

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

О. В. Ломовской, А. А. Шаров, Ю. А. Вашуков

**Монтажно-испытательные процессы
бортовых систем**

Мультимедийный образовательный модуль

САМАРА

2012

УДК 629.735.33.002 (07)
ББК 39.53

Авторы: **Ломовской Олег Владиславович,**
Шаров Андрей Алексеевич,
Вашуков Юрий Алесандрович

Ломовской, О. В. **Монтажно-испытательные процессы бортовых систем** [Электронный ресурс] : мультимед. образоват. модуль / О. В. Ломовской, А. А. Шаров, Ю. А. Вашуков; Минобрнауки Росиии, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (5,24 Мбайт). - Самара, 2012. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Мультимедийный образовательный модуль включает электронное учебное пособие и электронный лабораторный практикум. В учебном пособии рассмотрены бортовые системы самолёта как объект производства и изложены положения об оценке технологичности элементов бортовых систем. Изложен процесс отработки монтажей при запуске современных самолётов в производство. Изложены современные методы увязки деталей, узлов бортовых систем и оснащения для монтажа, отработки и испытаний бортовых систем. Рассмотрены современные технологии монтажа, отработки и испытаний механических, пневмогидравлических и электро- и радиосистем самолёта, монтажное и испытательное оснащение. Изложена методика проектирования технологических процессов монтажа, отработки и испытаний бортовых систем самолёта. Рассмотрены стенды для отработки и испытаний бортовых систем после их окончательного монтажа. В лабораторном практикуме отражены основные технологические процессы по монтажу и испытаниям систем.

Мультимедийный образовательный модуль предназначен для подготовки студентов факультета «Летательные аппараты» по дисциплине «Технология монтажно-испытательных процессов», обучающихся на 5 и 6 курсах в 10 и 11 семестрах по специальности 160201 «Самолето-и вертолестроение».

Разработан на кафедре ПЛА и УКМ СГАУ.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОНТАЖНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ РАБОТ	5
1.1 Классификация бортовых систем летательного аппарата	5
1.2 Бортовые системы летательного аппарата как объект производства	6
1.3 Характеристика работ по монтажу систем самолёта	7
1.4 Характеристика работ по испытаниям и контролю систем самолёта	9
2. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОТРАБОТКА МОНТАЖЕЙ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ	12
2.1 Технологичность конструкции систем при выполнении монтажных работ	12
2.2 Технологичность конструкции системы управления при выполнении монтажных работ	15
2.3 Задачи, решаемые при конструктивно-технологической отработке монтажей систем самолёта	25
2.4 Конструктивно-технологический анализ чертежей на системы самолёта	28
2.5 Плазовая отработка монтажей бортового оборудования	29
2.6 Проверка функционирования и уточнение физических параметров систем на макетах и стендах	32
2.7 Макетный самолет, объемный плаз.	
Окончательная объемная конструктивно-технологическая отработка монтажей систем оборудования по зонам	32
2.8 Безмакетная и расчётно-аналитическая отработка монтажей бортового оборудования	35
2.9 Перенос информации с эталонов на монтажную оснастку	37
2.10 Измерительные системы, применяемые для отработки монтажей бортового оборудования	40
2.11 Особенности отработки монтажных работ гидрогазовых систем самолёта	55
2.12 Особенности отработки монтажей системы управления	60
2.13 Особенности отработки монтажей радиооборудования	63
3. МОНТАЖ БОРТОВЫХ СИСТЕМ САМОЛЁТА	72
3.1 Технологические процессы монтажа системы управления	72
3.2 Технологические процессы монтажа жгутов электрорадиооборудования	73
3.3 Технологические процессы монтажа гидрогазовых систем	76
4. ОТРАБОТКА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БОРТОВЫХ СИСТЕМ САМОЛЁТА	81
4.1 Отработка и контроль качества механических систем	81
4.2 Отработка и контроль качества гидрогазовых систем	91
4.2.1. Промывка трубопроводных систем	91
4.2.2. Тарировка и промывание баков большой емкости	96
4.2.3. Способы контроля чистоты внутренних поверхностей трубопроводных систем	100
4.2.4. Способы контроля чистоты рабочих жидкостей	101
4.2.5. Контроль герметичности трубопроводных систем	104
4.2.6. Классификация методов контроля герметичности	105
4.2.7. Выбор методов и режимов испытаний	107

4.2.8. Метод перепада давления	108
4.2.9. Пневматический метод (с использованием мыльной эмульсии)	108
4.2.10. Пневмогидравлический метод «аквариума»	109
4.2.11. Масс-спектрометрический метод	111
4.2.12. Испытание прочности трубопроводных систем методом опрессования	115
5. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА, ИСПЫТАНИЯ И КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ	116
5.1. Конструктивно-технологическая характеристика электропроводных систем	116
5.2. Технология и средства механизации и автоматизации изготовления электрожгутов	118
5.2.1. Классификация электрожгутов	119
5.2.2 Метод членения электрожгутов на прямолинейные трассы	110
5.2.3. Основные способы изготовления электрожгутов	121
5.2.4. Основные операции изготовления электрожгутов	122
5.2.5. Автоматизированные станки с числовым программным управлением для изготовления электрожгутов	134
5.3. Технология внутриблочного электрического монтажа	138
5.4. Технология монтажа электропроводных систем на летательном аппарате	139
5.5. ТИПОВЫЕ ДЕФЕКТЫ И ОТКАЗЫ ЭЛЕКТРОСИСТЕМ	139
5.6. Контроль электросети и ее элементов	141
5.7. Испытание и контроль работоспособности электрических систем	144
6. ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ИСПЫТАНИЙ И АЭРОДРОМНОЙ ОТРАБОТКИ БОРТОВЫХ СИСТЕМ	147
6.1. Технология предполетной отработки бортовых систем	147
6.1.1. Задачи и автоматизированные системы комплексного контроля	148
6.1.2. Оборудование для предполетной отработки систем	153
6.2. Технология летных испытаний бортовых систем	155
6.2.1. Основные факторы, исследуемые в процессе летных испытаний	155
6.2.2. Специальное оборудование и приборы, применяемые при летных испытаниях	156
6.2.3. Летные испытания серийных самолетов	157
6.2.4. Определение диаграммы направленности антенн передающих радиостанций на вертолете	159
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	162
Приложение	163

ВВЕДЕНИЕ

Создание летательных аппаратов новых типов, обладающих высокой скоростью, дальностью и высотой полета и требующих более высокого уровня автоматизации управления полетом, непосредственно связано с развитием авиационного приборостроения. В общем объеме производства летательных аппаратов доля монтажных и контрольно-испытательных работ неуклонно увеличивается. Существенно повышаются требования к их качеству, которое во многом определяется совершенством технологических процессов монтажа, контроля и испытаний.

Непрерывное совершенствование конструкций самолетов (вертолетов) и насыщение их многочисленными системами бортового оборудования привело к большой плотности оборудования на единицу объема планера. Это снижает эргономику технологических процессов, что приводит к увеличению трудоёмкости монтажных работ. В настоящее время трудоемкость монтажных работ составляет до 20 % общей трудоемкости изготовления самолета (вертолета).

Процессы монтажа бортовых систем требуют проведения весьма сложных работ по обеспечению взаимозаменяемости элементов, входящих в состав систем, а также отработки и доводки выходных параметров систем. Отработка и доводка систем производится с учетом специфических условий эксплуатации, тепловых, механических и других нагрузок.

Необходимость определения разнообразных показателей качества бортовых систем на различных этапах производства, многообразие принципов работы систем и большое количество параметров, характеризующих их свойства, привели к большому количеству контрольно-испытательных работ, разнообразных по своим целям и характеру.

Большие затраты труда и времени на монтажно-сборочные и контрольно-испытательные работы в процессе производства изделий, повышенные требования к качеству и надежности систем бортового оборудования выдвинули на первый план вопрос производственной технологичности конструкций. Стремление к высокому уровню технологичности конструкций - один из основных принципов конструирования современных самолётов.

Снижение трудоемкости монтажных и контрольно-испытательных работ, а также повышение качества их отработки и сокращение цикла подготовки производства связано с обеспечением:

- высокой степени технологичности систем;
- взаимозаменяемости систем по геометрическим и физическим параметрам;
- точности изготовления и монтажа систем;
- всесторонней отработки и проверки качества систем в процессе производства за счет внедрения методов технической диагностики и контрольно-испытательных стендов;
- типизации и нормализации технологических процессов и применения для их проектирования автоматизированных систем;
- автоматизации и механизации монтажных и контрольно-испытательных работ;
- внедрения совершенных систем комплексного управления качеством продукции и передовых форм организации производства, в первую очередь, контрольно-испытательных станций, лабораторных центров, специальных служб надежности и систем бездефектной сдачи продукции с первого предъявления.

Настоящее учебное пособие разработано на основе классических положений технологии монтажно-испытательных процессов в самолётостроении, которые изложены в трудах из-

вестных специалистов по технологии самолетостроения, в частности А. Л. Абибова, А. В. Чернышева, П. Н. Белянина, В. В. Бойцова, М. П. Горбунова, В. П. Григорьева, Е. П. Шекунова, В. И. Ершова, В. В. Павлова, М. Ф. Каширина, С. М. Лещенко и др.

В учебном пособии рассматриваются классификация и основные требования, предъявляемые к бортовым системам, их монтажу, испытанию и контролю. Последующий материал пособия изложен в соответствии с основными этапами подготовки производства летательных аппаратов и предусматривает последовательное изложение: вопросов отработки технологичности систем и составления директивных технологических материалов на стадии проектирования летательных аппаратов вопросов обеспечения и отработки взаимозаменяемости бортовых систем по геометрическим и физическим параметрам; технологии монтажа, испытания и контроля систем в производстве.

Успешная реализация больших потенциальных возможностей, заложенных в новых технических решениях, в новых технологиях, в новых методиках технологической подготовки производства авиационной техники, зависит от уровня подготовки и объема знаний специалистов, работающих в этой области.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОНТАЖНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

1.1 Классификация бортовых систем летательного аппарата

Бортовые системы летательного аппарата можно классифицировать по двум основным признакам: по назначению и виду применяемых коммуникаций.

По назначению бортовые системы подразделяют на следующие:

- силовые установки (СУ);
- двигатели и обслуживающие их системы;
- системы запуска двигателей, системы управления двигателями, топливные системы, системы управления воздухозаборниками, системы управления регулируемого сопла двигателя и т. д.;
- системы управления полетом летательного аппарата (СУП): пилотажно-навигационное оборудование (ПНО), системы наведения на цель;
- энергосистемы (ЭС): гидравлические и пневматические системы;
- специальные системы, состав которых меняется в зависимости от типа и назначения летательного аппарата: взлетно-посадочные устройства (ВПУ), электротехническое оборудование (ЭТО), радиотехническое оборудование (РТО), пассажирско-бытовое оборудование для пассажирских самолетов и вертолетов (ПО), системы высотного оборудования, системы спасения, противообледенительные системы, противопожарные системы и т. д.
- По применяемым средствам коммуникаций системы можно подразделить на электропроводные, трубопроводные, кинематические и смешанные.

Электропроводные системы содержат электро-, радио- и пилотажно-навигационные системы; трубопроводные - гидравлические и газовые системы; а кинематические — механические системы (тросовые, типа вал—шестерня и т. д.).

Элементы бортовых систем можно рассматривать по двум признакам: функциональному и конструктивно-технологическому.

Функциональным элементом конструкции бортовых систем называется часть системы, имеющая определенное функциональное значение.

Эти элементы можно разделить на основные и вспомогательные (установочные).

К основным функциональным элементам систем относятся:

- источники и преобразователи энергии;
- исполнительные органы;
- датчики информации;
- элементы автоматики;
- счетно-решающие и вычислительные устройства;
- указательные и измерительные приборы; коммуникации.

Для закрепления основных функциональных элементов используют специальные крепежные элементы (хомуты, скобы, колодки, замки и т. п.) и универсальные (болты, винты, заклепки и т. п.).

Вспомогательными установочными функциональными элементами называются промежуточные и крепежные элементы.

Все основные и вспомогательные функциональные элементы бортовых систем соединяются согласно чертежам, принципиальным и монтажным схемам, составленным в соответствии с назначением монтируемой системы.

Все соединения можно разделить на два больших класса:

- разъемные*, допускающие разъединение и повторное соединение без разрушения основных и крепежных элементов конструкции;
- неразъемные*, не допускающие разъединение элементов без разрушения основных и крепежных элементов.

В процессе производства отдельные функциональные элементы объединяют в самостоятельные монтажные единицы:

- комплекс бортовых систем, т. е. все бортовые системы, смонтированные на летательном аппарате;
- участок систем - часть комплекса бортовых систем, смонтированная в отдельных узлах, секциях и агрегатах планера;
- зона систем - часть участка систем, выделенная по определенному признаку (зона энергоузлов, зона радиоаппаратуры и т. д.);
- монтажный узел - часть участка или зоны, выполняющая ограниченные функции (монтажная гидравлическая панель, щиток, приборная доска, этажерка, пульт и т. д.);
- блок - часть монтажного узла, зоны или участка систем, собранная в одном корпусе; в виде блоков поставляются приборы, радиоаппаратура, электрические и гидравлические агрегаты, электрораспределительные коммутационные коробки и другие элементы;
- коммуникации - часть монтажного узла, зоны или участка систем, предназначенная для соединения отдельных функциональных и технологических элементов между собой; при этом различают следующие виды коммуникаций: электропроводные (отдельные электропровода, электрожгуты и кабели), трубопроводные (трубы гидравлических, топливных и газовых систем) и механические (тросы и тяги систем управления полетом и двигателем).

При рассмотрении конструктивно-технологического членения бортовых систем следует иметь в виду, что если один из рассматриваемых элементов, например блок или элемент коммуникации, является составной частью другого элемента, например монтажного узла, то монтажный узел по отношению к блокам и этим коммуникациям будет элементом конструкции высшего порядка, а блоки и коммуникации по отношению к монтажному узлу - элементами низшего порядка.

1.2 Бортовые системы летательного аппарата как объект производства

Бортовые системы как объекты производства имеют следующие особенности.

1) Сложность, определяемая многоэлементностью и большим числом соединений между элементами и соответственно значительной длиной коммуникаций. Так, например, только количество потребителей электрической энергии на современном тяжелом самолете достигает 1500 и более единиц, протяженность электропроводки может составлять 500 км, а количество паяных и спресованных проводов 20...30 тысяч. Протяженность трубопроводов на один самолет колеблется от 300 до 900 м, при этом количество соединений достигает нескольких тысяч [1]. Ряд деталей и элементов весьма сложны по конструкции: сложная форма, большие габариты и малая жесткость. К таким элементам бортовых систем следует, в первую очередь, отнести трубопроводы и электрожгуты. В связи с повышением летно-тактических требований к летательным аппаратам и внедрением широкой автоматизации объем оборудования и оснащения увеличивается.

- 2) Сложность условий эксплуатации и критичность к влиянию различных дестабилизирующих факторов: механических, тепловых, климатических и т. д.
- 3) Повышение значений таких характеристик систем, как мощность, давления в гидросистемах, температурные режимы работы и т. д. Давление рабочей жидкости в гидросистемах может достигать 28,0...30,0 МПа.
- 4) Высокая плотность монтажей, вызванная необходимостью размещения многочисленных систем с их коммуникациями при почти тех же габаритах летательных аппаратов.
- 5) Недостаточная технологичность, что затрудняет механизацию и автоматизацию монтажных работ.
- 6) Сменяемость и модернизация конструкций систем в процессе их производства.
- 7) Относительно высокий процент отказов, падающий на долю бортовых систем.

1.3 Характеристика работ по монтажу систем самолёта

Технологическим процессом монтажа называют установку и крепление элементов бортового оборудования и коммуникаций на планере самолета, а также соединение их между собой с последующим контролем их работы. Технологический процесс монтажных работ представляет собой совокупность технологических операций с применением соответствующих технических средств, инструмента, приспособлений и технологического оборудования, в результате выполнения которых элементы монтируемой системы занимают относительно друг друга строго определенное положение и соединяются способами, предусмотренными конструкцией системы.

Обычно монтажные работы выполняются в следующей последовательности:

- 1) монтаж механического оборудования и приборов;
- 2) прокладка элементов трубопроводных систем;
- 3) прокладка жгутов кабельной сети электро- и радиооборудования.

По месту проведения основные виды монтажных работ различают внестендовые (верстачные) работы и стендовые работы (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – классификация монтажных работ по месту проведения

Стендовые монтажные работы выполняются на планере летательного аппарата (секциях и агрегатах). В соответствии с этим можно различать стендовый агрегатный монтаж зон и участков систем в технологически самостоятельных секциях и агрегатах планера и окончательный монтаж бортовых систем в летательном аппарате.

Окончательный монтаж включает обычно стыковку коммуникаций, проложенных и закрепленных в отдельных секциях и агрегатах планера, установку наиболее дорогостоящих элементов бортовых систем, не охваченных панелированием (например, радиостанции).

Относительное увеличение объема верстачных работ способствует рассредоточению и более правильному распределению монтажных работ по цехам завода, сокращению цикла монтажных работ и повышению качества монтажа бортовых систем. Относительного увеличения объема верстачных работ можно добиться путем широкого внедрения методов панелирования бортовых систем.

По составу операций монтажные работы можно разделить на четыре группы (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – классификация монтажных работ по составу операций

К первой группе следует отнести подготовку к монтажу, которая включает в себя следующие работы: расконсервация покупных элементов систем; комплектование оборудования с арматурой; зачистка элементов систем и деталей планера под металлизацию.

Ко второй группе относятся работы по установке и креплению различного оборудования и коммутационной аппаратуры, приборов, радиоаппаратуры, агрегатов и т. д.

К третьей группе следует отнести работы по прокладке и креплению коммуникаций: электрожгутов и кабелей; трубопроводов и шлангов, тая и тросов.

К четвертой группе - работы по соединению элементов коммуникаций между собой и оборудованием; при этом электрические соединения осуществляют с помощью штепсельных разъемов, болтов и лепестков.

При монтаже установка оборудования может выполняться с применением различных способов базирования:

- 1) базирование по месту данного элемента в конструкции планера;
- 2) базирование по сборочным отверстиям (СО);
- 3) базирование по разметке;
- 4) базирование по координатно-фиксирующим отверстиям;
- 5) базирование в монтажном приспособлении.

Монтаж механизмов, приборов управления и другого оборудования осуществляется, как правило, по СО, имеющимся на предварительно установленных и выверенных кронштейнах и плитах. Если отдельные элементы оборудования плотно скомпонованы, то они собира-

ются на панелях вне агрегатов. Панелированный монтаж осуществляется на специальных рабочих местах и поэтому значительно снижает трудоемкость агрегатной сборки. Трубопроводы при монтаже вначале присоединяются к штуцерам оборудования, а затем крепятся к элементам каркаса или кронштейнам агрегата.

Прокладке трубопроводов и жгутов бортовой кабельной сети предшествует работа по подготовке зон в агрегатах, где намечена проводка коммуникаций. С этой целью отверстия в деталях каркаса, через которые прокладываются коммуникации, а также кромки деталей в районе возможного касания с трубопроводами и жгутами оклеиваются резиновыми или войлочными прокладками. При монтаже трубопроводов и жгутов кабельной сети особое внимание уделяют выдерживанию и контролю монтажных зазоров, оговоренных в ТУ.

Операции по прокладке и креплению трубопроводов и жгутов чередуются с контролем качества монтажа. При этом контролируются зазоры, оговоренные в ТУ, соответствие монтажа схеме, качество крепления и контролки винтов и т. д. По окончании монтажных работ агрегат очищается от возможных загрязнений с помощью пылесоса, проверяется на отсутствие посторонних предметов и поступает на контрольно-испытательную станцию. При испытаниях проверяется прочность трубопроводных систем, герметичность соединений, прочность электрической изоляции жгутов, правильность соединений в цепях и т. д. При положительных результатах испытаний монтажные узлы пломбируются ОТК и агрегат поступает на общую сборку РС.

Монтажные работы механических систем самолёта имеют свои специфические особенности:

- в большинстве случаев бортовые системы монтируются в стесненных условиях;
- агрегаты и приборы бортовых систем очень чувствительны к внешним механическим воздействиям и загрязнению, поэтому малейшая небрежность при транспортировке и монтаже может привести к нарушению их работоспособности;
- часто невозможно предварительно полностью собрать какую-либо систему бортового оборудования, так как элементы системы значительно удалены друг от друга.

Для обеспечения высокого качества и надежности бортового оборудования в серийном производстве самолетов (вертолетов) необходимо соблюдение следующих основных требований:

- все системы бортового оборудования подвергаются конструктивно-технологической отработке на теоретических плазах (плоских и объемных), на макетах систем и стендах, образующих отдельные функциональные и комплексные системы, и, наконец, на технологических агрегатах и головном самолете (вертолете). При этом проводят не только геометрическую увязку, но и функциональную обработку систем, методов и средств их контроля;
- все комплектующие элементы бортового оборудования, приборы, материалы и полуфабрикаты подвергаются 100 %-му входному контролю;
- определенные группы монтажных операций закрепляются за рабочими местами и исполнителями;
- в процессе монтажа периодически контролируются технические характеристики оборудования, инструмента, контрольных и измерительных средств;
- смонтированные системы проходят выходной автоматизированный контроль в условиях, приближающихся к эксплуатационным, и тренировку для приработки отдельных элементов радио- и электрооборудования.

