

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

---

Ю.М. Чинючин, И.Ф. Полякова

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
И РЕМОНТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Часть II

Москва – 2006

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО 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 II

Рекомендуется УМО для  
межвузовского использования  
в качестве учебного пособия  
для студентов специальности 080507

**Москва – 2006**

## Принятые обозначения:

АД	- авиационный двигатель;
АрДС	- аргонодуговая сварка;
АРЗ	- авиаремонтный завод;
ВС	- воздушное (-ые) судно (суда);
КАС	- кислородно-ацетиленовая сварка;
ЛИС	- лётно-испытательная станция;
ЛКП	- лакокрасочное покрытие;
МИС	- моторо-испытательная станция;
ОТК	- отдел технического контроля;
ОЧК	- отъемная часть крыла;
ПД	- поршневые двигатели;
РФ	- Российская Федерация;
ФАВТ	- Федеральное агентство воздушного транспорта;
ЭДС	- электродуговая сварка;
ЭТД	- эксплуатационно-техническая документация.

## **Введение**

В программе дисциплины “Основы технической эксплуатации и ремонта авиационной техники” для студентов специальности 080507 «Менеджмент организации» одним из основных является раздел «Основы ремонта авиационной техники».

Самолеты и вертолеты, эксплуатирующиеся в ГА, проходят техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты. Основная задача ТО и Р – поддержание или восстановление исправного и работоспособного состояния авиационной техники. В первой части пособия подробно изложены вопросы организации и проведения работ по техническому обслуживанию изделий АТ, которые выполняются в эксплуатационных предприятиях.

Под ремонтом АТ понимается комплекс организационных, технологических и экономических мероприятий по восстановлению ресурса, исправности и работоспособности изделий. Если ремонтные работы не требуют сложного специального технологического оборудования, то они могут выполняться в эксплуатационных предприятиях в цехах (участках) текущего ремонта.

Для выполнения сложных ремонтных работ, а также капитального ремонта ВС и изделия АТ отправляют на специализированные ремонтные заводы по ремонту ВС, авиадвигателей, авиационного и радиоэлектронного оборудования. Наряду со специализированными авиаремонтными заводами существуют комплексные ремонтные заводы, осуществляющие капитальный ремонт конкретного типа ВС и его комплектующих изделий.

Во второй части пособия рассматриваются основы организации и технологии ремонтных работ ВС, а также дана классификация и основные характеристики эксплуатационно – технической документации.

## **Глава 1. Виды и системы ремонтов**

### **1.1. Причины поступления авиационной техники в ремонт**

Современное воздушное судно представляет собой очень сложную конструкцию, состоящую из большого количества различных по форме, размерам, материалам, условиям работы и назначению изделий АТ. В процессе эксплуатации под воздействием статических и динамических нагрузок, температур, атмосферных осадков, по причине конструктивных и производственных дефектов, а также возможных нарушений условий ТО изделия повреждаются. Как правило, большинство повреждений приводит к потере изделиями работоспособного состояния. Такие изделия снимают с эксплуатации и, если они ремонтпригодны, отправляют в ремонт. Основными причинами поступления АТ в ремонт являются:

- 1) износ элементов конструкции;
- 2) конструктивные недостатки и производственные дефекты;
- 3) нарушения правил эксплуатации.

Рассмотрим подробнее характер возникновения и последствия этих причин.

#### **1.1.1. Износ элементов конструкции**

В процессе эксплуатации самолеты и авиадвигатели находятся под воздействием усилий (различных нагрузок), вибрации, пыли, различных газов, высоких температур и атмосферных условий. Все эти факторы вызывают естественный износ деталей и агрегатов, заключающийся в постепенном изменении их размеров, формы, качества поверхности и прочностных свойств. Эти изменения ведут к снижению надежности и, в конечном счете, к выходу из строя деталей и агрегатов самолетов и авиадвигателей.

Существуют различные виды естественного износа: контактный, окислительный, абразивный, эрозионный, тепловой, деформационный, коррозионный и усталостный.

#### **Контактный износ**

Конструкции самолета и авиадвигателя включают большое количество неподвижных и подвижных сочленений. В этих сочленениях участвуют контактирующие детали, а именно: валы (или болты, стержни, поршни и т.п.) и отверстия (втулки, подшипники, цилиндры и т.п.). Усилия, действующие при работе на элементы сочленений, измеряются десятками тонн. При некоторых режимах полета в конструкциях самолета и двигателя возникают вибрации и знакопеременные нагрузки.

Под воздействием усилий и вибраций поверхностный слой металла разрушается. Частицы поверхностного слоя выкрашиваются и отделяются в виде продуктов износа - металлической пыли.

### **Окислительный износ**

Под воздействием кислорода воздуха и различных химических элементов и соединений, находящихся в маслах, в газах и воде, тем или иным путем попадающих в нагруженное сочленение, на рабочих поверхностях появляются тонкие оксидные пленки с пониженным сопротивлением износу. В результате развивается окислительный износ, сопутствующий контактному износу и усиливающий его.

### **Абразивный износ**

Под воздействием твердых частиц пыли, проникающих в подвижные сочленения, и продуктов износа, частично остающихся в нем, на рабочих поверхностях может развиваться абразивный износ. Этот износ выражается в рисках и задирах на рабочих поверхностях трущихся деталей сочленения. В рисках и задирах задерживаются абразивные (царапающие) твердые частицы и таким образом абразивный износ нарастает. Этот вид износа имеет место на шейках валов, осей и поршней, на втулках, подшипниках, цилиндрах и т.п.

Особое место занимает абразивный износ внешних поверхностей обшивки самолета, на которых ударами твердых частиц, увлекаемых воздушным потоком, образуются царапины и забоины.

### **Эрозионный износ (вымывание)**

Поверхности, находящиеся под воздействием скоростных потоков жидкостей и горячих газов, подвержены эрозионному износу. В этом случае на рабочей поверхности изделий появляются густо расположенные “лунки”. Такому износу подвержены, например, рабочие поверхности форсунок, сопел, лопатки газовых турбин, стенки камер сгорания двигателей и т.п.

### **Тепловой износ**

На трущихся поверхностях при значительных удельных давлениях и плохой смазке развиваются высокие температуры, вызывающие тепловой износ поверхностей. При высоких температурах структура поверхностных слоев металлов трущихся деталей изменяется. В результате первоначальное соотношение твердостей поверхностей сочленения уменьшается, а вместе с этим увеличивается износ деталей. Признаком начала теплового износа являются цвета побежалости на рабочих поверхностях.

В некоторых случаях в местах особо высоких контактных напряжений температура в поверхностных слоях деталей сочленения настолько повышается, что возникает мгновенное местное сваривание частиц металлов соединенных деталей (вал, подшипник).

При дальнейшем взаимном перемещении деталей приварившиеся частицы металла вырываются из поверхности менее прочного металла, оставляя на ней задиры. Те же частицы металла остаются приваренными к поверхности более прочного металла, делая ее грубо шероховатой,

вызывающей в дальнейшем интенсивный абразивный износ рабочих поверхностей контактирующих деталей.

### **Деформационный износ**

Он характеризуется тем, что в условиях значительных статических, динамических и тепловых напряжений металл пластически деформируется (наклеп, смятие, вытяжка) и теряет прочность. Так, например, стяжные болты вытягиваются под влиянием длительного действия усилий затяжки; спиральные пружины, находясь длительное время в сжатом или растянутом состоянии, теряют упругость; вытягиваются и ослабевают заклепки. При деформационном износе в его аварийной стадии происходит разрыв детали по сечению, в котором металл перешел за предел пластичности.

### **Коррозионный износ**

В результате взаимодействий металла с внешней средой поверхности деталей самолетов и двигателей, подверженные систематическому воздействию атмосферных условий (влага, смена температур воздуха и т.п.), или контактирующие с горячими газами, гидравлическими смесями и жидким топливом, постепенно корродируют.

Коррозия развивается на внешних поверхностях самолетов и двигателей (обшивке, деталях компрессора, на диске турбины и т.п.), а также на внутренних поверхностях агрегатов, цилиндров, насосов, баков, трубопроводов гидравлической и топливной систем. Коррозионный налет на металле постепенно утолщается. Это может привести к постепенному изменению размеров изделий и к снижению прочности их поверхностей.

### **Усталостный износ**

Разновидностью естественного износа является развитие усталостных явлений в металле конструкций самолетов и двигателей, возникающих под воздействием знакопеременных напряжений в процессе работы. Эти явления развиваются в местах концентрации напряжений: вокруг отверстий, в местах резких изменений сечений детали, у краев глубоких рисок, вокруг задиров, забоин и коррозии на поверхностях. Усталостный износ металла проявляется в сетке мелких трещин на поверхности детали. Эти трещины, концентрируя напряжения на своих концах, развиваются в длину и глубину, значительно ослабляя пораженную ими деталь и вызывая, в конце концов, ее разрушение.

## **1.1.2. Конструктивные недостатки и производственные дефекты**

### **Конструктивные недостатки**

Самолеты и авиадвигатели передаются в эксплуатацию после заводских, государственных и эксплуатационных испытаний. Эти испытания краткосрочны и в них участвует ограниченное число опытных образцов. Во время испытаний самолеты тщательно пилотируются и обслуживаются высококвалифицированными специалистами. Поэтому в процессе испытаний не удастся выявить все недостатки конструкции. Лишь в процессе массовой

эксплуатации самолетов и двигателей появляется возможность выявить все слабые места конструкции изделий АТ. В разнообразных условиях работы при эксплуатации ВС специалистами выявляются те или иные конструктивные недостатки, которые могут привести к выходу авиатехники из строя.

В результате в ремонтных органах приходится не только ремонтировать самолеты и двигатели, но и решать вопросы о доработке конструкций.

### **Производственные дефекты**

Начало эксплуатации новых типов самолетов и двигателей совпадает обычно с запуском их в серийное производство. Технологические процессы на серийных заводах отличны от опытных заводов. Здесь иные способы заготовки деталей, ускоренные процессы механической и термической обработки. Все эти изменения могут на первых порах вызвать производственные дефекты, не наблюдавшиеся на опытных образцах. Дефектные детали могут появиться и в результате нарушения технологической дисциплины и недостаточно строгого контроля качества на заводах.

Характерными производственными дефектами деталей самолетов и двигателей являются несоответствие структуры металла в результате неправильной технологии штамповки, сварки или термообработки; остаточные напряжения в сварных конструкциях в результате нарушения режима сварки; поверхностные трещины в результате неправильных режимов шлифования; отслоения гальванопокровов в результате неверной заточки и заправки шлифовальных кругов и т.д.

Сокращение количества производственных дефектов обеспечивается ростом технической культуры на заводах и повышением квалификации рабочих и инженерно-технических работников и строгим соблюдением технологической дисциплины на производстве.

### **1.1.3. Нарушение правил эксплуатации**

Исправность самолетов и двигателей в значительной степени обуславливается строгим соблюдением рекомендаций по летной и технической эксплуатации.

В результате не полно проведенных осмотров и подготовок самолетов к полетам могут остаться незамеченными дефекты, влекущие за собой отказы изделий АТ.

Так, например, достаточно не зашплинтовать или не законтрить гайку, чтобы под влиянием вибраций в полете она самопроизвольно отвернулась, крепление ослабло и в результате появилась течь масла или горючего.

Небрежный осмотр форсунок двигателя или засорение горючего при заправке ведут к засорению форсунок, нарушению режима горения и в результате к обрыву лопаток и выходу двигателя из строя.

Нарушения правил пилотирования (чрезмерный форсаж двигателя и т.п.) приводят к перегрузкам элементов конструкции. К таким же результатам приводят грубые посадки. В результате ускоряется развитие усталостных явлений и выход конструкции из строя.

## **1.2. Виды ремонтов АТ**

*Под ремонтом АТ* понимается комплекс организационных, технологических и экономических мероприятий по восстановлению ресурса, исправности и работоспособности изделий [1].

Ремонт выполняется на изделии (самолете, двигателе), снятом с эксплуатации вследствие отработки заданных ресурсов (или сроков службы) или в результате повреждения.

Различают три вида ремонта [4]: текущий, средний и капитальный.

*Текущий ремонт* – это минимальный по объему ремонт, при котором обеспечивается нормальная эксплуатация изделия до очередного планового ремонта. Во время текущего ремонта неисправности устраняются заменой или восстановлением отдельных составных частей (быстроизнашивающихся деталей), а также выполняются регулировочные работы. Текущий ремонт производится силами эксплуатационных предприятий и является составной частью регламентного обслуживания авиатехники.

*Средний ремонт* также осуществляется за счет восстановления эксплуатационных характеристик изделия или замены изношенных или поврежденных составных частей. Кроме этого при среднем ремонте проверяется состояние других изделий АТ с устранением обнаруженных неисправностей. Следует также отметить, что при среднем ремонте может производиться капитальный ремонт отдельных компонентов ВС.

*Капитальный ремонт* выполняется после отработки самолетом межремонтного ресурса. Этот вид ремонта заключается в полной разборке ВС и дефектации изделий АТ с последующей их заменой или восстановлением исправного состояния. После ремонта осуществляется процесс сборки: узловая, агрегатная, общая. На каждом этапе сборки выполняется контроль работоспособности изделий и агрегатов. После общей сборки ВС проходит ряд испытаний (наземные и летные).

Капитальный и средний ремонты выполняются на ремонтных заводах. Все ресурсы до ремонтов устанавливаются применительно к капитальным ремонтам.

## **1.3. Системы ремонтов АТ**

*Под системой ремонта АТ* понимается комплекс положений и норм, определяющих порядок проведения работ по ремонту АТ для заданных условий эксплуатации с целью обеспечения показателей качества и эффективности, предусмотренных нормативной документацией. Система ремонта АТ является составной частью общей системы технического обслуживания и ремонта АТ.

В гражданской авиации РФ и в зарубежных авиакомпаниях в настоящее время применяются следующие системы ремонтов.

### **Планово-предупредительная система**

При этой системе для ЛА или его агрегатов назначаются ресурсы до ремонта  $T_p^{(i)}$ ,  $T_p^{(2)}$ , ...  $T_p^{(k)}$ . Самолеты направляются в ремонт независимо от состояния как только исчерпан очередной ресурс до ремонта  $T_p^{(i)}$ . Ресурс  $T_y^{(1)}$  и последующие ресурсы  $T_y^{(i)}$  устанавливаются по наиболее “слабым” местам, т.е. по тем частям ЛА (агрегата), на которых наиболее быстро возникает дефект. При этом речь идет о частях, устранение неисправностей которых не может быть выполнено в условиях эксплуатационных предприятий из-за большого объема демонтажных, монтажных работ, регулировок, испытаний и т.д.

Например, это может быть стык отъемной части крыла (ОЧК) с центропланом. По этому стыку характерен дефект в виде увеличенного (по сравнению с заводским) зазора между болтом и отверстием фитинга. Устранение дефекта требует отстыковки ОЧК и, следовательно, большого объема демонтажных и монтажных работ.

Обычно ЛА имеет группу “слабых” мест. Так, примерно при одних и тех же наработках могут встретиться увеличенные зазоры не только по стыку ОЧК с центропланом, но и в шарнирных подвесках стоек и подкосов шасси, подвесках рулей и т.д.

Как уже отмечалось, ресурс до ремонта  $T_p^{(i)}$  должен быть таков, чтобы развитие дефекта не привело к отказу. Поэтому среди всех “слабых” мест выделяется группа, развитие дефектов на которой идет наиболее быстро и создает наибольшую опасность возникновения

### **Система регламентированных ремонтов**

При этой системе весь объем капитального ремонта разбивается на несколько этапов (обычно не больше четырех), каждый из которых представляет собой средний ремонт. Работы, выполненные на всех этапах, образуют полный объем капитального ремонта, так что после их выполнения оказывается, что все части воздушного судна были проверены с целью выявления и устранения неисправностей.

Этапы ремонта (рис. 1.1) располагаются по наработке через некоторые заранее определенные промежутки. На каждом этапе есть группа постоянных работ, которые выполняются независимо от состояния воздушного судна, и группа переменных работ, которые зависят от имеющихся неисправностей. Объем работ на каждом последующем этапе больше, чем на предыдущем.

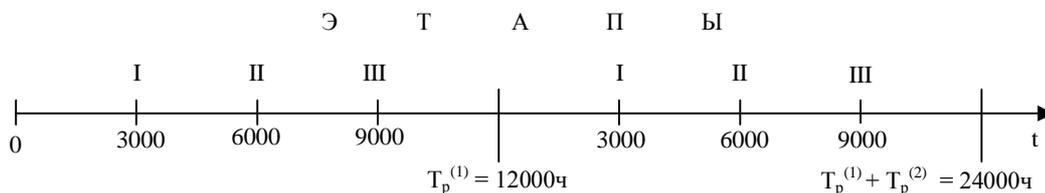


Рис. 1.1 Распределение этапов регламентированных ремонтов

На каждом этапе ремонта выполняется только тот объем демонтажных работ, который диктуется возможными на этом этапе дефектами. Например, после 3000 летных часов наиболее часто наблюдаются неисправности кресел, освещения, пола в пассажирском салоне, дефекты колес шасси, подвески рулей и некоторые другие. В соответствии с этим, если первый этап ремонта выполняется после 3000 летных часов, то он будет ограничен демонтажными и монтажными работами, требующимися для выявления и устранения указанных неисправностей и дефектов.

При наработке 6000 летных часов могут появляться дефекты на подвеске ОЧК к центроплану, дефекты подвески шасси и ряд других. Соответственно с этим на втором этапе ремонта объем демонтажных и монтажных работ, помимо всех работ первого этапа, будет включать в себя отстыковку ОЧК, демонтаж и ремонт шасси и т.д.

Преимущество рассматриваемой системы состоит в том, что на каждом этапе объем демонтажных и монтажных работ целиком диктуется только теми неисправностями, появление которых возможно. В отличие от этого при планово-предупредительной системе капитальных ремонтов объем демонтажных и монтажных работ намного превышает минимально необходимый для устранения имеющихся неисправностей. Например, если обратиться к рис.1.1, то уже при 6000 ч наработки потребовалась бы полная разборка самолета. При системе регламентированных ремонтов на этом этапе проводится лишь демонтаж ОЧК, шасси, рулей и некоторых систем.

Система регламентированных ремонтов позволяет увеличить по сравнению с системой планово-предупредительных ремонтов ресурсы  $T_p^{(i)}$  и снизить величину отношения  $C_i / T_p^{(i+1)}$ . Одновременно существенно сокращаются простои ЛА. Создается возможность совмещения некоторых форм периодического технического обслуживания (регламентных работ) с ремонтом.

Следует, однако, иметь в виду, что система регламентированных ремонтов требует для обеспечения безопасности полетов тщательного изучения закономерностей появления неисправностей. Иначе могут быть допущены грубые ошибки при определении необходимого объема работ на каждом из этапов ремонта.

### Система поэтапных зональных ремонтов

При этой системе общий объем капитального ремонта разбивается на несколько этапов. Каждый этап является средним ремонтом. В этом смысле рассматриваемая система не отличается от системы регламентированных ремонтов, но на каждом этапе объем работ задается на основе деления ЛА на зоны (рис. 1.2.). На каждом этапе выполняется ремонт одной из зон. Так, для самолета № 1 ремонт ведется последовательно от зоны 1-й на первом этапе до зоны 4-й на последнем. Для самолета № 2 избрана последовательность зон 2-я, 3-я, 4-я, 1-я т.д. По сравнению с системой регламентированных ремонтов недостатком системы зональных ремонтов является то, что объем демонтажных и монтажных работ не связан с возможностью появления тех или иных неисправностей.

Преимущества рассматриваемой системы в том, что данная зона (например, зона 1-я на рис. 1.2) ремонтируется при различных наработках ( $T_1, T_2, T_3, T_4$ ) и, следовательно, имеется возможность наблюдать состояние частей этой зоны по мере увеличения наработки. Это позволяет в короткие сроки изучить закономерности появления и развития неисправностей и на их основе оперативно уточнить межремонтные ресурсы  $T_p^{(i)}$ . Система зональных ремонтов обеспечивает возможность более раннего выявления дефектов по сравнению с планово-предупредительной.

Также как и при системе регламентированных ремонтов, имеется возможность совмещения некоторых форм периодического технического обслуживания с ремонтами и тем самым сокращения простоев ЛА.

