pi$ – сумма претензий по качеству ремонта АТ, предъявленных эксплуатационными предприятиями ГА, с учетом коэффициентов значимости по видам претензий;

P – среднесписочное количество производственно-промышленного персонала;
 Π_1 – количество летных происшествий и предпосылок к ним, инцидентов, происшедших по вине АРП;

Π_2 – количество рекламационных актов на низкое качество ремонта АТ;

Π_3 – количество неудовлетворительных оценок по техническому состоянию отремонтированной АТ, выставленных АРП различными комиссиями;

От.с. – средняя оценка технического состояния отремонтированного ЛА по результатам первого осмотра комплексной бригады ОТК (для АД, агрегатов не определяется);

a, d, c, d – коэффициенты значимости соответствующих претензий.

В свою очередь:

$$\Sigma\Pi = \Sigma a'i + \Sigma b'i + c'\Pi_3 + d'\Pi_4 + e'\Pi_5$$

где $\Pi 1'$ - количество летных происшествий и предпосылок к ним, инцидентов, принятых в АРП;

$\Pi 2'$ - количество рекламационных актов, принятых АРП;

$\Pi 3'$ - количество ЛА с неудовлетворительной оценкой по результатам первого осмотра комплексной бригадой ОТК;

$\Pi 4'$ - количество технических актов, карточек учета отказов и повреждений, и другой информации эксплуатационных предприятий по неудовлетворительному качеству ремонта АТ, принятых АРП;

$\Pi 5'$ - количество вызовов из эксплуатационных предприятий и других претензий на отказы, повреждения и дефекты АТ после ремонта;

a', b', c', d', e' - коэффициенты значимости соответствующих претензий.

Величины коэффициентов a' и b' определяются в зависимости от величины выработки $T_{м.р}$ – межремонтного ресурса или срока службы изделий (часов, посадок, включений, лет, месяцев и т.д.) к моменту летного происшествия, предпосылки к нему, инцидента или отказа, повреждения АТ. Эти коэффициенты берутся из специальных таблиц.

K_k может быть определен и по формуле:

$$K_k = 1 - (K_{\text{э}} - K_{\text{р}})$$

где $K_{\text{э}}$ и $K_{\text{р}}$ – соответственно комплексные показатели качества ремонта АТ на этапе эксплуатации отремонтированной АТ и на этапе ремонта.

Для АРП важным является комплексный показатель, т.к. он характеризует уровень качества продукции, под которым понимается относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении совокупности показателей ее качества с соответствующей совокупностью базовых показателей. Одним из основных базовых показателей является совокупность показателей новых изделий АТ (ЛА, АД конкретного вида, типа, серии, модификации).

Сравнение качества отремонтированного изделия АТ с качеством нового чаще всего производится по комплексному показателю $R_{\text{компл.}}$, оценивающему, например, коэффициенты готовности к эксплуатации нового изделия $K_{г.н.}$ и после ремонта $K_{г.р.}$:

$$K_{г.н.} = \frac{T_o}{T_o + T_p} \quad \text{и} \quad K_{г.р.} = \frac{T_o'}{T_o' + T_p'}$$

где: T_o и T_o' – соответственно наработка на отказ нового и отремонтированного изделий;

T_p и T_p' - соответственно время ремонта (восстановление) в период эксплуатации отказавшего нового и отремонтированного изделия. Тогда:

$$R_{\text{компл.}} = \frac{K_{г.р.}}{K_{г.н.}}$$

Этот комплексный показатель учитывает два разных свойства – безотказность и ремонтпригодность. Аналогично можно определить комплексные показатели качества работ АТ по экономичности эксплуатации, по удельным простоям ТУ; Р новых и отремонтированных изделий и т.д.

Для ГА лучше применять P' компл., учитывающий одновременно надежность и экономическую эффективность отремонтированных изделий:

$$P'_{\text{компл.}} = K_{\text{над}} K_{\text{эк}} = \frac{\omega_p(t)}{\omega_n(t)} \cdot \frac{3_{\text{уд.р}}}{3_{\text{уд.п}}} \cdot \frac{m_o}{m_o}$$

где $K_{\text{над}}$ и $K_{\text{эк}}$ – соответственно единичные показатели качества ремонта АТ;
 $\omega_p(t)$ и $\omega_n(t)$ – соответственно потоки отказов отремонтированных и новых изделий АТ;

$З_{\text{уд.р.}}$ и $З_{\text{уд.н.}}$ – соответственно удельные затраты на ТО отремонтированных и новых изделий АТ.

Сравнение качества отремонтированных изделий АТ можно производить и по единичному показателю надежности, например, по потоку отказов, по количеству отказов изделий АТ или по удельным затратам на ТО; по показателю эстетичности (отделки) – $R_{\text{эст}}$. В последнем случае показатель качества отделки нового изделия (ЛА) принимается за 1. Соответственно оценки по отделке ЛА после ремонта: отлично, хорошо, удовлетворительно принимают за 1; 0,9; 0,8.

Интегральный показатель качества ремонта АТ определяется по формуле:

$$R_{\text{инт}} = P'_{\text{компл}} R_{\text{эст}}$$

или произведение единичных показателей БП, надежности, экономической эффективности, удельных затрат на запчасти, материалы, энергоносители, зарплату при ТО самолетов, вертолетов; удельной продолжительности их простоев на ТО, удельной трудоемкости ТО, эстетичности после ремонта и т.д.

Уровень качества U_k продукции авиаремонтного производства определяется с помощью сбора, систематизации и обработки статистической информации по выявленным в цехах, на участках АРП недостатков качества выполнения ТП ремонта АТ, восстановления ее объектов:

$$U_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} f_{ij}$$

где U_k – суммарный уровень замечаний за рассматриваемый промежуток времени на всех этапах ТП; n – количество производственных участков или этапов ТП, выделенных для обследования или постоянно контролируемых; m_i – количество контрольных операций i -го этапа ТП ремонта АТ или производственного участка; f_{ij} – количество замечаний, выявленных ОТК на i -ой контрольной операции j -го этапа ремонта АТ или производственного участка.