Кроме того, на головном и технологическом самолетах проводятся ресурсные испытания для определения работоспособности и долговечности бортовых систем.

1.4 Характеристика работ по испытаниям и контролю систем самолёта

Для определения степени соответствия смонтированных систем и элементов техническим требованиям их подвергают испытанию и контролю на различных этапах производства.

Большинство бортовых систем состоит из значительного числа элементов, находящихся в сложной взаимосвязи друг с другом. Первоначальной мерой, определяющей соответствие смонтированной системы техническим требованиям, может служить сам факт ее функционирования после приведения в рабочее состояние.

Обычно приведение системы в рабочее состояние связано с подачей в систему питания командных сигналов, а также различных стимулирующих воздействий. Стимулирующие воздействия имитируют с той или иной степенью приближения нагрузки, действующие на летательный аппарат в процессе эксплуатации, а также сигналы, служащие для передачи информации между системами и их элементами. При выборе стимулирующих воздействий возникает проблема точности воспроизведения, а в ряде случаев и проблема обеспечения их подобия известным факторам условий окружающей среды и факторам условий работы бортовых систем.

Комплекс работ по приведению системы или ее части в рабочее состояние с целью оценки каких-либо ее свойств называется *испытанием*.

Комплекс работ по измерению, регистрации и оценке контролируемых параметров называется *контролем*.

Параметрами называются величины, характеризующие геометрические, механические, физические, химические, электрические и другие свойства бортовых систем, влияющие на эксплуатационные показатели систем.

Параметры систем, которые контролируются в процессе производства и эксплуатации, называются *контролируемыми параметрами*.

При контроле сложных систем большинство контролируемых параметров характеризуют реакции этих систем на стимулирующие воздействия, поданные на вход. Поэтому контроль таких объектов, как правило, сопровождается их испытанием.

Поскольку показателями надежности являются вероятность безотказной работы, интенсивность отказов или наработка на отказ, испытания и контроль для получения этих показателей необходимо продолжать до появления отказов. Соответственно испытания на долговечность и, в частности, на ресурс проводят до разрушения или недопустимой степени износа изделия.

Испытания и контроль бортовых систем являются частью общей программы разработки методов оценки качества продукции. Измерение - это процесс получения информации в виде численного отношения между измеряемой величиной и некоторым ее значением, принятым за единицу. В результате измерения получаем обычно именованное число, являющееся абсолютным показателем. Однако абсолютные показатели ничего не говорят о свойстве с точки зрения «много - мало», «хорошо - плохо», «достаточно - недостаточно» и т. д. Иначе, абсолютные показатели сами по себе не дают возможности оценить свойство, определить его уровень. Поэтому при контроле переходят к относительному показателю - оценке, которая представляет собой функцию двух абсолютных показателей - измеряемого P_i и принятого за базовый $P_i^{баз}$ (эталонный): $k_i = P_i / P_i^{баз}$. Такая оценка позволяет судить о степени отклонения

измеренной величины от эталона, который может содержать информацию о требуемом значении измеряемой величины, и содержит уже информацию о состоянии исследуемого объекта.

Оценки могут выполняться оператором, который сравнивает показания приборов с базовыми значениями, например, с номиналом измеряемой величины, с полем допуска и т. д. Или оценки могут выполняться с применением средств автоматизации, когда базовые значения измеряемой величины реализуются в виде эталонов, а сравнение с измеренной величиной происходит с помощью специальных устройств.

По своей природе контролируемые параметры могут быть разделены на геометрические и физические. В последнюю группу условно относят механические, электрические, а также химические и другие параметры.

По характеру выявляемых дефектов контролируемые параметры можно разделить на параметры, определяющие качество монтажа, и параметры, определяющие качество функционирования.

Параметры, определяющие качество монтажа, характеризуют качество собственно монтажных работ: подготовку к монтажу, установку и крепление блоков, прокладку и крепление коммуникаций и соединение элементов. Эти параметры могут быть разделены на геометрические и физические.

К геометрическим параметрам относятся: зазоры (между коммуникациям, блоками и деталями планера); радиусы изгиба трубопроводов и электрожгутов; параллельность трубопроводов; величина провисания электрожгутов и т. д.

К физическим параметрам относятся: герметичность; чистота внутренних поверхностей кессонов баков; прочность, определяемая опрессованием; гидравлические сопротивления; отсутствие коротких замыканий; сопротивление изоляции; прочность изоляции, сопротивление обмоток, переходные сопротивления и т. д.

Параметры, определяющие качество функционирования, характеризуют качество регулировочных и наладочных работ. К этим параметрам относятся, главным образом, физические параметры:

- перемещение различных элементов кинематических схем бортовых систем и планера (механические параметры);
- силовые характеристики систем;
- передаточные функции;
- состояние различных элементов бортовых систем и другие свойства;
- время выполнения определенных функций.

К поступательным перемещениям, которые требуется контролировать в процессе регулировочных и контрольно-сдаточных работ, относятся, например, перемещение штоков силовых цилиндров гидроусилителей, рулевых машин, элементов воздухозаборников и других механизмов. К вращательным перемещениям относятся угловые движения рулей высоты, рулей поворотов, элеронов, закрылков, а также различных створок и т. д. К сложным перемещениям можно отнести движения, совершаемые элементами некоторых конструкций шасси при их выпуске и уборке.

Перемещения элементов бортовых систем обычно характеризуют:

- пределы (диапазон) рабочего хода в угловых или линейных единицах измерения;
- время перекладки в рабочее положение;
- скорость перемещения;
- плавность хода;
- синхронность перемещения парных управляемых органов;

- четкость установки в рабочее, положение.

К параметрам, характеризующим силовые характеристики систем, можно отнести: величину усилий (Н), прикладываемых к рычагам управления для преодоления сил трения в системах продольного, поперечного и путевого управления; эти усилия изменяются в большинстве случаев в зависимости от величины линейного или углового перемещения и выражаются обычно в виде функций.

Параметрами, характеризующими передаточные функции, могут служить коэффициенты передачи, которые определяют для систем управления полетом. В этом случае коэффициенты передачи определяют для двух режимов управления: ручного и автоматического.

При автоматическом управлении соответствующие коэффициенты передачи определяют путем задания движения соответствующим гироскопическим датчикам, входящим в контролируемую систему.

К параметрам, характеризующим состояния различных бортовых систем относятся:

- давления жидкостей и газов в различных точках гидравлических, топливных, масляных, пневматических и других систем;
- температура выхлопных газов, гидросмеси, масла, воздуха в кабине и т. д.;
- напряжение и токи в различных участках электросистем.

Параметры, контролируемые в стационарных (установившихся) режимах работы систем и их элементов, позволяют определить статические характеристики систем.

Параметры, контролируемые в динамических переходных (неустановившихся) режимах работы, позволяют определить динамические характеристики системы и ее элемента, т. е.:

- запаздывание контролируемой системы, выражающееся фазовым сдвигом на выходном звене относительно входа;
- колебания системы при переходном процессе, которые приводят к износу механических частей [3];
- величину амплитуды отклонения сигнала на выходе системы от заданного значения, т. е. величину максимального перерегулирования; ограничение этой величины для механических элементов системы обусловлено возможностью возникновения больших динамических усилий, а для электрических элементов - значительных перенапряжений;
- амплитудно-фазовую характеристику, т. е. значения амплитуды и фазы выходного сигнала, полученные в зависимости от частоты сигнала, подаваемого на вход системы (амплитудно-фазовая характеристика определяет скорость реакции системы, качество воспроизведения входного сигнала и другие свойства).

2. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОТРАБОТКА МОНТАЖЕЙ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

2.1 Технологичность конструкции систем при выполнении монтажных работ

Процент объема монтажных работ на разных типах самолетов зависит от назначения самолета, его размеров и состава оборудования. Применительно к системам бортового оборудования под технологичностью конструкции изделия подразумевается наиболее рациональное размещение в его корпусе деталей и узлов, удобство их монтажа, контроля, испытания и отработки.

Основная задача отработки конструкции на технологичность заключается в повышении производительности труда при оптимальном снижении различных затрат: стоимости материалов и времени на проектирование, подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт, обеспечение прочих заданных показателей качества изделия в принятых условиях его производства и эксплуатации.

Для этого необходимо следующее:

- обеспечить обязательность отработки на технологичность конструкции изделия на всех стадиях его проектирования и производства;
- определить методы отработки на технологичность различных систем бортового оборудования на всех стадиях проектирования.

Важным этапом обеспечения геометрической взаимозаменяемости является конструктивно-технологический анализ чертежей систем бортового оборудования, в процессе которого устанавливается предварительная номенклатура средств и определяются методы, обеспечивающие взаимозаменяемость и постоянство мест установки оборудования и прокладки коммуникаций.

Технологичность всех бортовых систем характеризуется многими показателями, которые учитывают специфические особенности этих систем. Но существуют общие показатели технологичности бортовых систем:

- расчленённость бортовых систем на технологически самостоятельные взаимозаменяемые элементы;
- рациональность размещения элементов бортовых систем в отсеках планера;
- возможность отработки, регулировки, испытания и контроля систем и их элементов на основных стадиях их изготовления и монтажа.

Технологичность определяется уровнем совершенства конструкции бортовых систем, обуславливающая возможность применения более совершенных технологий по монтажу, испытаниям и контролю. При проектировании бортового оборудования, для снижения трудоёмкости монтажных работ, рекомендуется выполнять следующие общие положения, позволяющие повысить технологичность изделия:

- при монтаже бортового оборудования нецелесообразно выполнять разметочные, сверлильные и подгоночные работы, связанные с образованием стружки. Поэтому детали крепления бортового оборудования типа кронштейнов, уголков, диафрагм т. д. рекомендуется устанавливать заранее при агрегатной сборке и проектировать по чертежам планера, включая их в силовые схемы каркаса;
- при проектировании деталей планера с целью исключения сверления отверстий и доводочных работ при монтаже должно быть увязано взаимное расположение отверстий, вы-

- резов и посадочных мест под установку узлов бортового оборудования прокладку коммуникаций;
- следует предусматривать конструктивную преемственность деталей и узлов систем. Рекомендуется по возможности применять ранее разработанные и зарекомендовавшие себя в эксплуатации технологичные элементы и участки систем бортового оборудования;
 - рекомендуется максимально использовать стандартизованные элементы систем;
 - при проектировании систем бортового оборудования необходимо предусматривать возможность доступа с необходимым инструментом к соединяемым агрегатам, готовым изделиям для их проверки, замены или ремонта. Для этого рекомендуется создавать открытые конструкции планера, предусматривать разъемы отсеков и совмещение с ними разъемов коммуникаций, а также технологические и эксплуатационные лючки. Совмещение разъемов отсеков с разъемами коммуникаций позволяет производить монтаж бортового оборудования в отсеках планера до их стыковки;
 - технологичным конструктивным решением следует считать такое размещение агрегатов и узлов систем, при котором съём одного из них для осмотра или замены не вызывает демонтажа расположенных рядом агрегатов;
 - конструкция соединений должна предусматривать их быстрый и легкий разъем на случай демонтажа;
 - готовые изделия и агрегаты не должны закрывать доступ к местам стыков и соединений отсеков планера. Для этого монтаж оборудования бортовых систем рекомендуется производить вне стыков планера, располагая там лишь стыки коммуникаций;
 - при проектировании готовые изделия, арматуру и коммуникации бортовых систем рекомендуется объединять в крупные монтажные узлы и располагать на съёмных панелях или крышках. На панелях закрепляется несколько узлов и готовых изделий одной системы, соединённых друг с другом непосредственно или с помощью коммуникаций. Готовые изделия и агрегаты оборудования, входящие в монтажный узел, следует по возможности соединять без трубопроводов, то есть блокировать. Блокирование позволяет сократить количество соединительной арматуры и протяженность трубопровода, упростить монтаж, уменьшить вес изделия и повысить его надежность;
 - расположение бортовых систем в изделии должно исключать возможность попадания рабочей жидкости на аппаратуру и электрожгуты. Трубопроводы кислородной системы необходимо размещать выше трубопроводов гидросистемы;
 - при проектировании систем следует предусматривать возможность применения средств механизации и автоматизации монтажа и выполнения максимального количества монтажей на верстаке;
 - для прокладки коммуникаций рекомендуется предусматривать специальные места в виде ниш и желобов, закрываемых легкосъёмными панелями или лючками, или прокладку проектировать в обтекателях, гаргротах и т. п.;
 - при выборе крепежных деталей необходимо предусматривать максимальное использование стандартов и нормалей. Общее количество типоразмеров используемых крепежных деталей должно быть минимальным;
 - конструкция элементов крепления узлов и коммуникаций бортового оборудования должна состоять из минимального количества деталей; для крепления следует широко использовать элементы каркаса изделия;
 - крепление агрегатов и готовых изделий бортового оборудования на кронштейнах или профилях рекомендуется производить по анкерным гайкам;

- все бортовые штуцера и разъемы рекомендуется применять нормализованными или стандартизованными в соответствии с действующими отраслевыми нормами или стандартами;
- для удобства эксплуатации разъемы соединений коммуникаций, особенно в эксплуатационных разъемах планера, целесообразно помещать в одном месте и по возможности на одной панели;
- конструкция систем должна удовлетворять требованиям автоматизированного контроля без демонтажа бортового оборудования;
- при разработке конструкции каждой системы оборудования следует предусматривать возможность контроля и испытания систем или их участков в отдельных агрегатах.
- в технические условия на крупные монтажные узлы следует включать раздел проверки их перед монтажом;
- координаты мест установки и точек крепления на всех чертежах следует показывать только относительно физических баз, например, шпангоутов, лонжеронов и т. п. От теоретических осей рекомендуется показывать только справочные размеры;
- общий вид установочного чертежа бортового оборудования должен давать представление о конструкции, способе установки и координатах мест крепления. Направление полета всегда должно быть показано стрелкой.

Выбор наиболее экономичных и производительных технологических процессов изготовления данной конструкции представляет собой довольно сложную задачу, решение которой должно основываться на достижениях современной технологии и организации производства.

Общие положения по компоновке систем бортового оборудования, обеспечению геометрической взаимозаменяемости стандартизации и унификации элементов, а также возможности применения высокопроизводительных типовых технологических процессов в равной степени относятся ко всем системам и элементам и должны учитываться при проектировании.

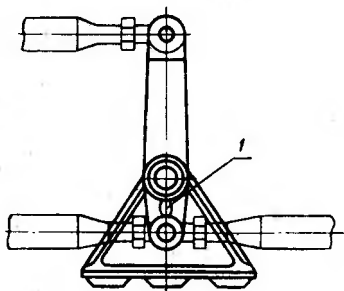
2.2 Технологичность конструкции системы управления при выполнении монтажных работ

Специфические требования по технологичности механических элементов бортовых систем представлены на примере требований по технологичности конструкции механической составляющей системы управления самолёта.

Технологические процессы монтажа механических узлов и агрегатов системы управления при производстве разных типов самолетов характеризуются значительным объёмом ручных слесарных и регулировочных работ. Как известно, качество выполненных работ зависит от исполнителя и в этом случае технологичность конструкции системы управления позволяет обеспечить выполнение требования технических условий при минимальных производственных издержках. Поэтому для снижения трудоёмкости монтажных работ и обеспечения требуемого качества изделия при проектировании системы управления рекомендуется выполнять следующие положения, которые должны быть проанализированы в рамках технологической проработки при запуске самолёта в производство:

В целях удобства регулирования и контроля механических систем рекомендуется предусматривать в конструкции качалок и кронштейнов (их крепления) отверстия для фикса-

ции качалок в нейтральном положении технологическими штырями ослабленной конструкции (рисунок 2.1) или наносить отметки краской.



*Рисунок 2.1 - Фиксация элемента системы управления в нейтральном положении с помощью технологического штыря:
1 – штырь.*

При проектировании системы управления в местах разъемов отсеков изделия следует предусматривать разъемы в самой системе.

При проектировании длинных магистралей механических систем следует применять направляющие с роликами по нормали АН-1927 или поддерживающие качалки (рисунок 2.2).

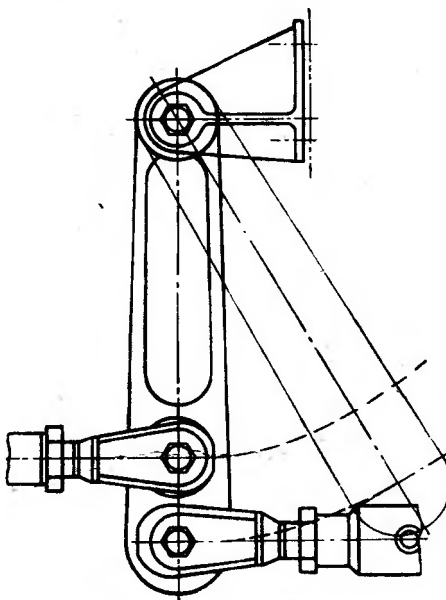


Рисунок 2.2 – поддерживающая качалка.

При проектировании системы не все тяги следует делать регулируемы. Если в системе применяются направляющие с роликами, то до 80% тяг могут быть нерегулируемы. При использовании в системе поддерживающих качалок, непосредственно соединяющихся с концами тяг, число нерегулируемых тяг уменьшается до 20%.

В целях повышения надежности системы количество регулируемых тяг следует сводить к минимуму. Достигнуть этого можно, если обеспечить при сборке точную установку кронштейнов качалок относительно друг друга.

При проектировании системы передачи движения в целях исключения увеличения суммарных люфтов и трудоемкости производства не рекомендуется в кинематическую схему включать дополнительные передаточные элементы в виде роликов и валов.

При проектировании системы управления не рекомендуется размещать рулевые машинки вдали от исполнительных органов, так как это вызывает увеличение суммарного люфта звеньев кинематической схемы.

В случае аварийного заклинивания автопилота и необходимости переключения системы на ручное управление рекомендуется в конструкции системы предусматривать специальное отключающее устройство, размыкающее место соединения двух роликов, один из которых работает от рулевой машинки, а другой передает движение системе управления. При нормальной работе автопилота два ролика, установленные на разных осях, работают совместно, так как оси, на которых они посажены, законтрены специальной стопорной шпилькой.

От подрыва пиропатрона газы, попадая в корпус цилиндра, выталкивают стопорную шпильку, которая расконтривает оси роликов. Ролик, передающий движение системе, получает свободу и может вращаться от ручного управления пилота независимо от положения и состояния ролика, работающего только от рулевой машинки, которая в рассматриваемом случае заклинена.

При проектировании системы ножного управления рекомендуется использовать нормали на педали АН-1903.

Для монтажа качалок в конструкции планерной части изделия предусматривать специальные посадочные места под их установку. На рисунке 2.3 показана установка качалки в гнездо планерной части изделия.

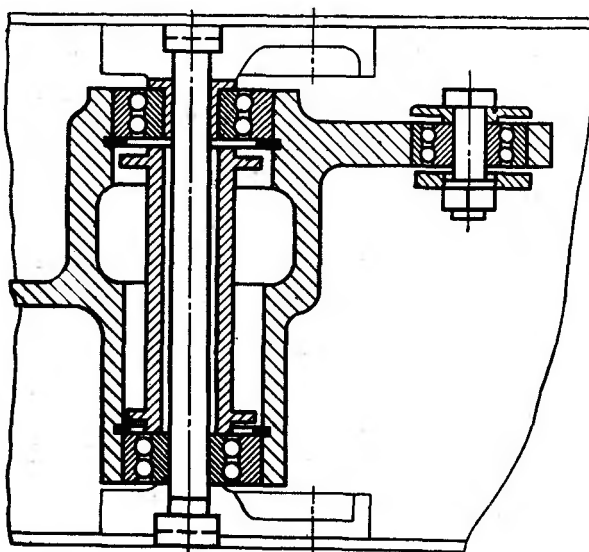


Рисунок 2.3 - установка качалки в гнездо планерной части изделия

Если качалки устанавливаются на кронштейны, то для обеспечения верстачной сборки рекомендуется проектировать единый сборочный чертеж качалки с кронштейном, по которому должен собираться узел. На рисунке 2.4 показан чертеж качалки в сборе с кронштейном.

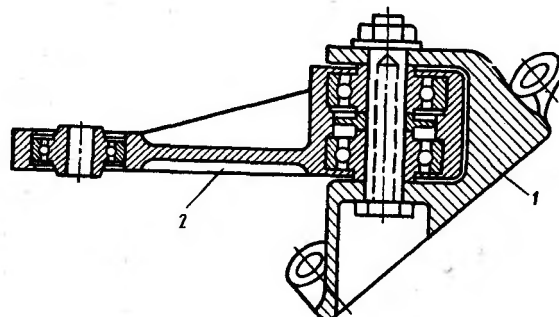


Рисунок 2.4 – качалка в сборе с кронштейном

Герметизацию тяг без качалок проектировать по нормальям АН-1152, АН-1809 или как показано на рисунке 2.5, причем кронштейны, на которые натягиваются, чехлы герметизации, в случае групповой прокладки тяг рекомендуется располагать на одном щитке.