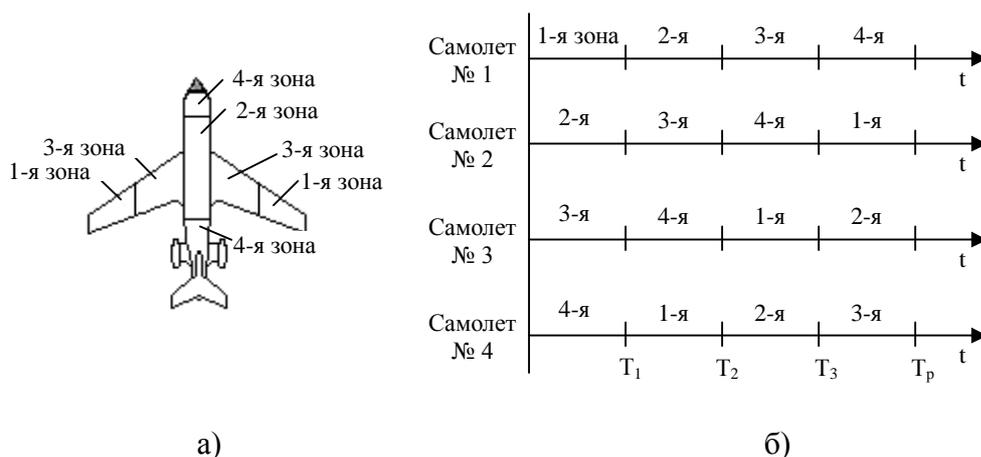


Рис. 1.2. Схема деления самолета на зоны (а) и организация поэтапного зонального ремонта на 4-х самолетах (б)

### Система ремонта по фактическому техническому состоянию

Для всех перечисленных систем ремонтов характерно, что наработка до очередного ремонта (этапа) задается заранее и не связана с состоянием

конкретного ЛА. При этом оказывается, что для части ЛА, которые находились в благоприятных условиях эксплуатации, ремонт мог быть выполнен намного позже, чем это диктуется величинами  $T_p^{(i)}$ . Экономически целесообразно ремонтировать самолет в момент, когда ее техническое состояние требует ремонта. Здесь имеется полная аналогия с преимуществами и недостатками ресурса по предельному состоянию и назначенного ресурса.

Если ремонт выполняется при наработке, отвечающей некоторому предельному состоянию самолета, при котором он требует устранения неисправностей, то говорят, что используется система ремонтов по фактическому техническому состоянию.

Выполнение требований обеспечения высокой безопасности полетов при системе ремонтов по фактическому техническому состоянию является сложной технической задачей. Возможность использования этой системы ремонтов должна быть заложена в процессе конструирования и изготовления самолета, т.е. должны быть обеспечены высокая живучесть частей самолета, высокая контролепригодность, легкоосъемность и взаимозаменяемость частей.

Высокая живучесть означает, что дефекты и вызываемые ими неисправности весьма медленно развиваются, и поэтому имеется достаточное время для их выявления, прежде чем наступит отказ.

Высокая контролепригодность ЛА означает, что все его части могут быть без общего демонтажа ВС подвергнуты диагностированию для выявления их технического состояния. Для этого должны быть встроены диагностические датчики, приборы для контроля состояния частей ЛА. Например, авиадвигатель должен иметь окна для контроля состояния роторов и статоров компрессора и турбины, датчики для контроля состояния подшипников и т.д.

Легкоосъемность частей позволяет проводить их замену без общего демонтажа самолета. Например, при блочной конструкции авиадвигателя возможна замена частей компрессора без общей разборки всего двигателя.

Взаимозаменяемость частей обеспечивает их замену без подбора и подгонки.

Сложность конструкции ЛА и его агрегатов приводит к необходимости ограничения набора агрегатов и их частей, подлежащих ремонту по техническому состоянию.

Основой для выполнения ремонта по техническому состоянию является не только выявление состояния ЛА и его частей без существенного объема разборки, но и прогнозирование технического состояния ЛА на длительный срок эксплуатации. Это особенно относится к частям ЛА, устранение неисправностей которых в условиях эксплуатации слишком трудоемко.

#### **1.4. Особенности авиаремонтного производства**

Авиаремонтное производство характеризуется высоким техническим уровнем, обусловленным сложностью АТ. Для него характерно наличие разнообразного сложного современного оборудования и высококвалифицированных кадров специалистов и рабочих. Процесс ремонта существенно отличается от процесса производства новых видов изделий и имеет свои специфические особенности, которые обязательно должны учитываться при решении различных организационно-технических задач.

К основным особенностям авиаремонтного производства относятся следующие:

1. Заранее не известно, в каком состоянии будет поступать техника в ремонт, с какими дефектами, поломками. Это затрудняет планирование производства, т.к. приходится руководствоваться средними нормативами в части обеспечения рабочей силой, площадями, материалами, запасными частями, всеми видами энергии и т.п.

2. Одному ремонтному предприятию приходится ремонтировать многообразную сложную технику (планер, электрооборудование, радиоаппаратуру, приборы и т.д.), которая выпускается большим количеством заводов. Нередко на одном ремонтном заводе производится ремонт одновременно нескольких изделий АТ.

3. Ремонтное предприятие имеет дело с готовыми конструкциями и не имеет права самостоятельно вносить в конструкцию какие-либо изменения.

4. Заводы авиационной промышленности выпускают самолеты небольшими сериями, каждая из которых имеет свои конструктивные и технологические особенности. Это нарушает ритм ремонтного производства, усложняет организацию снабжения запасными частями, увеличивает количество производственной документации и т.д. На самолетах старых серий в процессе ремонта приходится выполнять весьма значительный объем работ по их модернизации.

5. Частая сменяемость объектов ремонта в результате обновления самолетно-моторного парка.

6. Большой удельный вес маломеханизированных работ по промывке и очистке, дефектации, слесарных, жестяно-клепальных.

7. Наличие значительного количества элементов конструкции, требующих индивидуального подбора и подгонки.

8. Высокие требования к точности дефектации объектов ремонта.

9. Применение большой номенклатуры дорогостоящих материалов, полуфабрикатов и запасных частей, которые ремонтные предприятия закупают у промышленности, что приводит к большому удельному весу их в общей стоимости ремонта.

10. Применение сложного технологического оборудования, используемого с относительно невысокой интенсивностью.

### 1.5. Производственный и технологический процессы ремонта

*Производственный процесс ремонта* - совокупность действий, в результате которых обеспечивается восстановление работоспособности объектов ремонта. Производственный процесс ремонта характеризуется предметами производства (в данном случае это изделия авиационной техники), средствами труда, технологическими процессами и самим трудом.

Производственный процесс ремонта включает подготовку средств ремонта, организацию обслуживания рабочих мест, получение и хранение ремонтного фонда, материалов, полуфабрикатов и запасных частей, а также все стадии ремонта.

*Технологический процесс ремонта* - часть производственного процесса, непосредственно связанная с оценкой и изменением состояния объекта ремонта.

Технологический процесс ремонта состоит из таких этапов, как приемка в ремонт, предварительная дефектация, демонтаж и разборка, очистка и промывка, дефектация, собственно ремонт, комплектовка, сборка, испытания и сдача отремонтированной техники заказчику. Схема технологического процесса ремонта авиационной техники представлена на рисунке 1.3.

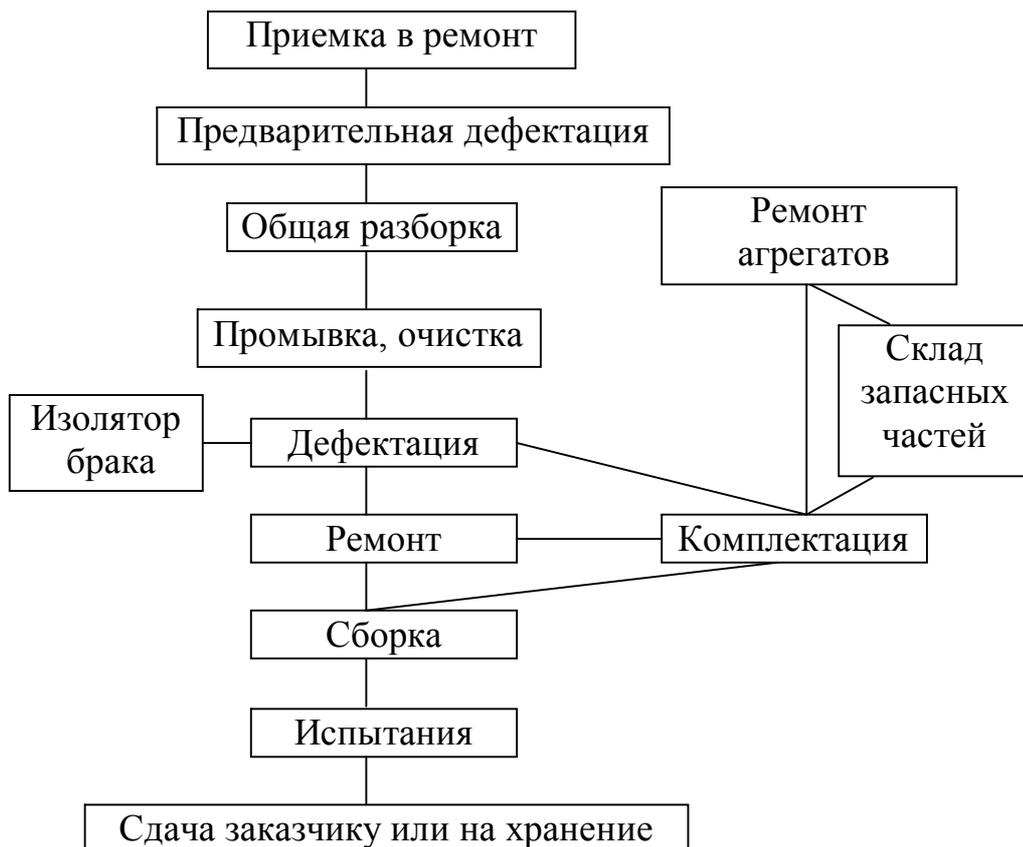


Рис. 1.3. Схема технологического процесса ремонта

Ремонт авиационной техники выполняется в соответствии с документами, разрабатываемыми заводами-изготовителями и ремонтными предприятиями ГА. В состав документов по ремонту АТ, разрабатываемых заводами-поставщиками авиационной техники, входят: руководство по ремонту, каталог деталей и сборочных единиц, нормы расхода запасных частей.

Руководство по ремонту включает в себя технические условия на ремонт, технические требования к отремонтированным объектам, указания по организации и оснащению ремонта.

Технические условия на ремонт содержат указания о порядке выполнения демонтажно-монтажных работ, о методах восстановления деталей в зависимости от характера выявленных дефектов, о методах испытаний после ремонта. Руководством по ремонту определяется также номенклатура приспособлений и инструментов, необходимых для выполнения ремонта и поставляемых заводами-изготовителями авиационной техники.

На основе руководства по ремонту отдел главного технолога АРЗ разрабатывает внутреннюю технологическую документацию по выполнению всех ремонтных работ (технологии ремонта, технологические инструкции и карты) и производственно-контрольную документацию по оформлению результатов этих работ. К производственно-контрольной документации относятся: документы по приемке АТ в ремонт; карты дефектации; протоколы испытаний; карты выполненных доработок; акты сдачи отремонтированной техники. Все эти документы образуют дело ремонта.

## **Глава 2. Подготовка ЛА и АД к ремонту**

### **2.1. Приемка в ремонт**

“Основные условия на ремонт авиационной техники гражданской авиации” и “Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации” (НТЭРАТ ГА-93) определяют порядок взаимоотношений и ответственность авиаремонтных и эксплуатационных предприятий за качество и сроки ремонта.

Подготовка в эксплуатационном предприятии к отправке самолета в ремонт заключается в доукомплектовании его в соответствии с комплектовочными ведомостями завода-изготовителя (кроме инструментов, наземного оборудования и комплектов запасных частей) и оформлении необходимой документации. Вместе с самолетом отправляются следующие документы: формуляры самолета и двигателя; паспорта агрегатов; свидетельство о регистрации; удостоверение о годности к эксплуатации; бортовой журнал; карта нивелировки самолета; заказ на ремонт с указанием дополнительных работ; технический акт, если самолет направляется в ремонт до обработки им межремонтного ресурса.

Для того чтобы ремонтный завод мог лучше подготовиться к ремонту конкретного ЛА с учетом его индивидуальных особенностей, заблаговременно, не позднее чем за 3 месяца до отправки ЛА в ремонт эксплуатационное предприятие - заказчик направляет на завод заявку на дополнительные работы по дооборудованию и доработкам.

Самолеты и вертолеты, как правило, летят на АРЗ. А двигатели и отдельные агрегаты, законсервированные и упакованные должным образом, доставляются железнодорожным или автомобильным транспортом. При этом небольшая часть межремонтного ресурса должна быть обязательно зарезервирована для выполнения такого перелета.

Все ЛА, поступившие в ремонт, проверяются комплексной комиссией, в состав которой входят представители ОТК и специалисты по всем системам ЛА.

В ходе приемки проверяется комплектность авиационной техники, прибывшей в ремонт, полнота и правильность оформления всей документации. Помимо этого уже в ходе приемки проводится предварительная дефектация ЛА и авиадвигателей. Она предусматривает проведение комплексного осмотра о проверке работоспособности систем ЛА, включая запуск и опробование двигателей.

В необходимых случаях, например, после поломок ЛА или при наличии жалоб экипажа на ухудшение летных характеристик (устойчивости, управляемости) выполняется нивелирование ЛА. Нивелирование позволяет проверить правильность взаимного расположения основных агрегатов планера, которое может быть нарушено вследствие остаточных деформаций, полученных при воздействии нагрузок, превышающих расчетные. Наряду с нивелированием, предварительная дефектация включает также осмотр основных силовых элементов планера, а также их проверку с применением неразрушающих методов контроля.

Приемка изделий авиационной техники в ремонт оформляется приемосдаточным актом, в котором содержатся краткие сведения об изделии, его укомплектованности, оформлении технической документации, наличии или отсутствии внешних повреждений.

На каждое принимаемое в ремонт изделие заводится особое дело, в которое входят ведомости технического состояния, карты измерений, протоколы испытаний, формуляры и паспорта агрегатов.

## **2.2. Разборка самолетов и двигателей**

Разборка самолетов и двигателей для ремонта преследует следующие цели:

- открытие доступа для дефектации и ремонта всех элементов конструкции;
- ведение ремонта различных узлов и агрегатов параллельными потоками;
- обеспечение удобства транспортировки на производственных площадях.

Последовательность разборки самолетов или двигателей определяется их конструктивными особенностями и изложена в руководствах по ремонту для каждого типа самолета или двигателя.

Для сокращения продолжительности разборки ее следует вести возможно более широким фронтом.

Разборка самолетов производится в специальных доках. Доки состоят из ряда подвижных и неподвижных площадок – платформ, расположенных в несколько ярусов и обеспечивающих удобный подход ко всем рабочим зонам. Доки оборудуются необходимым подъемно-транспортным и вспомогательным оборудованием, обеспечивающим максимальную механизацию процесса разборки. Доки, предназначенные для разборки больших самолетов, оснащаются системами сигнализации и переговорными устройствами.

Разборка авиадвигателей, как правило, организуется на поточных механизированных линиях, состоящих из нескольких постов – стендов. Так, например, на рисунке 2.1. показана схема линии, предназначенной для разборки турбовинтового двигателя и состоящей из пяти постов. На первом из них с двигателя снимается вся арматура и агрегаты, на втором – редуктор, на третьем – турбина. Четвертый и пятый посты – вертикальные. На них последовательно снимаются лобовой картер и компрессор. Установка двигателя в вертикальное положение выполняется с помощью специального кантователя. Перемещение двигателей по стендам осуществляется автоматически.

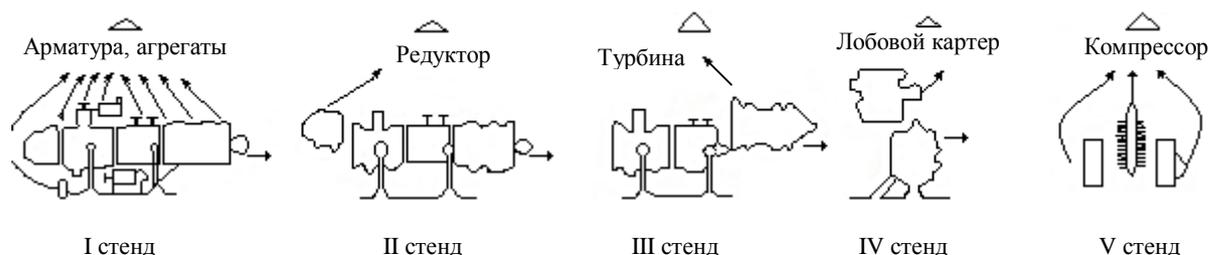


Рис. 2.1. Схема поточной линии разборки авиадвигателя

Некоторые крупногабаритные турбореактивные двигатели разбираются на неподвижных стендах, позволяющих устанавливать двигатель в вертикальное и горизонтальное положение.

Демонтированные тяжелые агрегаты и узлы самолетов и двигателей укладываются или устанавливаются на специальные передвижные тележки-подставки. Мелкие и крепежные детали укладываются в ящики или “сортовики”. На все ящики, сортовики и стеллажи с деталями прикрепляются бирки с номером разобранного самолета (двигателя).

Последующая поддетальная разборка снятых с самолетов и двигателей агрегатов и узлов осуществляется на специализированных рабочих местах в соответствующих цехах и участках.

После разборки все детали, узлы и агрегаты за исключением крупных агрегатов самолетов (фюзеляж, крыло и т.п.) направляются в отделения промывки и очистки.

### **2.3. Очистка и промывка**

Задача промывки и очистки состоит в полном удалении с внешних и внутренних поверхностей всех деталей лакокрасочных покрытий (ЛКП), а также накопившихся за время эксплуатации смолистых отложений, жирового налета, грязи, нагара, продуктов коррозии. От качества очистки зависит надежность выявления дефектов, особенно таких, как трещины, износ, перегрев, коррозия и другие.

Очистка и промывка организуются в отдельных помещениях, примыкающих к участкам разборки и имеющих соответствующее оборудование.

Методы и средства удаления ЛКП и различных отложений должны исключать повреждения очищаемых поверхностей - быть высокопроизводительными, не должны оказывать вредного воздействия на человека, загрязнять окружающую среду. В настоящее время разработано и применяется много различных методов и средств промывки и очистки. Наиболее распространенные из них рассмотрены ниже.

#### **Механические методы**

К механическим методам очистки относятся обработка абразивными полотнами, быстровращающимися проволочными щетками (крацевание), пневмо- и гидромеханический методы.

Пневмомеханическая очистка (песком, косточковой крошкой) осуществляется в специальных аппаратах, в которых абразив из бункера под давлением сжатого воздуха через шланг с наконечником - соплом направляется на поверхность деталей (рис. 2.2.). Этот способ характеризуется высокой скоростью и качеством очистки, однако имеет и существенные недостатки: возможно засорение внутренних каналов в деталях; ухудшаются условия труда рабочих (значительный уровень шума, запыленность, воздействие атомарного кислорода).

Более совершенным является гидромеханический метод, при котором поверхность деталей очищается жидкостью (вода с антикоррозионными присадками), содержащей мелкие частицы абразивного материала. Гидроабразивная смесь нагнетается под давлением сжатого воздуха.

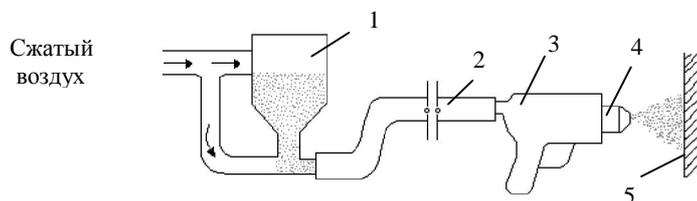


Рис. 2.2. Схема пневмомеханической очистки деталей:

1 – бункер с абразивом; 2 – шланг;

3 – пистолет; 4 – сопло; 5 – очищаемая деталь

### **Химический и электрохимический методы**

При химическом методе очистка деталей двигателей и наибольших агрегатов, узлов и деталей самолетов от жировых, грязевых и смолистых отложений чаще всего производится в ваннах с щелочными моющими растворами. Химический состав растворов зависит как от материала промываемых деталей, так и от вида загрязнения.

Для ускорения процесса моющие растворы применяются подогретыми до 70 - 90°C. Подогрев растворов осуществляется непосредственно в ваннах с помощью паровых змеевиков или электроподогревателей.

Для сохранения эффективности моющих растворов состав ванны корректируется, т.е. поддерживается необходимая концентрация раствора, строго выдерживается время промывки, периодически удаляются накапливающиеся загрязнения.

Применяются также закрытые ванны, в которые горячий моющий раствор нагнетается под давлением, что обеспечивает сокращение продолжительности промывки.

После извлечения промытых деталей из ванны во избежание появления коррозии остатки раствора необходимо удалить промывкой в холодной, а затем в горячей воде ( $t = 60-70^{\circ}\text{C}$ ).

Все детали после промывки сушатся в сушильных шкафах ( $t = 100 - 120^{\circ}\text{C}$ ).

Для очистки сильно загрязненных деталей авиадвигателей применяется электрохимическая очистка. Она выполняется в ваннах с подогретым водным раствором NaOH. Обработка деталей (например, лопаток, дисков турбин и др.) ведется с переключением полярности на электродах. В результате нагар размягчается и может быть затем удален полированием.

### **Ультразвуковой метод очистки**

Весьма эффективным и универсальным является ультразвуковой метод очистки. Детали погружаются в ванны с моющим раствором. В днище ванны смонтированы преобразователи ультразвуковых колебаний, действующие от

специальных высокочастотных генераторов. Колебания преобразователя передаются жидкости через металлический стержень, либо через диафрагму.

Для возбуждения в жидкости ультразвуковых колебаний (от 16 кГц и выше) используются явления пьезоэлектричества либо магнитострикции.