Эффективность управления качеством труда в АРП оценивается с помощью показателя $K_{\text{тр}}$ – процентной доли сданной продукции ОТК и заказчику с первого предъявления, т.е. без замечаний:

$$K_{\text{тр}} = \frac{n}{N} 100 (\%)$$

где n и N – соответственно количество изделий, сданных с первого предъявления и все количество изготовленных (отремонтированных) изделий.

В АРП постоянно ведутся работы по повышению качества ремонта АТ. Действуют системы управления качеством ремонта АТ (КСУКРАТ) и комплексная система (КСУКРАТ). Для этого разрабатываются и внедряются организационные, технические, экономические и социальные мероприятия :

1. Совершенствование технологических процессов и методов контроля.
2. Повышение квалификации работников АРП.
3. Обеспечение требуемого технического состояния оборудования, оснастки, аппаратуры, инструментов.
4. Повышение организации производства и труда, условий труда.
5. Обязательный входной контроль ремфонда АТ, запасных частей, узлов, агрегатов, аппаратуры и оборудования, материалов, поступающих от заводоизготовителей
6. Моральное и материальное стимулирование за высокое качество выполнения работ.

КСУКРАТ подразумевает весь комплекс мероприятий по обеспечению, повышению качества ремонта АТ и всего персонала, всех подразделений АРП, участвующих непосредственно в ТП или в его обеспечении, обслуживании.

Качество ремонта прямо влияет на послеремонтную надежность АТ. Рассмотрим некоторые термины, понятия, определения, показатели, связанные с надежностью.

Надежность – свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Другими словами, надежность представляет собой совокупность свойств объекта, связанных с», «Надежность» и др., которые определяют уровни или характеристики качества, надежности качеством выполнения им служебных функций в течение заданного времени, т.е. о надежности можно говорить как о качестве, развернутом во времени.

Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения изделия АТ и условий его эксплуатации может характеризоваться совокупностью более элементарных свойств: безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью.

Под **безотказностью** понимается свойство изделия АТ непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки. Под **долговечностью** понимается свойство изделия АТ сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе ТоиР. Под **ремонтпригодностью** понимается свойство изделия АТ, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, повреждений и устранению их последствий посредством проведения ремонтов и ТО. Под **сохраняемостью** понимается свойство изделия АТ непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течении и после срока хранения(и транспортирования).

Основными показателями надежности являются два противоположных понятия: работоспособность и отказ.

Работоспособность – это состояние изделия, при котором оно может выполнять заданные функции при установленных значениях параметров функционирования.

Остальные параметры, второстепенные для надежности, могут влиять лишь на состояние исправности.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособности изделия, объекта. **Дефект** – каждое отдельное несоответствие объекта(детали, узла, конструктивного элемента) требованиям, установленным технической документацией.

Долговечность как момент наступления предельного состояния объекта можно измерять по календарной продолжительности эксплуатации или, более точно, по наработке(ресурсу) объекта.

Сроком службы называется календарная продолжительность эксплуатации объекта от ее начала (или возобновления после капитального ремонта) до наступления предельного состояния. Под техническим ресурсом понимают наработку объекта от начала эксплуатации(или ее возобновления после капитального ремонта) до наступления предельного состояния.

При оценке надежности используется также понятие **повреждения**, характеризуемое событием, заключающимся в нарушении исправности изделия, объекта под влиянием внешних воздействий, превышающих уровни, установленные в НТД. Повреждение может быть существенным и являться причиной нарушения работоспособности и несущественным, при котором работоспособность объекта сохраняется. Несущественные повреждения в случае их неустранения могут переходить в существенные. Так, начальные микроповреждения детали от фреттинг-коррозии со временем могут привести к необратимым изменениям структуры материала и последующему коррозионно-усталостному разрушению детали, т.е. к отказу изделию.

С точки зрения возможности устранения отказа изделия делятся на два класса: **восстанавливаемые** и **невосстанавливаемые**. Восстанавливаемый – это такое изделие, восстановление которого после отказа принципиально осуществимо и предусмотрено. Невосстанавливаемый – это изделие, восстановление которого в случае отказа технически невозможно или экономически нецелесообразно. При этом надежность как совокупность более элементарных свойств для восстанавливаемых изделий характеризуется безотказностью и сохраняемостью, а для восстанавливаемых – безотказностью, долговечностью, сохраняемостью и ремонтпригодностью. Для восстанавливаемых – понятия безотказности и долговечности совпадают.

Количественная оценка надежности может производиться с применением единичных и комплексных показателей надежности.

Многие термины, определения и показатели, относящиеся к надежности, должны быть известны студентам из соответствующих специальных учебных дисциплин, часть представлена в 1.2 данного учебника.

К комплексным показателям безотказности относятся: вероятность безотказной работы; интенсивность отказов(для восстанавливаемых изделий); параметр потока отказов; наработка на отказ; средняя наработка до отказа ; к долговечности – значения различных видов ресурсов(сроков службы) ; к ремонтпригодности – вероятность восстановления в заданное время и среднее время восстановления ; к

сохраняемости – гамма-процентный срок сохраняемости и средний срок сохраняемости ; и др.

Уровень надежности $N_{пр}$ изделия ремонта АТ после ремонта определяется по формуле:

$$N_{пр} = N_k - \Delta N_{из} - \Delta N_{хр} - \Delta N_{э} + \Delta N_{р} + \Delta N_{др} \quad , \quad (2.14)$$

где N_k – уровень надежности конструкции, закладываемый при проектировании изделия АТ;

$\Delta N_{из}$, $\Delta N_{хр}$, $\Delta N_{э}$, $\Delta N_{р}$, $\Delta N_{др}$ – соответственно изменение надежности при изготовлении из-за несоответствия уровня производства ТТ на изделие; при хранении и транспортировке изделия; в процессе эксплуатации; приращение надежности восстанавливаемого в АРП изделия; приращение надежности в АРП при выполнении конструктивных доработок АТ.

В АРП вопросами надежности занимается ИТР специальных отделов или бюро ОГТ(ОТК).