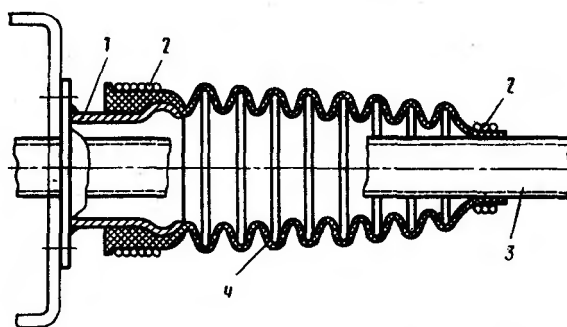


Рисунок 2.5 – герметизация тяг с помощью чехла
1- кронштейн; 2 – бандаж; 3 – тяга; 4 – гофрированный чехол

При проектировании системы управления для создания имитации аэродинамической нагрузки на педалях от руля направления и на штурвале от элеронов в системах управления необходимо устанавливать пружинные загрузатели.

При проектировании длинных магистралей тросовых проводок в целях удобства регулирования и обеспечения правильного натяжения тросов в процессе эксплуатации необходимо применять регуляторы натяжения тросов.

Заделку отверстий в перегородке для тросов производить по нормали АН-1004 (1082С50).

Оси тросов должны совпадать с плоскостями роликов. Допустимый перекося троса относительно плоскости канавки ролика не должен превышать $\pm 2^\circ$ (рисунок 2.6).

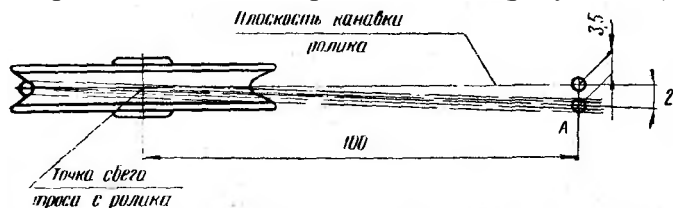


Рисунок 2.6 – допустимый перекося троса относительно плоскости канавки ролика

Тендеры тросовых проводок проектировать по нормали АН-895.

Для удобства регулировки и подхода к соединениям тендеры тросовых проводок и регулируемые концы тяг следует размещать в шахматном порядке.

Крепление троса на барабане можно производить с помощью закрепленной на конце троса втулки, которая вводится в специальный паз на барабане и контрится от выпадания проволокой. Такая заделка обеспечивает простоту и надежность в работе. Зазор между ушками тяг и вилками качалок при отклонении в крайние положения должен предусматриваться не менее 3 мм.

Зазор между ушком тяги и внутренними плоскостями щек вилки качалки должен быть не менее 0,3 мм при любых рабочих положениях (рисунок 2.6). Зазор можно обеспечить фасками на кромках внутренних сторон щек вилок качалок.

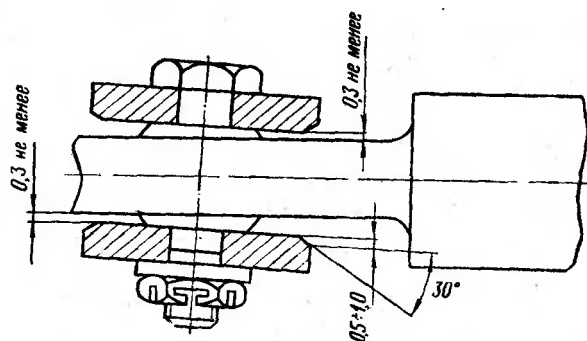


Рисунок 2.7 - Зазор между ушком тяги и внутренними плоскостями щек вилки качалки

Зазор между тросом и кронштейном, по ролику которого проходит данный трос, а также между деталями каркаса, расположенными на расстоянии не более 100 мм от точки сбега троса с ролика, должен быть не менее 2 мм.

Все движущиеся и вращающиеся детали системы управления не должны касаться деталей конструкции каркаса и оборудования, при этом зазоры должны быть не менее 5 мм для тяговых и не менее 10 мм для тросовых проводок при всех рабочих положениях элементов систем управления.

Зазоры между подвижными деталями системы управления и подвижными деталями других агрегатов во всех случаях должны быть не менее 10 мм для тяговых и 15 мм для тросовых проводок.

Зазор между подвижными деталями системы управления и электрожгутами должен быть не менее 15 мм при любых положениях элементов управления.

Этап рабочего проектирования уточняет сборочные чертежи. На этом этапе разрабатываются сборочные единицы, чертежи на детали, составляются производственные инструкции и технические условия.

В рабочих чертежах нумеруются все узлы и элементы системы. К чертежам прикладывается форма согласно ГОСТ 2.108-68.

При проектировании тяг следует пользоваться ОСТ 1.12610 - 76...ОСТ 1.12613 - 76. Для повышения надежности систем управления рулями необходимо использовать тяги без регулируемых наконечников. В местах разъемов тяги должны быть регулируемы.

Для обеспечения отсутствия люфта в системах управления проектировать жесткие нерегулируемые тяги (рисунок 2.8).

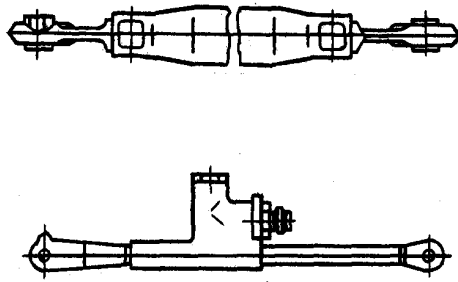


Рисунок 2.8 - Нерегулируемые тяги управления

В зависимости от назначения следует проектировать тяги: короткие малогабаритные со штампованным прутком по ОСТ 1.12575 - 76 и ОСТ. 1.12578 - 76 (рисунок 2.9);

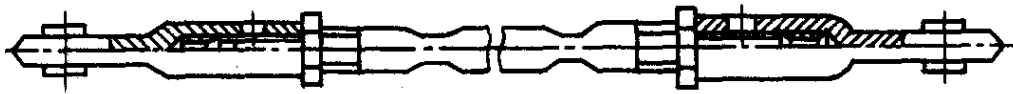


Рисунок 2.9 - Короткая малогабаритная тяга со штампованным прутком

штампованные тяги-серьги длиной до 150 мм (рисунок 2.10);

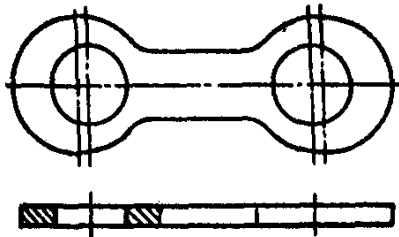


Рисунок 2.10 - Штампованная тяга-серьга

состоящие из двух частей (собственно тяги и наконечника), соединяемых резьбой (рисунок 2.11);



Рисунок 2.11 - Короткая регулируемая тяга из двух частей - тяги и наконечника

короткие стальные нерегулируемые, изготавливаемые сваркой (рисунок 2.12);

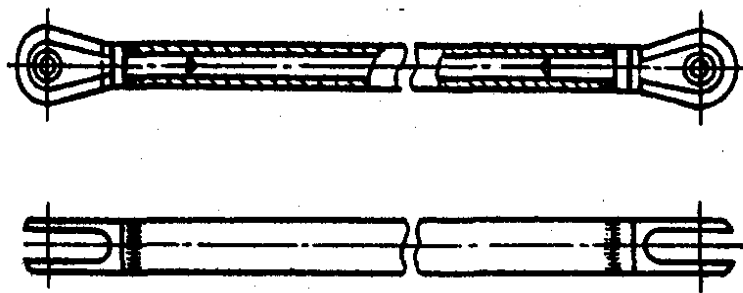
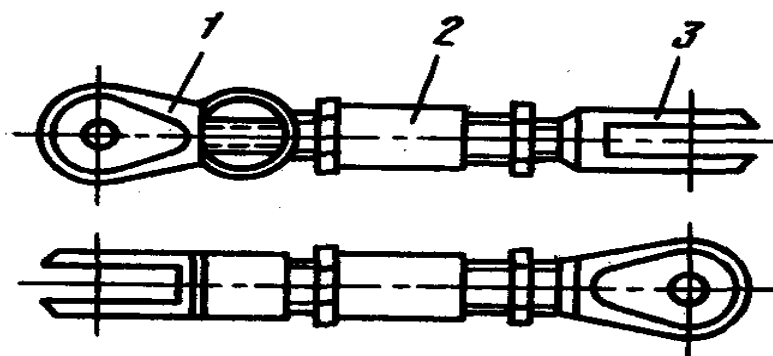


Рисунок 2.12 - Короткая стальная нерегулируемая сварная тяга

короткие, состоящие из двух регулируемых наконечников и тандера (рисунок 2.13).



*Рисунок 2.13 - Короткая регулируемая тяга с тандером:
1-наконечник-тандер; 2 - труба; 3 - вильчатый наконечник*

При регулировке системы управления тяги с тандером исключают необходимость отсоединения регулируемого конца и обеспечивают быструю и точную регулировку системы. При подсоединении к агрегатам следует применять короткие тяги. При проектировании тяг с регулируемыми наконечниками для контроля правильности соединения наконечника с трубой необходимо наличие в трубе контрольного отверстия (рисунок 2.14) согласно ОСТ 1.12791-77. В этом ОСТе также даны рекомендации по подбору труб при проектировании тяг. Технические условия необходимо назначать по ОСТ 1.00856 - 77.

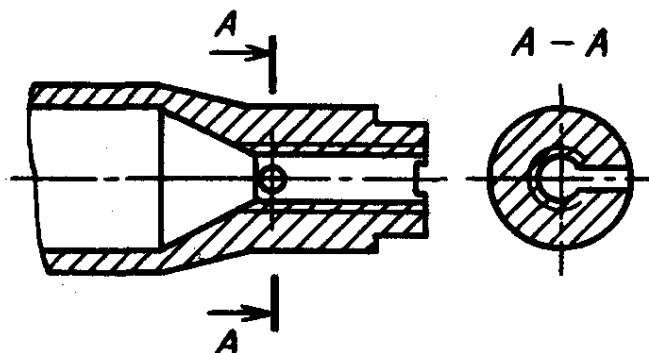


Рисунок 2.14 - Труба с контрольным отверстием

Рекомендуемые конструкции наконечников тяг приведены в ОСТ 1.12801 — 77, 1.12798-77, 1.12800-77, 1.12793-77, 1.12792-77, 1.12576-77, 1.12576-76. Подбор наконечников тяг осуществляется согласно ОСТ 1.00857 - 77.

Проектируя качалки (рисунок 2.15), следует создавать вильчатые наконечники с запрессованными втулками, что значительно технологичнее подшипников. Более нагруженные качалки рекомендуется проектировать из литейной стали, менее нагруженные - из алюминиевых сплавов.

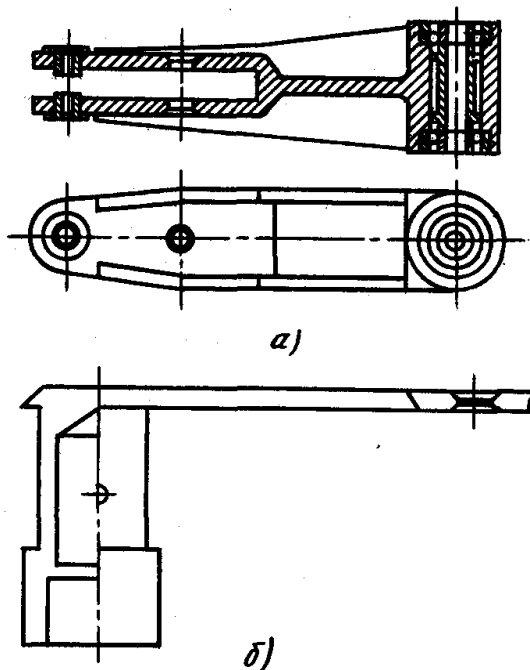


Рисунок 2.15 - Качалки для передачи движения в одной плоскости (а) и в параллельных плоскостях (б)

Качалки, кренящиеся на оси воздушных и газовых рулей, следует проектировать указанных на рисунках 2.16 и 2.17 типов.



Рисунок 2.16 - Качалка-ушко

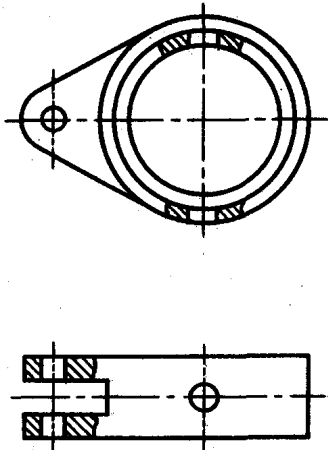


Рисунок 2.17 - Качалка, крепящаяся на оси

Для передачи движения в системе управления в разных плоскостях необходимо использовать направляющие (рисунок 2.18), разрабатываемые согласно ОСТ 1.12683-76...ОСТ 1.12690 - 76 и ОСТ 1.00839 - 76.

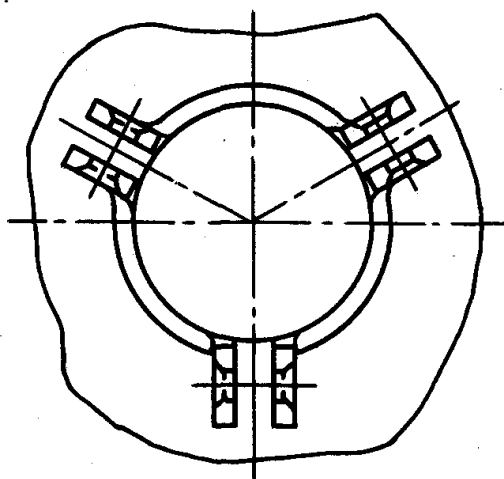
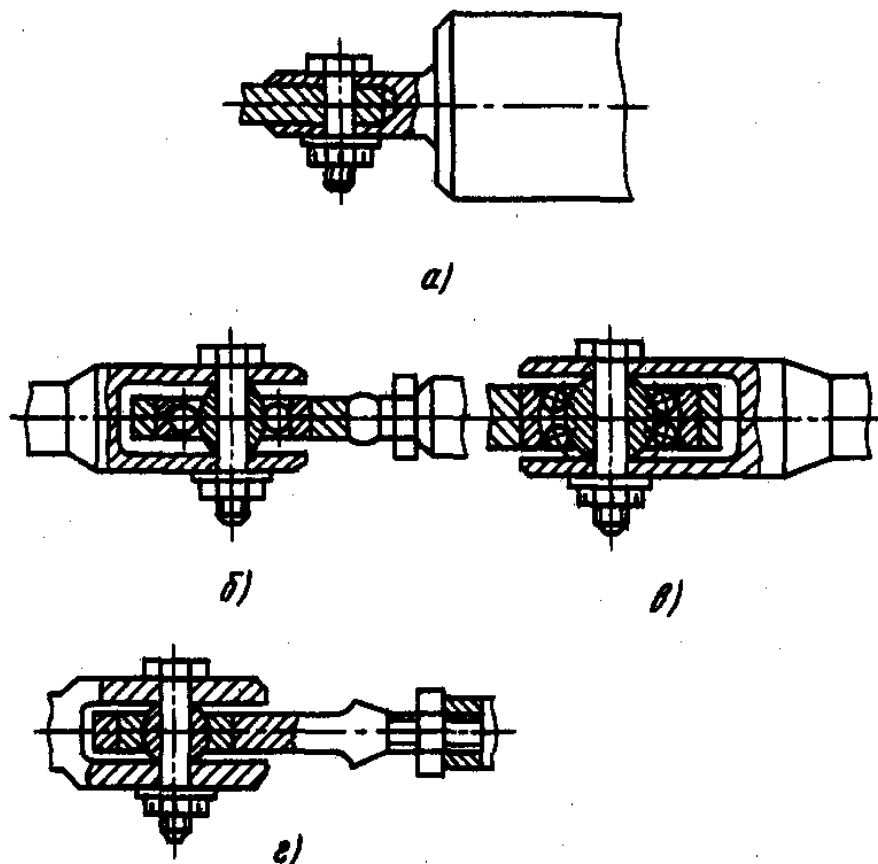


Рисунок 2.18 - Направляющая тяг управления

Соединение тяг с качалками и готовыми изделиями осуществляется по ОСТ 1.41770 - 78...ОСТ 1.41776 - 78, ОСТ 1.41778 - 78, ОСТ 1.41779 - 79 (рис. 18.34). Соединение осей с качалками должно обеспечивать минимальный люфт.



*Рисунок 2.19 - Виды соединений элементов системы управления:
 а - бесподшипниковые; б, в - подшипниковые с удлиненным внутренним кольцом;
 г — шарнирные с подшипником*

Крепление качалки на оси рекомендуется проектировать, как показано на рисунке 2.20. Это крепление удобно и надежно.

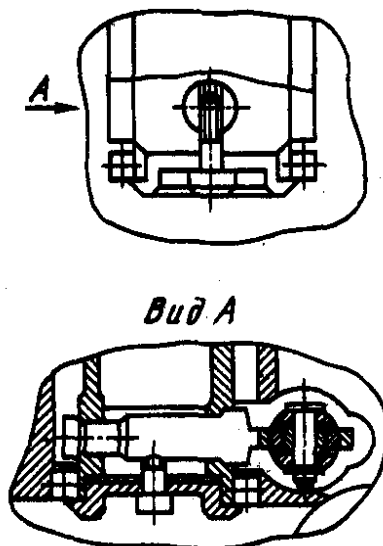
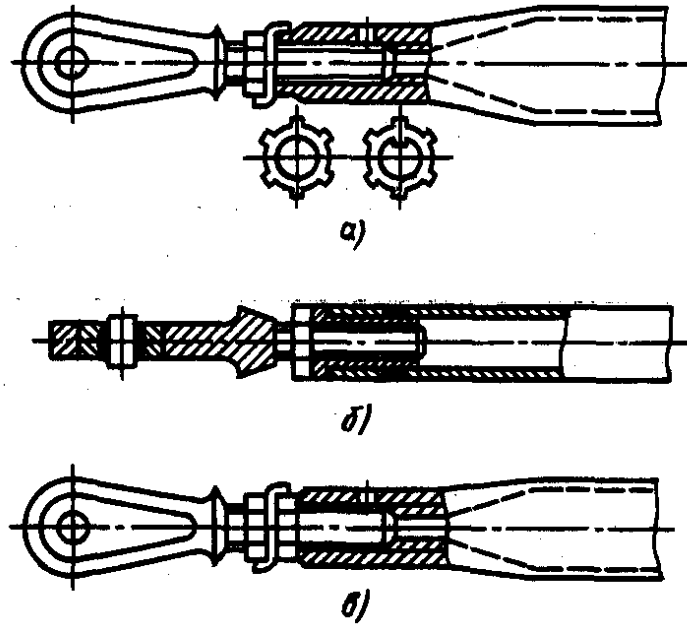


Рисунок 2.20 - Крепление качалки на оси

Контровка соединений осуществляется несколькими способами (рисунок 2.21).



*Рисунок 2.21 – Способы контровки:
 а - одной гайкой с отгибкой шайбой; б - одной гайкой; в - двумя гайками с отгибкой шайбой*

2.3 Задачи, решаемые при конструктивно-технологической отработке монтажей систем самолёта

Насыщенность самолетных конструкций бортовым оборудованием и трудность подходов к нему при монтаже и эксплуатации, а также высокие требования к качеству и надежности работы всех систем самолета требуют высокой технологичности их конструкций.

Конструктивно-технологическая отработка монтажей систем и оборудования проводится с целью обеспечения взаимозаменяемости деталей, узлов и агрегатов систем, для увязки сборочной оснастки, с целью проверки систем на работоспособность, для разработки наиболее совершенных технологических процессов монтажных работ.

Обязательность отработки конструкций изделий на технологичность на всех стадиях их создания устанавливается стандартами Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП). При решении основной задачи отработки конструкции на технологичность необходимо учитывать, что каждое изделие должно рассматриваться как объект проектирования, производства, эксплуатации.

Конструктивно-технологическая отработка монтажей систем и оборудования реализуется:

- в процессе конструктивно-технологического анализа документации на системы самолёта;
- в процессах плазменной отработки;
- путём проверки на функционирование на макетах и стендах отдельных систем;
- в процессе отработки всех систем на макетном самолёте и на объёмных плазах.

В настоящее время всё более распространяется бесплазменная конструктивно-технологическая отработка монтажных работ, основана на внедрении 3-D моделирования систем и обо-

рудования с использованием средств анимации соответствующего программного обеспечения.

Изделие и его составные части - системы бортового оборудования, являясь объектом проектирования, проходят ряд стадий, специфику которых необходимо учитывать при отработке конструкции на технологичность.

Для своевременной отработки конструкции на технологичность, сокращения сроков проектирования, быстрого получения отправных данных для подготовки производства технологи должны участвовать в разработке конструкции изделия на всех стадиях проектирования, отчетливо представляя как специфику каждой стадии проектирования, так и специфику изделия как объекта производства.

При отработке на технологичность конструкции изделия и его составных частей - систем бортового оборудования, являющихся объектом производства, учитываются: виды и методы сборки, монтажа, контроля и испытаний, отработки на функционирование, возможность использования типовых технологических процессов, механизации и автоматизации процессов изготовления и технологической подготовки производства, а также условия материального обеспечения производства и требуемая квалификация рабочих кадров.

При отработке на технологичность конструкции изделия и его составных частей - систем бортового оборудования, являющихся объектом эксплуатации, анализируют приспособленность (удобство) изделия к проведению монтажных работ.