Явление пьезоэлектричества состоит в том, что керамика титаната бария (получаемого путем обжига двуоксида титана и углекислого бария при  $t = 1400^{\circ}\text{C}$ ) и некоторые другие материалы, находясь в переменном электрическом поле, изменяют свой объем с частотой этого поля.

Аналогичное изменение объема происходит и у некоторых металлов, обладающих магнитостриктивными свойствами, под воздействием переменного магнитного поля.

В колеблющейся с ультразвуковой частотой жидкости развивается явление кавитации, т.е. быстро чередующиеся сжатия и расширения с образованием и захлопыванием микропузырьков газа (воздуха и паров жидкости). При захлопывании пузырьков возникают давления до нескольких десятков МПа. Этот процесс происходит во всем объеме жидкости, в результате чего под воздействием гидроударов даже самые прочные отложения полностью удаляются.

Применение ультразвуковой очистки целесообразно сочетать с предварительной химической очисткой, т.к. процесс идет с высокой скоростью, раствор быстро загрязняется и требуется непрерывная прокачка его через фильтры.

После ультразвуковой очистки, дающей полное удаление всех осадков, производится обычная промывка от остатков моечного раствора в чистой воде и сушка (рис. 2.3.).

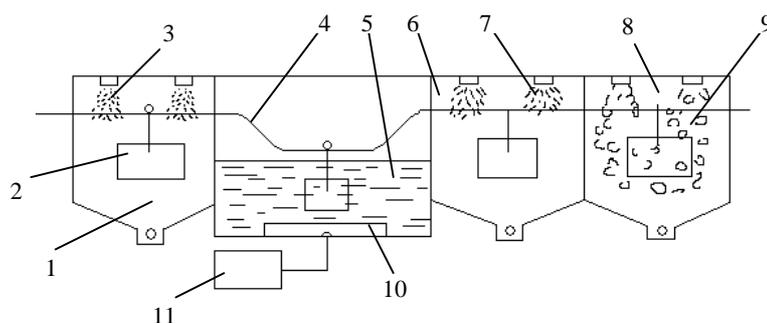


Рис. 2.3. Схема механизированной ультразвуковой моечной установки:  
 1 – камера предварительной очистки; 2 – сортовик с деталями; 3 – моечный раствор; 4 – транспортер; 5 – ультразвуковая ванна; 6 – камера ополаскивания; 7 – вода; 8 – сушильная камера; 9 – горячий воздух; 10 – преобразователь-вибратор; 11 – ультразвуковой генератор

### Удаление лакокрасочных покрытий

Особую трудность при ремонте летательных аппаратов представляет удаление с поверхностей планера ЛКП. Это весьма трудоемкий процесс,

характеризующийся повышенной пожарной опасностью, вредными условиями труда, плохо поддающийся механизации.

Удаление ЛКП производится с помощью различных растворителей и смывок, которые наносятся с помощью кистей или пульверизаторов. После выдержки от 5 до 30 мин, в зависимости от вида ЛКП и применяемых растворителей или смывок, производится удаление разбухшего и отслаивающегося ЛКП с помощью щеток, деревянных штапелей и т.п. и промывка очищаемых поверхностей специальными разбавителями.

Процессы промывки деталей могут быть механизированы. Для этого служат так называемые моечные машины, значительно повышающие производительность труда и улучшающие условия производства.

Моечная машина может представлять собой ряд закрытых камер, через которые движется конвейер. На конвейер укладываются или подвешиваются детали - крупные непосредственно, а мелкие - в проволочных корзинах или на специальных ажурных сортовиках.

В первой камере на деталь через форсунки под давлением подается горячий моечный раствор. Стекающий с деталей загрязненный раствор фильтруется, подогревается и снова подается насосом в камеру. В следующих камерах аналогичным образом производится промывка холодной, а затем горячей водой. Имея высокую температуру на выходе из последней камеры, детали быстро сохнут.

Кроме рассмотренных выше достаточно широко применяются и другие методы промывки.

Для уменьшения трудоемкости ремонта и улучшения условий труда на ремонтных заводах создаются специализированные цеха для механизированной промывки, очистки и окраски летательных аппаратов.

Промывка и очистка деталей авиационной техники связана с применением вредных для здоровья людей веществ, часто опасных в пожарном отношении. Поэтому к помещениям для участков очистки предъявляются особые требования. Они оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией, мощными системами пожаротушения. Рабочие, занятые на этих участках, в обязательном порядке обеспечиваются спецодеждой, а в необходимых случаях - индивидуальными средствами защиты (очки, респираторы и т.п.). В последнее время все шире применяются нетоксичные моющие средства, создаются автоматизированные поточные линии очистки с замкнутым производственным циклом, позволяющие почти полностью исключить ручной труд, а также обеспечить охрану окружающей среды.

После удаления лакокрасочных покрытий и всех видов отложений детали комплектно, в соответствующей таре с бирками, помеченными номером летательного аппарата (двигателя), направляются в отделение дефектации.

## **2.4. Определение технического состояния (дефектация)**

### **2.4.1. Требования, предъявляемые при дефектации**

Дефектация или процесс контроля технического состояния - один из самых ответственных этапов технологического процесса ремонта. Для выполнения дефектации привлекаются наиболее опытные работники, хорошо знающие конструкцию авиационной техники, условия ее работы и возможные дефекты каждой детали, а также в совершенстве владеющие методами выявления дефектов. Кроме того, дефектатор должен знать технологию ремонта детали и технические условия на ее отбраковку, чтобы объективно оценить состояние детали и назначить технически правильный и экономичный метод ремонта или забраковать деталь. Таким образом, от качества дефектации непосредственно зависит объем работ по ремонту, качество ремонта и надежность отремонтированной техники.

Дефектация должна проводиться в специально оборудованных помещениях. Рабочие места дефектаторов должны быть хорошо освещены, в том числе дополнительными лампами для подсветки при осмотре деталей. На участках, где применяются точные измерительные устройства, необходимо поддерживать постоянную температуру +20°C.

Обнаруженные дефекты фиксируются в специальных ведомостях. Кроме того, на детали и сочленения, подвергаемые микрометрическому обмеру, заполняются карты обмера. Ведомость дефектации должна содержать эскиз детали, на котором специальными индексами отмечаются места, имеющие дефекты. В ведомости указан также маршрут дефектации.

Во избежание пропуска дефектов контроль каждого объекта (узла, агрегата, детали) должен вестись непрерывно и без смены персонала.

По окончании контроля ведомость дефектации и карты обмера являются руководством для ремонта.

По результатам дефектации все детали, узлы и агрегаты подразделяются на три группы:

- не требующие ремонта и годные к дальнейшей эксплуатации;
- требующие ремонта;
- не подлежащие ремонту ввиду его технической невозможности или экономической нецелесообразности.

Объекты третьей группы помечаются красной краской и направляются в так называемый изолятор брака.

Поскольку элементы конструкции авиационной техники изготовлены из различных материалов, имеют различные форму и размеры, работают в разных условиях, то и дефекты их могут иметь самый разный характер. Поэтому универсального метода, пригодного для контроля любого материала или детали, нет.

Среди большого разнообразия видов контроля, существующих в настоящее время, при техническом обслуживании и ремонте наиболее часто применяются следующие методы: оптические, капиллярные, акустические, с

использованием проникающих излучений, магнитные, токовихревые, а также технические измерения и испытания на прочность и герметичность.

## 2.4.2. Методы дефектации

### Оптические методы контроля

Наиболее распространенным методом дефектации, применяемым как в эксплуатационных, так и в ремонтных предприятиях, является визуальный осмотр. Внешнему осмотру подвергаются все детали и агрегаты. Он позволяет сравнительно быстро отбраковывать часть непригодных деталей, не подвергая их другим, более сложным методам контроля.

Осмотр позволяет выявить наружные повреждения деталей, деформации, забоины, трещины, царапины, наклеп, прогар, перегрев (по цветам побежалости), повреждения покрытий, коррозию, срыв резьбы, обрыв заклепок, отрыв сварных точек и т.д.

Осмотр производится как невооруженным глазом, так и с помощью различных оптических средств: луп, микроскопов, оптических проекторов, а также специальных оптических приборов. К последним относятся эндоскопы - оптические приборы со встроенным источником света, применяемые для контроля внутренних поверхностей, скрытых от прямого контроля. Современные эндоскопы могут иметь гибкие световоды, представляющие собой жгуты из прозрачных стержней или волокон. Такие световоды позволяют осуществлять передачу изображения по криволинейному пути на расстояние до нескольких метров. Освещение осматриваемой поверхности осуществляется с помощью миниатюрных ламп, смонтированных на конце световода (рис.2.4.).

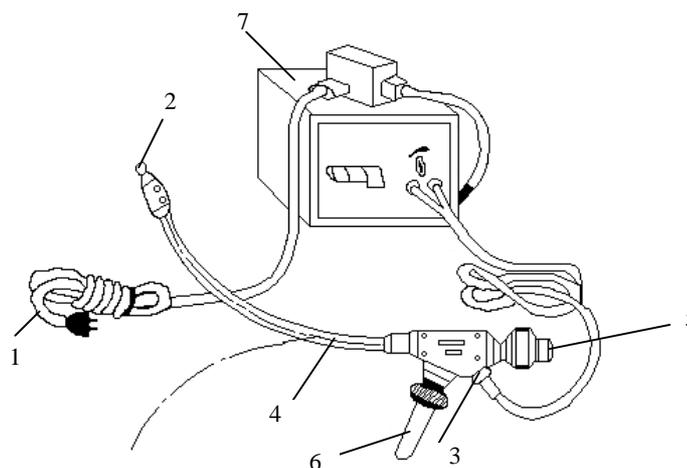


Рис. 2.4. Эндоскоп с гибким световодом:

1 – кабель питания; 2 – головка с объективом; 3 – окно подсветки; 4 – световод; 5 – окуляр; 6 – рукоятка; 7 – преобразовательное устройство

С помощью эндоскопов можно осматривать внутренние элементы планера самолета, двигателей, например, камер сгорания и даже трубопроводов.

### **Капиллярные методы контроля**

Наибольшее применение в настоящее время имеют такие разновидности этого контроля, как метод красок и люминесцентный метод.

*Метод красок* основан на применении специальных красной и белой красок. Красная краска должна обладать высокой жидкотекучестью и смачиваемостью по отношению к металлу, белая же краска подбирается такой, чтобы она обладала способностью хорошо впитывать в себя красную краску.

Последовательность операций при контроле (см. рис.2.5.):

- 1) очистка поверхности от жира, грязи или лакокрасочного покрытия;
- 2) нанесение красной краски на контролируруемую поверхность с помощью кисти, краска выдерживается на поверхности в течение 5-10мин;
- 3) удаление красной краски с помощью салфетки, в трещине краска удерживается капиллярными силами;
- 4) нанесение белой краски ровным тонким слоем мягкой кистью или из пульверизатора и выдержка в течение 5-10 мин.

Белая краска активно впитывает красную краску, сохранившуюся в трещине, и в результате на белом фоне выступает четко различимая красная жилка.

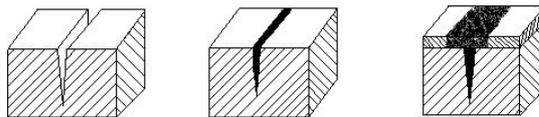


Рис. 2.5. Выявление трещины методом красок

Состав красок подбирается с учетом температуры воздуха.

Метод красок применяется для дефектации деталей из любых сплавов как снятых с самолета, так и непосредственно на нем. Все необходимые материалы и принадлежности размещаются в специальных переносных чемоданах.

*Люминесцентный метод* применяется как для деталей из магнитных, так и немагнитных сплавов. Он основан на способности определенных жидкостей люминесцировать при облучении их ультрафиолетовым светом.

Последовательность операций при контроле:

1. Промывка детали в соответствующем моечном растворе.
2. Нанесение люминесцирующей жидкости на проверяемую поверхность путем окунания либо с помощью кисти или тампона. В качестве

люминесцирующей жидкости применяется смесь, состоящая из 85% керосина и 15% минерального авиационного масла. Эта смесь обладает высокой текучестью и легко проникает в трещины. Жидкость выдерживается на поверхности до 20 мин.

3. Удаление избытка люминесцирующей жидкости слабой струей воды или салфеткой.
4. Сушка детали путем подогрева воздухом либо погружением в древесные опилки, остатки которых затем сметаются щеткой.
5. Нанесение на поверхность детали специального “проявляющего” порошка (путем припудривания из мешочка), который вытягивает из трещин люминесцирующую жидкость. Через 5-10 мин. после нанесения избыток порошка удаляется путем встряхивания или легкой обдувки. На детали остается только порошок, смоченный люминесцирующей жидкостью и прилипший к поверхности над местом дефекта.
6. Осмотр детали при облучении ее ультрафиолетовым светом в затемненном помещении или под темным покрывалом. При этом люминесцирующая жидкость, впитанная порошком, прилипшим над трещиной, ярко светится.

Наряду с описанными выше методом красок и люминесцентным методом, применяется и комбинированный люминесцентно-цветовой контроль.

### **Акустические методы контроля**

Акустический контроль основан на регистрации параметров упругих колебаний при прохождении их через контролируемый объект.

Наибольшее распространение в эксплуатации и в авиаремонтном производстве имеют такие разновидности акустического контроля, как эхо-метод, зеркально-теневой, импедансный.

*Эхо-метод* основан на использовании свойства ультразвуковых колебаний распространяться в различных материалах в виде направленных пучков и почти полностью отражаться от границ раздела двух сред, отличающихся одна от другой величиной акустического сопротивления. Отражение происходит по законам оптики (угол падения равен углу отражения).

Излучателями и приемниками ультразвуковых колебаний служат пьезоэлектрические элементы, изготовленные чаще всего из кристаллов кварца или титаната бария.

Принцип работы ультразвукового дефектоскопа (рис. 2.6.) состоит в том, что при помощи генератора создаются высокочастотные электрические колебания, поступающие на пьезоэлемент искательной головки, который преобразует их в ультразвуковые колебания. Одновременно сигнал от генератора поступает на дефектоскоп. На экране дефектоскопа появляется изображение в виде пика, называемое начальным импульсом.

При распространении ультразвуковых колебаний в материале детали без дефектов они доходят до ее нижней поверхности и, отражаясь, попадают на приемник головки, который преобразует их в электрические колебания. На экране дефектоскопа возникает второй пик, называемый донным или концевым импульсом. Если на пути колебаний встречается дефект, то они, отражаясь от него, вызывают возникновение третьего импульса, расположенного между начальным и концевым. По месту нахождения на экране импульса от дефекта ориентировочно определяют расстояние от поверхности до дефекта в материале детали.

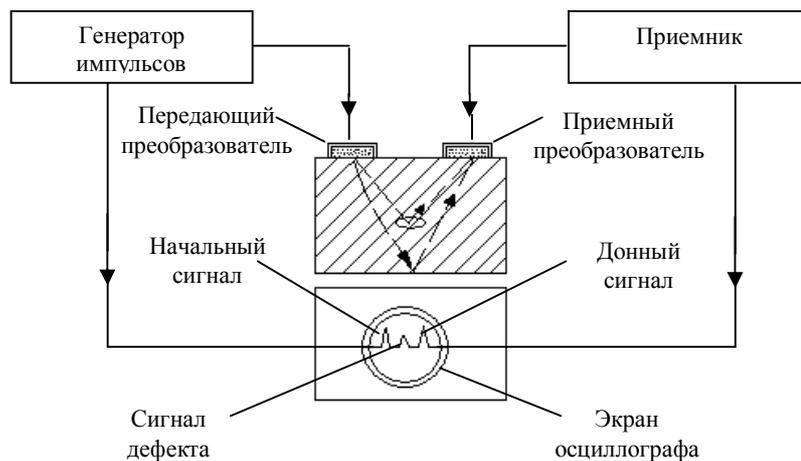


Рис. 2.6. Схема работы импульсного ультразвукового дефектоскопа

Этим методом обнаруживаются такие дефекты, как нарушение сплошности (раковины, расслоение, рыхлоты, трещины и т.п.), расположенные в толще детали.

*Импедансный акустический метод* применяется для обнаружения дефектов в виде всевозможных расслоений (например, непрочная обшивки, паяных соединений и т.п.). Он основан на зависимости силы реакции поверхности контролируемого изделия на контактирующий с ним колеблющийся стержень. Если совершающий продольные колебания стержень соприкасается с участком изделия, имеющим хорошее соединение, то вся конструкция колеблется как единое целое, и механическое сопротивление (механический импеданс), оказываемое изделием стержню, определяется жесткостью всей конструкции. При этом сила реакции на стержень имеет значительную величину. Если стержень расположен над дефектом соединения, то сила реакции на датчик резко уменьшается, так как жесткость дефектного участка соединения меньше жесткости всей конструкции (рис. 2.7.).

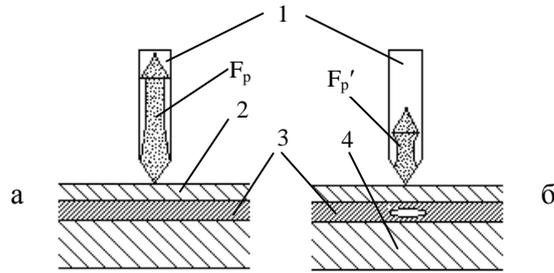


Рис. 2.7. Контроль качества склейки импедансным методом: а – участок с хорошей склейкой; б – зона непрочлея.

1 – датчик; 2 – внешний лист (обшивка); 3 – слой клея; 4 – внутренний элемент конструкции;  $F_p$  – сила реакции

### Методы контроля, основанные на использовании проникающих излучений

Среди многих разновидностей этого метода контроля наибольшее распространение получили рентгеновский и гамма-контроль.

Эти методы контроля основаны на использовании свойств рентгеновских и гамма-лучей проникать через материал контролируемых деталей и воздействовать на эмульсию рентгеновской пленки (флуоресцирующий экран), помещенной за ними, вызывая различное ее потемнение (свечение экрана) в зависимости от интенсивности прошедших лучей. В местах дефектов (раковины, посторонние включения и т.п.) лучи ослабляются в меньшей степени, чем в соседних местах (рис. 2.8.), и на поверхности пленки образуются более темные пятна.

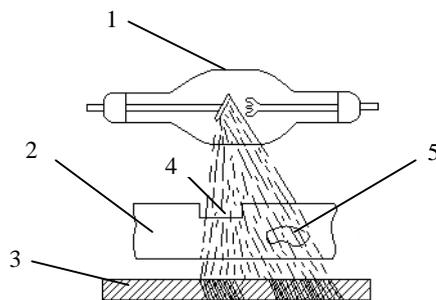


Рис. 2.8. Схема просвечивания детали рентгеновскими

1 – рентгеновская трубка; 2 – деталь; 3 – кассета с пленкой; 4 – углубление в детали; 5 – раковина

Эти виды контроля применяются главным образом для выявления скрытых пороков материала, качества монтажа внутренних деталей агрегатов.

Рентгеновские лучи по сравнению с гамма-лучами обладают меньшей жесткостью и проникающей способностью. Поэтому они применяются для просвечивания тонкостенных конструкций: камер сгорания, заклепочных швов и т.д. Гамма-лучи используются для просвечивания массивных деталей и собранных агрегатов.

Аппаратура для гамма-дефектоскопии является значительно менее сложной, громоздкой и дорогой, чем аппаратура для рентгеновского контроля. Поэтому гамма-контроль применяется значительно шире. В качестве источника гамма-лучей применяются радиоактивные изотопы кобальта, тулия, европия и др.

### Методы магнитной дефектоскопии

Магнитный метод основан на использовании явления возникновения на поверхностях намагниченной детали в местах расположения дефектов магнитных полей рассеяния. Магнитные силовые линии при наличии дефекта искривляются, при этом часть их выходит на поверхность детали, образуя по краям дефектного участка дополнительные полюса со своим магнитным полем. Для обнаружения этих полей на поверхность детали наносится магнитная суспензия или сухой ферромагнитный порошок. Частицы порошка притягиваются магнитным полем рассеяния, в результате чего в местах, где имеются дефекты, образуются полоски из осевшего порошка, определяющие границы дефектов. На сплошной поверхности магнитный порошок не задерживается (рис.2.9.).

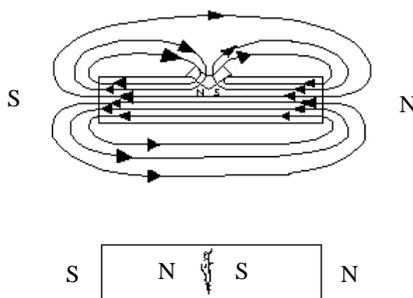


Рис. 2.9. Схема образования магнитного поля рассеяния и оседания порошка над трещиной детали

Для намагничивания деталей могут применяться стационарные установки и переносные магнитные дефектоскопы. На стационарных установках детали зажимаются между контактными пластинами головок, перемещаемых по станине. Путем перестановки детали могут быть намагничены в различных направлениях, что позволяет надежно выявить трещины любой ориентации. С помощью переносных магнитных дефектоскопов можно контролировать небольшие детали, не снимая их с самолета в аэродромных условиях. При этом намагничивание может производиться с помощью катушки, магнитов или кабеля (рис.2.10.).