В АРП разрабатываются и действуют автоматизированные системы(подсистемы) «Качество на основе статистической информации эксплуатационных предприятий, данного и других АРП. Использование этих АСУ с применением ЭВМ позволяет оперативно принимать решения при необходимости изменения показателей, характеристик качества, надежности, т.е. управлять качеством ремонта АТ.

В таблице 2.2 представлен комплекс мероприятий по обеспечению высокой надежности АТ.

Качество ремонта, послеремонтная надежность прямо влияют на БП отремонтированных ЛА. А это первостепенная задача работников ГА, включая и АРП, АТБ, производящих ремонт АТ.

Таблица

Комплекс мероприятий по обеспечению высокой надежности АТ.

Сфера воздействия	Задачи анализа надежности АТ
Конструирование (ОКБ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обоснование требований по совершенствованию конструкции 2. Оценка эффективности мероприятий ОКБ
Производство (заводы-изготовители)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обоснование требований по совершенствованию процессов изготовления 2. Оценка эффективности мероприятий заводо-изготовителей
Ремонт (АРП, АТБ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сопоставительная оценка уровней надежности при ремонте и изготовлении АТ 2. Оценка качества ремонта по изменению уровня надежности отремонтированной АТ 3. Статистическое обоснование корректировки норм расхода запасных частей и материалов 4. Разработка рекомендаций по внедрению

<p>Техническая эксплуатация (ТО) - АТБ, АК</p>	<p>эффективных стратегий ремонта</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Расчет периодичности замены элементов ремонтируемых изделий АТ 6. Инженерно-статистическое обоснование ТУ (изменение допусков) в технологии ремонта 7. расчет и прогнозирование периода появления трещин силовых элементов планера и систем 8. Расчет длительности технологического прогона («тренировки» на надежность) изделий после ремонта 9. Оценка эффективности мероприятий АРП. АТБ по обеспечению надежности ремонта 10. Целевые исследования надежности ремонта изделий АТ 11. Инженерно-статистическое обоснование изменения назначенных и межремонтных ресурсов, сроков службы АТ <ol style="list-style-type: none"> 1. Обоснование рекомендаций по совершенствованию методов ТО 2. Разработка рекомендаций по изменению регламента ТО
--	--

Очень важными характеристиками для авиаремонтного производства являются величины ресурсов, сроков службы, степень старения парка ремонтируемых ЛА. Некоторые обобщенные данные представлены в таблице

Таблица

Время эксплуатации, величины износа, ресурсы и сроки службы парка самолетов и вертолетов ГА

Типаж ЛА (разных вариантов, модификаций)	Годы с начала эксплуатации	Величины ресурсов* (тыс. часов)		Величины сроков службы*(лет)		Величины износа парка ЛА (в %)
		Межремонтные	Назначенные	Межремонтные	Назначенные	
Самолеты: Ан (2,12,24,26, 28,30,32,72,74, ,12,124)	1949-1943	1,5-6	5-54	2,5-7	6-30	78,5-32

Ил(18,62,76, 86,96)	1959-1993	5-10	20-40	3-6	20,25	78,5- 23,5
Ту (134,154,204)	1968-1994	6-10	20-40	4,5-6	11-25	67,1- 24,7
Як (40,42)	1968-1980	6	15-32	6	25	≈65,4
Вертолеты: Ми (2,6,8,26) и Ка (26,32)	1962-1987	0,5-1,5	9-21	3-4	20-32	88-21,3

* данные на середину 1996 г. ; ** данные на 01.01.1998г.

Необходимо отметить, что на начало 2002 г. (когда готовилась рукопись данного учебника) указанные в таблице данные еще больше ухудшились. Парк ЛА еще более постарел и изнашивался, подходя к критическому состоянию. Пополнение парка ЛА в последние годы в ГА не происходит из-за отсутствия финансирования, и воздушный транспорт пока еще функционирует только за счет конструктивных доработок, модернизаций, модификаций ЛА и продления ресурсов, срока службы.

Гарантийные ресурсы, сроки службы до первого ремонта у ЛА не превышают межремонтные, а нередко имеют еще меньшие величины. Затем появляются опыт эксплуатации, ТоиР, производятся конструктивные доработки и межремонтные ресурсы, сроки службы увеличиваются, намного превышая первоначально установленные.

” Перестройка и введение рыночных отношений ” в нашей стране пагубно сказались на ГА и работе воздушного транспорта. Старение парка и отсутствие средств на приобретение новых ЛА, АД и их ремонт заставили изменить действующую систему продления ресурсов и сроков службы. Ранее это увеличение, продление производилось сразу всему парку данного вида, типа АТ.

В настоящее время перешли к индивидуальному – персональному продлению, увеличению ресурса, срока службы самолета, вертолета (т.е. конкретного борта). Это усугубляет существующее противоречие между БП и экономической эффективностью использования ЛА. Погоня только за экономикой может привести, а порой и приводит к непоправимым последствиям по БП.

По нашему мнению – при определении первоначальных или продлении - увеличении ранее установленных величин ресурсов, сроков службы ЛА, АД и их агрегатам необходимо учитывать весь имеющийся положительный опыт в этом направлении и, в первую очередь, конкретные условия (климатические, географические) эксплуатации АТ, производственные возможности конкретных АК, АТБ и АРП (качество, совершенство, полноту и последовательность выполнения ТОиР), техническая состояние и конструктивное совершенство конкретного экземпляра АТ.

На величины ресурсов, срока службы и возможности их увеличения значительное влияние оказывает, наряду с различными факторами и качество ремонта АТ, т.к. оно прямо влияет на послеремонтную надежность и БП отремонтированных ЛА.

Системы, виды ремонта ЛА, АД, их показатели и места проведения.

Системы и виды ремонта ЛА и АД представлены в табл., а их показатели – в табл.

Таблица

Система ремонта ЛА и АД.