Изделия и их составные части - системы бортового оборудования - могут быть различного вида, что существенно влияет на содержание задач, решаемых при отработке на технологичность. Согласно ГОСТ 2.101 -68 изделия подразделяются: на детали; сборочные (монтажно-сборочные) единицы; комплексы (функциональные, монтажные); комплекты.

Соответственно целесообразно разграничивать и задачи, решаемые при отработке конструкции изделия на технологичность. При отработке конструкций изделий всех видов на технологичность ставятся следующие задачи:

- снижение трудоемкости изготовления изделия;
- стандартизация составных частей изделия;
- унификация составных частей изделия;
- унификация элементов конструкции деталей;
- возможность применения типовых технологических процессов сборки, монтажа, контроля, испытания и отработки систем бортового оборудования при их производстве.

Снижение трудоемкости изготовления изделий зависит от многих факторов, главными из которых следует считать стандартизацию, унификацию составных частей изделий и их элементов, типизацию технологических процессов их изготовления.

Стандартизация составных частей изделия подразумевает применение стандартных сборочных (монтажно-сборочных) единиц (блоков, агрегатов), деталей крепежа и др.

При использовании стандартных составных частей изделия создаются предпосылки для их централизованного производства, облегчается обеспечение их взаимозаменяемости, обеспечивается возможность ликвидации подгоночных работ при сборке и монтаже и существенно облегчаются техническое обслуживание и ремонт изделий.

Унификация составных частей изделия подразумевает:

- использование в проектируемых изделиях составных частей конструкций, отработанных на технологичность и освоенных в производстве;
- использование покупных изделий;
- унификацию конструктивных материалов;

сокращение числа наименований и типоразмеров составных частей изделия.

Унификация элементов конструкций деталей подразумевает применение унифицированных радиусов гиба трубопроводов и патрубков, резьб, шлицев, шпонок, модулей зубьев, диаметров отверстий, радиусов сопряжения поверхностей, а также точности размеров и посадок.

Применение типовых технологических процессов сборки, монтажа, контроля, испытания и отработки систем бортового оборудования основано на группировании однотипных составных частей изделия в целях повышения серийности производства, что создает условия для повышения уровня его механизации и автоматизации, сокращения сроков изготовления изделий.

Для отработки конструкций изделий типа сборочных (монтажно-сборочных) единиц на технологичность важным является обеспечение:

- рационального членения изделия на составные части;
- технологичности принципиальной и конструктивной схем сборочной (монтажно-сборочной) единицы;
- технологичной компоновки сборочной (монтажно-сборочной) единицы;
- геометрической взаимозаменяемости составной части изделия и ее элементов;
- условий регулировки;
- условий применения высокопроизводительных технологических процессов сборки, монтажа, контроля, испытания и отработки систем бортового оборудования, ограничения и сокращения номенклатуры материалов, используемых в составных частях изделия (монтажных элементов).

Рациональное членение изделия на составные части (сборочные, монтажные и монтажно-сборочные единицы) обеспечивает независимую параллельную сборку, сокращает цикл общей сборки изделия, улучшает условия сборки, контроля, испытания и отработки по составным частям изделия.

Технологичность принципиальной и конструктивной схем сборочной (монтажно-сборочной) единицы характеризуется надежным выполнением установленных для изделия функций при минимальном числе составных частей.

Технологичность компоновки сборочной (монтажно-сборочной) единицы характеризуется ее рациональностью с точки зрения компактности, сочетаемой с удобствами сборки (монтажа), контроля, испытания и отработки в процессе изготовления и технического обслуживания изделия при эксплуатации.

Геометрическая взаимозаменяемость систем бортового оборудования должна закладываться при проектировании и обеспечиваться на всех этапах увязки и конструктивно-технологической отработки монтажей в ОКБ и на серийном заводе.

2.4 Конструктивно-технологический анализ чертежей на системы самолёта

При запуске самолёта в производство, в процессе конструктивно-технологического анализа документации на системы бортового оборудования устанавливается предварительная номенклатура средств, и определяются методы, обеспечивающие взаимозаменяемость узлов и агрегатов систем самолёта. В процессе конструктивно-технологического анализа чертежей определяют соответствие конструкции систем положениями, учитывающими положительный опыт проектирования и эксплуатации авиационной техники. Общие рекомендации к конструкции систем самолёта приведены в п. 2.1.

Наиболее сложными с точки зрения обеспечения взаимозаменяемости являются трубопроводные системы, взаимозаменяемость которых должна обеспечиваться их рациональной компоновкой, выбором единых конструктивно-технологических баз в монтажных зонах, увязкой конструкторской документации и конструктивно-технологической отработкой монтажей систем, точностью и стабильностью технологических процессов изготовления элементов систем и выполнения посадочных мест в корпусе, оптимальной последовательностью работ в монтажной зоне и на ее границах.

При назначении методов и средств обеспечения взаимозаменяемости и постоянства установки элементов систем бортового оборудования необходимо учитывать требования точности и экономичности.

Важным фактором при сборке и эксплуатации изделия является обеспечение необходимых и удобных условий регулировки систем бортового оборудования, существенно влияющих на технологичность конструкции.

Необходимо предусматривать обеспечение условий применения высокопроизводительных технологических процессов сборки, монтажа, контроля и испытания как для многодетальных сборочных (монтажно-сборочных) единиц, так и для соединений (разъемных и неразъемных) двух деталей между собой, например обеспечение условий пайки соединений трубопроводов при монтаже системы на изделии, контроля монтажных напряжений в разъемных соединениях, использования оснастки при монтаже, применения автоматических средств контроля и т. д.

Необходимо ограничивать и сокращать номенклатуру материалов, используемых в составных частях изделия, что упрощает подготовку его производства и материально-техническое снабжение.

Для деталей систем самолёта при проработке конструкторской документации и отработке на технологичность решаются следующие задачи:

- рациональный выбор конструктивных баз, обеспечивающий возможность их использования в качестве технологических баз и позволяющий повысить точность изготовления за счет исключения погрешности базирования;
- правильная простановка размеров, обеспечивающая требуемую точность функциональных параметров и методов их обеспечения;
- обеспечение возможности применения высокопроизводительных технологических процессов, позволяющих снизить трудоемкость и время изготовления;
- обеспечение четкой принадлежности конструкции детали к определенной классификационной группе, на представителя которой составлен типовой технологический процесс, сокращающий период технологической подготовки производства и создающий условия для использования наиболее производительного оборудования и технологического оснащения.

2.5 Плазовая отработка монтажей бортового оборудования

Плазовая отработка технологий монтажей бортового оборудования - определение наиболее рациональной с точки зрения обеспечения конструктивных и эксплуатационных факторов размещения агрегатов и узлов, трубопроводов, электрожгутов, при обеспечении наименьшей длины трасс и минимального количества разъемов.

Плазовая проработка монтажей позволяет определить размеры и формы большинства элементов систем и мест сопряжения их с планером. Проработка конструкции на плазах позволяет добиться наиболее рационального размещения оборудования, приборов, коммуникаций и обеспечивает необходимые эксплуатационные зазоры.

С этой целью на плазы наносятся все агрегаты и элементы систем, включая оборудование и коммуникации (трубопроводы).

Проработка систем на плазах имеет свои особенности.

С целью увязки с элементами планера и взаимной увязки вся бортовая аппаратура, в том числе и коммутационная, должна наноситься на плазы. Это дает возможность, кроме увязки, подготовить на плазах исходные данные для создания оснастки, обеспечивающей взаимозаменяемость при сборке всех элементов систем.

Плазовую увязку элементов коммуникации следует проводить обязательно в тех случаях:

- а) когда элементы коммуникаций проходят через различные отверстия в элементах конструкции;
- б) когда коммуникации проходят через сечения, сильно стесненные размещенным в них оборудованием.

При проведении плазовых работ по отработке бортовых систем основной задачей является определение наиболее выгодного размещения всех элементов систем, а именно: такого размещения, которое обеспечивает необходимые конструктивные и эксплуатационные зазоры как между элементами оборудования, так и деталями планера, обеспечивает наименьшую длину трубопроводов, необходимые удобства в эксплуатации и при монтаже в производстве.

Исходя из перечисленных задач конструктивно-технологическая проработка чертежей на плазах проводится в следующей последовательности:

- расчерчивание теоретических обводов и элементов конструкции планера;
- расчерчивание кинематических схем управления различными агрегатами самолета;
- расчерчивание агрегатов и блоков оборудования и трасс электрической, гидравлической и других систем самолета;
- отработка на плазах расположения всех элементов коммуникаций с обеспечением необходимых эксплуатационных подходов, зазоров и технологичности монтажей.

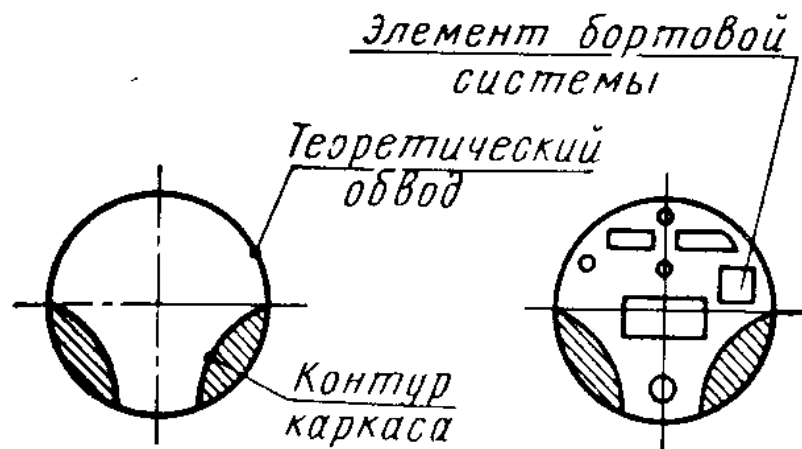


Рисунок 2.22– схема размещения элементов бортовых систем внутри контура каркаса

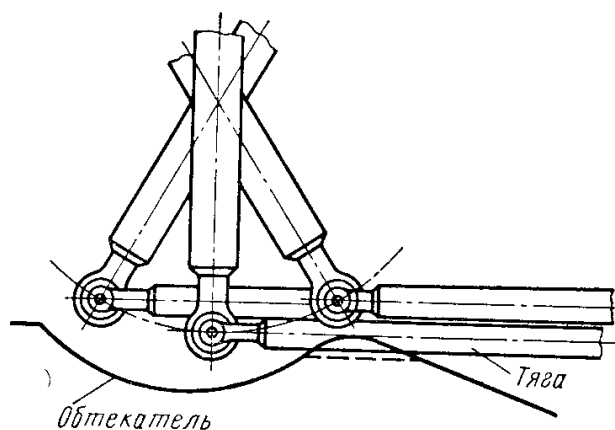


Рисунок 2.23– пример плазменной увязки элементов системы управления (на плазе выяснено, что контуры обтекателя определены неправильно)

В зависимости от конструктивно-технологических особенностей изделия, насыщенности оборудования тех или иных его отсеков самолет делится на зоны.

Для плазменной проработки систем используются основные контурные плазмы, при необходимости вычерчиваются дополнительные проекции и сечения.

Для ускорения работ графическая компоновка узлов и агрегатов оборудования и вся последующая увязка производится на дополнительных плазмах, а там, где это возможно - на основных плазмах.

На дополнительных плазмах копируются контуры сечений и необходимые конструктивные элементы планера, а также баки для горючего, контуры двигателя с его оборудованием и другие элементы самолета, попадающие в рассматриваемое сечение. После этого по конструктивным чертежам и схемам производится размещение оборудования со всеми разъемами и учетом их перемещений подвижных систем и необходимых зазоров.

Тяги и рычаги управления на плазмах наносятся в среднем и крайних отклоненных положениях, а в необходимых случаях проверяются зазоры и в промежуточных положениях, во всех случаях добиваются требуемых безопасных зазоров. Такая плазменная проработка расстановки оборудования и элементов управления позволяет выявить в конструкторской документации неувязки и внести уточнения.

После расстановки оборудования и элементов управления наносятся трубопроводы большого сечения (более 18 мм) и основные крупные электрожгуты. Одновременно намечаются наиболее рациональные трассы для прокладки этих магистралей, при этом необходимо учитывать удобства монтажа трубопровода и присоединения его к штуцерам агрегатов.

При разработке технологии монтажных работ, ведущейся параллельно с плазовыми работами, необходимо обратить внимание на выбор баз, относительно которых должны фиксироваться агрегаты, соединенные трубопроводом. Базы назначаются совместно с ведущим конструктором, конструктором приспособлений и технологом-монтажником.

Выбранные базы должны обеспечить точное взаимное размещение блоков и приборов, расположенных близко друг к другу, и сохранение зазоров со смежными элементами конструкции.

Размещение нескольких блоков, агрегатов и приборов на общей панели позволяет наиболее точно зафиксировать их взаимное расположение. Когда по условиям компоновки невозможно разместить агрегаты на общей панели, особое значение приобретают базы, относительно которых задаются установочные координаты. В каждом отдельном случае базу нужно выбирать, исходя из фиксации положения блоков друг относительно друга и с учетом колебаний размеров на установку элементов корпуса.

2.6 Проверка функционирования и уточнение физических параметров систем на макетах и стендах

В самолете, кроме геометрической взаимозаменяемости, точности размеров элементов магистралей, расстановки приборов и оборудования, необходимо обеспечить взаимозаменяемость внутри отдельной системы, определяющую эффективность ее функционирования.

Функциональная взаимозаменяемость или идентичность качественных и количественных характеристик функционирования систем определяется ее параметрами, поэтому степень взаимозаменяемости может быть задана допусками на эти параметры. Для проверки функционирования и уточнения физических параметров систем целесообразно создавать макеты отдельных систем и объемные стенды для испытаний их наиболее важных участков. Примененные на практике макеты электросистемы и гидросистемы и стенды системы управления, примененные для постановки на производство некоторых самолетов, позволили снизить трудоёмкость отработки. С помощью этих макетов выявлен ряд ошибок в чертежах и принципиальных схемах электросистемы и гидросистемы.

Как показывает опыт, в ходе серийного производства ведется непрерывное модифицирование самолета, вводятся новые готовые изделия и потребители энергии. Для качественной проработки чертежей необходимо предстоящие изменения в схемах предварительно проверить на макете; для этого все изменения схемы необходимо своевременно производить на соответствующем макете. Если схемы для самолетов разных серий отличаются друг от друга, макет системы должен иметь ответвления, каждое из которых характеризует тот или иной серийный вариант.

Стенды и макеты отдельных систем могут быть использованы для предварительных ресурсных испытаний систем. Это позволит выявить недостаточно надежные агрегаты оборудования еще задолго до сборки первого самолета. При этих испытаниях участки магистралей систем будут отличаться от участков магистралей будущего самолета только по длине и конфигурации.

Как бы тщательно ни была проведена увязка на макетах и на стендах, окончательная отработка сложных пространственных элементов всех систем должна быть проведена на технологическом отсеке и в крайнем случае - на первом образце.

2.7 Макетный самолет, объемный плаз.

Окончательная объемная конструктивно-технологическая отработка монтажей систем оборудования по зонам

В практике отечественного самолетостроения для отработки конструкции планера и монтажа систем самолета применяются:

- технологический самолет;
- объемный плаз;
- 1-й образец (эталонная машина).

Макетный самолёт.

Благодаря большой наглядности при отработке технологического самолета удастся изыскать еще более простые решения по компоновке приборов и монтажу элементов коммуникаций: сократить число соединений, повысить эксплуатационные качества за счет обеспечения надлежащих зазоров, подходов, создать монтажные панели и блоки, выявить ошибки в чертежах и технологии.

Объем работ по конструктивно-технологической отработке систем на технологическом самолете или отсеке в случае предварительного проведения плазовой и маетной увязки значительно снижается.

Решение о постройке макетного самолета, отсека или выделении первой машины для объемной конструктивно-технологической отработки принимается в зависимости от степени насыщения самолета всевозможным оборудованием, а также от особенностей монтажа. Критерием здесь может служить коэффициент насыщенности сечения, равный отношению суммы площадей сечения, занятых оборудованием, к общей свободной площади сечения.

При коэффициенте насыщенности сечения, равном или большем 80 %, как показывает опыт, необходимо монтажи систем отработать на технологическом самолете или в объемном плазе. Когда объем самолета занят оборудованием неравномерно, можно строить не технологический самолет, а технологические отсеки. Технологический самолет или отдельные отсеки изготавливаются по серийным чертежам.

Для сокращения сроков сборки технологического самолета можно в виде исключения использовать материалы-заменители для изготовления некоторых деталей.

При сборке технологического самолета все должно быть подчинено максимальному сокращению сроков и обеспечению высокой точности геометрических размеров; вопросы прочности, массы и т. д. в этом случае могут быть отодвинуты на второй план. Следует широко использовать восстановление бракованных деталей подваркой, склейкой и т. д. — все это позволит собрать технологический самолет значительно раньше, чем первый серийный самолет.

Отработка монтажей систем на технологическом самолете производится также по зонам.

По мере отработки монтажей и технологического самолета изготавливаются эталоны, всех элементов систем, требующих эталонирования (труб, электрожгутов, коллекторов и т. д.), которые в дальнейшем используются при изготовлении всей заготовительной, монтажной и контрольной оснастки.

Многие детали монтажных панелей оказывается целесообразно эталонировать, используя монтаж на эталонной машине как основное средство увязки.

Эталоны труб изготавливают непосредственно из труб или из специальных элементов.

По геометрическим параметрам и арматуре эталон представляет собой первую деталь, по которой определяют размеры и конфигурацию серийных деталей. Эталон трубы служит также техническим средством для изготовления и проверки по нему контрольной и рабочей оснастки. Отработку эталонов труб проводят на самолете или на отдельных агрегатах при полном насыщении зоны.

При монтаже в гидрогазовых системах возникают монтажные напряжения. Для того чтобы избежать возникновения напряжений, следует обеспечить постоянство мест крепления приборов, оборудования и арматуры, к которым присоединяются трубопроводы. Кроме того, положение хомутов и колодок крепления, а также геометрические параметры трубопроводов, арматуры и других деталей систем должны быть стабильными.

Установленная на агрегатах планера арматура должна быть проверена по размерам и направлению. Детали и кронштейны под крепление приборов и оборудования, к которым подсоединяют трубопроводы, необходимо устанавливать на агрегатах планера только при помощи оснастки, а бортовое оборудование - по специальным приспособлениям, фиксаторам, в сборочной оснастке или по сборочным отверстиям. После крепления деталей и кронштейнов к элементам планера необходимо освободить их от фиксаторов оснастки и в свободном состоянии проверить прилегание плоскостей и положение отверстий. Для обеспечения соосно-

сти деталей и кронштейнов по плоскостям с фиксаторами оснастки следует применять компенсирующие прокладки.

Компоновку арматуры с приборами следует проверять по расположению арматуры относительно установочной плоскости приборов и отверстий их крепления. Для этого в технологическом процессе применяют комплектовочно - контрольные приспособления.

Приборы и трубопроводы целесообразно монтировать на специальных монтажных панелях. Концы трубопроводов и арматуры на время монтажа панели закрепляют фиксаторами приспособлений.

После окончания монтажных работ на панели проверяют положение концов трубопроводов и арматуры, для чего освобождают эти концы и подводят к ним фиксаторы: допустимая несоосность концов трубопроводов с фиксаторами приспособления $\pm 2,0$ мм, а арматуры — $\pm 1,0$ мм. Собранныю панель прикрепляют к элементам каркаса планера.

Разъемы коммуникаций на стыках агрегатов планера должны быть взаимозаменяемы и выполняться по калибрам. На агрегатах планера базой для установки калибров являются стыковые узлы. Монтаж трубопроводов ведется от фиксаторов калибра. Разъемы коммуникаций должны фиксироваться калибрами без напряжения. Последовательно проверяют положение разъемов коммуникаций, для чего расфиксируют разъемы и подводят фиксаторы калибров к свободным разъемам; при этом допускается несоосность штуцеров $\pm 1,0$ мм, а концов трубопроводов — $\pm 1,5$ мм.

Основным недостатком технологического самолета является недостаточная точность геометрических размеров агрегатов планера и связанные с этим трудности эталонирования монтажей. Поэтому для увязки геометрических форм и размеров деталей планера и оборудования целесообразно применять объемные плазы.

Объемный плаз.

Объемный плаз (рисунок 2.24) представляет собой жесткий имитатор внутренней поверхности агрегатов самолета, состоящий из жесткого стального полого каркаса, металлических, вырезанных по шаблонам, ложементов, устанавливаемых в зоне осей рам и эпоксипластовой облицовки поверхности.

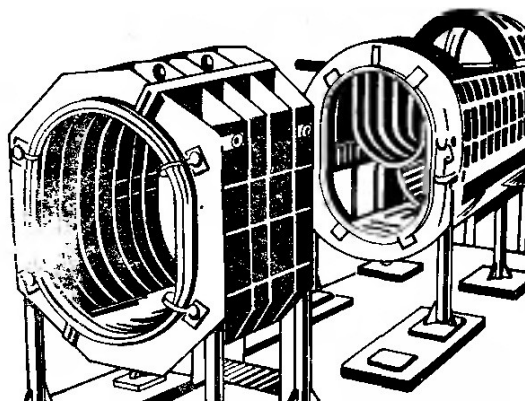


Рисунок 2.24– Объемный плаз фюзеляжа самолёта

Работы на объемном плазе ведутся в два этапа работниками плазово-шаблонного цеха с привлечением специалистов заготовительных цехов, цехов агрегатной сборки и цеха окончательной сборки. На первом этапе производится проверка и отработка всех деталей каркаса, деталей и узлов управления, деталей и узлов крепления агрегатов оборудования.