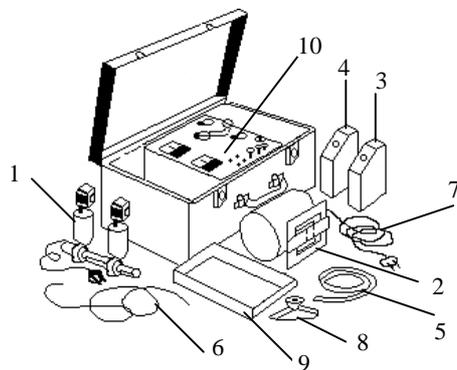


Рис. 2.10. Переносный магнитный дефектоскоп:

1 – электромагнит со съёмными наконечниками; 2 – катушка (соленоид); 3 – бачок; 4 – банка; 5 – дюритовый (резиновый) шланг; 6 – гибкий кабель; 7 – шнур с двумя вилками для включения катушки; 8 – лупа; 9 – ванночка; 10 – панель

Применяются следующие способы намагничивания деталей (рис.2.11.).

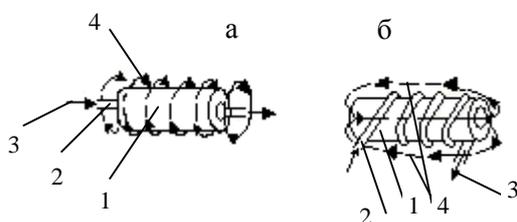


Рис. 2.11. Способы намагничивания деталей:

а – циркулярное; б – продольное;  
1 – деталь; 2 – электрокабель; 3 – направление тока;  
4 – магнитные силовые линии

1. Продольное намагничивание - с помощью магнитов или в поле соленоида.

2. Циркулярное намагничивание, при котором непосредственно через саму деталь или через проводник, проходящий через деталь, пропускается постоянный ток (большой силы, малого напряжения). При этом в детали создается циркулярное магнитное поле, плоскость которого перпендикулярна направлению тока.

3. Торoidalное намагничивание. Так контролируются кольцевые детали. Электрический ток пропускают через изолированный провод, обмотанный вокруг “кольца” детали так, чтобы “кольцо” охватывалось всеми витками обмотки.

4. Комбинированное (одновременно продольное и циркулярное) намагничивание: меняя величину и напряжение векторов продольного и циркулярного намагничивания, можно получить результирующий вектор любого направления.

По окончании контроля все детали подлежат размагничиванию. Размагничивание производится в поле катушки - соленоида, питаемой

переменным током. После включения тока деталь медленно проводится через катушку.

Магнитный метод применяется как основной для контроля деталей из ферромагнитных материалов. Он позволяет выявлять поверхностные и подповерхностные дефекты: трещины, неметаллические включения, расслоения, непровары и т.д.

К достоинствам метода относятся высокая чувствительность (минимальная ширина выявляемой трещины - 0,001 мм, глубина от 0,005 мм), относительная простота и надежность применяемой аппаратуры, большая производительность контроля.

Наряду с описанным выше методом, который называется магнитопорошковым, применяются и такие разновидности магнитного контроля, как магнитографический и магнитоферрозондовый.

Феррозондовый метод основан на измерении полей рассеяния с помощью специальных датчиков-зондов.

Магнитографический метод заключается в том, что контролируемая зона намагничивается вместе с наложенной или протягиваемой по поверхности магнитной лентой, на которой фиксируются поля рассеяния.

### **Вихретоковый контроль**

Этот метод применяется для выявления трещин, неоднородностей структуры, отклонений химического состава, а также для измерения толщины лакокрасочных покрытий, листовых материалов и труб.

Сущность метода состоит в следующем. В детали или на ее участке с помощью специальной катушки-датчика, питаемой переменным током, индуктируются вихревые токи. Электромагнитное поле этих токов взаимодействует с электромагнитным полем катушки-датчика. При наличии в поверхностных слоях проверяемой детали дефекта (“препятствия” вихревым токам) величина вихревых токов и их магнитного потока уменьшается. Это вызывает изменение полного сопротивления катушки, что регистрируется электроизмерительными индикаторами (стрелочный указатель, звуковой или световой сигнал). Схема контроля представлена на рисунке 2.12.

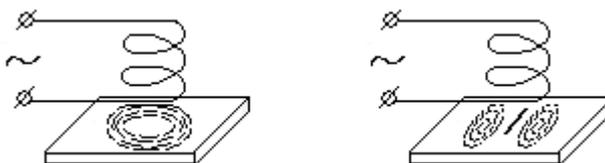


Рис. 2.12. Схема вихретокового неразрушающего контроля

### **Технические измерения деталей**

Измерения проводятся с целью выявления износа деталей, оценки деформации, определения величины зазоров и натягов, измерения глубины

коррозионного повреждения, оценки шероховатости поверхности и т.д. Места замеров, порядок проведения измерений, применяемый инструмент и приспособления устанавливаются для каждой детали картой промеров.

В авиаремонтном производстве широко применяются универсальные измерительные приборы и инструменты, которые в зависимости от принципа их действия могут быть разделены на следующие виды:

1. Механические приборы - линейки, угольники, щупы, резьбомеры, калибры, пробки, скобы, шаблоны, штангенциркули, штангенглубиномеры, микрометры, индикаторы и т.д. Эти приборы характеризуются простотой и дешевизной. Однако они имеют сравнительно малую точность и не обеспечивают высокой производительности контроля.

2. Оптические - микроскопы, проекторы, пружинно-оптические приборы и т.д. Такие приборы обеспечивают весьма высокую точность измерений.

3. Пневматические. Такие приборы используются для точного измерения наружных и внутренних размеров, выявления отклонений формы поверхностей. Пневматические приборы отличаются быстродействием.

4. Электрические приборы. Они применяются в автоматической контрольно-измерительной аппаратуре.

Контроль шероховатости поверхности деталей может выполняться с использованием контактных приборов (профилометров и профилографов) или оптических приборов (микроинтерферометров и др.).

### **Испытания на прочность и герметичность**

Современные ЛА оборудованы целым рядом систем, к которым предъявляются весьма высокие требования в отношении внешней и внутренней герметичности: топливные, гидрогазовые, масляные, воздушные, системы жизнеобеспечения и другие. Практически все основные изделия, входящие в состав этих систем, в ходе ремонта проходят испытания на прочность и герметичность.

Таким испытаниям подвергаются трубопроводы, шланги, корпусные детали (насосов, фильтров и т.п.), топливные форсунки, камеры сгорания, металлические и резиновые баки, силовые цилиндры шасси и т.д.

Испытания на прочность производятся жидкостью в течение определенного времени. Давление при испытании в несколько раз превышает рабочее. Испытуемый объект предварительно заглушается специальными заглушками (рис. 2.13.).

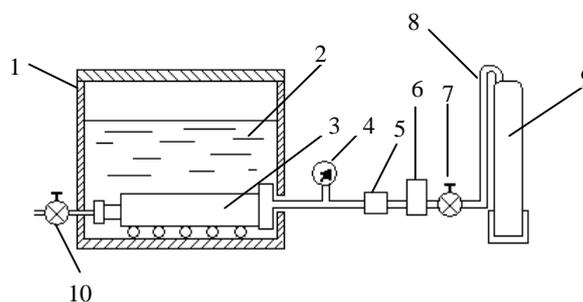


Рис. 2.13. Схема испытания силовых цилиндров на прочность и герметичность:

1 – броневанна с крышкой; 2 – жидкость (масло или вода с добавлением 0,3% хромника); 3 – силовой цилиндр; 4 – манометр; 5 – предохранительный клапан; 6 – редуктор; 7 – запорный кран; 8 – трубопровод; 9 – баллон со сжатым воздухом; 10 – кран стравливания

Контроль герметичности (течеискание) осуществляется различными методами, наибольшее распространение из которых имеют пузырьковый, манометрический и галоидный.

При использовании *пузырькового метода* испытуемый объект погружается в прозрачную жидкость (чаще всего в воду с добавлением антикоррозионных веществ) и в него под давлением подается газ. Предварительно все отверстия заглушаются. Места утечек обнаруживаются по появлению пузырьков. Для повышения чувствительности метода применяются жидкости с малым поверхностным натяжением (ацетон, спирт, эфир), а в качестве газа – водород; самому контролируемому изделию сообщаются низкочастотные вибрации.

*Манометрический метод* применяется при испытании гермокабин ЛА, баков-кессонов. Проверка герметичности выполняется следующим образом. Внутри проверяемого объекта с помощью наземного источника (компрессора, баллонов со сжатым воздухом) создается необходимое избыточное давление воздуха. После выдержки при этом давлении в течение определенного времени подача воздуха прекращается. С помощью манометра и часов определяется скорость падения давления, которая сравнивается с требуемой по техническим условиям. Манометрический метод позволяет дать оценку степени герметичности объекта, но не определяет места утечек.

*Галоидный метод* основан на регистрации частиц индикаторного газа (галоидосодержащие газы – фреон, хлороформ) с помощью специальных течеискателей. Датчиком таких приборов является диод с платиновыми электродами. С помощью микровентильатора воздух прокачивается через межэлектродное пространство. При наличии в воздухе частиц индикаторного газа происходит резкое увеличение эмиссионного тока, что обнаруживается по стрелочному указателю или по изменению уровня звукового сигнала. В ходе контроля течеискатель вручную перемещается вдоль контролируемой зоны.

Помимо описанных выше методов при проверке на герметичность применяются и другие. Так, места утечек воздуха могут определяться на слух - по характерному свисту. Для проверки герметичности сварных, паяных и других швов, а также золотников, кранов и клапанов иногда применяется керосин, обладающий способностью проникать через малые зазоры и поры. При наличии течи керосин, налитый на одну сторону шва или соединения, просачиваясь через зазоры, образует на сухой стороне темное пятно. Если место, где возможна течь, предварительно закрасить разведенным в воде мелом, то на белой поверхности становится хорошо заметным темное пятно, указывающее место и форму дефекта.

### **Глава 3. Основные технологические процессы восстановления деталей ЛА и АД при ремонте**

#### **3.1. Восстановление обработкой резанием**

Обработка резанием осуществляется либо вручную (слесарная обработка), либо на металлорежущих станках (механическая обработка). Обработка резанием применяется для устранения поверхностных дефектов, исправления формы и размеров деталей.

Слесарная обработка применяется в тех случаях, когда ремонтируемая деталь не может быть установлена на станок, например, вследствие ее габаритов или формы, когда для установки детали на станок необходимо изготавливать сложные и дорогие приспособления, а также при необходимости получения высокой степени точности, не обеспечиваемой системой станок-инструмент-деталь.

#### **Слесарная обработка**

*Слесарная обработка* выполняется ручным или механизированным режущим инструментом. Среди методов слесарной обработки наиболее широко применяются опиловка, шабрение, заправка резьб, развертывание, притирка и полирование.

*Опиловка* используется для устранения дефектов на внешних нерабочих поверхностях деталей: забоин, задиров и т.п.

Ручная опиловка производится напильниками и надфилями (напильники малых сечений). Надфили применяются для отделки узких канавок, кромок небольших отверстий, резьб и т.п. Форма сечения напильников может быть плоской, квадратной, трехгранной, круглой, полукруглой. В зависимости от величины зубьев насечки напильники подразделяются на драчевые (для грубой обработки) и бархатные (для окончательной отделки).

Опиловка может быть механизирована, для чего в патроне, укрепленном на конце гибкого вала, помещенного в защитном кожухе, закрепляется нужной формы шарошка или абразивная головка. Привод осуществляется от специального электромотора или от дрели.

*Шабрение* применяется для устранения незначительных по глубине и протяженности выступающих дефектов на рабочих поверхностях (стыки деталей), на кромках и поверхностях вращения. Рабочим инструментом является шабер, изготавливаемый из закаленной инструментальной стали. Применяются различные по форме шаберы: плоские, ложкообразные, трехгранные.

Для механизации шабрения применяются пневматические и электрические шаберы.

*Заправка резьбы.* На наружных и внутренних резьбах возможны коррозия, задиры, шероховатости, забоины и срывы витков. Эти дефекты могут привести к заеданиям и разрушению резьбовых соединений. Задиры, шероховатости и коррозия на резьбах сглаживаются и зачищаются прогонкой их с помощью плашек и метчиков, имеющих полный размер резьбы, при обильном смачивании резьбы маслом. Местные ограниченные дефекты на наружных резьбах могут устраняться также с помощью надфилей.

*Развертывание* с помощью разверток применяется для устранения различных дефектов на внутренних рабочих цилиндрических поверхностях: надиров, рисок, коррозии, а также овальности, ступенчатости, конусности, полученных в результате износа. При развертывании снимается незначительный слой металла (до 0,2 мм), при этом восстанавливается необходимая шероховатость и правильная цилиндрическая форма поверхности.

Развертка - многолезвийный режущий инструмент с количеством зубьев от 6 до 12 в зависимости от диаметра развертки. Развертки изготавливаются из закаленной углеродистой стали. Режущая кромка зуба имеет коническую заборную часть, мерную калибрующую часть и тыльную часть. Между зубьями имеются впадины, куда попадает стружка, снимаемая в процессе работы. Для крепления развертки в воротке или в патроне станка служит хвостовик. Применяются также разжимные развертки, диаметр которых может изменяться в пределах нескольких десятых долей миллиметра.

Развертка приводится в движение руками с помощью воротка, одеваемого на квадратный хвостовик, реже с помощью механического привода от какого-либо станка.

*Притирка* применяется для исправления незначительных погрешностей на плоских и криволинейных поверхностях особо точных сочленений. С помощью притирки обеспечивается плотное прилегание поверхностей; при необходимости достигается гидравлическая непроницаемость соединений. Сущность процесса притирки состоит в том, что тончайшие слои металла постепенно срезаются острыми кромками зерен абразива, внедренных в поры инструмента - притира, совершающего по обрабатываемой поверхности сложные движения. В зависимости от материала детали применяются притиры, изготовленные из чугуна, бронзы, стекла или свинца.

Абразив в составе притирочной пасты наносится на рабочую поверхность притира путем втирания. В состав пасты помимо абразива входят связующие материалы и поверхностно-активные вещества, которые, взаимодействуя с металлом, образуют на обрабатываемой поверхности тончайшие окисные пленки, легко удаляемые абразивом пасты. Эти же вещества, проникая между кристаллами обрабатываемого материала, действуют там расклинивающе, облегчая тем самым срезание частиц металла абразивом.

Ручная притирка является весьма трудоемкой операцией, требующей высокой квалификации исполнителя. Ручная притирка плоскостей ведется на плитах-притирах из чугуна или стекла. Обрабатываемая деталь вручную перемещается по плите-притиру круговыми движениями. Притирка внутренних цилиндрических поверхностей осуществляется с помощью разжимных притиров. Для притирки внешних цилиндрических поверхностей (валиков, плунжеров, золотников и т.п.) применяются разрезные гильзы, имеющие приспособления для уменьшения диаметра притира.

Притирка может выполняться и на специальных притирочных ставках, а также на токарных, сверлильных и других станках.

*Полирование* - отделочная операция для придания поверхности деталей высокой чистоты с целью устранения шероховатостей, подготовки к нанесению гальванических покрытий, повышения коррозионной стойкости, усталостной прочности или декоративной отделки.

Чаще всего применяется полумеханическое полирование: рабочий вручную прижимает и перемещает деталь относительно вращающегося полированного круга. Так обрабатываются, например, лопатки компрессоров и турбин. Полировальные круги изготавливаются из фетра, войлока, сукна. На поверхность круга наносится "абразив" (наждак, корунд, окись хрома, мел и др.), который удерживается специальными связками.

Помимо механического применяется также гидроабразивное, химическое и электрохимическое полирование, а также полирование пластическим деформированием.

### **Механическая обработка**

Среди методов *механической обработки* на авиаремонтных заводах наиболее широко применяются шлифование и хонингование.

*Шлифование* применяется для устранения поверхностных дефектов, восстановления формы и размеров деталей, как подготовительная операция перед нанесением гальванических покрытий. Например, этот вид механической обработки широко используется при восстановлении деталей цилиндрической формы (штоков, силовых болтов и т.п.) по схеме: шлифование - хромирование - шлифование.

По схеме процесса шлифования различают: круглое наружное или внутреннее (рис.3.1.), бесцентровое и плоское. В качестве инструмента применяются корундовые круги и бруски на керамической основе, алмазные круги на пластмассовой или металлической основе, наждачные и стеклянные

шкурки. Качество шлифования определяется правильным выбором марки инструмента и режимов резания. Во избежание местных перегревов поверхности (прижогов) в процессе шлифования деталь обильно охлаждается специальной эмульсией.

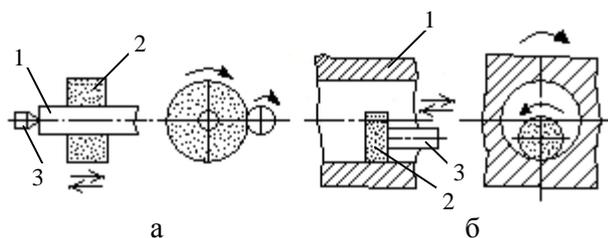


Рис. 3.1. Схема круглого наружного (а) и внутреннего (б) шлифования:

1 – деталь; 2 – шлифовальный круг;  
3 – крепление детали (инструмента)

Разновидностью шлифования является *хонингование*. Это метод механической обработки применяется как отделочный для внутренних цилиндрических поверхностей. Он применяется после чистового обтачивания или шлифования. Инструментом является хонинговальная головка с абразивными брусками, которые пружинами прижимаются к обрабатываемой поверхности. Хонинговальная головка вращается и одновременно совершает возвратно-поступательные движения (рис.3.2.). В результате сложения движений абразивные бруски движутся по сложным траекториям. Для охлаждения обрабатываемой поверхности и удаления металлической стружки и продуктов износа брусков в зону резания непрерывно подается смазочно-охлаждающая жидкость.

Хонингование выполняется на специальных хонинговальных станках.

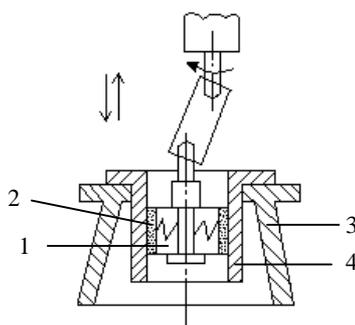


Рис. 3.2. Схема хонингования:

1 – корпус хонинговальной головки; 2 – брусок; 3 – пружина;  
4 – обрабатываемая деталь

В качестве доводочной операции после шлифования и хонингования применяется *обкатка* шариками или роликами, а также *алмазное выглаживание*. В качестве инструмента при этом используется специальный обкатчик, представляющий собой рамку с держателями роликов или шариков (при алмазном выглаживании - сферических алмазов), которые пружинами

прижимаются к обрабатываемой поверхности. Так же как и при хонинговании, инструменту сообщается одновременно возвратно-поступательное и вращательное движения. В результате обработки неровности на обрабатываемой поверхности сглаживаются и в ней возникают остаточные напряжения сжатия, способствующие повышению усталостной долговечности.

### **3.2. Применение сварки и пайки при ремонте**

Сварка и пайка применяются для восстановления металлических деталей - заделки трещин, присоединения новых элементов конструкции взамен забракованных для наплавления металла на изношенные поверхности.

*Сварка* – процесс создания неразъемного соединения изделий местным нагреванием их до расплавленного или пластичного состояния без применения или с применением механических усилий.

При ремонте авиационной техники наибольшее применение находит сварка плавлением (электродуговая, аргодуговая, кислородно-ацетиленовая), а также электроконтактная сварка (точечная и роликовая).

*Электродуговая сварка (ЭДС)* является основным видом сварки при ремонте изделий из термообработанных высокопрочных легированных сталей при толщине материала свыше 1,5 мм.

Электродуговая сварка производится путем местного нагрева соединяемых металлических частей до расплавленного состояния с помощью электрической дуги. Дуга возникает между металлом изделия и угольным или металлическим электродом. Температура в зоне горения дуги составляет около 6000°C. Электродуговая сварка может вестись как на постоянном, так и на переменном токе.

Металлические электроды служат для образования электрической дуги и одновременно являются присадочным материалом. В авиаремонтном производстве применяются электроды со специальными обмазками. За счет элементов, входящих в состав обмазки, вокруг дуги создается защитная атмосфера, препятствующая взаимодействию газов воздуха с расплавленным металлом. В результате предотвращается ухудшение механических свойств металла в зоне сварки за счет обогащения его кислородом и азотом, выгорания углерода, кремния и марганца.

Электроды в процессе сварки удерживаются в электрододержателе, представляющем собой пружинящие щипцы, к которым подводится электрический ток.

В качестве источников питания для ЭДС применяются сварочные генераторы и сварочные трансформаторы.

Для защиты глаз и кожи лица от воздействия яркого света и ультрафиолетовых лучей служат щитки и шлемы из фибры со вставленными светофильтрами.

Режим ЭДС определяется силой тока и диаметром электрода. Он выбирается в зависимости от вида соединения и толщины свариваемых элементов по специальным таблицам.

*Аргонодуговая сварка (АрДС)* применяется для хромоникелевых сталей, для алюминиевых и магниевых сплавов.

При АрДС защита расплавленного металла от взаимодействия с воздухом обеспечивается подачей нейтрального газа аргона в зону горения дуги. Струя аргона, кроме того, сужает область термического воздействия.