№ п/п	Наименование системы	Сокращен. обозначения	№ п/п	Наименование системы	Сокращ. обознач.
1.	Ремонт при объективной потребности: - после отказа; - после обнаружения, повреждения дефекта	РОП	4.	Планово–предупредительный ремонт	ППР
		РО РП	5.		Регламентированный ремонт
2.	Прогрессивный ремонт: - одновременное выполнение ремонта и ТО; - непрерывный ремонт	ПР РТО	6.	Ремонт по уровню надежности; (ремонт по контролю и корректировке уровня надежности)	РУН РКК УН
		НР			
3.	Ремонт конструктивных объектов: - ремонт систем; - ремонт блоков; - ремонт агрегатов; - ремонт зон; - ремонт секций; - ремонт модулей; - локальный ремонт; - ремонт узлов; - ремонт деталей; - ремонт элементов (конструкции)	РКО	7.	Ремонт по фактическому техническому состоянию	РФТ С
		РС	8.	Контрольно-восстановительные работы	КВР
		РБ	9.	Ремонтно (регламентно)-восстановительные работы	РВР
		РА	10.	Ремонт по оптимальным технико-экономическим показателям	РОТ ЭП
		РЗ			
		РС			
		РМ			
		ЛР			
		РУ			
		РД			
РЭ					

Таблица

Виды и место проведения ремонта ЛА и АД.

№ п/п	Вид ремонта.	Место выполнения ремонта.
	<u>I. Плановый ремонт(согласно ГОСТу)</u>	
1.	Текущий ремонт	На месте базирования – в АТБ; в промежуточных аэропортах; реже в АРП.
2.	Средний ремонт	В АРП; реже в наиболее оснащенных АТБ.
3.	Капитальный ремонт	В АРП; отдельных агрегатов, узлов ЛА, АД – в АТБ; отдельных видов, типов ЛА – в наиболее оснащенных АТБ.
	<u>II. Внеплановый ремонт(согласно ГОСТу).</u>	
4.	Восстановительный("аварийный")ремонт	В полевых условиях, в АТБ, в АРП.

Таблица

Основные показатели систем и видов ремонта ЛА и АД.

№ п/п	Наименование показателей.	№ п/п	Наименование показателей.
1.	Безопасность полетов ЛА после их ремонта		- расходы на материалы
2.	Послеремонтная надежность		- расходы на зарплату
3.	Качество ремонта		- расходы на энергоносители и др.
4.	Себестоимость ремонта: - расходы на запасные части	5.	Трудоемкость ремонта
		6.	Продолжительность простоя ЛА, АД в ремонте

За рубежом в последнее время применяются такие системы ремонта, как РОП, ПР, РФТС, РУН(РККУН), ППР, РКО. Часто на одном и том же виде, типе ЛА, АД для их разных объектов(конструктивных систем, агрегатов, узлов) действуют разные системы ремонта. При этом в разных странах, АК эти системы для одних и

тех же изделий, объектов могут не совпадать. Системы ремонта изделий и их объектов назначаются с учетом технических и экономических возможностей каждой АК, но при обязательном выполнении требований по обеспечению необходимого уровня БП.

В настоящее время и в нашей стране находит применение на одном и том же виде, типе ЛА не одна, а две-три системы ремонта, в зависимости от изделия, его объектов. При назначении той или иной системы учитывается их степень влияния на БП, уровень послеремонтной надежности, качество ремонта, наличие и степень резервирования конструктивных систем, агрегатов ЛА, АД.

В последнее время все большее распространение находит в наших АРП, крупных АТБ одновременное выполнение ТОиР (ТО и КВР или РВР).

Есть такой опыт выполнения периодического ТО и ремонта на самолетах Ил-96, ИЛ-86, Ил-76, Як-42. Можно ожидать выполнения таких работ в региональных специализированных центрах по ТОиР. По такому направлению ожидается выполнение ТОиР самолетов Ил-96-300, Ту-204, Ил-114 и др.

Система ремонта и ее показатели.

Под термином «система» в данном случае понимается закономерность (зависимость) взаимных связей и свойств объекта ремонта с процессом его эксплуатации, восстановления исправности или работоспособности.

Системой ремонта АТ называется комплекс положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по ремонту АТ для заданных условий эксплуатации с целью обеспечения показателей качества и эффективности, предусмотренных в нормативной документации. Указанная система является составной частью общей системы ТОиР. Основными требованиями, предъявляемыми к любой системе ремонта АТ, являются: обеспечение необходимого уровня эксплуатационной надежности, значит и безопасности полетов; минимальные затраты средств и трудоемкости; минимальная продолжительность. Указанные требования находятся в постоянном противоречии друг с другом. Поэтому при оценке эффективности различных систем ремонта сравниваются результаты выполнения всех указанных требований.

Основными показателями систем ремонта являются следующие: Б.П., уровень эксплуатационной (послеремонтной) надежности, качество ремонта, удельные затраты материальных средств на ремонт, удельные затраты трудоемкости на ремонт, удельная продолжительность ремонта.

Предпочтение отдается той системе ремонта, которая при обеспечении первого показателя имеет наименьшие величины остальных.

Для сравнения различных систем ремонта однотипной АТ необходимо знать требуемый уровень эксплуатационной надежности после ремонта Ун.т. для обеспечения безопасности полетов. Уровень может быть задан вероятностью безотказной работы $P(t)$, потоком отказов $\omega(t)$ или средним количеством отказов на 1000 ч наработки N_{1000} . Величины затрат на запасные части, материалы, зарплату, а также на топливо, энергию, амортизацию основных фондов берутся по статистическим данным базовой системы ремонта Ср.с. По статистическим

данным определяется и фактический уровень эксплуатационной надежности рассматриваемого вида, типа АТ за этот же период времени $Ун.с.$. Отсюда определяется удельная величина h , которая предусматривает отношение расходов $Ср.к.п.$ к уровню надежности $Ун.с.$:

$$h = \frac{Ср.к.п.}{Ун.с.}$$

Если $Ун.с.$ отличается по величине от $Ун.т.$, то производится соответствующий перерасчет - корректировка величины $Ср.к.п.$. Величина расходов $Ср.к.п.$ является комплексным показателем эффективности системы ремонта. При пропорциональном изменении величин расходов и уровня надежности:

$$Ср.к.п. = \frac{Ун.т. \cdot Ср.к.п.}{Ун.с.} = h \cdot Ун.т.$$

Таким образом, для сравнения системы ремонта АТ необходимо сравнить их величины $Ср.к.п.$ для требуемого уровня эксплуатационной надежности. Более эффективная система ремонта должна иметь меньшую величину $Ср.к.п.$

Уровень эксплуатационной (послеремонтной) надежности АТ задается нормативной документацией или определяется соответствующими расчетами. Необходимо, чтобы $Ун.с. \geq Ун.т.$, но значительное превышение фактического (статистического) уровня надежности приводит к технически необоснованному повышению затрат, т.е. к снижению экономической эффективности системы ремонта.