На втором этапе обрабатываются и эталонируются трубопроводы, электрожгуты и другие трудноизмеряемые узлы и детали.

По результатам обработки монтажей проводятся соответствующие уточнения в чертежах. Обработка в плазовом цехе позволяет оперативно проводить уточнение плазов, шаблонов и заготовительной оснастки. Законченные монтажи разбирают, детали окрашивают в красный цвет и раздают в заготовительные цехи для доработки заготовительной оснастки и изготовления кондукторов для сверления сборочных отверстий. Эталоны трубопроводов, электрожгутов служат для наладки приспособлений при последующем их изготовлении.

Применение объемного плаза как средства обработки монтажей позволяет в плазово-шаблонном цехе выполнить все работы по обеспечению высокого качества деталей, оперативно ввести изменения в первичные средства увязки (плазы и шаблоны) и начать сборку агрегатов самолета в агрегатно-сборочном цехе из отработанных деталей по сборочным отверстиям с применением минимального количества сборочной оснастки.

Следует отметить, что в объемном плазе обработку монтажей необходимо проводить по зонам с тем, чтобы облегчить решение задачи панелирования монтажей.

2.8 Безмакетная и расчётно-аналитическая обработка монтажей бортового оборудования

Рассмотрение плазово-эталонного метода показывает, что процесс взаимозаменяемости бортовых систем связан, в основном, с решением четырех задач: отыскание оптимальных компоновок размещения элементов систем в заданных объемах, определяемых конструкцией планера; нахождение оптимальных трасс прокладки коммуникаций с учетом ограничений, накладываемых требованиями технологичности; расчет размерных цепей и определение рациональных допусков на геометрические параметры элементов систем и их взаимное расположение в пространстве и выбор оптимального оснащения, обеспечивающего взаимозаменяемость монтируемых бортовых систем.

При пространственной увязке, выборе компоновок размещения блоков систем и трасс прокладки коммуникаций приходится учитывать значительное количество различных конструктивных, производственных и эксплуатационных факторов, а также считаться с большим количеством возможных вариантов решений, из которых необходимо выбрать наилучшее.

В связи с этим существующие методы пространственной увязки элементов систем, основанные на применении ручного труда и малой механизации, когда выбор тех или иных решений целиком зависит от опыта и интуиции инженера или рабочего, не всегда приводят к оптимальному результату.

Задачу размещения элементов в заданном объеме можно решить аналитически, если исследуемый объект представить в виде математической модели. Так, форма и расположение элементов в пространстве могут быть описаны с помощью прямоугольной модели, в которой каждому элементу соответствует шесть геометрических параметров — три параметра формы (длина, ширина, высота) и три параметра положения элемента в декартовой системе координат.

Если всем блокам в отсеке присвоить номера от 1 до n и эти номера оставить неизменными на весь период пространственной увязки при обработке системы, то последовательность размещения блоков при каждом варианте компоновки может быть представлена в виде некоторой перестановки из n символов, каждый символ которой соответствует определенно-

му блоку системы. Если бы не существовало никаких ограничений, накладываемых на возможность реализации того или иного варианта, то общее количество различных вариантов компоновок равнялось бы n . Однако на возможность реализации вариантов сборки накладываются ограничения, обусловленные пространственной взаимосвязью деталей и различными критериями оптимальности. Тогда, используя операторный метод, можно воспользоваться возможностью получения всех перестановок при заданном n и с помощью ЭВМ выбрать лучшие.

Проблема отыскания оптимального размещения элементов бортовых систем в отсеках планера тесно связана с нахождением оптимальных трасс прокладки коммуникаций, имеющих минимальную длину, максимальную прямолинейность и т. д.

На качество и различные экономические показатели технологических процессов монтажа систем оказывает влияние не только степень приближения выбранной компоновки элементов к оптимальной, но и возможность достаточно точной ее реализации в процессе производства, неизбежно связанного с появлением различных производственных погрешностей. В связи с этим возникает задача увязки размерных цепей, связывающих элементы планера с элементами бортовых систем и позволяющих рассчитывать допустимые величины отклонений на производственные погрешности. Однако внедрение расчетной системы допусков на элементы бортовых систем и планера, позволяющей повысить степень взаимозаменяемости элементов бортовых систем по геометрическим параметрам, наталкивается на трудности расчета размерных цепей бортовых систем, которые в отличие от большинства размерных цепей, встречающихся в общем машиностроении, являются весьма сложными, связанными пространственными размерными цепями, для которых известные методы расчета имеют весьма ограниченное применение.

В процессе технологической подготовки, а также производства бортовых систем используется значительное количество различной эталонной, контрольно-эталонной, заготовительной, сборочной и монтажной оснастки, применение которой в каждом конкретном случае допускает, как правило, несколько вариантов, различных с точки зрения обеспечения заданной точности, экономических показателей, сроков подготовки производства и т. д. Учитывая большой объем монтажных работ, выполняемых на заводах авиационной промышленности, можно утверждать, что оптимизация выбора оснащения монтажных работ может вскрыть дополнительный резерв повышения качества систем, а также снижения трудоемкости монтажных работ. Задачу выбора оптимального варианта оснащения монтажных работ можно также решить аналитически, если процесс увязки технологической оснастки представить в виде математической модели. Эта модель может представлять граф (матрицу), вершинами которого являются элементы оснастки, а дуги графа отражают направление потоков информации при изготовлении и увязке отдельных элементов оснастки. В этом случае расчетно-аналитический метод определения оснащения монтажных работ основывается на фиксации предыдущего опыта с помощью графа (матрицы) увязки технологической оснастки с последующим отысканием оптимального варианта путем перебора всех возможных путей решения поставленной задачи, зафиксированных в матрице и выборе тех путей, которые отвечают заданным критериям оптимальности.

Практическое решение рассмотренных задач связано в большинстве случаев с громоздкими вычислениями и может быть эффективно выполнено с применением электронно-вычислительных машин [21].

2.9 Перенос информации с эталонов на монтажную оснастку

В процессе изготовления и монтажа блоков, коммуникаций, монтажных узлов, монтажных зон, участков систем, смонтированных в отдельных узлах, секциях и агрегатах планера, а также в процессе стыковки отдельных технологически самостоятельных элементов систем необходимо обеспечивать требования взаимозаменяемости.

При этом необходимо выполнять требования: точность взаимного расположения блоков по стыкам с элементами планера; точность взаимного расположения элементов крепления коммуникаций с элементами планера; точность взаимного расположения блоков и межблочных коммуникаций по стыкам с платами, точность взаимного расположения плат гидропанелей с элементами планера и, наконец, точность взаимного расположения отдельных соединяемых элементов коммуникаций (точность взаимного расположения по стыкам и разъемам коммуникаций).

Для выполнения монтажных работ требуется следующая монтажная оснастка, подлежащая точной взаимной увязке при изготовлении:

- разделочные приспособления, необходимые для разделки разъемов под элементы бортовых систем (сверление, зенкование, развертывание отверстий в платах, кронштейнах, уголках и других элементах, которые могут быть названы промежуточными, и в деталях планера);
- монтажные приспособления, обеспечивающие точное взаимное расположение блоков при монтаже на планере и платах, а также монтажных узлов на планере;
- приспособления, фиксирующие разъемы коммуникаций и предназначенные для обеспечения требуемой точности взаимного расположения отдельных соединяемых элементов коммуникаций, принадлежащих различным соединяемым элементам бортовых систем;
- контрольно-регулирующие приспособления, обеспечивающие точное взаимное расположение специальных элементов, например, приспособление, позволяющее с особой точностью выставлять в линию полета механизм перегрузки;
- комбинированные приспособления, где в одном приспособлении могут сочетаться элементы первых четырех групп приспособлений.

Рассмотрим некоторые из этих групп приспособлений.

На рисунке 2.25 показана схема приспособления для монтажа в элементах планера гидравлической панели.

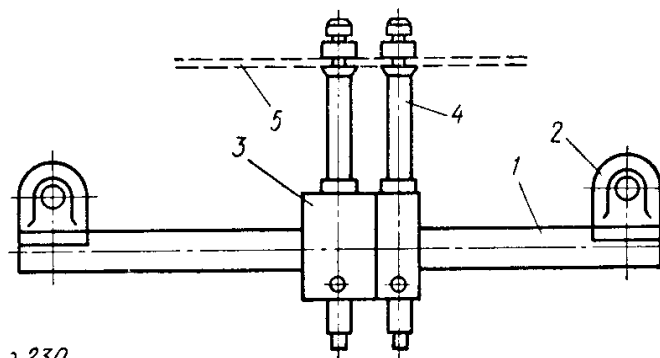


Рисунок 2.25 - Схема приспособления для монтажа гидравлической панели:
1 - каркас приспособления, 2 - узел навески, 3 - узел фиксации, 4 - фиксатор,
5 - плата панели

Гидравлическая панель базируется в приспособлении по координатно-фиксирующим отверстиям, которые специально для этой цели просверлены в плате панели. Приспособление отстыковывается по эталону агрегата планера и технологической машине.

Отстыковка монтажного приспособления состоит из следующих этапов:

- установки, уточнение расположения, фиксации и предварительного крепления гидропанели;
- съема гидропанели и установка в ее координатно-фиксирующие отверстия фиксаторов приспособления;
- установки гидропанели с укрепленными на ней фиксаторами; навески приспособления (узлами навески на элементы планера);
- установки фиксаторов в узлы фиксации и заливки узлов фиксации цементом (между фиксаторами и отверстиями в узле фиксации оставляется для этого соответствующий зазор).

На рисунке 2.26 показаны схемы приспособлений для фиксации разъемов коммуникаций, причем первое приспособление обеспечивает фиксацию разъема трубопровода, выходящего из отсека фюзеляжа Ф2, а второе приспособление - фиксацию штуцера, выходящего из отсека фюзеляжа Ф1.

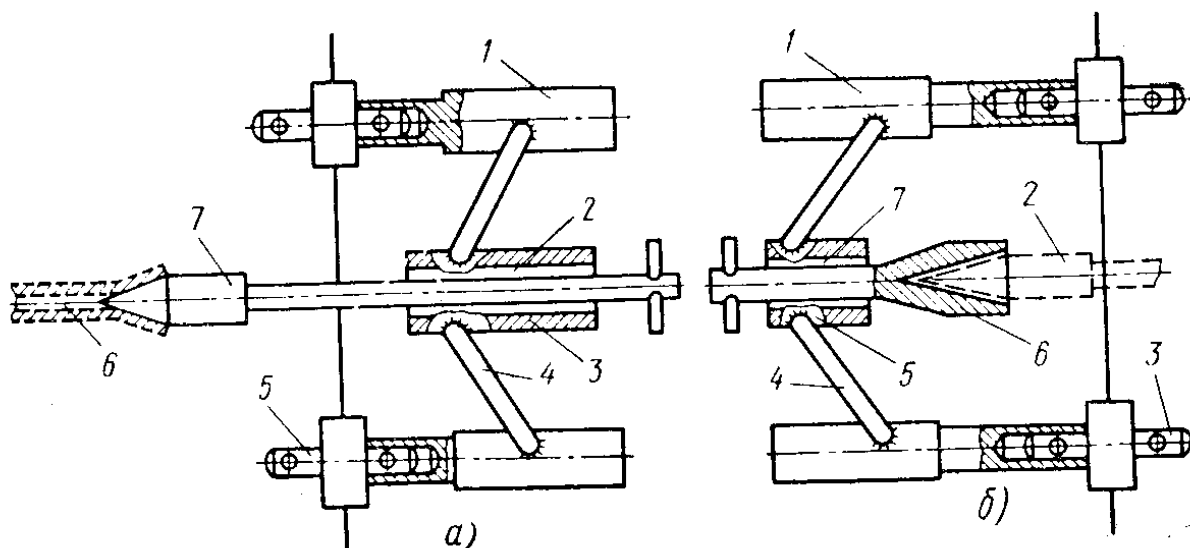


Рисунок 2.26 - Схемы приспособлений, предназначенных для фиксации разъемов коммуникаций:
а) 1 - узел навески, 2 - цемент, 3 - узел фиксации, 4 - каркас, 5 - вилка рамы каркаса, 6 - трубопровод бортовой системы, 7 - фиксатор;
б) 1 - узел навески, 2 - штуцер бортовой системы, 3 - вилка рамы каркаса, 4 - каркас, 5 - узел фиксации, 6 - фиксатор, 7 - цемент

Пример контрольно-регулирующего приспособления, предназначенного для установки механизма перегрузки в линию полета, показан на рисунке 2.27.

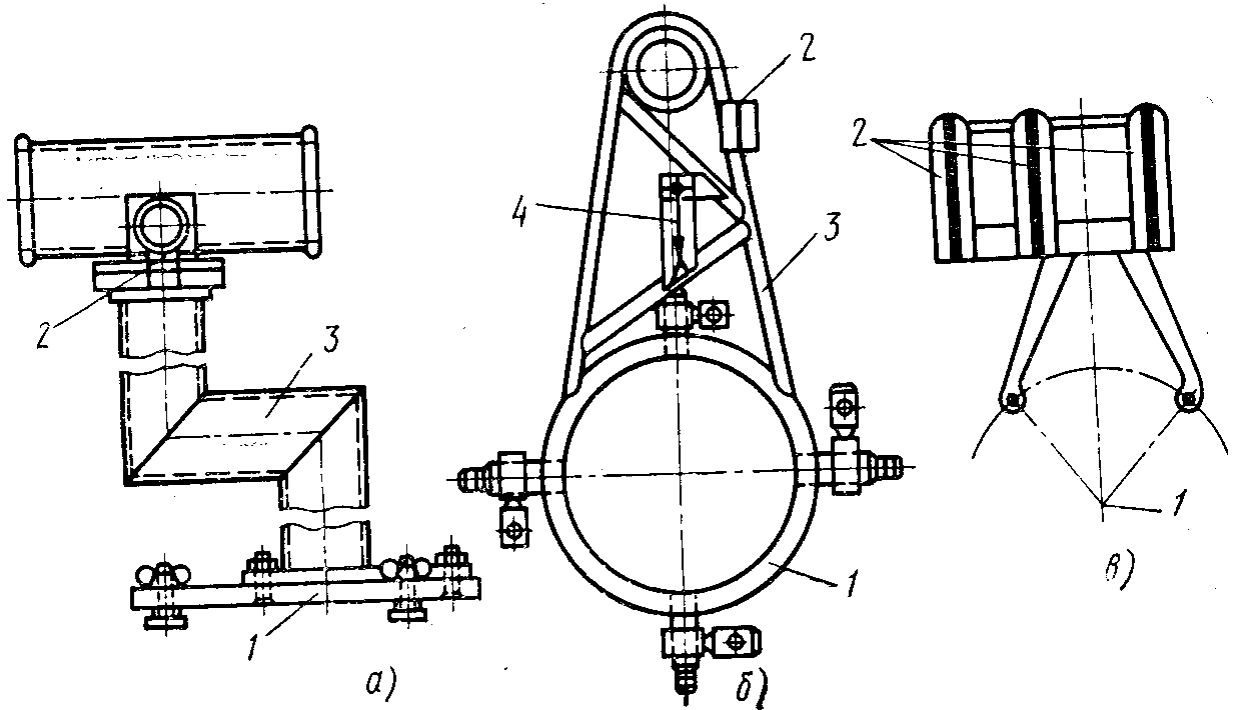


Рисунок 2.27 - Схема контрольно-регулирующего приспособления, предназначенного для установки механизма перегрузки в линию полета:

а - схема основной части приспособления: 1 - установочный узел, 2 - узел крепления наводящей трубки, 3 - каркас; б - схема второй части приспособления: 1 — узел навески, 2 - узел первой мишени, 3 - каркас, 4 - отвес; в - схема третьей части приспособления: 1 - узел навески, 2 - узел второй мишени

Схема комбинированного приспособления для верстачного монтажа гидропанели с базируванием по внешнему контуру платы показана на рисунке 2.28.

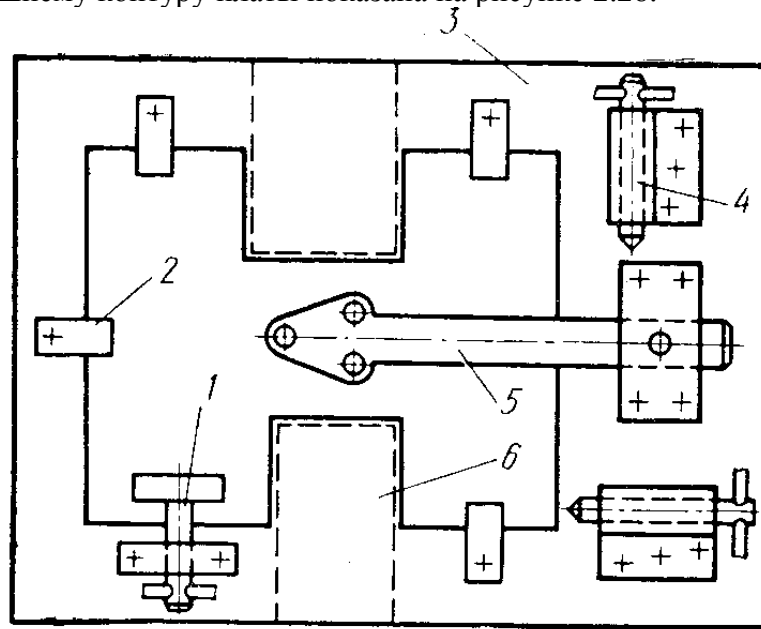


Рисунок 2.28 - Схема комбинированного приспособления:
1 - монтажное приспособление, 2 - прихват, 3- каркас, 4 - фиксаторы разъемов,
5 - разделочное приспособление, 6 - плата

В этом приспособлении сочетаются элементы монтажного приспособления, обеспечивающего точную установку гидроагрегата, разделочного приспособления для разделки отверстий в плате гидропанели, а также приспособления для фиксации разъемов коммуникаций, выходящих из гидропанели. Отстыковка комбинированного приспособления производится по эталонной гидропанели.

2.10 Измерительные системы, применяемые для обработки монтажей бортового оборудования

Использование контрольно-измерительных машин (КИМ) позволяет оперативно измерять геометрические параметры простых и сложных прецизионных деталей, включая корпусные, измерение которых традиционными способами требует дорогостоящей специальной оснастки или невозможно вообще; сокращать время на наладку обрабатывающих станков, центров и модулей за счет быстрого и достоверного контроля первых обработанных деталей из последующей партии; исключать брак, используя постоянный контроль точности процесса обработки деталей, и своевременно корректировать его.

КИМ состоит из базовой части и управляющего комплекса (рисунок 2.29). Базовая часть имеет обычно порталную компоновку с вертикальным ползуном, на котором установлена измерительная головка с измерительным наконечником (щупом). Управляющий комплекс представляет собой стол с персональным компьютером, графическим принтером и пультом управления. Основная функция комплекса — управление рабочими органами КИМ, получение, обработка и выдача результатов измерений. В таблице 2.1 представлены основные типы координатно-измерительных машин, отмечены их основные достоинства и недостатки.

Высокая точность измерения на КИМ обеспечивается:

- прецизионными направляющими, выполненными из твердокаменных пород, например, из гранита (основание, балка портала, ползун);
- конструкцией портала, выполненного в виде жесткой замкнутой рамы; предметным столом, исключающим деформации основания и направляющих портала, возникающих под действием массы измеряемых тяжелых деталей;
- жесткими, виброустойчивыми, прецизионными аэростатическими опорами с малым воздушным зазором и минимальным расходом воздуха;
- виброизолирующими опорами, автоматически поддерживающими горизонтальное положение основания КИМ;
- прецизионными фотоэлектрическими системами измерения перемещений узлов КИМ по всем координатам.

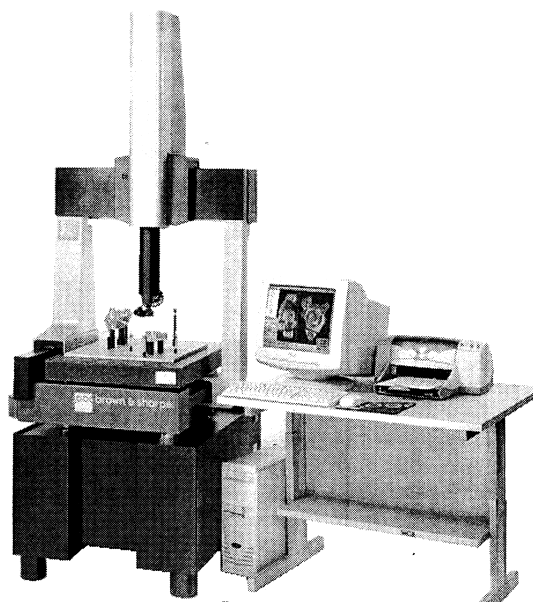


Рисунок 2.29 - Общий вид координатно-измерительного комплекса

Высокую производительность обеспечивают современные электроприводы на базе высокомоментных двигателей с плавным регулированием скоростей перемещения узлов КИМ в широком диапазоне; автоматическое управление процессом измерения при помощи персонального компьютера, обеспечивающего обработку результатов измерений и их выдачу в удобной для потребителя форме.