Сварка может вестись плавящимся электродом или неплавящимся вольфрамовым электродом. В первом случае сварка выполняется с помощью горелки, имеющей механизм подачи присадочной проволоки. Во втором - присадочный материал (той же марки, что и материал ремонтируемого изделия) сбоку вводится в зону горения дуги (рис. 3.3.).

АрДС может выполняться ручным или автоматическим способом.

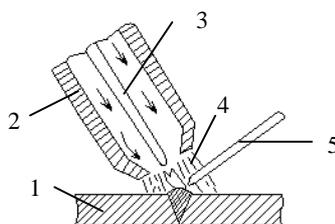


Рис. 3.3. Схема аргонодуговой сварки:

1 – деталь; 2 – корпус горелки; 3 – вольфрамовый электрод;  
4 – оболочка защитного газа; 5 – присадочный пруток

*Кислородно-ацетиленовая сварка (КАС)* применяется для сварки высоколегированных сталей при толщине материала менее 1,5 мм с последующей термообработкой и для сварки изделий из алюминиевых сплавов.

При КАС расплавление металла осуществляется теплом сгорания ацетилена в кислороде. Ацетилено-кислородное пламя горит на выходе смеси  $C_2H_2$  и  $O_2$  из отверстия специального мундштука или наконечника сварочной горелки. Мундштуки сменные с различными диаметрами отверстий. Чем толще свариваемый металл, тем больший номер мундштука. Ацетилен и кислород в соотношении примерно 1,0 : 1,5 подаются к горелке по отдельным шлангам.

Для КАС используются ацетиленовые генераторы, баллоны для ацетилена и кислорода, редукторы для понижения давления газов, газовые горелки.

Сварка ведется с применением присадочной проволоки, диаметр которой подбирается в зависимости от толщины свариваемых элементов. Режим кислородно-ацетиленовой сварки определяется номером наконечника (мундштука), диаметром присадочной проволоки и давлением кислорода.

*Точечная сварка* позволяет получить прочные, но не плотные нахлесточные соединения. Пакет свариваемых элементов прижимается медными электродами сварочной машины и через них в виде импульса пропускается электрический ток. Наибольшее количество тепла при этом

выделяется в месте контакта между соединяемыми деталями - там, где электрическое сопротивление максимально. В этом месте образуется расплавленное ядро, при кристаллизации которого возникает сварочная точка. После отключения тока и до окончания кристаллизации давление электродов не снимается во избежание разрыва сварочной точки упругими силами (рис. 3.4.).

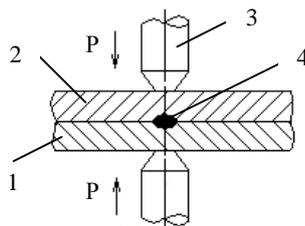


Рис. 3.4. Схема точечной сварки:

1, 2 – соединяемые детали; 3 – электроды; 4 – сварочная точка

Для получения прочноплотных сварных соединений из листовых материалов применяется *роликовая сварка*. Соединяемые детали при этом зажимаются между двумя медными электродами - роликами, один из которых приводится во вращение от электродвигателя. Таким образом, детали непрерывно перемещаются между роликами. С определенной периодичностью через ролики и соединяемые детали пропускается электрический ток. Каждому импульсу тока соответствует сварочная точка. При соответствующем подборе скорости вращения роликов, частоты и длительности импульсов можно получить прочноплотные швы с высокой герметичностью (рис. 3.5.).

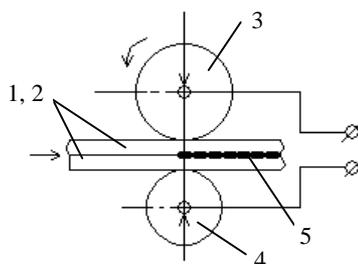


Рис. 3.5. Схема роликовой сварки:

1,2 – соединяемые детали; 3 – верхний ведущий ролик; 4 – нижний ролик; 5 – сварочный шов

Наряду с рассмотренными методами сварки в авиаремонтном производстве за последнее время получили применение и такие виды сварки, как плазменная, сварка электронным лучом в вакууме, диффузионная сварка, сварка световым лучом (лазерная) и др.

*Пайка* - процесс создания неразъемных соединений деталей с использованием специальных припоев.

При пайке металла соединяемые элементы не доводятся до плавления, а соединяются за счет диффузии в них расплавленного припоя, температура плавления которого ниже, чем для соединяемых металлов. Чем ближе температура плавления припоя к температуре плавления основного металла, тем прочнее соединение.

Пайка имеет значительные преимущества перед сваркой, т.к. она производится при более низкой температуре и не связана с опасностью пережога материала, не требует громоздкого и дорогого оборудования и доступна менее квалифицированным рабочим, чем сварка.

Пайка применяется при ремонте металлических баков, радиаторов (масляных и ВВР), камер сгорания и др.

В ремонтной практике применяется пайка легкоплавкими ( $t = 500^{\circ}\text{C}$ ) и тугоплавкими ( $t$  до  $2000^{\circ}\text{C}$ ) припоями. Легкоплавкие припои применяются для пайки алюминиевых сплавов, а тугоплавкие - жаропрочных сплавов.

Плавление твердых припоев осуществляется ацетилено-кислородными или бензовоздушными горелками.

Качественное соединение при пайке может быть получено лишь при условии тщательной очистки соединяемых поверхностей от лакокрасочных покрытий, загрязнений и окисных пленок. Для удаления окисных пленок и подготовки поверхности к смачиванию ее припоем применяются флюсы, защитные или восстановительные газовые среды или пайка в вакууме.

После пайки каждый узел проходит контроль осмотром, гидро- и пневмоиспытаниями, проникающими излучениями или другими методами.

В последнее время все шире применяется ультразвуковая пайка. Расходы, связанные с использованием ультразвуковых генераторов, окупаются за счет повышения производительности процесса, упрощения подготовки деталей к пайке и высокого ее качества. При этом используются электропаяльники, получающие высокочастотные ультразвуковые колебания от магнитострикционного вибратора. В результате припой (легкоплавкий) расплавляется, и в нем возникает явление кавитации, приводящее к разрушению окисных пленок.

### **3.3. Нанесение гальванических покрытий**

В авиаремонтном производстве гальванические покрытия широко применяются для различных целей:

- для восстановления размеров и формы деталей - хромирование, меднение, никелирование;
- для защиты от коррозии - цинкование, кадмирование, лужение (покрытие оловом);
- для улучшения приработки деталей - свинцово-индиевые покрытия;
- для предохранения от пригорания - меднение;
- в качестве подслоя перед нанесением другого покрытия - меднение;
- как декоративное - никелирование.

Гальванический способ нанесения металлических покрытий основан на электролизе растворов солей соответствующих металлов. Гальванические

покрытия прочно сцепляются с основным металлом, обладают хорошими механическими характеристиками. Толщину покрытий можно регулировать с высокой точностью. Возможно также получение осадков из разных металлов.

### Хромирование

Электролитическое хромирование получило широкое применение как ремонтно-восстановительная операция благодаря особым свойствам хромового покрытия и хорошей сцепляемости с основным металлом. Имеет наиболее широкое применение на авиаремонтных заводах.

В зависимости от условий хромирования твердость покрытия составляет 9000-12000 МПа. Хром обладает высокой коррозионной стойкостью, износоустойчивостью и низким коэффициентом трения по другим металлам и сплавам.

Чаще всего хромирование применяется для восстановления размеров деталей неподвижных соединений и малонагруженных деталей подвижных соединений, а также как декоративное для деталей бытового оборудования самолетов.

Качественные осадки хрома можно получать с толщиной до 0,2 мм. Хромирование может быть размерным, т.е. в этом случае не требуется последующая механическая обработка. При размерном хромировании толщина осадка составляет от 0,04 мм до 0,07 мм.

В качестве электролита при хромировании применяется водный раствор хромового ангидрида ( $\text{CrO}_3$ ) с добавлением серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Анодом является свинец, который в процессе хромирования не растворяется. Ванны для хромирования оборудуются устройствами регулирования температуры электролита.

Для получения качественного покрытия форма анода должна быть такой, чтобы все его части поверхности находились на одинаковом расстоянии от соответствующих участков поверхностей, подлежащих хромированию (рис. 3.6.).

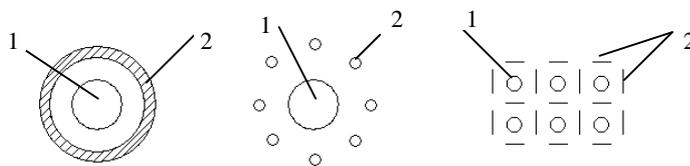


Рис. 3.6. Форма и расположение электродов при хромировании различных деталей:  
1 – детали; 2 – электроды

Процесс хромирования требует строгого соблюдения режимов, поэтому его целесообразно автоматизировать.

После хромирования детали промываются в дистиллированной воде - для улавливания остатков электролита с целью его повторного использования, а затем в холодной проточной и в горячей воде.

После хромирования производится окончательная механическая обработка - шлифование или хонингование до необходимых размеров, а затем термообработка - низкий отпуск - для снятия остаточных напряжений, возникающих при механической обработке.

### **Меднение**

При ремонте авиационной техники электролитическое меднение применяется в качестве подслоя перед нанесением никелевых, хромовых и других покрытий, для восстановления размеров бронзовых деталей (втулок) после износа, для предотвращения спекания деталей горячей части двигателей и для других целей.

Для покрытия медью применяются сернокислые и цианистые электролиты. Последние дают возможность получать качественные осадки, однако весьма дороги и создают большую опасность для персонала и окружающей среды.

### **Никелирование**

Никелирование применяется для повышения стойкости рабочих поверхностей к эрозионному воздействию потока воздуха, а также как защитно-декоративное покрытие. Кроме того, в отдельных случаях никелирование применяется для восстановления размеров и упрочнения трущихся поверхностей деталей. В этом случае выполняется так называемое твердое никелирование. Повышение твердости покрытия достигается в результате специальной термообработки в течение 1 ч при температуре 300 - 400°C.

### **Свинцевание и индирование**

Свинцевание применяется для обеспечения прирабатываемости трущихся деталей благодаря высокой пластичности свинца. Однако вследствие того, что свинцовые покрытия сравнительно быстро окисляются на воздухе, их работоспособность ограничена. Поэтому часто после свинцевания производится индирование или оловенирование.

Сплав свинец-индий, нанесенный на деталь, обладает большей твердостью и коррозионной стойкостью, чем чистый свинец. Антифрикционные свойства сплава также значительно выше.

Для получения сплава свинец-индий детали, покрытые свинцом и индием, проходят термическую обработку в масляной ванне (температура 170°C, время 2-3 ч). При такой термообработке индий, имеющий температуру плавления 155°C, диффундирует в свинец с образованием сплава свинец-индий.

### **Цинкование и кадмирование**

Цинкование и кадмирование применяются в качестве антикоррозионных покрытий стальных деталей.

Цинкованию обычно подвергаются мелкие крепежные детали (болты, гайки, шайбы, шурупы и т.п.).

Цинк имеет более высокий отрицательный потенциал, чем железо. Поэтому, если в условиях влажной среды образуется гальваническая пара железо-цинк, в ней в первую очередь растворяется цинк (анод). Таким образом, цинк является как механической, так и электрохимической защитой черных металлов. Однако при повышенной влажности, особенно при эксплуатации техники в условиях морского или тропического климата, цинк сам подвергается коррозионному разрушению. В отличие от цинка кадмий в атмосфере влажного воздуха покрывается пленкой окиси, защищающей его от дальнейшего разрушения. Поэтому кадмирование применяют для защиты наиболее ответственных деталей, а также в тех случаях, когда авиационная техника предназначена для эксплуатации в условиях влажного и тропического климата. Кадмируются также некоторые резьбовые соединения, где кадмий выступает в качестве твердой смазки.

Цинкование и кадмирование выполняется в кислых и щелочных цианистых электролитах. Последние являются более дорогими и весьма токсичными. Поэтому они применяются для покрытия наиболее ответственных деталей.

### **Оксидные покрытия легких металлов**

Для защиты от коррозии сплавов алюминия применяется химическое и электрохимическое оксидирование (анодирование).

Оксидирование чаще всего выполняется в ваннах с растворами серной, щавелевой или хромовой кислот. Наиболее экономичным является оксидирование в ваннах с электролитом, содержащим 170-200 г/л серной кислоты. Катодом являются свинцовые пластины, анодом - оксидируемые листы или детали.

В результате анодного окисления металла на поверхностях обрабатываемых деталей создается пленка, состоящая в основном из окиси алюминия  $Al_2O_3$ . Покрытие обладает очень высокой твердостью, хорошо противостоит механическому и эрозионному износу, устойчиво против влаги. Оксидный слой имеет пористую структуру, что сообщает ему высокую адсорбционную способность (хорошо окрашивается различными красителями). С целью повышения защитных свойств покрытия и придания ему окраски производится пассивирование анодированных поверхностей в горячем водном растворе бихромата калия. Применяя различные красители, можно изменять цвет пленки.

Магниевые сплавы также оксидируются в целях обеспечения антикоррозионной защиты. Оксидирование производится электрохимическим или, чаще, химическим способами. После оксидирования поверхности деталей обрабатываются смазкой или лакокрасочными покрытиями.

### 3.4. Напыление покрытий

Напыление покрытий применяется для восстановления изношенных деталей, для придания жаро- и коррозионной стойкости, высоких антифрикционных свойств.

Для напыления используются различные металлы, сплавы, керамика. Напыление может производиться в несколько слоев, в том числе, с применением различных материалов.

Материалы, применяемые для напыления, приготавливаются в виде прутков, проволоки и порошка. Напыляемый материал расплавляется, и его частицы с большой скоростью направляются на поверхность детали. Соединение покрытий с материалом детали происходит как за счет механических, так и молекулярных связей.

Перед нанесением покрытий выполняются следующие подготовительные операции: очистка и обезжиривание; механическая обработка шлифованием; специальная обработка для улучшения сцепления напыляемого материала; изоляция поверхностей, не подлежащих напылению.

Для улучшения сцепления напыляемого металла может применяться предварительная дробеструйная обработка, механическая обработка (например, нарезание резьбы, проточка канавок и др.), нанесение подслоя тугоплавких металлов, электроискровая или химическая обработка.

Для напыления покрытий применяются различные методы, наибольшее распространение из которых получили газоплазменный, детонационный и плазменный.

Расплавление напыляемого материала при *газоплазменном напылении* осуществляется теплом, выделяемым при горении смеси горючего газа (ацетилена) и кислорода. Распыление частиц металла производится струей продуктов сгорания или сжатым воздухом (рис. 3.7.). Этот способ используется для напыления легкоплавких металлов.

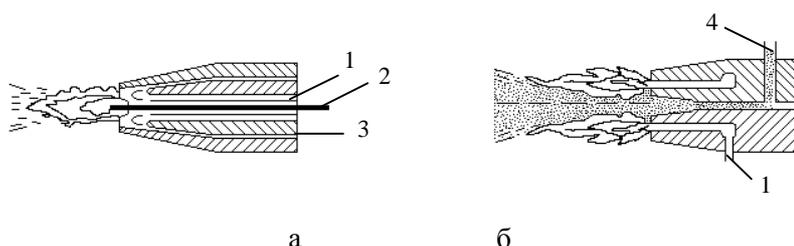


Рис. 3.7. Принципиальная схема газоплазменного напыления:

а – распылительная головка  
для проволоки (прутки);

б – распылительная головка  
для порошка;

1 – газовая смесь; 2 – проволока (пруток); 3 – сжатый воздух;  
4 – порошок

*Детонационное напыление* основано на использовании энергии детонации горючей смеси, поджигаемой электрической искрой. Скорость движения частиц распыляемого материала при этом значительно выше, чем при газоплазменном методе, что позволяет получить покрытия более высокого качества. Установки для детонационного напыления используются для нанесения особо твердых износостойких и жаростойких покрытий из карбидов тугоплавких металлов.

Для нанесения покрытий *методом плазменного напыления* применяются специальные плазменные горелки и мощные электрические генераторы. Температура плазмы достигает 15000°C.

Этот метод позволяет получать покрытия из таких тугоплавких материалов, как вольфрам, молибден, тугоплавкие соединения интерметаллов, керамики.

### 3.5. Восстановление лакокрасочных покрытий

Защита с помощью лакокрасочных покрытий (ЛКП) - основной способ защиты деталей от коррозии. Как правило, применяются многослойные (до 7 слоев) ЛКП.

Материалы, используемые для создания ЛКП, в зависимости от назначения, подразделяются на грунтовки, шпатлевки, лаки и краски. Грунтовки предназначены для нанесения в качестве первых слоев, поэтому они должны обладать хорошей адгезией. Шпатлевки, предназначенные для выравнивания неровностей поверхности, должны иметь высокую вязкость. Они, как правило, наносятся на предварительно загрунтованную поверхность. Лаки и краски используются в качестве верхних слоев ЛКП. Краски придают покрытию требуемые эксплуатационные и декоративные свойства. Лаки предназначены для защиты красок (рис. 3.8.).

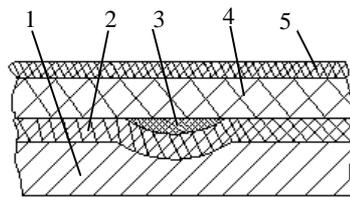


Рис. 3.8. Структура защитного ЛКП:

1 – деталь; 2 – грунт; 3 – шпатлевка; 4 – основное ЛКП; 5 - лак

Нанесению ЛКП предшествуют операции по подготовке окрашиваемых поверхностей: удаление остатков старого ЛКП, всевозможных загрязнений, промывка и сушка. Местные деформации выравниваются с помощью шпатлевки.

Шпатлевки наносятся вручную с помощью штапелей, которые представляют собой упругие пластины из металла, дерева, текстолита или резины. В зависимости от глубины дефекта шпатлевка наносится в несколько

слоев с выдержкой после нанесения каждого слоя для его высыхания. Каждый слой после высыхания тщательно зачищается шкуркой, промывается и высушивается.

На подготовленную таким образом поверхность последовательно наносятся слои грунта и основного ЛКП. При этом используются пневматические или безвоздушные (гидродинамические) краскораспылители. В безвоздушных краскораспылителях распыление достигается за счет подачи лакокрасочных материалов под давлением. В тех случаях, когда ЛКП наносится на участки, не доступные для распыления, применяются ручные кисти.

Значительную часть всего времени нанесения ЛКП - до 90% - составляет время сушки, которая необходима после нанесения каждого слоя покрытия. Сокращение времени сушки достигается за счет применения подогрева (в камерах-сушилках, инфракрасным облучением и т.п.).

Работы по нанесению ЛКП выполняются в специальных помещениях или участках цехов, оснащенных мощными системами вентиляции. Окраска краскораспылителями должна производиться в специальных кабинах. В процессе сушки при нанесении ЛКП выделяется до 80% от веса краски вредных и взрывоопасных растворителей. Поэтому должны строго соблюдаться меры безопасности для предохранения персонала от отравления парами лакокрасочных материалов, поражения кожи, а также требования противопожарной безопасности.

### **3.6. Ремонт планера ЛА клепкой**

Планер включает в себя фюзеляж, крыло, оперение, рули, элероны, закрылки, элементы механизации крыла, двери, люки, створки отсеков шасси, капоты, гондолы двигателей и т.п. Элементы планера состоят из силового каркаса и обшивки, соединенных между собой при помощи клепки, сварки, болтов и винтов. Некоторые панели планера современных самолетов изготовлены методом химического фрезерования, т.е. в них каркас и обшивка представляют собой единое целое.

Основным видом соединения деталей планера являются заклепочные соединения. Количество заклепок на современном тяжелом самолете может достигать полутора - двух миллионов штук.

*Клепкой* называется процесс получения неразъемного соединения отдельных деталей и узлов заклепками. Основным элементом заклепочного соединения (рис. 3.9.) является заклепка, состоящая из закладной головки и стержня, образуемых при изготовлении заклепки, и замыкающей головки, получаемой в процессе деформирования стержня заклепки.

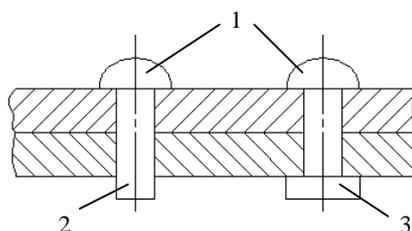


Рис. 3.9. Элементы заклепки:

1 – закладная головка; 2 – стержень; 3 – замыкающая головка

Для соединения элементов конструкции, расположенных внутри планера, применяются стержневые заклепки с выпуклыми закладными головками, а для соединения обшивки с элементами силового каркаса – заклепки с потайными головками (рис. 3.10.).

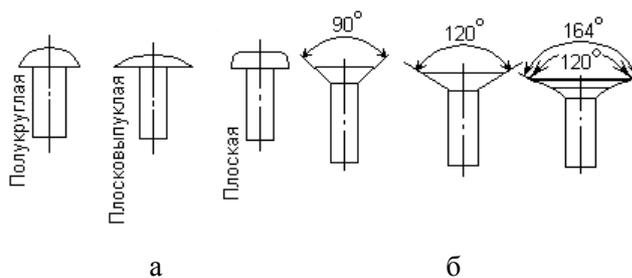


Рис. 3.10. Стержневые заклепки с выступающими и потайными головками:

а – заклепки с выступающими головками;  
б – заклепки с потайными головками

В конструкции планера применяются заклепки из алюминиевых сплавов и сталей. Для определения марки материала, из которого изготовлена заклепка, на закладной головке наносятся маркировочные знаки - выпуклые или углубленные точки, крестики и т.п. Выбор материала заклепок главным образом определяется материалом склепываемых деталей.