Удельные затраты материальных средств на ремонт:

$$Суд.р. = \frac{\sum Ср}{T}$$

Где $\sum Ср$ - суммарные затраты на проведение ремонтов, отнесенные к величине наработки T объекта АТ в период действия рассматриваемой системы ремонта.

Если рассматривается эффективность системы ремонта за весь или только часть всего периода эксплуатации, тогда $T_{наз.}$ является назначенным ресурсом или его остатком, если за период от одного ремонта до очередного, тогда $T_{м.р.}$ может быть выражена величиной межремонтного ресурса. Иногда при сравнении различных систем ремонта объектов АТ могут сравниваться отдельно составляющие $Суд.р.$, т.е. $Суд.р. 1$ или $Суд.р. 2$ - удельные затраты отдельно на запасные части или материалы или электроэнергию и т.д.

Удельные затраты трудоемкости на ремонт определяются по формуле:

$$Ауд.р. = \frac{\sum Ар}{T}$$

где $\sum Ар$ - суммарные затраты на проведение ремонтов, отнесенные к величине наработки T объекта АТ в период действия рассматриваемой системы ремонта (T может быть назначенным ресурсом или его остатком, межремонтным ресурсом). Иногда при сравнении различных систем ремонта объектов АТ могут сравниваться

отдельно составляющие Ауд.р, т.е. постоянные или переменные объемы трудоемкости ремонта $A' \text{ уд.р}$, $A'' \text{ уд.р}$. Могут сравниваться также трудоемкости по этапам технологического процесса ремонта (приемка, демонтаж и разборка; промывка, очистка и снятие лакокрасочного покрытия; определение технического состояния - дефектация и т.д.) - Ауд.р 1, Ауд.р 2, Ауд.р 3, Ауд.р 4 и т.д.

Удельная продолжительность ремонта

$$T_{\text{уд.р}} = \frac{\sum T_p}{T}$$

Где $\sum T_p$ - суммарная продолжительность ремонтов, отнесенная к величине наработки T объекта АТ в период действия рассматриваемой системы ремонта.

Так же как и при рассмотрении Ауд.р, T - может быть назначенным ресурсом или его остатком, межремонтным ресурсом. В отдельных случаях необходимо сравнивать удельные продолжительности этапов технологического процесса ремонта ($T_{\text{уд.р}} 1$, $T_{\text{уд.р}} 2$, $T_{\text{уд.р}} 3$, $T_{\text{уд.р}} 4$, $T_{\text{уд.р}} 5$ и т.д.), продолжительности ремонта по критическому пути $T_{\text{уд.р.кр}}$ объекта ремонта и т.д.

В данном случае критическим путем ремонта АТ называется наиболее длинный путь прохождения объекта АТ по этапам и фазам технологического процесса ремонта в минимально необходимое (возможное) время.

Дополнительными показателями систем ремонта объектов АТ являются: удельные затраты на запасные части Суд.р1; удельные затраты на материалы Суд.р2; удельная трудоемкость постоянных работ $A' \text{ уд.р}$; удельная трудоемкость переменных работ $A'' \text{ уд.р}$; удельная трудоемкость отдельно по этапам технологического процесса Ауд.р 1, Ауд.р 2, ..., Ауд.р n ; удельная продолжительность отдельного этапа технологического процесса $T_{\text{уд.р}} 1$, $T_{\text{уд.р}} 2$, ..., $T_{\text{уд.р}} n$, удельная продолжительность по критическому пути $T_{\text{уд.р.кр}}$ и т.д.

Дополнительные показатели являются составляющими частями основных показателей систем ремонта АТ. Определение величин дополнительных показателей не вызывает больших затруднений и методически не отличается от определения величин основных показателей.

Анализ систем ремонта АТ.

Любая система ремонта должна базироваться на трех основных составляющих: организации, технологии и экономике. Совершенство и эффективность составляющих систем ремонта влияет на ее эффективность.

В каждом наименовании системы ремонта заложен свой характеризующий или формирующий принцип (признак), присущий только этой системе ремонта. Система ремонта по объективной потребности (РОП) была названа в связи с потребностью ремонта деталей, узлов, агрегатов АТ после появления на них повреждений, дефектов (РП) или отказов (РО). Появление этой системы характерно для первого периода эксплуатации АТ в нашей стране и за рубежом, когда практически никакой «узаконенной» системы ремонта не существовало. По этой системе ремонт объекта производится только при его потребности, т.е. после

появления отказа, повреждения, дефекта объекта. При системе РОП ремонт объектов АТ производился в эксплуатационном предприятии обслуживающим персоналом в АРП или на заводе-изготовителе. Часто объект заменяется новым, годным запасным или отремонтированным, а иногда ЛА длительное время простаивает в ожидании ремонта снятого объекта из-за отсутствия запасного.

Затем при введении ограничения ЛА по налету без проведения ремонта (до введения гарантийных и межремонтных ресурсов) и централизации проведения ремонтных работ в мастерских, базах и т.д. ремонт всех объектов ЛА стал производиться вместе с ремонтом самого ЛА. Экономические факторы обусловили необходимость введения ответственности за полноту и качество изготовления объектов АТ, поставляемых в эксплуатационные предприятия. Были установлены нормативы наработки объектов ЛА в целом и до первого ремонта, между ремонтами, а затем и до списания. Это потребовало разработки специальной системы ремонта АТ. Так, была создана система планово-предупредительного ремонта (ППР). Она названа так потому, что все мероприятия (периодичность, последовательность и объем работ при ремонте) выполняются по заранее разработанному плану, нормативам, руководящей и технической документации, а также потому, что входящие в нее мероприятия носят профилактический характер для предупреждения появления отказов и повреждений АТ. Эта система длительное время применялась и частично еще применяется у нас и за рубежом.