Универсальность КИМ достигается развитым программно-математическим обеспечением с большим набором модульных программ для измерения деталей с различными простыми и сложными поверхностями; системой измерительных головок касания с большим набором щупов различной конфигурации. Измерительные головки оснащаются наборами измерительных наконечников, обеспечивающих возможность контроля максимально большого числа геометрических параметров при одном установе детали, а также контроль диаметров отверстий, концентричности, межосевых расстояний и т.п.

Преимущество порталных КИМ очевидно при измерении точных деталей в стационарных условиях специальных термостатированных помещений. Но в ряде случаев их использование невозможно или неоправданно, например, при измерении крупногабаритных деталей или когда нет возможности доставить деталь в специальное помещение. В этих случаях используются измерительные машины портативного типа.

Достоинства и недостатки различных контрольно-измерительных машин

Таблица 2.1

Тип КИМ	Схема	Характеристика типов машин		Примечание
		достоинства	недостатки	
Горизонтальный		Повышенная точность за счет достаточной жесткости системы. Возможность доступа к внутренним точкам объекта	Ограниченная возможность вертикальных перемещений. Контроль изделий небольших габаритных размеров	Контроль отливок кубической формы, коробок передач и т.п.
Вертикальный		Наиболее точная из всех типов координатно-измерительных машин	Необходимость термостатированного помещения. Низкая производительность. Контроль изделий малых габаритных размеров. Высокая стоимость	Тонкие метрологические исследования
Мостовой		Повышенная жесткость элементов, поддерживающих измерительную головку. Возможность загрузки больших деталей	Наличие четырех стоек по углам машины, затрудняющих загрузку крупногабаритных деталей	Для ощупывания объекта используются электронные средства
Портальный		Повышенная жесткость. Возможность загрузки крупногабаритных объектов. Высокая чувствительность системы. Наличие массивной плиты стола, позволяющей улучшить условия измерений. Высокая чувствительность системы	Высокая стоимость	Применение аэростатических подшипников по всем трем осям

КИМ портативного типа представляет собой многоосевую измерительную «руку» с шестью степенями свободы, имеющую три подвижных сочленения (в «плече», «локте» и «запястье») со сферическим рабочим пространством. Каждое сочленение снабжено датчиком поворотов по осям.

Точка или кривая в трехмерном пространстве регистрируется при нажатии кнопок на «руке» и передается по последовательному каналу в головной компьютер через контроллер. Процессор цифровых сигналов на светоизлучающих диодах показывает все состояния, включая ошибки. Возможна работа с любыми видами щупов — стандартными шариковыми, точечными и т.д. Точность тестируется в соответствии со стандартами ASME и ISO.

КИМ типа «рука» компактна и устанавливается непосредственно рядом с измеряемым объектом. В зависимости от исполнения они обеспечивают точность от 0,025 мм до 0,12 мм, что часто является достаточным при измерении крупногабаритных деталей. При этом длина измерения со стационарной позиции составляет от 3,6 до 5 м, а при наличии специальной системы лазерной привязки может достигать 12 м, правда, с потерей точности до 0,25 мм. Общий вид координатно-измерительной машины типа «рука» фирмы Romer (США) показан на рисунке 2.30.



Рисунок 2.30 - Общий вид КИМ типа «рука»

Процесс проведения замеров на КИМ выполняется следующим образом. Измеряемый объект устанавливается на гранитную плиту координатно-измерительной машины (рисунок 2.31). Перед началом измерений производится базирование измерительного наконечника на поверхности измеряемого объекта, т.е. на объекте выбирается точка, ребро или грань, которая будет служить началом отсчета в последующих измерениях. Затем в зависимости от того, какая операция выполняется (контроль правильности формы или взаимного расположения, оцифровка поверхности), производится подвод измерительного наконечника до касания с поверхностью в нужных точках.

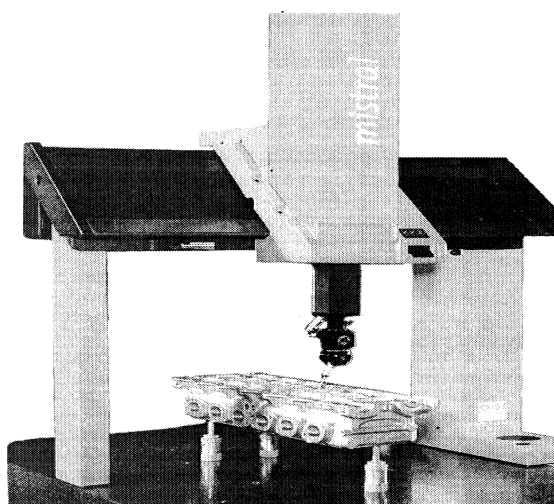


Рисунок 2.31 - Процесс измерения корпусной детали на КИМ Mistral фирмы Braun&Sharp

Если в качестве номинала используется электронная САD-модель детали, то оператор КИМ может создавать измерительную программу непосредственно на компьютере, выбирая на САD-модели элементы, подлежащие контролю. Программное обеспечение на основании

этих данных позволяет автоматически распределить точки измерения по поверхности выбранного элемента, определить номинальные координаты этих точек и направляющие векторы подвода инструмента к точкам. В этом случае возможно не только точное измерение координат точек поверхности, но и контроль сложных поверхностей в отсутствие измерительных баз на детали (базирование может быть осуществлено непосредственно по измеряемой поверхности).

Характеристики координатно - измерительных машин

Рынок современных КИМ весьма разнообразен. Их выпускают следующие производители: промышленная группа Brown&Sharp, в состав которой входят филиалы в США, Италии, Швейцарии, Германии; фирмы Deneb, Base, Fanamation, Faro, Hemeol, Metromec, Mitutoyo, Mora, Mzeiss, Numerex, Precision, Romer, Sheffield, SMXLaser, Steady, TechSO, Theodolite, Carl Zeiss IMT (Германия).

Координатно-измерительные машины фирмы Brown&Sharp имеют перемещение рабочих органов по всем трем осям X , Y , Z , оснащены различными механическими и электронными принадлежностями, состыкованы с современной компьютерной техникой, которая позволяет обрабатывать данные, полученные в результате измерений, а также производить рабочие операции с высокой степенью автоматизации. Применение КИМ Brown&Sharp возможно в цехах основного и вспомогательного производства, особенно для контроля обводообразующей оснастки, изготавливаемой на станках с ЧПУ. КИМ Brown&Sharp можно применять для контроля геометрических параметров: эталонов и моделей поверхностей из различных материалов; сборочных приспособлений: заготовительно-штамповочной и монтажно-сборочной оснастки; штампов; деталей, полученных путем механообработки; деталей, полученных штамповкой.

Машины фирмы Brown&Sharp имеют мостовую или порталную структуру, которая обеспечивает трехмерное перемещение измерительной головки и возможность работы на пяти гранях установленной на поверочной плите прямоугольной призмы. На измерительной головке предусмотрена возможность установки и закрепления измерительного щупа в пяти направлениях. На основании машины может быть установлен поворотный стол, который позволяет вращать деталь, обеспечивая тем самым возможность производить измерение в любых координатах.

Типичная измерительная машина фирмы Brown&Sharp состоит из цельной или стоечной структуры для поддержки горизонтальных балок; поверочной плиты; горизонтальных балок, по которым передвигается главная каретка; главной каретки; средней каретки; стойки; измерительной головки, фотодатчиков для определения положения измерительной головки и передачи данных; электронной аппаратуры для преобразования данных, полученных от фотодатчиков, и получения в численном виде величины перемещений.

Координатно-измерительные машины фирмы Brown&Sharp оснащаются принадлежностями, состоящими из устройства для измерения различных точек поверхности и профилей; устройства для разметки; устройства, позволяющего производить центрирование; устройства считывания геометрической информации с чертежа; устройства для наладки машин.

Фирма Brown&Sharp выпускает следующие основные типы машин: Mistral, Gage, Global, Ghibli, Pmm-c, Scirocco, Alpha, Delta, Lambda. Машины малых и средних размеров — Ghibli, Pmm-c, Scirocco предназначены для выполнения измерительных и разметочных операций средней и высокой точности. Delta, Alpha, Lambda — машины больших размеров, наиболее подходящие для контроля крупногабаритной объемной оснастки.

Ниже приведены характеристики наиболее распространенных КИМ фирмы Brown&Sharp.

Координатно-измерительные машины Mistral.

КИМ Mistral сочетают разнообразные способы измерения и контроля в одной машине и в зависимости от модели могут иметь ручное, автоматическое или комбинированное управление.

При комбинированном управлении Mistral может легко переключаться от ручного к автоматическому режиму, используя специальный переключатель. Mistral с ручным управлением является наиболее простой в обслуживании КИМ.

Эргономичная конструкция, простота перемещения, равномерность перемещения осей, доведение до минимума ошибок управления, а также великолепный обзор и доступ к изделиям являются фундаментальными характеристиками ручной КИМ. Расположенная по центру ручка позволяет вручную управлять одновременно всеми тремя осями машины и преодолевать трудности при перемещении осей, возникающие при захвате пиноли.

Наряду с порталом, перемещающимся по направляющей на воздушных опорах, эта особенность способствует достижению великолепной точности измерений и повторяемости. Машина стандартного исполнения оснащена устройством для микропозиционирования и устройством для зажима осей. Эти устройства были специально разработаны для того, чтобы избежать влияний на геометрическую структуру машины. Измерительный стол доступен со всех сторон, а конфигурация стоек портала обеспечивает максимальную обзорность изделия.

Mistral с ЧПУ — самая недорогая высокопроизводительная КИМ с автоматическим управлением. Оснащенные точными скоростными приводами с ременной передачей, КИМ MISTRAL быстро и точно «добираются» до всех элементов измеряемого изделия и обеспечивают великолепную точность и лучшее время цикла из всех измерительных машин этого класса. Непрерывная интерполяция перемещения измерительной оси дает возможность зарегистрировать 45 точек в минуту, что приводит к достойному вниманию росту числа измерений и, тем самым, к более высокой производительности контрольного центра. Переносной рычажный блок управления отвечает за быстрое и точное позиционирование осей во время программы самообучения; при этом расцепляемые приводы помогают оператору, давая ему возможность осуществить перемещение осей вручную.

Кроме того, КИМ Mistral с ЧПУ имеют возможность использовать комбинацию щупов и моторизованных индексируемых головок. Установка блока активного контроля добавляет высокий уровень тепловой компенсации. Наклонный тип моста обеспечивает ровный ход, высокую продуктивность и температурную размерную стабильность.

У машин с наклонной траверсой портал центрируется под углом в 45°, благодаря чему образуется устойчивая форма, имеющая следующие физические преимущества по сравнению с обычным порталом прямоугольного сечения:

- при одинаковой высоте расстояние между воздушными опорами на 43 % больше, что обеспечивает лучший контроль движения обката оси портала: критического параметра порталных измерительных машин. Следствием этого является более высокая точность измерений;

- при одинаковом расстоянии между воздушными опорами вес меньше на 24%, а центр тяжести расположен ниже на 50%. Вследствие этого при перемещении создается меньше колебаний, машина работает более плавно и точно при большей точности и улучшенной произ-

водительности, т.е. техника имеет меньший вес при более высоких скоростях и сверхвысоком ускорении и оптимальное соотношение жесткости и массы.

Модель Mistral Activ обеспечивает высокую точность в производственной среде. В эту систему интегрирована новая многосенсорная технология температурной компенсации Activ, благодаря которой с большой эффективностью достигается невосприимчивость к изменениям температуры во времени и объеме окружающей среды. Mistral Activ является га-рантом успешного проведения работ в тяжелых условиях. Кроме того, здесь нет необходимости в контроле температуры в измерительных объемах вне производственной среды. Основные технические характеристики КИМ Mistral приведены в табл. 5.6.

Основные технические характеристики КИМ Mistral

Таблица 2.2

Модель	Размеры рабочей зоны, мм			Погрешность измерения, мкм
	X	Y	Z	
Mistral 07.07.05	710	660	460	E:3+4L/1000 R:3
Mistral 07. 10.05	660	1000	460	E:3 + 4L/1000 R: 3
Mistral 07. 10.07	660	1000	660	E:4 + 4.5L/1000 R:3.6
Mistral 15. 10.09	1500	1000	860	E:6 + 6L/1000 R: 5.4
Примечание: E - погрешность измерения линейных размеров; R - погрешность контроля при автоматическом режиме.				

Координатно-измерительные машины Ghibli

КИМ Ghibli представляют собой высокоскоростную координатно-измерительную машину с числовым программным управлением высокой точности с одной из самых больших рабочих зон. Непрерывная интерполяция при движении по осям повышает производительность.

Наклонный тип моста обеспечивает ровный ход, высокую продуктивность и температурную размерную стабильность.

Особенности КИМ Ghibli:

- высокая скорость, аналоговое сканирование;
- элементы конструкции выполнены из алюминия;
- самоочищающиеся аэроэластические опоры (пневмоподшип-ники);
- низкоинерционный двигатель;
- превосходные термические характеристики;
- полностью закрытые направляющие.

Блок активного контроля и блок обработки результатов имеют встроенную температурную компенсацию. Блок обработки результатов включает компенсацию ошибок измерений и высокоточную стеклянную измерительную линейку. Основные технические характеристики КИМ Ghibli приведены в таблице 2.3.

Основные технические характеристики КИМ Ghibli

Таблица 2.3

Модель	Размеры рабочей зоны, мм			Погрешность измерения, мкм
	X	Y	Z	
Ghibli NT 15.20.14	1500	2000	1350	E: 4.5 + L/250 R:4.2
Ghibli NT 15.26. 14	1500	2600	1350	E: 4.5 + L/250 R:4.2
Ghibli NT 15. 30. 14	1500	3000	1350	E: 4.5 + L/250 R:4.2
Примечание: E - погрешность измерения линейных размеров; R - погрешность контроля при автоматическом режиме.				

Координатно-измерительные машины РММ-С

КИМ РММ-С объединяет лабораторную точность с высокоскоростной работой для уменьшения времени измерения и контроля. Машина имеет скорость перемещения 400 мм/с и максимальное ускорение 3000 мм/с². Ее конструкция с закрепленным порталом и перемещающейся плитой обеспечивает максимальную жесткость и свободную установку деталей. Система измерения с высоким разрешением обеспечивает измерение отдельных точек, самоцентрирование и высокоскоростное сканирование. Измерительные наконечники весом до 1 кг могут быть заменены автоматически без перекалибровки.

Особенности КИМ РММ-С:

- конструкция с закрепленным порталом и перемещающейся плитой;
- стальные измерительные линейки с высоким разрешением;
- свободные от трения подшипники с предварительно созданным натягом;
- система измерения с высоким разрешением и скоростным сканированием;
- устойчивое к вибрациям основание и мост;
- термически устойчивая конструкция из чугуна и гранита;
- керамический шпиндель вертикальной оси;
- полная защита от столкновении;
- имеется высокоскоростной блок смены измерительных наконечников;
- машина и измеряемая деталь имеют тепловую компенсацию.

Основные технические характеристики КИМ РММ-С приведены в таблице 2.4.

Основные технические характеристики КИМ РММ-С

Таблица 2.4

Модель	Размеры рабочей зоны, мм			Погрешность измерения, мкм
	X	Y	Z	
РММ-С 700	1200	1000	700	E: 0.9 + L/400 R:0.9
РММ-С 700P	1200	1000	700	E: 0.6 + L/600 R:0.6
РММ-С 1000	1600	1200	1000	E: 8 + L/350 R:3
	1600	1600	1000	E: 8 + L/350 R:3
	2400	1200	1000	E: 8 + L/350 R:3
РММ-С 1000P	1600	1200	1000	E: 3 + L/400 R:0
	2400	1200	1000	E: 3 + L/400 R:0
Примечание: E - погрешность измерения линейных размеров; R - погрешность контроля при автоматическом режиме.				

Координатно измерительные машины Scirocco.

КИМ Scirocco представляет собой высокоэффективную измерительную машину с числовым программным управлением для контроля деталей среднего размера.

Наклонный тип моста обеспечивает ровный ход, высокую продуктивность и температурную размерную стабильность. КИМ Scirocco является самой быстрой машиной мостового типа с высокой скоростью перемещения. Основные технические характеристики КИМ Scirocco приведены в таблице 2.5.

Основные технические характеристики КИМ Scirocco

Таблица 2.5

Модель	Размеры рабочей зоны, мм			Погрешность измерения, мкм
	X	Y	Z	
Scirocco NT 09.10.07	860	1000	660	E: 2.9 + 0.9L/250 R:2.7
Scirocco NT 09.14.07	860	1400	660	E: 2.9 + 0.9L/250 R:2.7
Scirocco NT 09.20.07	860	2000	660	E: 2.9 + 0.9L/250 R:2.7
Scirocco NT 10.15.09	1000	1500	860	E: 3.7 + L/250 R:3.5
Scirocco NT 10.20.09	1000	2000	860	E: 3.7 + L/250 R:3.5
Scirocco NT 13.15.10	1300	1500	1000	E: 4 + 25L/250 R:3.9
Scirocco NT 13.20.10	1300	2000	1000	E: 4 + 25L/250 R:3.9
Scirocco NT 13.25.10	1300	2500	1000	E: 4 + 25L/250 R:3.9
Scirocco NT 13.30.10	1300	3000	1000	E: 4 + 25L/250 R:3.9
Scirocco MP 09.14.07	860	1400	660	E: 2.4 + 0.9L/250 R:2.5
Scirocco MP 10.15.09	1000	1500	860	E: 2.8 + L/250 R:2.8
Scirocco Activ 09.10.07	860	1000	660	E: 3.5 + 25L/250 R: 3.2
Scirocco Activ 09.14.07	860	1400	660	E: 3.5 + 25L/250 R:3.2
Scirocco Activ 10.15.09	1000	1500	860	E: 4.5 + 25L/250 R:3.8
Примечание: E - погрешность измерения линейных размеров; R - погрешность контроля при автоматическом режиме.				

Особенности КИМ SCIROCCO:

- очень высокая точность измерения;
- выдающаяся производительность;
- эксклюзивный дизайн наклонного моста;
- элементы конструкции выполнены из алюминия;
- превосходные термические характеристики;
- измерительные стеклянные линейки с высоким разрешением;
- закрытые направляющие;
- свободная рабочая плоскость, полностью доступная от всех сторон;
- упрощенная калибровка и техническое обслуживание;

-прекрасное соотношение цены и производительности.

Координатно-измерительные машины Alpha

КИМ Alpha мостовой конструкции предназначена для контроля крупногабаритных деталей. Это одна из наиболее привлекательных КИМ в своем классе по соотношению цены и качества. Управление КИМ осуществляется системой ЧПУ, возможно управление в ручном режиме от джойстика с выносного пульта управления.

Подвижные части КИМ выполнены из легких алюминиевых сплавов, направляющие оси X и опорные стойки изготовлены из стали. Несущая траверса каретки КИМ выполнена по запатентованной технологии наклонного портала, что позволяет снизить центр тяжести подвижных частей при сохранении максимальной жесткости конструкции. Перемещение подвижных частей производится на аэростатических опорах (пневмоподшипниках), что обеспечивает легкость перемещения КИМ и полностью исключает механический износ направляющих.

КИМ имеет хорошие динамические характеристики: максимальную скорость перемещения — 26 м/мин; максимальное ускорение — 1 м/с². КИМ имеет математическую компенсацию геометрических погрешностей машины по 21 параметру. КИМ Alpha оснащается автоматической поворотной головкой Renishaw PH1 OM и, по выбору заказчика, любым из трех видов измерительных щупов Renishaw: TP2 (стандартный), TP200 (повышенной точности), SP600M (сканирующий). Подобное сочетание позволяет обеспечить измерение любых элементов и поверхностей деталей. КИМ Alpha может оснащаться магазином для автоматической смены щупов, а также бесконтактным лазерным щупом Wolf&Beck. КИМ Alpha стандартно комплектуется системой линейной термокомпенсации — три датчика температуры машины и один датчик температуры детали.

Основные технические характеристики КИМ Alpha приведены в таблице 2.6.

Основные технические характеристики КИМ Alpha

Таблица 2.6

Модель	Размеры рабочей зоны, мм			Погрешность измерения E, мкм	Масса измеряемой детали, кг
	X	Y	Z		
Alpha 332010	3300	2000	1000	6+7L/1000	6000
Alpha 3320 15	3300	2000	1500	8+8L/1000	8000
Alpha 5020 15	5000	2000	1500	8+8L/1000	8000
Alpha 5025 15	5000	2500	1500	10+10L/1000	10000

Координатно-измерительные машины DCC Gage

КИМ DCC Gage представляет собой измерительную станцию с автоматизированным управлением. С одной стороны, ее можно использовать как самостоятельную станцию для контроля первоначального образца, оригинал-макета и наладки инструмента, с другой стороны — как гибкий калибр для контроля деталей размерами 457x508x406 мм. Ее отличает низкая цена, высокая эффективность измерений, повышенная производительность контрольных операций. Компьютер, управляющий КИМ, имеет несколько входов и позволяет работать с любыми приложениями.