Дефекты планера возникают в полетах под воздействием разного рода нагрузок, при взлетах, посадках, а также на земле под влиянием внешней среды или при нарушении правил технического обслуживания.

Характерными дефектами элементов планера являются разрушения и трещины, потеря устойчивости обшивки, ослабление и выпадение заклепок, повреждения защитных покрытий и коррозия, царапины, забоины и вмятины.

Способы ремонта планера зависят от характера дефектов, их размеров и места расположения. Однако во всех случаях в результате ремонта должна быть восстановлена первоначальная прочность конструкции.

При незначительных размерах дефектов возможен ремонт без постановки дополнительных усиливающих элементов. Так одиночные трещины для предотвращения их дальнейшего развития засверливаются по концам, незначительная деформация обшивки и каркаса может устраняться

правкой, ослабленные заклепки “подтягиваются” дополнительным расклепыванием.

В случае более серьезных дефектов производится ремонт постановкой усиливающих накладок, полной или частичной заменой неисправных элементов.

Все работы по ремонту планера обязательно регистрируются в формуляре силовых элементов самолета.

Ремонт при помощи клепки состоит из следующих этапов: подготовка ремонтируемого элемента или участка, сборка и клепка, контроль качества работы.

Подготовка заключается в удалении неисправных элементов или их частей, изготовлении и подгонке новых элементов и деталей усиления, разметке и сверлении отверстий под заклепки, образовании гнезд под головки потайных заклепок, обработке кромок отверстий.

При замене отдельных элементов или частей планера необходимо предварительно удалить ранее стоявшие заклепки.

Новые детали изготавливаются из того же материала, что и удаленные. Для сохранения аэродинамических качеств самолета ремонтные детали должны очень тщательно подгоняться по месту удаленных.

Разметка отверстий под заклепки производится по старым отверстиям в сохранившихся элементах конструкции, либо с помощью линеек или шаблонов. Затем выполняется керновка при помощи керна и молотка.

Для получения отверстий под заклепки после разметки и керновки выполняется сверление и снятие заусенцев с кромок отверстий.

При ремонте планера самолета чаще всего применяется ударная клепка, выполняемая с помощью ручных пневматических клепальных молотков.

Натяжка листов, выполняемая перед клепкой, является очень важной операцией, так как при этом достигаются высокая прочность заклепочного соединения и гладкая внешняя поверхность. Эта операция требует применения специального инструмента - натяжки и значительного времени на натяжку и замену натяжки обжимкой.

В тех случаях, когда имеется свободный двусторонний подход к месту ремонта, целесообразно применение прессовой клепки.

Прессовая клепка выполняется с помощью специальных прессов. Этот вид клепки обладает рядом преимуществ перед ударной клепкой. Прессовая клепка обеспечивает лучшее качество поверхности соединяемых элементов, большую прочность заклепочных соединений, повышение производительности и улучшение условий труда, благодаря отсутствию шума и вибрации, возникающими при работе пневматическими молотками. Прессовая клепка создает хорошее и равномерное заполнение отверстий по всем заклепкам, что обеспечивает более высокую выносливость заклепочных соединений при действии повторных нагрузок. Качество клепки практически не зависит от индивидуальных особенностей рабочего.

Производительность труда при прессовой клепке повышается как за счет высвобождения подручного рабочего, так и за счет того, что сам процесс образования замыкающей головки происходит значительно быстрее.

При ремонте планера могут применяться ручные прессы с пневматическим, гидравлическим и пневмогидравлическим приводом (рис. 3.11.). В связи с тем, что эти прессы имеют значительные размеры, а подходы ко многим зонам планера при ремонте затруднены, возможности применения прессовой клепки при ремонте ограничены.

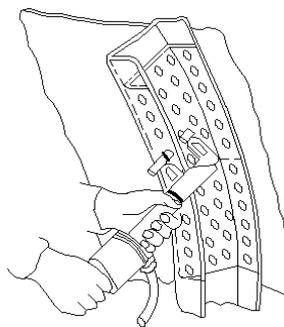


Рис. 3.11. Применение ручного пневморычажного пресса при ремонте шпангоута

При ремонте планера очень часто встречаются такие места, подход к которым изнутри агрегата отсутствует и применение клепальных молотков и прессов невозможно. Для производства клепальных работ в местах, не имеющих двустороннего подхода, применяются специальные типы заклепок, замыкающая головка которых может быть образована без применения поддержки: взрывные, гайки-пистоны, заклепки с сердечником и др. На рисунке 3.12. в качестве примера показана взрывная двухкамерная заклепка. Внутри ее стержня выполнены две цилиндрические камеры, заполненные взрывчатым веществом, защищенным от воздействия атмосферной влаги слоем лака. После нагревания такой заклепки с помощью специального электрического нагревателя до температура порядка  $500^{\circ}\text{C}$  взрывчатое вещество взрывается. В результате заклепка плотно заполняет отверстие под нее, а выступающая часть стержня, деформируясь, образует замыкающую бочкообразную головку.

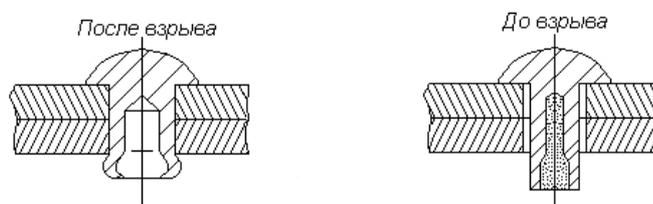


Рис. 3.12. Взрывная двухкамерная заклепка

Контроль качества ремонта клепкой помимо внешнего осмотра включает выборочную проверку геометрии замыкающих головок заклепок (рис. 3.13.), проверку величины выступания закладных головок потайных заклепок, контроль обводов агрегата в зоне ремонта с помощью шаблонов.

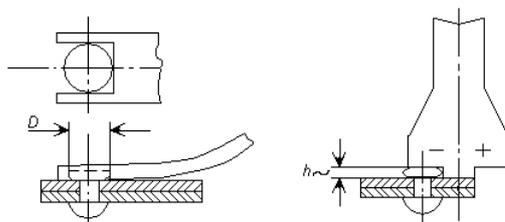


Рис. 3.13. Контроль размеров замыкающих головок заклепок с помощью шаблонов

### 3.7. Ремонт герметических отсеков планера

Герметизация заклепочных швов при изготовлении и ремонте планера выполняется следующими способами (рис. 3.14.):

- внутришовная герметизация, при которой герметик наносится между соприкасающимися поверхностями соединенных деталей;
- поверхностная герметизация, при которой герметик наносится поверх соединяемых деталей со стороны действия избыточного давления газа или размещения жидкости;
- комбинированная герметизация, при которой герметик наносится как между соединяемыми деталями, так и на наружные их поверхности.

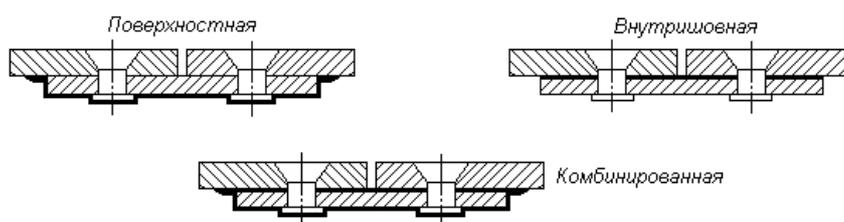


Рис. 3.14. Схемы герметизации заклепочных соединений

Герметики, используемые при изготовлении и ремонте планера, применяются в виде готовых пленок, лент, паст, растворов или приготавливаются из нескольких компонентов.

Жидкие герметики наносятся в несколько слоев с помощью шприца, кистью или поливом. Пастообразные герметики наносятся с помощью шпателей.

Поверхности, на которые наносится герметик, предварительно должны протираться ветошью или салфетками, смоченными в бензине, и затем после сушки окончательно протираются салфетками, смоченными в бензине или ацетоне. Перед нанесением герметика наносится подслоя (например, клей 88).

Проверка герметичности отремонтированных соединений проводится через 10-15 часов после сушки последнего слоя герметика. Методы испытания на герметичность отсеков в целом описаны в главе 2. Местный контроль на герметичность проводится с помощью вакуумного приспособления, которое изготавливается из плексиглаза в виде полусферы. По кромке полусферы приклеена резиновая прокладка, обеспечивающая плотное прижатие приспособления к обшивке при откачивании из полусферы воздуха. Предварительно на контролируемый участок наносится мыльный раствор. Негерметичность обнаруживается по появлению пузырьков.

## **Глава 4. Сборка и испытания ЛА и АД после ремонта**

### **4.1. Сборка самолетов после ремонта**

Сборка и монтаж ЛА подразделяются на узловую сборку, агрегатную сборку и общую сборку (монтаж).

*Узловая сборка* предусматривает соединение отдельных деталей в узлы агрегатов, конструктивных элементов; *агрегатная сборка* - соединение узлов и деталей для компоновки агрегата, прибора, механизма и т.д., *общая сборка (монтаж)* - навеску, установку и соединение всех агрегатов систем, отдельных конструктивных элементов, узлов и деталей на планере ЛА.

На всех этапах сборки выполняется контроль всех составляющих объектов, проверка и регулировка, а нередко и испытание собранного объекта или изделия в целом. Практически все агрегаты подвергаются испытаниям после сборки.

Примерами узловой сборки могут служить сборка тормоза колеса шасси, тяги с подшипником системы управления, фильтрующих элементов фильтра и т.д.; агрегатной сборки - сборка стойки шасси, штурвальной колонки и т.д.; общей сборки - навеска крыльев, хвостового оперения, силовых установок, установка шасси и всех систем ЛА.

Узловая сборка агрегатов и систем производится в цехе ремонта агрегатов.

Общая сборка ЛА - завершающий этап его ремонта. Она включает в себя:

- установку на неразборную часть планера узлов, снятых при разборке: отъемных частей крыла, шасси, СУ, рулей, закрылков, элеронов, средств механизации крыла;
- монтаж агрегатов всех систем;
- стыковку трубопроводов, коммуникаций и проводок управления;
- регулировку и испытания систем.

Общая сборка ЛА производится в доках, оснащенных всеми инженерными коммуникациями (связью, электроэнергией, сжатым воздухом и т.д.) и обеспечивающих возможность ведения работ максимально широким фронтом.

На каждом этапе технологического процесса сборки и монтажа ЛА производится проверка полноты и качества работ.

В ходе общей сборки с помощью специальных передвижных или стационарных стендов производятся испытания и регулировка выходных параметров систем. Каждая система проверяется на работоспособность. Все это позволяет сократить объем и продолжительность последующих испытаний ЛА.

После завершения сборки ЛА окрашивается, испытывается на герметичность, подвергается нивелировке и взвешиванию. Нивелировка проводится с целью проверки геометрических характеристик ЛА после ремонта. Взвешивание производится на специальных гидравлических или электронных весах, на площадки которых закатываются ЛА. В ходе взвешивания с высокой точностью (до 10 кг) определяется масса ЛА и положение его центра тяжести, которые могли измениться по сравнению с паспортными данными завода-изготовителя в результате проведения ремонта и доработок. Масса ЛА может быть также определена путем установки специальных датчиков на амортистойки (некоторые самолеты оснащены встроенной системой контроля массы и центровки). После завершения всех работ по сборке ЛА принимается комплексной бригадой ОТК, в состав которой включаются специалисты по всем системам. Комиссия проверяет полноту и качество проведения ремонтных, сборочных и регулировочных работ, правильность оформления технической документации (дело ремонта, формуляры и паспорта, карты выполнения доработок и т.д.). Все недостатки, выявленные в ходе проверки, фиксируются в специальном журнале и предъявляются для устранения. После этого оформляется акт приемки качества, и ЛА передается на заводскую лётно-испытательную станцию (ЛИС) для проведения наземных и лётных испытаний.

#### **4.2. Наземные и лётные испытания самолетов**

После прибытия самолета на ЛИС его системы заправляются авиаГСМ, специальными жидкостями и газами. Затем производится осмотр по специальному регламенту.

Программа *наземных испытаний* предусматривает комплексную проверку всех систем самолета с использованием специальных наземных стендов, а также при работающих двигателях. В ходе рулежки проверяется работа системы управления поворотом передней стойки шасси, тормозов колес.

При наземных испытаниях проводится также списание девиации магнитных радиоконпасов, проверяется работа радиооборудования.

Результаты наземных испытаний оформляются специальным протоколом, после чего самолет допускается к лётным испытаниям.

Подготовка к *летным испытаниям* выполняется техническими бригадами ЛИС. После проверки комиссией по летным испытаниям технического состояния ЛА и технической документации оформляется задание на полет.

ЛА перед испытаниями загружается балластом до необходимой массы (в соответствии с программой испытаний) с соблюдением центровки.

Программой летных испытаний устанавливаются профиль полета, продолжительность и режимы для каждого этапа полета, перечень измеряемых параметров. В ходе летных испытаний проводятся контрольный полет и испытательный полет.

Если контрольный полет прошел без замечаний, то допускается без посадки перейти к выполнению программы испытательного полета.

*Контрольный полет* выполняется в районе аэродрома по кругу на высоте около 1000 м, в ходе этого полета проверяется устойчивость и управляемость самолета, работа двигателей и основных самолетных систем.

*Испытательный полет* выполняется по ступенчатому профилю. Во время этого полета проверяются взлетно-посадочные характеристики самолета, его поведение при наборе высоты, снижении, разворотах, на различной высоте и скорости, работа системы уборки и выпуска шасси, средств механизации, крыла, работа радиоэлектронного и приборного оборудования.

В ходе полета члены испытательной комиссии фиксируют измеряемые параметры. Широко применяются также различные устройства автоматической регистрации параметров.

После окончания испытательного полета результаты испытаний оформляются специальным протоколом, в котором делается заключение о пригодности самолета к дальнейшей эксплуатации. Протокол прилагается к “Делу ремонта самолета”. В формуляр и свидетельство о летной годности самолета вносятся соответствующие записи, которые скрепляются печатью завода.

### **4.3. Сборка АД после ремонта**

Сборка авиадвигателей - заключительный и весьма ответственный этап ремонта. Качественно выполненная сборка обеспечивает требуемые рабочие параметры и надежность двигателя в эксплуатации.

По виду объекта сборки различают узловую и общую сборку авиадвигателей.

Сборка узлов выполняется непосредственно на поточных линиях ремонта узлов. Результатом узловой сборки являются технологические узлы и модули.

На узловую сборку поступают отремонтированные и новые детали, крепежные детали, арматура и обязательно заменяемые детали. Из агрегатного и приборного цехов поступают отдельные агрегаты и приборы, устанавливаемые на корпусах узлов.

Вначале выполняются операции по подготовке к сборке: комплектование всеми необходимыми деталями, проверка отсутствия поверхностных дефектов, контроль наличия меток спаренности, нанесенных при изготовлении или ремонте и т.п. Из отдельных деталей вначале образуются соединения, а затем узлы. Сборка узлов производится по базовому элементу, в качестве которого чаще всего принимается корпус. Сборка узла осуществляется по специальной технологии, которая предусматривает определенные виды испытаний и регулировки.

Собранные узлы, подузлы и агрегаты вместе с комплектом документации на ремонт с отдельных поточных линий поступают на общую сборку. Сюда же из комплектовки поступают отдельные детали и необходимые материалы (прокладки, специальные смазки и т.п.).

На авиаремонтных заводах общая сборка двигателей чаще всего осуществляется *поточно-стендовым методом*. Он предполагает расчленение всей сборки на ряд крупных операций, каждая из которых выполняется одной бригадой на своем рабочем месте (посту). При этом если речь идет о средних по размерам и мощности двигателях, то они перемещаются от одного поста к другому вместе со стендом. Крупногабаритные двигатели собираются на неподвижных стендах-доках, а исполнители-сборщики перемещаются от стенда к стенду.

Базовым элементом, на который “наращиваются” остальные узлы, обычно является компрессор или камера сгорания, которые подаются на общую сборку в собранном виде. Вначале двигатель собирается в вертикальном положении. После монтажа основных узлов и агрегатов обвязки двигатель переводится в горизонтальное положение. При таком положении завершаются все работы по сборке двигателя.

Собранный двигатель с помощью специальной установки прокачивается горячим маслом для заполнения всех маслоканалов и зазоров между трущимися деталями. Прокачка производится до тех пор, пока масляные фильтры установки и двигателя не станут чистыми. С помощью специальных стендов осуществляется также проверка работы и регулировка элементов автоматики двигателей, что позволяет сократить продолжительность последующих испытаний на МИС.

Собранный двигатель испытывается на герметичность путем создания избыточного давления воздуха в его внутренних полостях и системах. Течи выявляются с помощью мыльного раствора, которым покрываются все разъемы трубопроводов и корпусных деталей. Перед отправкой на испытания двигатель взвешивается с помощью специальных приспособлений, и определяются его габариты. В заключение проводится окончательный контроль двигателя, в ходе которого проверяется качество сборки, легкость вращения роторов, полнота и правильность оформления всей документации.

#### **4.4 Перспективы развития организации ремонта авиационной техники**

В связи с поступлением на эксплуатацию воздушных судов нового поколения, таких как ИЛ-96-300, ТУ-204 и др., на которых не предусмотрено выполнение капитальных ремонтов, в целях совершенствования технического обслуживания и ремонта авиационной техники, создания условий для более высокого уровня поддержания летной годности воздушных судов Министерство транспорта РФ утвердило распоряжение от 20.05.02 г. по созданию Центров технического обслуживания и ремонта авиационной техники (Центр ТОиР АТ).

Центром технического обслуживания и ремонта авиационной техники может являться организация по ТОиР АТ, способная выполнять все виды технического обслуживания, определенные организационно-распорядительной документацией конкретных типов воздушных судов, доработки по бюллетеням промышленности, полный комплекс или отдельные элементы капитального ремонта (для ВС, где предусмотрен капитальный ремонт), а также соответствующая основным признакам, присущим только Центру ТОиР АТ.

Основными признаками Центра ТОиР являются:

а) наличие собственных ангаров (отапливаемых в холодной климатической зоне), мест стоянок, газовочных площадок, необходимого количества производственных, вспомогательных площадей для размещения лабораторий по обслуживанию и ремонту АиРЭО, лабораторий неразрушающего контроля, технической диагностики, метрологических поверок, других лабораторий, ремонтных мастерских, участков подготовки производства, хранения материалов и комплектующих изделий, административных помещений. Центры ТОиР АТ оснащаются достаточным количеством требуемого оборудования, приспособлений, инструмента, измерительной техники и должны иметь развитую систему внутренней и внешней связи, современные средства документирования выполняемых работ.

Производственный процесс ориентируется на применение компьютерных технологий;

б) способность выполнять в соответствии с заключенными договорами между Центром ТОиР и заинтересованными организациями следующие работы:

- сопровождение эксплуатации конкретных экземпляров ВС, включая учет наработки; ведение пономерной документации, ведение “дела” технического состояния воздушных судов; проверки технического состояния ВС между периодическими формами технического обслуживания; оказание помощи в организации выполнения технического обслуживания; технологическое и метрологическое сопровождение;

- выполнение работ на авиационной технике при продлении межремонтных, назначенных ресурсов и сроков службы;

- работы, связанные с изменением методов технической эксплуатации, стратегий технического обслуживания и ремонта ВС (их компонентов), проводимые по согласованию с разработчиком, изготовителем авиационной техники, научно-исследовательскими организациями;

- взаимодействие на постоянной основе с научно-исследовательскими организациями, Государственным центром “Безопасность полетов на воздушном транспорте” в части использования отраслевой информации по надежности АТ, ресурсам и срокам службы, передового опыта по техническому обслуживанию и ремонту воздушных судов;

- формирование на своей базе постоянно действующих представительств разработчика и изготовителя авиационной техники по сопровождению со стороны промышленности процессов технического обслуживания и ремонта конкретных типов ВС, авиационных двигателей, комплектующих изделий;

- контроль качества со стороны Центра ТОиР АТ за выполняемыми работами привлеченных исполнителей.

Приоритетными задачами Центров ТОиР АТ являются:

- внедрение системы поддержания летной годности с проведением всех видов технического обслуживания, отдельных видов ремонта, доработок, продления ресурсов и сроков службы конкретных типов ВС в условиях одной организации;

- совершенствование форм организации и управления производственных процессов ТОиР АТ;

- повышение технической и экономической эффективности за счет использования интегрированных производственных процессов, специализации, увеличения объемов и снижения себестоимости работ;

- разработка совместно с разработчиками и изготовителями авиатехники, заинтересованными эксплуатантами, отраслевыми научно-исследовательскими организациями новых прогрессивных методов, технологий технического обслуживания и ремонта, изменений в регламентах технического обслуживания и руководствах по технической эксплуатации, предложений по повышению надежности парка ВС и изменению ресурсов и сроков службы;

- апробация новых нормативных документов по вопросам технического обслуживания и ремонта авиационной техники;

- создание современной системы ведения “дела” ВС, проходящих техническое обслуживание и ремонт в Центре ТОиР АТ, с целью технической поддержки процессов эксплуатации ВС для авиапредприятий, пользующихся услугами Центра ТОиР АТ;

- создание для эксплуатантов благоприятных условий для заключения договоров по осуществлению квалифицированной технической поддержки со стороны Центра ТОиР АТ на период всего жизненного цикла конкретных воздушных судов.