За рубежом ее иногда называют системой ремонта по фиксированным ресурсам (РФР), т.е. необходимость проведения ремонта диктуется величиной установленных фиксированных для объектов и самого ЛА ресурсов до и между ремонтами.

По системе ППР объекты АТ после обработки гарантийных или межремонтных ресурсов в обязательном порядке направляются в АРП для проведения капитальных ремонтов. Независимо от индивидуального фактического технического состояния каждый объект проходит полностью все без исключения этапы технологического процесса ремонта.

Все работы выполняются в строгом соответствии с установленными объемами и последовательно, руководствуясь действующей технологией КР и другой нормативной документацией.

Однако, как показывают результаты исследований, 70-80% агрегатов систем ЛА при поступлении в ремонт после отработки ресурсов еще не требуют проведения ремонта по своему техническому состоянию. Отсюда неоправданно высокие затраты средств, труда и простои АТ в ремонте.

Система регламентированного ремонта (РР) - названа так в связи со строгой регламентацией объемов постоянных и переменных работ на элементах конструкции, агрегатах систем ЛА через определенные величины их наработки. Система РР разработана была еще в СССР и нашла широкое применение.

Эта система по сравнению с ППР направлена на обеспечение эксплуатационной надежности во время отработки ЛА назначенных ресурсов при одновременном уменьшении затрат трудоемкости и сокращении простоев ЛА в АРП. Основу системы составляют постоянные работы согласно перечню П₁ по исходной

ремонтной форме Φ_1 , выполняемые в АРП с определенной периодичностью по наработке(налету часов), т.е. при каждой ремонтной форме на протяжении назначенных ресурсов ЛА. Каждая последующая ремонтная форма Φ_i представляет сумму постоянных работ согласно перечню Π_1 и дополнительных работ согласно перечням Π_i , вызванным необходимостью устранения и предупреждения отказов, характерных для определенного налета АТ с начала ее эксплуатации. Таким образом, основные агрегаты и элементы конструкции на планере ЛА ремонтируются при определенных величинах их налетов по этапам в течение отработки ремонтных периодов. Средний объем работ каждой формы составляет 0,25-0,65 от объема капитального ремонта, а за весь назначенный ресурс 4-5 объема капитального ремонта вместо 9. При этом продолжительность простоя ЛА сокращается в 1,5-2,5 раза при выполнении каждой формы и за весь период эксплуатации.

Действовавшие за рубежом системы прогрессивного, непрерывного ремонта (ПР, НР) названы так потому, что некоторые работы, ранее выполняемые в специализированных АРП или фирмах-изготовителях при ремонте объектов (например ОТС, замена и регулировка агрегатов), переданы в эксплуатационные предприятия и выполняются одновременно с техническим обслуживанием ЛА(РТО). Для этого составляются перечни последовательного выполнения работ

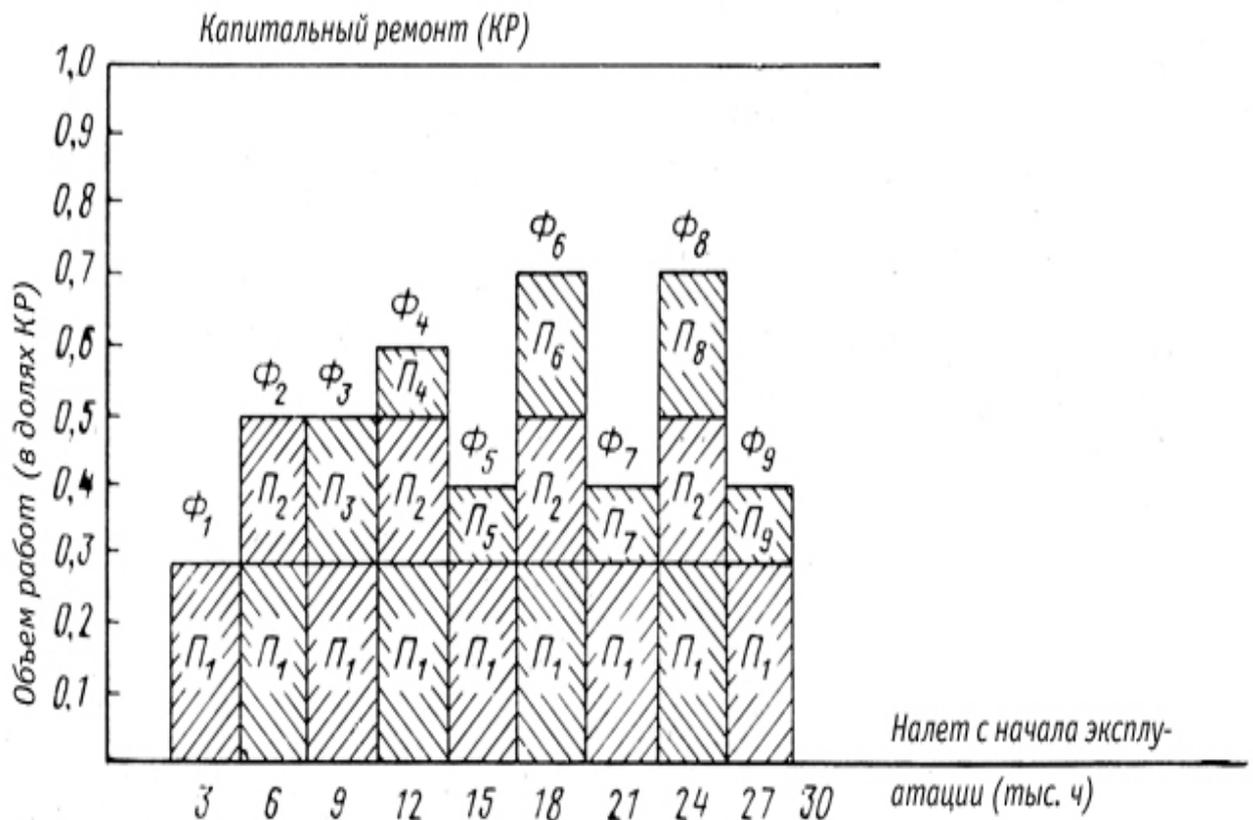


Рис. Зависимость объема работ от налета ЛА с начала эксплуатации(при различных ремонтных формах Φ_i и перечней работ Π_i) при системе регламентированного ремонта