С другой стороны, КИМ Gage можно использовать как автономную станцию для первого осмотра детали, планового контроля и контроля оснастки.

Ее широкая рабочая зона измерения может обрабатывать деталь размером 457x508x406 мм со скоростью 305 мм/с и ускорением 290 мм/с², КИМ Gage позволяет улучшать эффективность контроля до 45%, значительно сокращая время простоя. Измерительная станция располагает единственным в своем роде графическим интерфейсом пользователя, при помощи которого могут быть проведены практически любые замеры: от простых призматических деталей до поверхностей комплексной формы. Опыт и знания оператора не играют при этом никакой роли. Большое число предварительно запрограммированных измерительных подпрограмм облегчает проведение замеров сложных деталей, таких, как зубчатые колеса, турбинные лопатки, кулачки и т.д.

Компьютерная система оборудована современным программным обеспечением PC-DMIS, которое позволяет использовать оригинальные CAD-данные для составления программы контроля. При помощи дополнительного программного модуля DATA VIEW файлы с данными измерений за несколько минут преобразовываются в сообщения о размерах деталей. Основные технические характеристики КИМ Gage приведены в таблице 2.7.

Основные технические характеристики КИМ Gage

Таблица 2.7

Модель	Размеры рабочей зоны, мм			Погрешность измерения, мкм
	X	Y	Z	
DCC Gage 2000 P	458	510	406	E: 4 + L/200 R:6.2
Примечание: E - погрешность измерения линейных размеров; R - погрешность контроля при автоматическом режиме.				

Для осуществления различных операций координатно-измерительные машины оснащаются набором дополнительных устройств:

-центр для измерений. Состоит из стержня, выполненного с высокой точностью, вставляемого в одно из пяти отверстий на измерительной головке и блокируемого с помощью системы винтов центра. Расстояние между крайней точкой измерительного щупа и осью стойки в любом положении равно 100 мм. С помощью этого приспособления можно, например, измерять толщину. Для этого необходимо привести в соприкосновение центр и сторону измеряемой детали и установить соответствующий цифровой индикатор (X или Y) на ноль. Затем следует поставить центр в противоположное отверстие измерительной головки и, смещая стойку машины, привести его в соприкосновение со стороной детали, противоположной первой. Показание цифрового индикатора, уменьшенное на 200 мм, является интересующей нас толщиной;

-подпружиненный центр. Состоит из стержня, выполненного с высокой точностью, который вставляется в одно из пяти отверстий на измерительной головке, и из центра, перемещающегося внутри стержня, перемещение которого сдерживается пружиной. С помощью этого приспособления можно выполнять операции разметки. Для этого необходимо привести в соприкосновение центр и деталь, обеспечивая требуемое давление центра на размечаемую поверхность. Блокируя две координаты и перемещая измерительную головку, можно производить разметку плоской детали;

-шарнирное приспособление для разметки. Предназначено для разметки любой поверхности. Два шарнира позволяют обводить и прочерчивать любой профиль. Приспособление устанавливается в измерительной головке с необходимой направленностью, его ось должна быть перпендикулярна размечаемой плоскости. Перемещение измерительной головки, перпендикулярное разметочной плоскости, блокируется; при перемещении головки в нужном направлении поддерживается постоянный контакт с размечаемой поверхностью;

-приспособление для микровыравнивания. Служит для установки объектов больших габаритных размеров в положение, при котором оси измеряемого объекта совпадают с осями координат машины. Деталь в приспособлении устанавливается на трех штырях, с помощью специальных винтов возможен поворот детали в горизонтальной плоскости на небольшие углы;

-приспособление для обвода фигурных профилей. Применяется для контроля копиров, лекал, шаблонов и т.п.;

-оптический коллиматор. Служит для считывания данных с чертежа при подготовке перфоленты. Обычно используется для двумерного сканирования. Однако после соответствующей наладки может регистрировать расстояние по вертикальной оси Z. Считываемый чертеж должен быть выполнен на немнущемся материале;

-циркуль для круговой разметки. Применяется для круговой разметки окружностей радиусом до 150 мм на наклонных плоскостях, для разметки по полярным координатам;

-шарнирный щуп. Предназначен для точного измерения расстояния между параллельными поверхностями, измерения межосевых расстояний, расстояний между поверхностями и отверстиями;

-поворотный штангенрейсмус со светящимся наконечником. Служит для измерения внутренних поверхностей и поднутрений, то есть для выполнения таких измерений, которые не могут быть осуществлены с помощью инструмента с наконечником, расположенным по оси инструмента.

С помощью КИМ можно выполнять следующие операции.

1) Измерение точек детали вручную:

а) перемещение измерительной головки вручную. Горизонтально или вертикально ориентированный наконечник датчика можно без труда вручную подвести к точкам, которые необходимо измерить;

б) перемещение измерительной головки путем управления с пульта. На пульте управления имеются три системы тумблеров, которые позволяют перемещать измерительную головку по каждой из осей (X , Y , Z).

2) Разметка с автоматическим слежением. Воздействуя на тумблер соответствующей оси, по которой установлен разметочный инструмент, приводим его в контакт с деталью. Как только наконечник войдет в контакт с деталью, осуществляется электронное слежение.

3) Глубокое сверление и разметка центров с помощью пневматического шпинделя со вставленным в него сверлом. Можно производить сверление оснастки из мягкого материала (дерево) и проверку глубины просверленных отверстий.

4) Автоматическая компенсация длины инструмента. Введенная в электронный блок величина, компенсирующая длину инструмента, прибавляется или вычитается из показаний цифровых индикаторов.

5) Регистрация данных с помощью устройства, которое позволяет получить контрольные документы измерений с указанием номинальных значений, допусков, действительных значений и отклонений. Устройство может управляться как путем ввода с клавиатуры, так и автоматически.

6) Автоматический контроль точек сечений. Эта операция позволяет автоматически измерять координаты точек сечения детали; используется электронный щуп; одна из осей координат блокируется.

7) Полуавтоматическое обследование трехмерных профильных линий.

8) Автоматический контроль точек поверхности в любой последовательности.

9) Сверление на программируемую глубину. На головке в нужном направлении устанавливается шпиндель со сверлом. Машина, получая программу от персонального компьютера, может сверлить отверстия в любой точке координат на заданную глубину в деревянных или пластмассовых моделях.

10) Автоматическое программируемое сравнение координат точек поверхности. Машина может производить автоматическое поточечное измерение координат точек поверхности оснастки, сравнивая полученные значения с указанными теоретическими значениями.

С помощью описанных координатно-измерительных машин можно выполнять следующие типовые процессы контроля оснастки: контроль плазов, контроль шаблонов, контроль плоскостной оснастки с постоянной и переменной малкой, контроль объемной оснастки.

Координатно-измерительные машины наряду с бесспорными преимуществами имеют ряд недостатков. КИМ не очень подходят для выполнения сканирования полной поверхности детали, так как оператор должен аккуратно продвигать датчик машины вдоль всей детали. Это занимает много времени и повышает расходы. К тому же любая инородная частица (вплоть до размеров пылинки) на поверхности детали может привести к ошибочному измерению. Процесс сканирования также требует чрезвычайного внимания со стороны оператора: если им будет потеряна связь с поверхностью детали хотя бы на мгновение — точность измерения снизится.

Многие предприятия отрасли используют вместо координатно-измерительной машины системы лазерного сканирования. Это уменьшает стоимость процесса сканирования деталей на 90 %, в то время как точность увеличивается. Точность моделей, изготовленных при помощи лазерного сканера, существенно выше и достигает порядка 0,01 см на всей длине большой детали, например, такой, как обшивка поверхности ЛА.

Метод бесконтактного сканирования позволяет преобразовывать любой физический объект в трехмерную CAD-модель независимо от материала, геометрических размеров или цвета. В основе метода лежит принцип лазерной триангуляции. Полосковый лазерный датчик позволяет объединить методы облучения и считывания, для того чтобы фиксировать трехмерные данные. Он проектирует линию лазерного излучения на объект, в то время как маленькая телекамера визирует линию, когда та появляется на поверхности. Специализированная интерфейсная плата преобразует телевизионное изображение линии в систему трехмерных координат со скоростью 10 000 единиц в секунду. В результате получается плотное облако трехмерных координат, которое в точности характеризует поверхность объекта.

Для работы с лазерным сканером не требуется высокой квалификации рабочего. Оператор с минимальным уровнем подготовки держит лазерный датчик так, чтобы линия лазерного излучения появилась на объекте. Затем датчик перемещают по всей поверхности объекта, и полученные данные передаются и отображаются в реальном времени на экране ПК.

Известным производителем лазерных сканеров является компания 3D Scanners Ltd, которая производит портальные лазерные сканеры Replica, портативные лазерные сканеры ModelMaker и измерительную головку Reversa, устанавливаемую непосредственно на станок на координатно-измерительные машины или на станок с ЧПУ типа CNC. Область применения этих устройств: реверсивный инжиниринг — создание объемной компьютерной модели по физическому прототипу с последующей передачей данных в CAD-систему, в инструмен-

тальном производстве обеспечивается изготовление штампов и пресс-форм по данным измерения. В таблице 2.8 приведены технические характеристики систем Replica и Reversa.

Технические характеристики систем Replica и Reversa

Таблица 2.8

Модель платформы	250	500	1000
Линейные оси	X,Y,Z	X,Y,Z	X,Y,Z
Ход, мм	280x345x110	500x500x275	1000x1000x275
Точность (на 300 мм)	100 мкм	100 мкм	100 мкм
Вращающаяся 4-я ось	по заказу	по заказу	по заказу
Вес, кг	35	80	100
Цена, у.е.	от 45 000	от 70 000	от 80 000
Разрешение по Z, мкм	5	10	20
Точность по Z, мкм	+ 10	+ 20	+ 40

Для сканирования крупногабаритных объектов используются лазерные трекары. Лазерный трекары (рисунок 2.32) измеряет трехмерные координаты вокруг себя или по выбранному фрагменту с помощью абсолютного дальномера, который поворачивается по вертикали и горизонтали. Измерения горизонтального, вертикального углов и наклонного расстояния позволяют определить координаты отражателя в любой системе с точностью до 0,003 мм. Лазерный трекары включает в себя высокоточный лазерный интерферометр, абсолютный дальномер, отражатель, декодеры углов (вертикального и горизонтального), детектор наведения на отражатель, сервоприводы для слежения и наведения.

Программное обеспечение позволяет после сканирования одного объекта с разных местоположений совместить все точки в единое пространство и записать на компьютер. Получается плотный массив точек, имеющих три координаты и информацию о цвете, причем цвет может быть как видимый, так и инфракрасный.

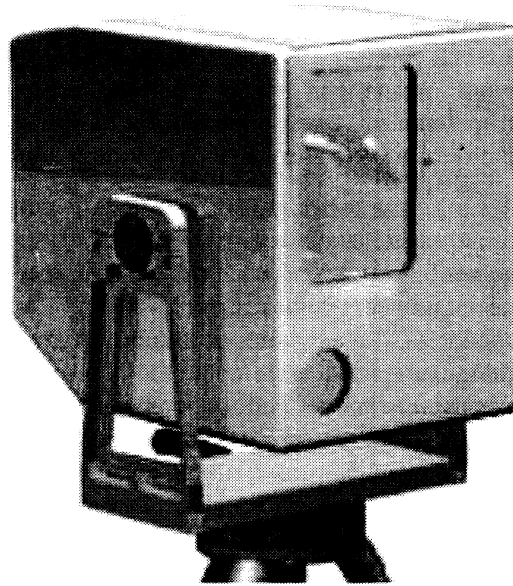


Рисунок 2.32 - Общий вид лазерного трекера

Координаты замеренных точек могут быть переведены в систему координат объекта, заданную базовыми точками или базовыми линиями, далее по точкам могут быть установлены плоскости, параллелепипеды, углы, цилиндры, сферы и вычислены параметры и взаимное расположение этих геометрических объектов. Замеренные точки могут быть привязаны наилучшим образом к точкам с известными координатами (проверка шаблонов, анализ деформации объекта). Управляя «мышью», можно обойти или даже пройти насквозь весь объект, приблизить любую его часть, контролируя полноту отснятого материала и его качество, проверяя «мертвые» зоны и при необходимости делая повторные сканирования.

Уникальное измерительное устройство (диаметром до 70 м) позволяет измерять и малые, и большие объекты с микронной точностью. Проверка поверхности с помощью лазерного трекера выполняется очень быстро — до 1000 точек в секунду. Сотни лазерных трекеров используются при высокоточной сборке и контроле изделий в авиационной промышленности (Boeing Company, British Aerospace, Dassault Aviation, NASA и др.). Применение этой мобильной координатно-измерительной системы гарантирует сокращение затрат времени и, таким образом, приводит к увеличению производительности и быстрому возврату инвестиций.

2.11 Особенности отработки монтажных работ гидрогазовых систем самолёта

Опыт эксплуатации самолетов показывает, что около 30 % всех отказов приходится на трубопроводные системы. Поэтому надежность трубопроводных гидравлических, газовых и топливных систем в значительной степени определяет надежность самолета в целом. Гидрогазовые системы предназначены для выполнения таких жизненно важных функций как управление самолетами, управление взлетно-посадочными устройствами, аварийное управление, подача топлива и т. д.

Наиболее часто встречаются следующие основные виды неисправностей гидрогазовых и топливных систем:

- разрушение трубопроводов в зоне изгиба, в местах их крепления и соединений, а также в местах развальцовки и пайки;

- разрушение соединительной арматуры и деталей из труб из-за металлургических пороков;
- негерметичность соединений трубопроводов и агрегатов;
- загрязненность гидравлических и топливных систем.

Многие детали из труб в период эксплуатации находятся под воздействием высоких нагрузок, возникающих от давления пульсирующего потока рабочей жидкости, вибрации, температурных, монтажных и эксплуатационных деформаций, и вследствие этого большинство отказов и неисправностей трубопроводных систем происходит в результате негерметичности и разрушения элементов системы.

Надёжность гидрогазовых систем во многом определяется качеством монтажа обеспечиваемым совершенством технологии монтажных работ.

Разработка совершенных технологий монтажных работ встречает ряд значительных трудностей:

- очень большая номенклатура деталей из труб и большое количество соединений;
- большое разнообразие конфигураций труб;
- высокие требования к точности труб и деталей арматуры и расхождения в допусках на детали и монтаж трубопровода и элементы планера, на которых трубопровод монтируется.

Большая номенклатура и большое разнообразие конфигураций труб затрудняют механизацию процесса гибки, а механизированная гибка труб, как известно, дает более высокое качество, в частности обеспечивает незначительную эллипсность сечения трубы в месте изгиба.

В результате трубопроводы, кроме эксплуатационных нагрузок от воздействия давления, вибрации, температуры, испытывают дополнительные нагрузки из-за монтажных напряжений. Как правило, существуют допуски для изготовления и монтажа элементов систем. Последние зависят от усилий, прикладываемых при затяжке накладных гаек, от производственных отклонений по точности изготовления трубы и места ее установки на изделии (рисунок 2.33).



Рисунок 2.33 – Вид отклонения трубки от номинальных размеров

Задавшись величиной допустимых монтажных напряжений, можно определить предельные деформации трубопровода при монтаже и на этой основе разработать систему допусков на трубы, места их установки и классифицировать трубы по группам точности. Исследования по изучению влияния различных производственных отклонений элементов трубопроводных систем на их усталостные характеристики и герметичность соединений создали условия для разработки системы допусков на производство и монтаж трубопроводных систем. Группа точности определяется условиями работы (пульсация жидкости, вибрации и т. п.), жесткостью труб (длина, форма, марка материала, диаметр) и жесткостью опор.

Аналізу по определению принадлежности к группе точности подвергаются следующие элементы трубопроводных систем и места их установки на изделии:

- элементы систем, от геометрических размеров которых зависит взаимозаменяемость труб при монтаже;
- крепежные детали, предназначенные для размещения элементов систем и входящие в конструктивные группы гидро-, пневмо-, топливных систем;
- места установки арматуры на гидро-, пневмо-, топливных агрегатах и емкостях;
- места установки арматуры, гидро-, пневмо-, топливных агрегатов, емкостей и крепежных деталей на планере.

При наличии на элементе трубопроводной системы нескольких отводов для подсоединения труб для каждого из них определяется своя группа точности. Определяющим фактором при выборе группы точности являются: группа точности устанавливаемого элемента системы, если он изготовлен по индивидуальному чертежу и не унифицирован для разных типов изделий; группа точности трубопровода при установке нормальных или унифицированных деталей; наивысшая группа точности одного из нескольких отводов для труб. Группа точности элемента системы и места его установки определяются конструктором с указанием в чертеже на элементы системы и в чертеже на установку аналогично классам точности в общем машиностроении.

Серийные детали из труб по длине и конфигурации должны соответствовать эталону трубопровода.

Величина допустимых отклонений по данным параметрам определяется группой точности на изготовление деталей из труб.

Контроль деталей из труб по первой группе точности производится в оснастке, копирующей рабочее положение детали на изделии, т. е. с базой на резьбовые фиксаторы (рисунок 2.34), от которых и ведется контроль конфигурации.

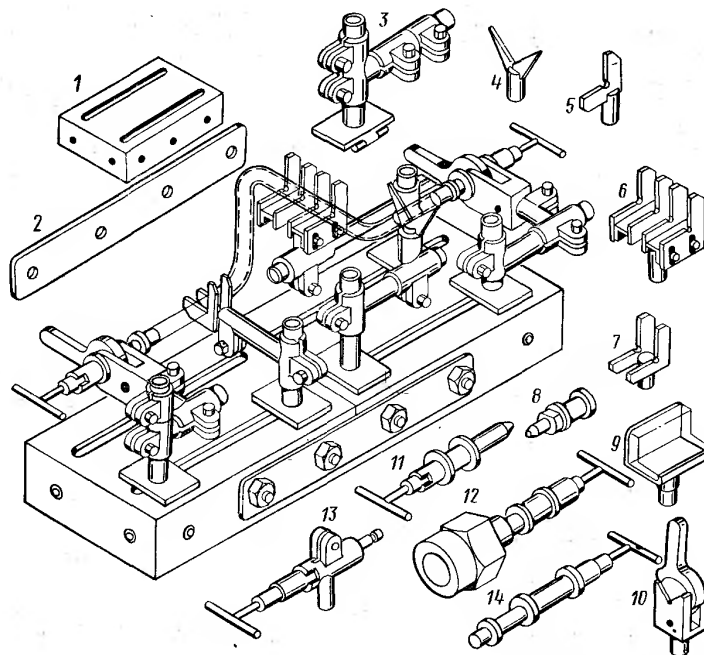
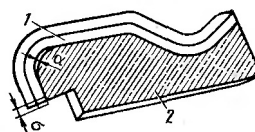


Рисунок 2.34 – Универсально-сборное приспособление для изготовления и контроля деталей из труб по первой группе точности

Контролируется эксцентриситет детали и длина трубы. Замер эксцентриситета детали производится методом поочередного закрепления накидной гайкой к фиксатору одного конца трубы и проверки положения свободного конца относительно фиксатора.

Для замера длины трубы один фиксатор нужно установить в нормальное положение и закрепить трубу, а второй перемещать до сопряжения с конусом развальцовки. При другом виде заделки перемещать второй фиксатор до сочленения с торцом детали. Величину отклонения длины труб любого диаметра проверить по нониусной шкале фиксатора. Контроль деталей из труб по второй группе точности производится в оснастке с базой на конфигурацию трубы.

Одновременно контролируется торец трубы по торцу приспособления, как показано на рисунке 2.35.



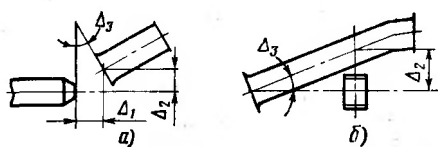
*Рисунок 2.35 – Схема контроля деталей из труб по второй группе точности
1 – контролируемая труба, 2 - макет*

Контроль деталей из труб по третьей группе точности производится визуально методом сопоставления шаблона с деталью. В этом случае допуски еще больше, чем те, которые установлены для второй группы точности.

Изменение поперечного сечения и уменьшение толщины стенки в зоне изгиба, является одной из главных причин, по которым снижаются усталостные характеристики детали и возникают разрушения трубопровода в местах изгиба и в соединениях.

Контроль поперечного сечения деталей из труб производится по овальности, гофрообразованию и уменьшению толщины стенки.

Система допусков регламентирует и монтажные неточности, складывающиеся из неточностей деталей трубопроводов и отклонений мест соединения трубопроводов со штуцерами агрегатов. Система допусков рассматривает как простые неточности (рисунок 2.36), так и сложные, определяемые как совокупность простых неточностей.



*Рисунок 2.36 – Схема контроля простых неточностей
а) возникающих при монтаже свободного конца трубопровода
б) возникающих при монтаже промежуточного участка*

На ниппельных соединениях трубопроводов угловая Неточность выбирается за счет самоустановки деформации развальцованной части трубы. Поэтому не оговаривается величина перекаса для контроля при монтаже. Контроль угловой неточности производится при изготовлении труб по универсально-сборочным приспособлениям.

Разработка системы допусков на изготовление элементов и монтаж трубопроводных магистралей позволяет повысить качество и надежность гидрогазовых систем за счет снижения монтажных напряжений.