Центру ТОиР АТ рекомендуется иметь и реализовывать программу своего развития, ориентированную на достижение мирового уровня в деятельности по поддержанию летной годности воздушных судов.

Центр ТОиР АТ, как правило, образуется на основании заявления юридического лица и одобрения комиссией, назначаемой Федеральным агентством воздушного транспорта (ФАВТ) Министерства транспорта Российской Федерации.

## **Глава 5. Структура эксплуатационно-технической документации**

Инженерно-авиационная служба ГА несет ответственность за техническое состояние, сохранность и правильное использование сложной дорогостоящей авиационной техники, комплекса наземных средств и авиационного технического имущества. Учет наличия и состояния АТ и материальных средств, учет их перемещения и расходования имеет весьма важное значение для объективной оценки деятельности ИАС отдельных авиационных предприятий, управлений и ГА в целом. С этой целью в ГА введена эксплуатационно-техническая документация.

Эксплуатационно-техническая документация предназначена для изучения конструкции, правил эксплуатации и технического обслуживания, планирования и оформления работ по техническому обслуживанию авиационной техники, а также для учета работы, численности, движения и технического состояния авиационной техники, учета доработок ее и ведения отчетности.

ЭТД подразделяют на руководящую (нормативно-техническую), пономерную и производственно-техническую (рис. 5.1).

### **5.1. Руководящая документация**

Руководящая документация регламентирует вопросы организации и обеспечения эксплуатации АТ, определяет требования к ней и устанавливает правила ее эксплуатации.

По своему назначению руководящая документация делится на общую (для всех типов ЛА) и типовую (для определенного типа ЛА).

Общие руководящие документы определяют основные положения и правила организации эксплуатации, технического обслуживания, текущего ремонта АТ (рис. 5.2).

Воздушный кодекс определяет комплекс основополагающих норм, регулирующих правовой режим воздушного пространства и порядка деятельности авиации. Определяющее значение при этом имеет отражение интересов нашего государства в обеспечении безопасности полетов и удовлетворении потребностей народного хозяйства страны и российских граждан.

ЕНЛГ определяют требования по обеспечению безопасности полетов, требования к летным характеристикам, устойчивости и управляемости ВС, к прочности его конструкции, к его системам и агрегатам, к противопожарной защите ВС и так далее. Они близки по своему назначению к

государственным стандартам (ГОСТам), однако, не заменяют последних, а действуют с ними параллельно, дополняют их.

“Правила сертификации...” определяют порядок контроля за соответствием гражданской авиационной техники требованиям ЕНЛГ, действующим в РФ, устанавливают правила сертификации гражданских воздушных судов и допуска их к эксплуатации в РФ.

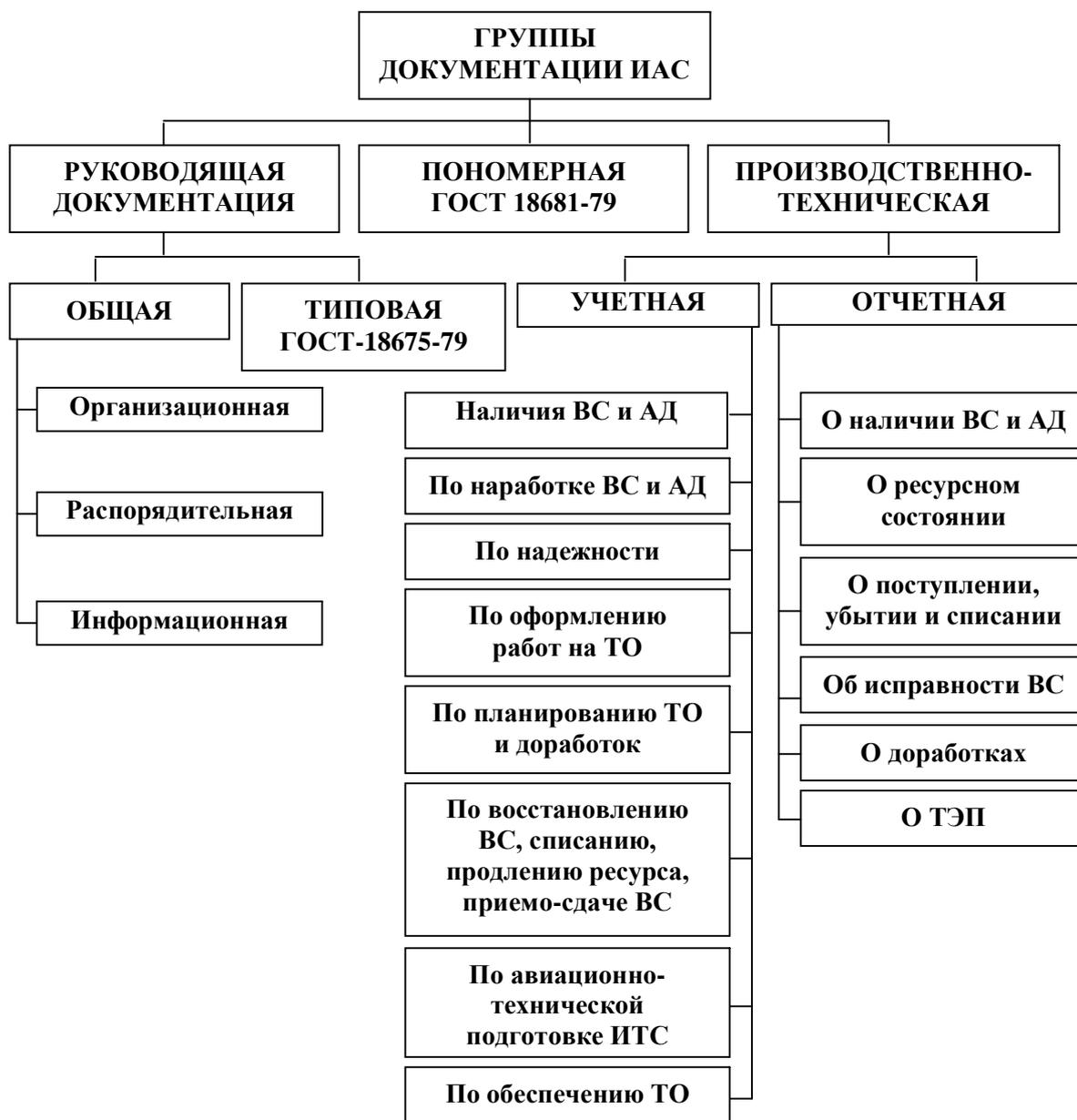


Рис. 5.1. Структурная схема основных групп документации ИАС ГА

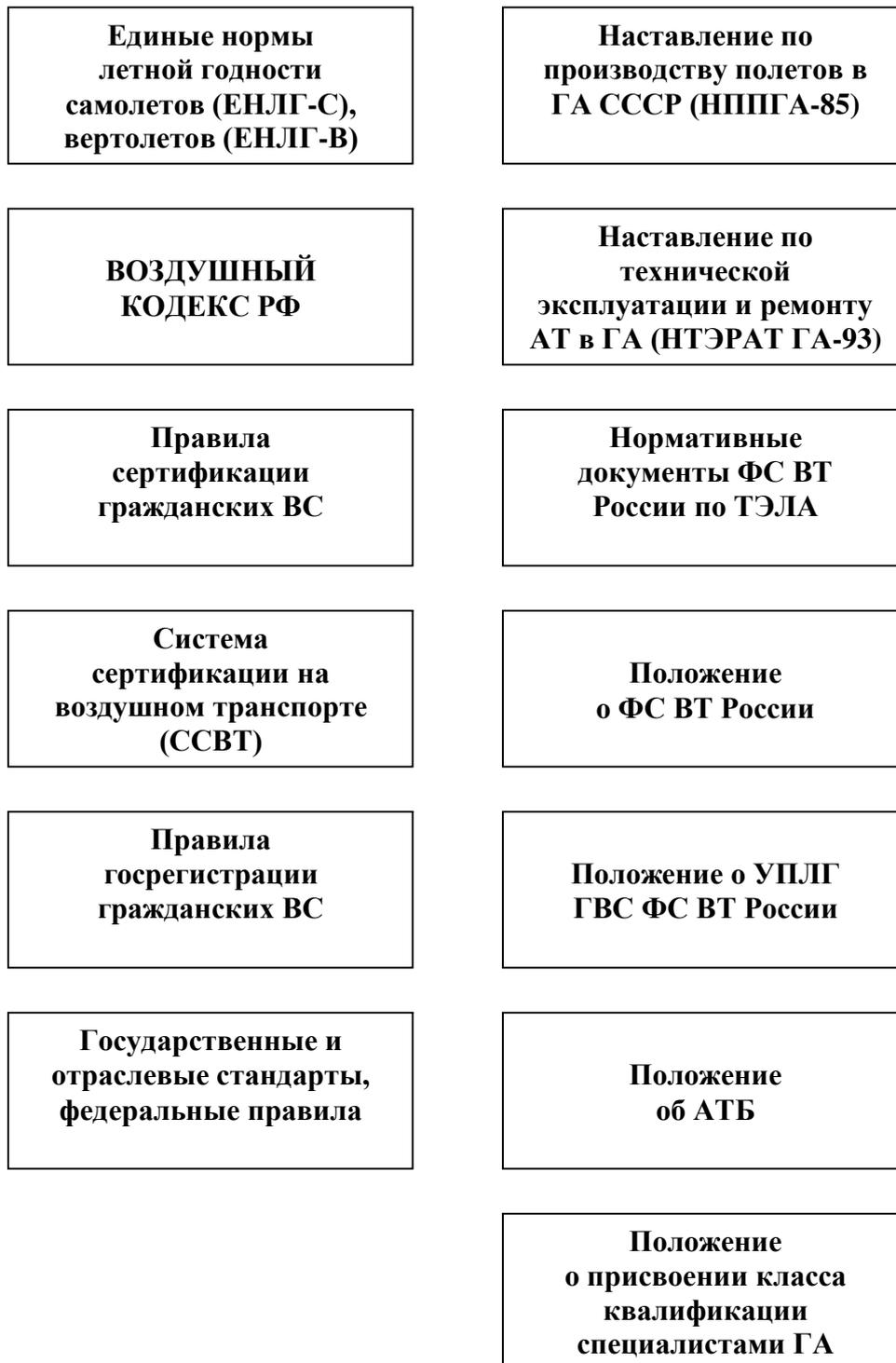


Рис. 5.2. Общие руководящие документы

ССВТ является одним из элементов государственного регулирования и управления деятельностью ГА РФ. В соответствии с положениями конвенции об ИКАО все виды деятельности по производству, обеспечению и обслуживанию полетов ВС, выполнению перевозок и авиационных работ, а также подготовке авиационного персонала подлежат сертификации.

ССВТ зарегистрирована в государственном реестре 22.08.95 за №РОСС.RU.0001АТ.01.

“Правила госрегистрации...” определяют порядок ведения Государственного реестра гражданских воздушных судов РФ, оформления и выдачи Свидетельств о госрегистрации и Удостоверений о годности гражданских воздушных судов к полетам, их окраски, присвоения и написания бортовых опознавательных знаков.

НПП ГА-85 является основным нормативным актом, регламентирующим правила, организацию обеспечения и выполнения полетов, а также управление воздушным движением. Все нормативные акты ФСВТ по перечисленным вопросам разрабатываются и издаются в соответствии с требованиями данного Наставления.

НТЭРАТ ГА-93 определяет основные положения и общие правила организации технической эксплуатации ВС в ГА. Требования Наставления являются обязательными для всех должностных лиц ГА РФ, а также учреждений, организаций и предприятий, применяющих в своей деятельности гражданскую АТ.

Помимо указанных наставлений, в ГА издана в новых редакциях также серия других наставлений - по штурманской службе, службе движения, связи, аэронавигационной информации, аэродромной службе, метеорологическому обеспечению полетов, перевозкам и т.д. и ряда Положений.

Типовая руководящая документация включает документы, которыми экипажи и инженерно-технический состав (ИТС) руководствуется при технической эксплуатации и обслуживании ВС данного типа (рис. 5.3.). Она разрабатывается организациями авиационной промышленности и ГА на основании программы технического обслуживания (ТО) и ремонта самолетов ГА и принимается к руководству после утверждения или ввода в действие документами ФС ВТ России.

Комплексная программа ТОиР (ГОСТ 28056-89) - это документ, определяющий концепцию, стратегии, методы и формы ТО и ремонта ВС, параметры эффективности технической эксплуатации на весь период до списания ВС.

Программа разрабатывается одновременно с созданием ВС и является в дальнейшем основой при создании ЭТД.

Руководство по летной эксплуатации (РЛЭ) содержит правила самолетовождения на всех этапах полета, правила полетов в различных условиях и особых ситуациях, указания по эксплуатации силовых установок и бортовых систем на земле и в полете, порядок взаимодействия членов экипажа со службой управления воздушным движением.

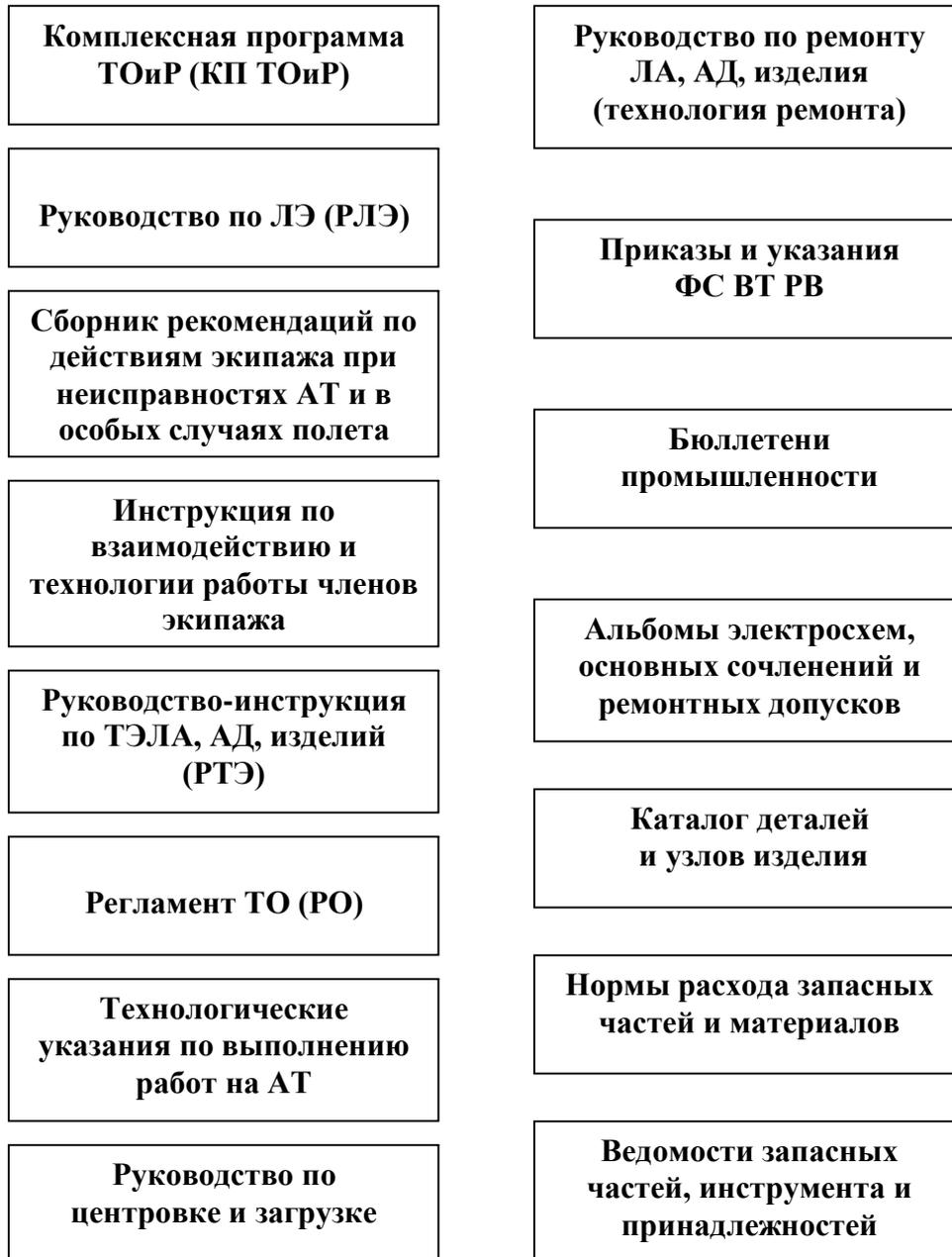


Рис. 5.3. Типовая руководящая документация

Руководство (инструкция) по технической эксплуатации (РТЭ) включает все указания, необходимые для ТО, выполнения работ по замене агрегатов, регулировочных и других работ на ВС.

Регламент и Технологические указания по ТО определяют объекты обслуживания, объем, периодичность и порядок выполнения работ в процессе эксплуатации ВС.

Руководство (технология) по ремонту определяет требования по выполнению всех видов ремонтных работ, выполняемых на ВС, как в условиях ремонтного, так и эксплуатационного авиапредприятия.

Альбом основных сочленений и ремонтных допусков и Каталог деталей и сборочных единиц относятся к номенклатуре ремонтной документации, однако, в процессе технической эксплуатации при выполнении работ по текущему ремонту, подбору деталей и узлов и составлении заявок на них в эксплуатационных предприятиях возникает необходимость в руководстве данными документами.

Бюллетени промышленности определяют работы (доработки), связанные с устранением конструктивных и производственных недостатков, а также введением конструктивных улучшений АТ.

Ведомости запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП) устанавливают номенклатуру, назначение и количество их, необходимое для ТО и ремонта ВС. Норма расхода запасных частей и материалов регламентирует наличие в предприятии и запросы по годовым заявкам обоснованного количества агрегатов и расходных материалов. По ним постоянно корректируются перечни ЗИП.

## **5.2. Пономерная документация**

Документация, предназначенная для оформления государственной регистрации и годности каждого ВС к полетам, учета наработки и технического состояния АТ, относится к пономерной, действительной только для данного экземпляра АТ, зарегистрированного на заводе-изготовителе под определенным номером (рис. 5.4.).

При выполнении полетов над территорией РФ и по международным воздушным линиям на борту ВС должны находиться бортовые документы: Свидетельство о государственной регистрации гражданского воздушного судна РФ, Удостоверение (Сертификат) о годности гражданского воздушного судна РФ к полетам, Бортовой журнал, Санитарный журнал, а также Задание на полет, Справка о работе АТ в рейсе, сопроводительные ведомости, центровочные графики, схемы пробивания облачности и захода на посадку, Штурманский бортовой журнал, Бюллетень погоды, контрольная карта и другие полетные документы. Кроме того, ВС, проходящие заводские и государственные испытания, при выполнении полетов должны иметь временные удостоверения (сертификаты) о годности к полетам, выдаваемые заводами.

<b>Свидетельство о государственной регистрации ВС</b>	<b>Формуляр ВС</b>
<b>Удостоверение (сертификат) о годности ВС к полетам</b>	<b>Формуляр двигателя</b>
<b>Бортовой журнал</b>	<b>Паспорт агрегата</b>
<b>Справка о работе авиационной техники в рейсе</b>	<b>Карточка учета ресурсов ВС, АД, изделия</b>
<b>Санитарный журнал</b>	<b>Формуляр силовых элементов планера (карта прочности после 1-го ремонта)</b>
<b>Полетные документы</b>	<b>Таблица нивелировочных станций</b>
<b>Разрешение на эксплуатацию радиостанции</b>	<b>Тарировочные графики регистраторов режимов полета</b>

Рис. 5.4. Пономерная документация

Бортовой журнал вводится для регистрации результатов контроля технического состояния и оформления приема и передачи ВС. Бортовой журнал ведется бортинженером (бортмехаником) или пилотом. Контроль за правильностью ведения журнала осуществляет ведущий инженер АТБ, а также руководящий инженерный состав базы и летного подразделения, которые заносят результаты проверки в соответствующий раздел журнала.

Санитарный журнал ведется медицинским персоналом предприятия, обеспечивающим надзор за внутренним санитарным состоянием ВС.

Пономерными документами, учитывающими работу и техническое состояние ВС, двигателей и установленных на них агрегатов, являются формуляры и паспорта. Они выдаются заводом-изготовителем на каждое изделие АТ и являются его принадлежностью.

Формуляр и паспорт являются документами, удостоверяющими, что АТ изготовлена в соответствии с действующей технической документацией и принята техническим контролем и заказчиком.

Помимо формуляров и паспортов, заводы-изготовители выдают таблицу нивелировочных данных, тарифовочные графики регистраторов режимов полета.