на объектах в зависимости от их наработки, определяются объемы работ. Но основной принцип этой системы ремонта- ремонт объектов после определенной их наработки. Однако ремонт производится не одновременно всего ЛА, а по частям и без отвлечения ЛА от эксплуатации и совмещается с периодическим обслуживанием. Это оказывалось эффективным для сокращения продолжительности ремонта ЛА, позволяло эффективно использовать и равномерно загружать исполнителей и оборудование, исключало затраты на непроизводительный перелет ЛА для ремонта. Этот принцип считался прогрессивным, а ремонт выполнялся непрерывно на протяжении всего периода эксплуатации АТ. Но ПР, НР, РТО правильнее было бы отнести к текущему ремонту, выполняемому в эксплуатационном предприятии и включающему в себя замену и регулировку объектов АТ. Дальнейшее развитие эта система получила при выделении для выполнения ОТС и ремонта определенных участков, конструктивных элементов или систем ЛА(блоков, зон).

Система ремонта конструктивных объектов АТ: систем, блоков, зон, секций, модулей, узлов, деталей и т.д.(РКО) является разновидностью РР или ПР, РТО, НР. Она получила свое наименование от основных принципов формирования систем, т.е. регламентации объемов и последовательности выполнения работ при ремонте ЛА, которые формируются по конструктивным элементам: блокам, зонам и т.д. в зависимости от их определенной наработки. Ремонт блоков, зон производится в определенной последовательности, т.е. по этапам в зависимости от налета ЛА. Ремонтный цикл достигает 10-12, а затем 18-24-30 тыс.ч, простои на каждом этапе ремонтного цикла не превышают 5 суток, а за 18 тыс. часов налета составляют 25-35 суток. Это достигается сокращением времени для ОТС при применении АСК и диагностических комплексов. Перечни работ и их объемы, величины налета объектов для выполнения указанной системы ремонта АТ разрабатываются фирмами-изготовителями с учетом индивидуальных возможностей каждой авиакомпании. Выполнение работ планируется в основном на осенне-зимний период и составляет несколько тысяч часов на одну форму.

Часть разновидностей этой системы(РКО) находит применение и в нашей стране, например: ремонт зон, секций, локальный ремонт, реже ремонт-замена или восстановление отдельных узлов, деталей, имеющих межремонтные или назначенные ресурсы, сроки службы меньше, чем у основных изделий, агрегатов.

В некоторых литературных источниках эти системы ремонта называются не системами, а методами ремонта, что, по всей вероятности, является ошибочным потому, что все показатели, характеризующие систему ремонта, в данных случаях могут быть определены и управляемы.

Система ремонта агрегатов(РА) – названа по основному принципу, осуществляемому в этой системе ремонта – замена в эксплуатации требующих по своему техническому состоянию или после появления отказа, повреждения ремонта агрегатов заранее отремонтированными или новыми, имеющимися в обменном фонде. Для АРП эта система означает необходимость проведения ремонта агрегатов после их поступления в качестве ремфонда. Эта система очень похожа на систему РОП и находит применение как в нашей стране, так и за рубежом. Аналогично и с другими видами систем РКО.

Система ремонта по уровню надежности (РУН) – иногда ее еще называют системой ремонта по контролю и корректировке уровня надежности (РККУН) – предусматривает обязательный контроль в эксплуатации, а при выходе фактического **уровня надежности** за пределы допустимых величин выполнение ремонта объектов АТ. Корректировка уровня надежности может заключаться в уточнении расчетов нормативных величин уровня надежности, а также в повышении фактического уровня надежности при ремонте объектов за счет выполнения на них конструктивных доработок. Эта система нашла широкое распространение за рубежом.

Принципы этой системы применялись и в нашей гражданской авиации, например экстренное прекращение эксплуатации отдельных типов, серий объектов АТ и их досрочная замена, модернизация или конструктивная доработка, досрочный ремонт. Но при этом уровень надежности определялся качественными показателями, а не количественными (из-за недостаточного развития теории надежности, мало эффективностью ЭВМ, отсутствия необходимых методик расчетов и т.д.).

Система ремонта по фактическому техническому состоянию (РФТС) объектов АТ называется так из-за применения основного принципа делать то, что действительно требуется в настоящее время исходя из фактического технического состояния объекта. Зная фактическое техническое состояние объектов ремонта или определив их рабочие параметры, зависящие от этого состояния, можно сравнивать полученные величины с предельно допустимыми и принимать обоснованные решения о пригодности каждого агрегата, узла, системы к дальнейшей эксплуатации без ремонта или о необходимости их ремонта. Таким образом, планер ЛА подвергается полной диагностике, а затем назначается выполнение необходимого объема его ремонта, что делается и при ППР. Все конструктивные системы ЛА и АД, а также их агрегаты подвергаются предварительной дефектации и входному контролю, испытаниям на диагностических комплексах, стендах. В результате выявляются объекты, по вине которых не может быть обеспечена необходимая работоспособность системы или ЛА, АД в целом. Эти объекты подвергаются узловой разборке, а при необходимости по результатам ОТС - и разборке узлов на детали. Определяются вначале узлы, а затем и детали, небезопасные для необходимой работоспособности, следовательно, и безопасности полетов. Обнаруженные при этом детали с повреждениями, дефектами бракуются или подвергаются ремонту. Затем идет узловая сборка и контроль узлов, агрегатная сборка, стендовые испытания и контроль, монтаж систем, их регулировка и контроль. Последними этапами являются наземные и летные испытания ЛА и сдача их заказчику. Схема технологического процесса по системе РФТС летательного аппарата представлена на рис. 4.5. Остальные детали, узлы, агрегаты, системы демонтажу и разборке подвергать нецелесообразно, чтобы не нарушать взаимного их расположения и тем самым не увеличивать необходимого времени на их приработку и не увеличивать затраты трудоемкости на ремонт АТ. Иногда их демонтаж и разборка диктуются другими соображениями, например необходимостью ОТС закрытых для дефектации мест конструкции. Эта необходимость определяется для каждого объекта отдельно для

любого типа АТ. Эта система базируется на результатах огромного количества экспериментов, исследований, расчетов, испытаний и опыта эксплуатации, ремонта объектов АТ. РФТС практически учитывает и позволяет максимально использовать индивидуальные возможности (долговечность, прочность и т.д.) каждого объекта АТ и дает значительный технико-экономический эффект.

В последние годы в нашей стране наряду с ППР, РР, РФТС находят применение РКО, КВР, РВР и другие системы ремонта ЛА и АД. Так, на некоторых типах АД производится не сразу весь объем ремонта, а только часть его (локальный ремонт) менее надежных или имеющих меньшие величины ресурсов, сроков службы узлов, деталей, чем изделие в целом. Часть видов, типов ЛА проходят в АТБ, АРП контрольно - восстановительные работы, ремонтно-восстановительные (регламентно-восстановительные) работы. Это вызвано необходимостью сокращения затрат на перегонку ЛА в АРП для ремонта и обратно, значительными простоями ЛА при выполнении их ремонта. Поэтому владельцы ЛА, АД совместно с ГосНИИГА, ОКБ, заводами-изготовителями, АРП и АТБ ищут компромиссные решения проблемы оптимизации необходимого уровня БП, послеремонтной надежности, качества ремонта и затрат на запасные части, материалы, трудоемкость, электроэнергию и т.д. при ТОиР всех видов, типов АТ. Это достигается одновременным выполнением ТО и ремонта ЛА в АТБ, АРП, освоением ремонта АТ, восстановления узлов, деталей непосредственно в наиболее подготовленных АТБ, АРП.

Система ремонта по оптимальным технико-экономическим показателям (РОТЭП) названа по основному своему принципу - оптимизации технико-экономических показателей ремонта АТ. Система включает комбинацию основных принципов нескольких систем ремонта (таких, как ППР, РФТС, РР, РУН, РККУН и РОП).

1. Принцип ППР - применяется для отдельных объектов ЛА прямо и в основном влияющих на БП, не имеющих при этом резервирования или имеющих значительные разбросы фактических показателей эксплуатационной надежности.
2. Принцип РФТС - применяется для объектов ЛА, косвенно влияющих или не влияющих совсем на БП, а также для объектов, имеющих резервирование или стабильный уровень показателей эксплуатационной надежности, но при обязательном выполнении следующих условий: достаточности объема статистической информации изменения технического состояния и результатов стендовых, летных испытаний; наличия необходимой контролепригодности и доступности для ОТС; наличия научно обоснованных технических условий для ОТС и его прогнозирования, а также для принятия решений о годности объектов к дальнейшей эксплуатации без ремонта или необходимости проведения ремонта.
3. Принцип РР - применяется для отдельных объектов планера, систем ЛА в переходный период от системы РР к системе РФТС. Это обусловлено большим объемом обработки статистической информации, экспериментальных работ, недостаточной ремонтной и эксплуатационной

технологичностью эксплуатируемой АТ для перехода от системы РР к системе РФТС, на которые требуются значительные затраты трудоемкости, средств и времени.

4. Принципы РУН, РККУН и РОП - применяются для отдельных объектов ЛА, поступивших в ремонт из-за появления их отказов, повреждений в эксплуатации, снижения уровня эксплуатационной надежности или необходимости проведения конструктивных доработок, а также при обнаружении отказов, повреждений и дефектов на объектах, не влияющих на БЛ и поступивших вместе с ЛА в АРП (АТБ).

Планер ЛА может ремонтироваться по любому из этих принципов в зависимости от конкретных эксплуатационно-ремонтных характеристик самолета, вертолета и уровня готовности авиаремонтного производства. Для ремонта объектов по четвертому принципу технологический процесс должен разрабатываться с учетом причин поступления объектов в АРП (АТБ), их технического состояния и выполняемых ими функций в эксплуатации. Может выполняться частичный - узловый, подетальный ремонт или доработка поступившего объекта.

Система РОТЭП диктуется технико-экономической эффективностью ремонта АТ, т.е. выполнением высококачественного ремонта для обеспечения требуемого уровня надежности, безопасности и регулярности полетов ЛА при минимальных затратах на его проведение. Для широкого внедрения системы РОТЭП необходимо выполнить следующие мероприятия:

разработать и внедрить научно обоснованные нормативы эксплуатационной (послеремонтной) надежности и ремонтной технологичности; разработать и внедрить средства инструментального контроля, бортовые и наземные АСК, диагностические комплексы для ОТС объектов АТ; произвести конструктивные доработки эксплуатирующихся ЛА для повышения уровня их надежности и ремонтной технологичности, а при проектировании и строительстве новых типов ЛА выполнить требования научно обоснованных нормативов по этим показателям; разработать научно обоснованные технические условия на прогнозирование работоспособности объектов ЛА в зависимости от их технического состояния, определяемого по замерам соответствующих параметров; совершенствовать работу служб «надежности» и создать службы «технологичности» на эксплуатационных и ремонтных предприятиях, НИИ и ОКБ переработать имеющуюся и разработать новую технологическую и руководящую документацию по ремонту АТ; полнее обеспечить АРП, АТБ, диагностическими средствами инструментального контроля технического состояния объектов АТ, произвести их подготовку для перехода на эту новую систему ремонта (разработать и изменить техническую документацию, расширить внедрение АСУ и ЭВМ, усовершенствовать организационную структуру и управление, уточнить планово-экономические показатели, переподготовить кадры и т.д.).

Внедрение системы РОТЭП требует выполнения некоторых аналогичных мероприятий, которые частично необходимы и для внедрения других систем, являющихся составными частями или базой для рассматриваемой системы.

Внедрение системы РОТЭП для эксплуатирующихся и перспективных ЛА повысит качество работ, уровень эксплуатационной (послеремонтной) надежности и безопасности полетов, даст значительный технико-экономический эффект.