Формуляр силовых элементов планера (карту прочности) выдает завод ГА после первого ремонта ВС. Ведет формуляр инженер лаборатории диагностики или ведущий инженер технического отдела АТБ, который вносит в него необходимые сведения в случае каких-либо повреждений или поломок силовых элементов конструкции ВС, допущенных в процессе эксплуатации.

Наличие и правильность ведения пономерной документации контролируют инженеры ОТК, а бортовой документации - летный инспекторский состав, при этом перечень руководящей и пономерной документации, которую содержат на борту ВС в полете, определяется Наставлением по производству полетов.

### **5.3. Производственно-техническая документация**

Производственно-техническая документация используется для планирования, учета плановых и статистических данных, учета состояния АТ, отчетности по эксплуатации АТ и производственно-хозяйственной деятельности АТБ.

В ИАС ГА определена номенклатура, установлены кодированные виды и формы производственно-технической документации, порядок их ведения, сроки разработки, оформления и представления с учетом требований по информационному обеспечению автоматизированных систем управления, объединенных в единую государственную систему сбора и обработки информации для учета, планирования и управления.

Производственно-технические документы (см. рис. 5.1) классифицируют по назначению: учетные, информационные, организационно-

распорядительные и отчетные; по области применения; по виду - акты, журналы, карты, ведомости, справки, задания, отчеты и т.д.

По области применения предусматриваются документы:

по авиационной технике (наличие, состояние, движение, ресурсы, списание, отчетность);

по надежности АТ (анализы, рекламации, доработки, учет отказов и неисправностей, регулярность полетов);

по авиационно-технической подготовке, допуску к обслуживанию АТ, охране труда и окружающей среды;

по планированию (техничко-экономическое, производственное); по техническому обслуживанию АТ, сдаче ее в ремонт и получению из ремонта; системе управления эффективностью и качеством ТО ЛА;

по обеспечению ТО, нормированию труда и материалов, стандартам предприятия.

### **5.3.1. Документация по учету авиационной техники и ее технического состояния**

Авиационная техника (самолеты, вертолеты и двигатели), находящаяся на предприятиях, в учреждениях и организациях на эксплуатации, хранении или в ремонте, подлежит обязательному учету. Порядок учета ВС и АД ведут все предприятия, являющиеся владельцами АТ.

ВС и АД ставятся на учет и снимаются с учета на основании приемо-сдаточных актов, сопроводительных документов или приказов на списание. АТ ставится на учет не позднее двух суток с момента ее поступления.

При отсутствии автоматизированного учета на предприятии для учета наличия, состояния и движения АТ установлены следующие документы: книга (картотека) учета ВС; книга (картотека) учета АД, табель учета исправности и использования ВС; табель суточного состояния ВС; уведомление на отправку ВС и АД; инвентаризационная ведомость АД.

На предприятиях ГА, использующих ЭВМ для решения задач учета наличия и состояния АТ, разрешается не вести учетную документацию, за исключением книг учета ВС и АТ, ведомости инвентаризации и уведомления. При этом учетные данные ведутся, хранятся и представляются в АСУ учета вышестоящего уровня на магнитных носителях.

Книга регистрации и учета ведутся на основании данных формуляров и карточек учета ресурса, которые служат оперативными документами по ежедневному учету израсходованного и оставшегося ресурсов каждого ВС и установленного на нем двигателя.

Табель учета исправности и использования ВС является оперативным документом для ежесуточного, в течении месяца, учета использования и простоев (в часах) самолетов с ГТД, приписанных к АТБ. Заполнение табеля за истекшие сутки отдельно для каждого ВС производится диспетчером, ведущим "График использования и ТО ВС". По окончании месяца табель передается в группу учета ПДО, где подсчитываются итоговые данные за месяц и определяется процент исправности ВС путем деления суммарной

величины “исправных” самолето-часов на общий фонд календарного времени.

Ведомость исправности и использования ВС является оперативным документом по месячному учету технического состояния и использования ВС с ГТД одного типа. Процент исправности парка самолетов данного типа за месяц определяется делением суммарной величины “исправных” самолето-часов по всем ВС на общий фонд календарного времени их эксплуатации. Данная ведомость является исходным документом для составления отчета по исправности самолетов и вертолетов с ГТД.

Табель суточного состояния самолетов и вертолетов является оперативным документом по ежесуточному и помесечному учету использования и технического состояния самолетов с ПД и вертолетов отдельно каждого типа. Оценка состояния ВС в этом случае определяется процентом исправности как отношением количества самолето-суток, в течение которых ВС находились в исправном состоянии, к общему числу самолето-суток за месяц, квартал, год. К числу исправных за данные сутки относятся ВС, для которых суммарное время нахождения в состоянии готовности к полету и в полете на протяжении суток составляет не менее 12 часов. Если из-за неисправности ВС был отменен рейс, то самолето-сутки по данному ВС в учетной документации относятся в графу “На ТО”. На основании итоговых данных табеля составляется отчет об исправности ВС.

Носителями первичной информации об АТ является Справка о работе АТ в рейсе, карточка учета неисправностей, карты-наряды, журналы, акты и другие учетные, информационные и организационно-распорядительные документы.

### **5.3.2. Отчетная документация**

Отчетная документация по состоянию АТ и показателям работы ИАС направляется в вышестоящие инстанции в сроки и по формам, которые утверждаются ФСВТ России. В отчетах о деятельности АТБ отражается выполнение производственного плана, наличие и движение АТ, исправность и использование ЛА, надежность АТ и выполнение доработок, сведения о досрочно снятых двигателях. К числу основных форм отчетности относятся:

- Отчет о наличии и ресурсном состоянии самолетов и вертолетов - Форма №36 - ГА (СВ); представляется до 5 января и июля в УПЛГТ ВС ФС ВТ России;
- Отчет о наличии и ресурсном состоянии самолетов и вертолетов - Форма №6 - ОАСУ (1-СК); представляется до 5 января и июля в МТУ (ТУ) ФС ВТ России;
- Сведения о прибывших, убывших и списанных самолетах, вертолетах и авиадвигателях - Форма №8 ОАСУ (3-М); высылается до 3-го числа следующего за отчетным месяца в ГосНИИ ГА;
- Сведения о календарном времени самолетов, вертолетов - Форма №34-ГА; представляется на 15 день после отчетного периода в МТУ (ТУ) ФС ВТ России (Госкомстат России);

- Список авиадвигателей, их ресурсное состояние - Форма №37-ГА (СВ); составляют до 5 января и июля;
- Отчет о количестве и ресурсном состоянии авиадвигателей - Форма - №7-ОАСУ(2-ДК); высылается до 5 числа месяца, следующего за отчетным кварталом в МТУ (ТУ) ФСВТ России и в ГосНИИ ГА;
- Результаты расшифровки полетной информации - ежеквартально в ГосНИИ ГА, Карточки учета неисправностей АТ (магнитные ленты); направляются в ГосНИИ ГА;
- Отчет о технико-экономических показателях; один раз в квартал и за год начальником АТБ представляется доклад с анализом производственной деятельности АТБ. Главный инженер управления использует этот доклад для подготовки анализа в целом по МТУ (ТУ).

### **5.3.3. Организационная и информационно-распорядительная документация при обслуживании авиационной техники**

Документальное оформление выполняемых работ при техническом обслуживании производится в картах-нарядах, нарядах на дефектацию, пооперационных ведомостях, а учет простоев и задержек вылетов ВС, разборов работы технического состава и других мероприятий - в специальных журналах.

Карта-наряд включает в себя задание на выполнение работ, которые предусмотрены регламентом. После выполнения работ исполнители и лица, контролирующие качество работ, расписываются в соответствующих графах. Карта-наряд выписывается и регистрируется в журнале диспетчером ПДО АТБ и выдается инженеру смены перед началом обслуживания ВС.

В действие введены следующие три формы карт-нарядов на ВС: на оперативное ТО, на периодическое ТО, а также на оказание технической помощи при обслуживании ВС иностранных авиационных компаний.

После выполнения всех работ по ТО оформленные карты-наряды со всеми приложениями передаются в ПДО для записи в формулярах ВС о выполненных работах.

Для учета выполнения доработок и разовых осмотров АТ в АТБ заводится журнал. Если работы по бюллетеню выполняются представителями завода-изготовителя, то ими составляется технический акт в трех экземплярах за подписью лиц, ответственных за доработку, и начальника ОТК АТБ. Один экземпляр акта прикладывается к карте-наряду на ТО, в процессе которого выполнялась доработка, а два экземпляра передаются представителю завода-изготовителя. О выполнении доработок АТ производятся записи в формулярах ВС (двигателей), паспортах приборов (агрегатов). Отметки о выполнении доработок в журнале производятся на основании графика оперативного учета доработок и разовых осмотров АТ.

Для организации контроля АТ в процессе эксплуатации в АТБ составляются графики инспекторских осмотров, выполняемых руководящим инженерным составом с целью оценки фактического состояния ВС,

определения объема и качества ТО и оценки уровня организации технической эксплуатации в данном эксплуатационном предприятии. Все дефекты, обнаруженные при осмотре, должны быть записаны в ведомость дефектации и устранены в установленном порядке. Оформленная ведомость дефектации должна храниться вместе с картой-нарядом. Результаты осмотра, выявленные характерные неисправности, оценка состояния ВС и его документации доводятся до сведения лиц, обслуживавших данный ВС, и записываются в журнал учета доработок и осмотров АТ.

В производственных цехах и участках АТБ ведется журнал приемо-передачи смен, в котором указываются общие сведения о техническом состоянии передаваемой АТ. Случаи задержки вылетов, повреждений и инцидентов, которые произошли по техническим причинам, учитываются в специальном журнале по соответствующим актам расследования.

Для накопления данных и проведения анализа с целью улучшения планирования и разработки мероприятий по совершенствованию производственного процесса в АТБ ведется журнал учета простоев АТ. Процесс технической эксплуатации ВС сопровождается различными организационными мероприятиями, для учета которых также ведутся отдельные журналы.

Для обобщения опыта ТО ВС руководящий состав ИАС проводит технические разборы с ИТС. Содержание разборов и принятые меры регистрируются в журнале разборов состава. При проведении сменных разборов регулярно проводится техническая учеба, и доводятся до сведения исполнителей документы, регламентирующие ТО АТ, а также анализируются итоги работы прошедшей смены и распределяются работы на предстоящую смену.

Учет изучения ИТС АТБ поступающих документов по вопросам технической эксплуатации АТ ведется в журналах цехов, участков, отделов.

В процессе технической эксплуатации АТ обеспечивается учет информации об отказах и повреждениях. Основным первичным документом для проведения статистического анализа надежности и разработки мероприятий по устранению и предупреждению всех видов отказов является «Карточка учета неисправностей АТ» (КУН АТ).

На контрольно-измерительные приборы и технологическое оборудование, которое используется для технического обслуживания АТ, заводится реестр, согласно которому составляются месячные, квартальные и годовые графики контрольных проверок и ТО оборудования.

Весь ИТС, прошедший обучение, стажировку и допущенный к обслуживанию соответствующей АТ в установленном порядке, учитывается в отдельном журнале. Допуск к обслуживанию АТ подтверждается Сертификатом, который вкладывается в Свидетельство авиаспециалиста.

Изменение технического и ресурсного состояния АТ в процессе эксплуатации сопровождается оформлением документации (актами), предусмотренной действующими в ГА положениями и инструкциями.

В случае повреждения АТ принимаются необходимые меры по ее своевременному и качественному восстановлению и вводу в строй, руководствуясь при этом “Положением о порядке восстановления поврежденных самолетов и вертолетов ГА”.

Основанием для выполнения восстановительного ремонта в условиях эксплуатационного предприятия является акт комиссии по расследованию факта повреждения ВС.

Для дефектации и восстановления поврежденного ВС руководителем предприятия назначается группа специалистов, в том числе опытных инженеров-технологов и дефектовщиков, которые оформляют “Ведомости дефектации” установленного образца. На основании ведомости дефектации разрабатывается технология, эскизы ремонта и график восстановления ВС, а также определяется перечень необходимых для восстановительного ремонта деталей, агрегатов и готовых изделий. Для производства работ и контроля за их качеством разрабатывается пооперационная ведомость. Все работы, указанные в ней, после их выполнения предъявляются ОТК.

Окончательная проверка качества восстановления ВС проводится комиссией с участием представителей ИАС управления ГА, которая составляет акт приемки ВС, утвержденный начальником АТБ. На основании акта производится запись в формуляр ВС, а вся техническая документация на ремонт ВС включается в дело ВС и хранится до отработки назначенного ресурса или списания ВС. Если ВС не подлежит восстановлению, акт передают владельцу ВС для оформления его списания.

Списание и исключение ВС из Государственного реестра гражданских воздушных судов России производится в соответствии с Воздушным кодексом РФ в случаях: снятия ВС с эксплуатации; уничтожения ВС, пропажи ВС без вести, когда его розыск прекращен; невозможности эвакуации ВС с места вынужденной посадки. Снятие ВС с эксплуатации производится в случаях отработки ими назначенных ресурсов или сроков службы или когда их ремонт экономически нецелесообразен. Списание с балансов предприятий ГА ВС и авиадвигателей производится согласно “Инструкции о порядке списания самолетов, вертолетов и авиадвигателей, разделки и использования авиационно-технического имущества со списанных воздушных судов и авиадвигателей в предприятиях ГА”.

ВС и АД всех типов и по всем причинам списываются приказами руководителей организаций ГА.

Первичным документом на списание АТ является технический акт, составленный комиссией предприятия ГА. К акту на списание ВС прилагается свидетельство о его регистрации. Утвержденные акты являются основанием для издания приказа по организации их списания.

Вся техническая документация на списание АТ уничтожается на месте. Инспекторские свидетельства хранятся в делах предприятия в течение пяти лет.

Эксплуатация АТ допускается только в пределах назначенных ресурсов и общих сроков службы, устанавливаемых разработчиками и ФСВТ России

на основании результатов государственных и эксплуатационных испытаний, а также опыта эксплуатации АТ данного типа. Продление назначенных ресурсов и общих сроков службы АТ запрещается. Индивидуальное продление межремонтных ресурсов (сроков службы) ВС, авиадвигателям и их комплектующим изделиям осуществляется специалистами АТБ, ГосНИИ ГА и ОКБ в соответствии с установленными межведомственными требованиями.

Для предъявления претензий поставщикам и восстановления вышедшей из строя ранее истечения гарантийных сроков АТ составляют рекламационные акты. Эти акты составляют в случаях несоответствия требованиям стандартов, технических условий и договоров поставляемой АТ, тары, упаковки, консервации и маркировки, а также выхода из строя этой техники до истечения сроков по причинам, исключаящим вину эксплуатирующих организаций при ее хранении и эксплуатации. Рекламационные акты составляются для предъявления претензий:

Заводам-изготовителям основных изделий (ВС, двигателя), а также предприятиям, изготавливающим наземное оборудование для ТО АТ;

Ремонтным предприятиям в случае выхода из строя АТ, не отработавшей установленного межремонтного ресурса или срока службы из-за некачественного ремонта.

Для составления рекламационного акта руководитель предприятия назначает комиссию, куда также включается представитель завода-изготовителя. Комиссия принимает все необходимые меры для тщательного и быстрого выявления причин и виновников отказа изделия и составляет рекламационный акт. В случае несогласия сторон представитель завода-изготовителя пишет свое особое мнение, которое прилагается к каждому экземпляру акта. Эксплуатационное предприятие обязано приложить свои замечания к особому мнению представителя завода. О состоянии рекламационного акта делается запись в формуляре паспорта изделия АТ.

Рекламационные акты составляются в трех экземплярах. Не позднее двух суток со дня составления и подписания комиссией рекламационного акта он должен быть направлен главному инженеру управления, который в трехдневный срок со дня получения обязан утвердить акт, поставить на нем печать и разослать по адресам: два экземпляра - представителю заказчика на заводе-изготовителе для предъявления претензии заводу и один экземпляр - эксплуатирующей организации, в которой составлен акт. Во всех случаях общий срок составления рекламационного акта с момента обнаружения дефекта не должен превышать 30 суток.

Правильно проводимая рекламационная работа способствует дальнейшему совершенствованию АТ и повышению ее надежности.

Прием новых ВС от заводов-изготовителей эксплуатационными предприятиями производится в следующем порядке. Для приема ВС назначаются летные экипажи и ИТС, допущенные к самостоятельным полетам и ТО данного типа ВС. Старший из получающих АТ должен иметь с собой доверенность. Прием ВС от завода-изготовителя производят в

соответствии с “Инструкцией по организации и обеспечению приемки и перелетов воздушных судов с предприятий промышленности”, а также с “Программой комплексного инженерного осмотра воздушных судов при приемке их на заводе-изготовителе”.

Прием ВС осуществляется через военного представителя на данном заводе. На заводе имеется специальная бригада, занимающаяся подготовкой и сдачей ВС.

Если в результате проверки ВС будет признан исправным и полностью укомплектованным, а обнаруженные недостатки устранены, прием и передачу оформляют приемо-сдаточным актом. ВС и авиадвигатели, отработавшие межремонтный ресурс или срок службы, а также снятые с эксплуатации из-за неисправностей и поломок, подлежат ремонту. Необходимость досрочного направления АТ в ремонт определяется комиссией.

АТ сдают в ремонт укомплектованную съемным оборудованием и имуществом, с оформленными формулярами и паспортами. Для выполнения дополнительных работ по дооборудованию и доработкам АТБ не позднее, чем за 90 дней до сдачи в ремонт ВС, высылают на завод заявку, принимают меры по подготовке перечней бюллетеней для их выполнения на заводе и доставке необходимых для этого деталей, изделий и материалов.

ВС после его перегонки сдается заводу специалистами авиапредприятия-владельца ВС. Старший группы специалистов должен иметь предписание и задание заказчика на право сдачи ВС в ремонт и выполнение на ВС работ, не предусмотренных типовой технологией, доверенность и документ на сдачу специальной аппаратуры, перечень бюллетеней на доработки при ремонте ВС. Сдачу заказчиком ВС в ремонт оформляют приемо-сдаточным актом.

О готовности отремонтированного ВС к сдаче завод извещает авиапредприятие-владельца ВС не позднее, чем за 5 дней до выхода его из ремонта.

При выдаче заводом ВС и приеме его заказчиком оформляются акты: облета ВС экипажем заказчика; приемо-сдаточной на ВС и специальную аппаратуру; на выполнение дополнительных работ.

При первом ремонте ВС завод выдает заказчику формуляр силовых элементов планера.

Заключение о выполненной форме ремонта, годности к эксплуатации, межремонтном ресурсе и сроке службы, сведения о массе и центровке пустого ВС записываются в формуляре ВС за подписью директора и начальника ОТК завода.

### Литература

1. Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации России (НТЭРАТ ГА – 93). – М., 1994.
  2. Жорняк Г.Н., Смирнов Н.Н. Авиатехника, ее обслуживание и ремонт. – М.: МИИГА 1995.
  3. Кручинский Г.А. Ремонт авиационной техники (теория и практика). - М.: Машиностроение, 1984.
  4. Ремонт летательных аппаратов: Учебник для вузов гражданской авиации. А.Я. Алябьев, Ю.М. Болдырев, В.В. Запорожец и др.; /Под ред. Н.Л. Голего. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1984.
- Макаров Н.В. Ремонт воздушных судов. – СПб.: Академия ГА, 2003.

## Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Виды и системы ремонтов .....	4
1.1. Причины поступления авиационной техники в ремонт.....	4
1.1.1. Износ элементов конструкции.....	4
1.1.2. Конструктивные недостатки и производственные дефекты.....	6
1.1.3. Нарушение правил эксплуатации.....	7
1.2. Виды ремонтов АТ.....	8
1.3. Системы ремонтов АТ.....	8
1.4. Особенности авиаремонтного производства.....	13
1.5. Производственный и технологический процессы ремонта.....	14
Глава 2. Подготовка ЛА и АД к ремонту.....	15
2.1. Приемка в ремонт.....	15
2.2. Разборка самолетов и двигателей.....	16
2.3. Очистка и промывка.....	18
2.4. Определение технического состояния (дефектация).....	22
2.4.1. Требования, предъявляемые при дефектации.....	22
2.4.2. Методы дефектации.....	23
Глава 3. Основные технологические процессы восстановления деталей ЛА и АД при ремонте.....	33
3.1. Восстановление обработкой резанием.....	33
3.2. Применение сварки и пайки при ремонте.....	37
3.3. Нанесение гальванических покрытий.....	40
3.4. Напыление покрытий.....	44
3.5. Восстановление лакокрасочных покрытий.....	45
3.6. Ремонт планера ЛА клепкой.....	46
3.7. Ремонт герметических отсеков планера.....	50
Глава 4. Сборка и испытания ЛА и АД после ремонта.....	51
4.1. Сборка самолетов после ремонта.....	51
4.2. Наземные и летные испытания самолетов.....	52
4.3. Сборка АД после ремонта.....	53
4.4. Перспективы развития организации ремонта авиационной техники.....	55
Глава 5. Структура эксплуатационно-технической документации..	57
5.1. Руководящая документация.....	57
5.2. Пономерная документация.....	62
5.3. Производственно-техническая документация.....	64
5.3.1. Документация по учету авиационной техники и ее технического состояния.....	65
5.3.2. Отчетная документация.....	66
5.3.3. Организационная и информационно-распорядительная документация при обслуживании авиационной техники.....	67
Литература.....	72