Для обеспечения заданных допусков на изготовление и монтаж трубопроводов применяется технологическая и контрольная оснастка, которая подразделяется на следующие группы:

- оснастка для изготовления и контроля деталей из труб;
- оснастка для изготовления и контроля арматуры;
- оснастка для правильного расположения арматуры в механосборочных цехах;
- сборочная оснастка для сборки емкостей, монтажных панелей, установки кронштейнов и других элементов планера;
- установочная оснастка для размещения и контроля положения панелей, агрегатов, арматуры и деталей крепления на самолете;
- калибры для установки и проверки выводов коммуникаций трубопроводов в зонах технологического членения изделия.

Классификация деталей бортового оборудования по группам точности позволяет широко применить в технологическом оснащении стандартизованные элементы, обеспечивающие однообразие установки на всех этапах производства, и типовые технологические процессы изготовления элементов и монтажа трубопроводных и других систем самолета.

Типовой технологический процесс изготовления труб осуществляется с использованием универсально-сборочных приспособлений (УСП). Это позволяет обеспечить более высокую точность особенно по местам стыков. По типовому технологическому процессу для межоперационного и окончательного контроля труб изготовлены приспособления из стандартизованных элементов.

Внедрение стандартизованной оснастки дает возможность значительно повысить точность изготовления деталей.

В зависимости от группы точности труб определяется точность других элементов гидроразовых систем и установка их на планере с учетом конструктивно-эксплуатационного назначения данного элемента. Это позволяет определить фактическую требуемую точность каждого элемента и средства ее достижения, позволяет найти величину допустимых отклонений в зависимости от количества звеньев размерной цепи и распределить общий допуск по отдельным элементам. В этом случае можно определить, на каком этапе цикла сборки планера наиболее выгодно, с точки зрения обеспечения точности, выполнять ту или иную операцию.

Точность мест подсоединения трубопроводов достигается системой допусков, конструктивно-технологической отработкой монтажей плазово-эталонным методом, созданием эталонных монтажей, применением тщательно увязанной и отстыкованной сборочной и монтажной оснастки, наличием компенсаторов в элементах конструкций планера и трубопроводных систем.

На монтаж и контроль трубопроводных систем также разрабатываются типовые технологические процессы. При разработке этих технологических процессов исходят из групп точности деталей трубопроводов, конструкции соединения, места расположения данного элемента в магистрали и других факторов.

2.12 Особенности обработки монтажей системы управления

На этапе эскизного проектирования при разработке кинематических схем и сборочных чертежей на монтаж систем управления воздушными и газовыми рулями необходимо проектировать систему с наименьшей материалоемкостью, рациональной компоновкой, обеспечивающей удобство сборки и надежность функционирования.

Разрабатывая сборочные чертежи на монтаж систем управления воздушными и газовыми рулями, необходимо стремиться к размещению систем на изделии таким образом, чтобы их протяженность была оптимальной. К сборочному чертежу прикладывать форму согласно ГОСТ 2.108 - 68.

Проектируя системы управления рулями, необходимо располагать их вблизи рулей управления.

При проектировании систем управления нужно предусматривать компенсирующие звенья в виде регулируемых тяг (рисунок 2.37) или винтов-наконечников у готовых изделий.



Рисунок 2.37- Регулируемая тяга

Рулевые машинки нельзя размещать вдали от исполнительных органов, так как в этом случае включаются дополнительные передаточные звенья, что увеличивает суммарный люфт и создает дополнительную трудоемкость монтажа.

Наиболее технологичным является способ контровки одной гайкой с отгибной шайбой.

Стопорные шпильки, которые являются и ограничителями при регулировке, и контрящими элементами, применяют в тягах на особо ответственных участках систем. Соединение тяг с качалками должно обеспечивать возможность быстрого демонтажа.

Допуски и посадки на соединения сопрягаемых деталей необходимо согласовывать с требованиями ОСТ 1.00022 - 80.

Подготовку к монтажу тяг, качалок, готовых изделий необходимо производить по ОСТ 1.41731 - 78...ОСТ 1.41735-78. Монтаж готовых изделий, узлов выполняется согласно ОСТ 1.41736 - 78...ОСТ 1.41753 - 78, ОСТ 1.41758 - 78...ОСТ 1.41762 - 78.

Наиболее технологичный способ монтажа рулевых машинок - установка их на регулируемом резьбовом болте наконечника (рисунок 2.38), а также на подвижном ушке (рисунки 2.39 и 2.40). В этих вариантах крепления достигается удобство монтажа рулевых машинок, что обеспечивает нейтральное положение воздушных и газовых рулей, вызванное перемещением ушка с помощью регулируемой тяги.

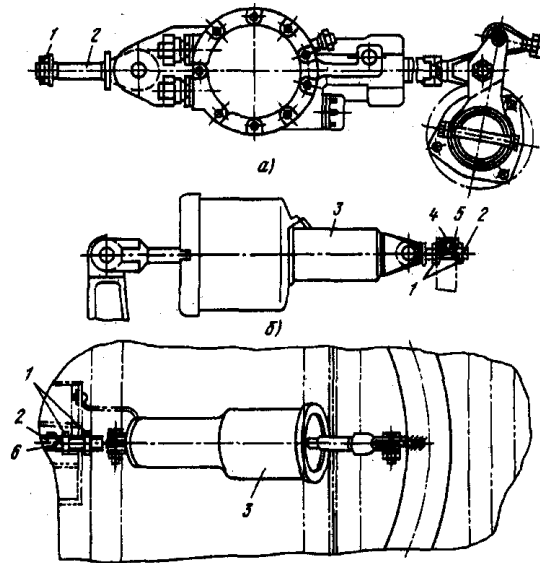


Рисунок 2.38 - Установка рулевой машинки на регулируемом болте:
а - с корончатой гайкой; б - с двумя простыми гайками, V-образной шайбой и контролочным винтом; в - с простой гайкой и контролочной проволокой; 1 - гайка; 2 - регулируемый болт; 3 -рулевая машинка; 4 - контролочный винт; 5-V-образная шайба; 6 - контролочная проволока

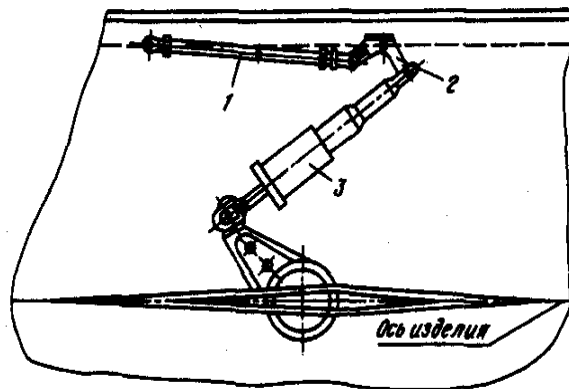


Рисунок 2.39 - Установка рулевой машинки на подвижном ушке изделия:
1- регулируемая тяга; 2 - ушко; 3 - рулевая машинка

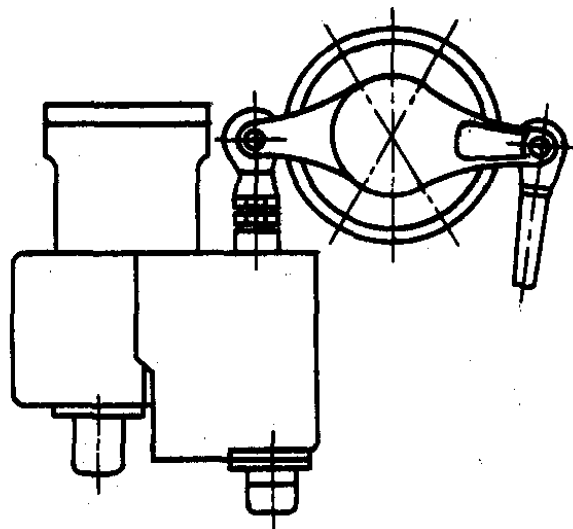


Рисунок 2.40 - Установка рулевой машинки на подвижном ушке вала

Менее технологична установка рулевой машинки на неподвижном ушке, которая требует специального приспособления и предварительной регулировки.

Рулевые машинки технологично компоновать вместе с блоком управления.

Оси воздушных рулей, изготовленные из пустотелых труб, следует монтировать в отсеках на подшипниках качения, а оси рулей, воспринимающих небольшие усилия, следует монтировать на подшипниках скольжения.

Оси рулей, расположенные в разных плоскостях, более технологичны и просты при механической обработке и монтаже, чем оси, расположенные в одной плоскости. Однако при необходимости расположить ось в одной плоскости проектируют менее технологичные конструкции.

Монтаж воздушных и газовых рулей с осями и полуосями следует проектировать по заданным размерам, для чего узловая сборка производится непосредственно в отсеке.

В чертежах, учитывая требования технических условий ОСТ 1.00657 - 78, следует предусматривать отверстия для крепления перемычки металлизации, чтобы исключить при монтаже сверлильные работы.

Конструктивно-технологическая отработка монтажа и регулировка систем на изделии

Конструктивно-технологическая отработка монтажа осуществляется в процессе проектирования и подготовки производства на опытном изделии предприятия-разработчика и на первом изделии предприятия-изготовителя.

Отработку систем управления выполняют в соответствии с требованиями чертежей, ТУ, производственных инструкций в следующей последовательности:

- установка осей, качалок;
- установка готовых изделий (рулевых машинок, блока управления);
- прокладка тяг;
- отработка окончательного положения готовых изделий, узлов на изделии.

Сборку и регулировку систем управления воздушными и газовыми рулями производят при установке элементов системы в нейтральное положение. При отработке систем уточняют сборочные чертежи на монтаж систем, утверждают эталоны тяг.

Окончательную регулировку систем управления осуществляют в цехе окончательной сборки.

При регулировке систем проверяют работу систем с датчиками усилия страгивания из нейтрального положения. Регулируют прохождение качалок нейтрального положения с установкой рулевых машинок на нуль. Проверяют и регулируют зазоры между элементами систем и каркасом изделия, между ушками тяг и вилками качалок, между ушками тяг и внутренними плоскостями щек вилки качалки при всех рабочих положениях систем. Проверяют и регулируют угловой люфт воздушных и газовых рулей и их упругую деформацию, а также момент трения в каждой цепи управления. Контроль регулируемых наконечников тяг производят после окончательной регулировки систем управления с нанесением контрольных рисок. Замеряют переходное сопротивление.

После окончательной регулировки изделие поступает в КИС, где обрабатывают системы на функционирование.

При обработке систем управления воздушными и газовыми рулями на функционирование обрабатывают отклонение рулей на заданные углы, четкость срабатывания блока управления и рулевых машинок, отсутствие тормоза в системах при включении их в рабочее положение.

2.13 Особенности обработки монтажей радиооборудования

Конструктивно-технологическая обработка жгутов и их монтаж на изделии

Важнейшим этапом подготовки серийного производства является конструктивно-технологическая обработка монтажей, которая производится в процессе проектирования изделия и подготовки производства для уточнения чертежей, повышения взаимозаменяемости, технологичности и качества монтажа.

Размещение коммуникаций систем и агрегатов должно быть наиболее выгодным с точки зрения обеспечения конструктивных и эксплуатационных факторов.

Первым этапом этих работ является предварительная плазово-шаблонная обработка монтажей бортового оборудования, т. е. определение оптимального размещения агрегатов и коммуникаций систем, минимальной протяженности трасс и числа электрических соединителей.

Важным вопросом конструктивно-технологической обработки монтажей жгутов на изделии является увязка взаимного расположения жгутов различных систем между собой и трубопроводами, тросами, тросами и т. д.

Обработку прокладки жгутов на изделии необходимо выполнять в соответствии с требованиями отраслевой конструкторской документации.

Обработка прокладки жгутов в серийном производстве должна осуществляться на двух-пяти изделиях первой серии.

Контроль прокладки жгутов на соответствие монтажным чертежам должен осуществляться комиссией в составе представителей ОГК, ОГТ и бюро цехового контроля монтажно-сборочного цеха, ОКБ разработчика и заказчика. В опытном производстве в состав комиссии должны входить представители ОГК, ОГТ и заказчика.

Обработка прокладки жгутов вблизи трубопроводов и агрегатов через острые кромки элементов конструкции, перехода жгутов с неподвижной части конструкции изделия на подвижную, расположения мест крепления жгутов и мест установки электрических соединителей должна быть проведена в соответствии с монтажными и сборочными чертежами и требованиями ОСТ 1.00361 - 79.

В процессе отработки прокладки жгутов в зонах должна быть проведена установка агрегатов или их макетов.

При отработке прокладки и крепления подвижных участков жгутов необходимо обеспечить прокладку их без натяга и провисания при крайних положениях элементов.

За эталонный монтаж должен быть принят образец прокладки жгутов, выполненный на изделии в соответствии с действующей технической документацией, с учетом замечаний и рекомендаций комиссии по эталонированию.

Для упрощения монтажа жгуты должны иметь отметки в местах прохода их через шпангоуты, стрингеры и т. д.

Отметки рекомендуется делать по эталону жгута с отражением в чертеже. Для выполнения монтажа, идентичного эталонному, рекомендуется отработанную по месту трассировку (после утверждения в качестве эталонного образца) сфотографировать и пользоваться фотографией (одновременно с чертежом) при проведении монтажа и контроля.

Электрожгуты, поступающие на монтаж, должны быть изготовлены на основе схем электрических соединений, компоновок оборудования, макетов жгутов в соответствии с требованиями ОСТ 1.00155 - 74, технологией, приведенной в РТМ 1.4.1028 -82, и приняты ВТК и заказчиком.

Рекомендуется применять технологическую защиту в соответствии с РТМ 1.4.1028 - 82.

Жгуты не должны иметь механических повреждений материала защиты, изоляции проводов, электрических соединителей, наконечников и т. д.

Монтаж жгутов необходимо выполнять в строгом соответствии с монтажными чертежами, производственными инструкциями, техническими условиями на изделие и эталонными монтажами с учетом требований ОСТ 1.00367 - 80 и РТМ 1.4.1250 - 84.

Эталонные монтажи должны быть проверены на изделии и утверждены конструктором, ВТК и заказчиком.

Монтаж жгутов необходимо выполнять после окончания всех сверлильно-зенковочных, подготовительно-опиловочных и клепальных работ, монтажа трубопроводов гидравлической, топливной и других систем, тщательной очистки зон монтажа от пыли, стружки и посторонних предметов и закрытия технологических паспортов на выполнение данных работ.

Монтаж жгутов на изделии включает в себя следующие работы:

подготовку к монтажу (ознакомление с технической документацией на монтаж, осмотр жгутов, подготовка инструмента и приспособлений, осмотр зоны монтажа и др.);

установку предохранительных (защитных) протекторов, прокладок и в отверстия элементов конструкции для защиты жгута от механических повреждений;

прокладку жгутов по трассе и временное их крепление;

контроль правильности прокладки жгутов (радиусов изгибов, зазоров, натяжения и т. п.) и устранение отклонений от требований технической документации;

окончательное крепление жгутов;

контроль качества монтажа жгутов и сдача ВТК и заказчику;

подсоединение жгутов к агрегатам и аппаратуре. Контровка и пломбирование соединителей.

При транспортировке и выполнении на изделии монтажа жгутов с аппаратурой (блоками, коробками, пультами, щитками и т. д.) запрещается переносить их, удерживая на весу за жгут (кабель) или соединитель.

Установку и крепление электрических соединителей выполнять: типа 2РМ - в соответствии с ГЕО 364.126 ТО;

типа СНЦ-23 - в соответствии с ГЕО 364. 241 ТО.

Контровку и пломбирование соединителей выполнять по ОСТ 1.00247 - 77.

Операции по монтажу жгутов должны заноситься в технологический паспорт изделия.

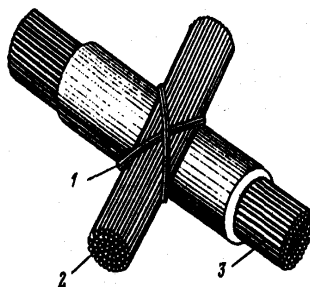
Технологическая документация на монтаж и контроль жгутов на изделии должна выполняться в соответствии с Единой системой технологической документации (ЕСТД).

Прокладка и крепление жгутов и проводов на изделии должны выполняться в соответствии с требованиями ОСТ 1.03856 -79 и РТМ 1.4.1250-84, соблюдая требования доступа ко всем элементам изделия для осмотра, регулировки и замены их без демонтажа жгутов.

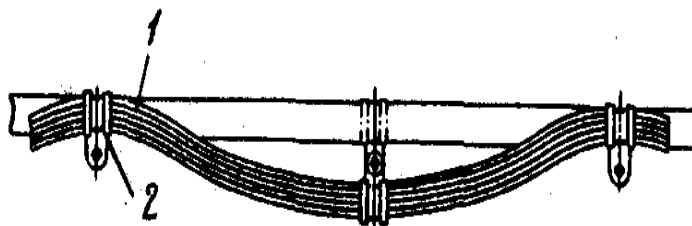
Для жгутов, монтаж которых производится в разных плоскостях, рекомендуется применять объемные плазы. Это улучшает условия прокладки жгутов и исключает перегибы при их монтаже на изделии.

Для исключения истирания изоляции проводов двух пересекающихся жгутов один или оба жгута необходимо защитить в этом месте с помощью изоляционной ленты, трубки или другим способом по ОСТ 1.03856 - 79, а место пересечения надежно бандажировать (рисунок 2.41).

Жгуты на изделии должны быть проложены выше трубопроводов гидравлической, топливной и масляной систем с зазором не менее 50 мм без защиты, жгута и не менее 10 мм при условии защиты жгута негорючими материалами в соответствии с ОСТ 1.03856-79 и установки разделительного хомута (рисунок 2.42).



*Рисунок 2.41 - Прокладка пересекающихся жгутов:
1 - место бандажирования двух пересекающихся жгутов; 2 - верхний жгут;
3 — нижний жгут (защищенный)*



*Рисунок 2.42 - Прокладка жгутов вблизи трубопроводов гидравлической,
топливной и масляной систем:
1 - жгут; 2 - хомут*

В технически обоснованных случаях жгуты прокладывают под трубопроводами гидравлической, топливной и масляной систем. При этом их следует надежно защищать стойкими к топливу, гидрожидкости, маслам негорючими трубками, металлическими и неметаллическими трубопроводами и т. д.

Жгуты, выполненные из проводов с изоляцией, стойкой к упомянутым жидкостям и топочам, разрешается прокладывать без дополнительной защиты.

Зазоры между жгутами и трубопроводами кислорода, горячего и холодного воздуха должны быть:

не менее 10 мм — для трубопроводов кислорода;

не менее 40 мм - для трубопроводов горячего воздуха;

не менее 5 мм — для трубопроводов холодного воздуха.

При прокладке электрожгутов и радиочастотных кабелей совместно с трубопроводами горячего воздуха или при их перекрещивании защищать не электрожгуты и радиочастотные кабели, а соединения трубопроводов горячего воздуха, так как при их незначительной негерметичности (что в эксплуатации возможно) механическое и тепловое воздействие струи горячего воздуха на электрожгуты и радиочастотные кабели (в том числе защищенные различными материалами) приведет к их повреждению. Соединения трубопроводов горячего воздуха необходимо защищать специальными металлическими экранами, кожухами и другими элементами в зависимости от конструкции данного участка агрегата планера.

Расстояние между хомутами и провисание жгута между двумя соседними хомутами, а также внутренние радиусы изгиба неподвижных жгутов должны соответствовать указанным на рисунке 2.43 и в таблице 2.9.

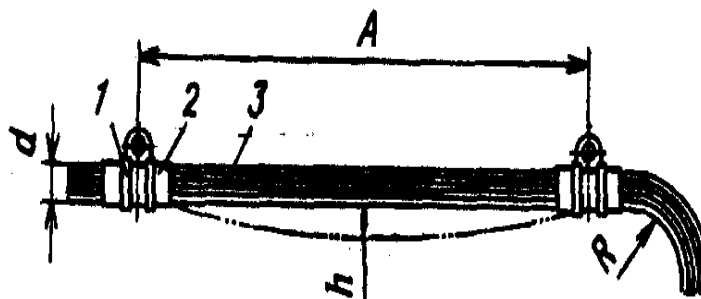


Рисунок 2.43 - Допустимое провисание жгута между двумя соседними хомутами:

1 - хомут; 2 - защитный материал; 3 - жгут

Таблица 2.9

Требования к прокладке жгутов

Диаметр d , мм	A , мм, не более	h	R , не менее	
			неэкранированного жгута	экранированного жгута
До 10	200	$(3-5) d$	$3,0 d$	$4,0 d$
10...20	300	$(4-7) d$	$2,8 d$	$3,7 d$
20...30	400	$(5-8) d$	$2,5 d$	$3,5 d$
30...40	550	$(6-10) d$	$2,2 d$	$3,2 d$
Свыше 40	550	$(6-10) d$	$2,0 d$	$3,0 d$

Внутренний радиус изгиба подвижного жгута, изготовленного из изгибоустойчивых проводов, должен быть не менее трех диаметров самого большого по диаметру провода из числа проводов данного жгута.

В местах крепления жгуты должны быть стянуты защитным материалом и плотно обжаты хомутами для исключения закусывания проводов и возможности продергивания.

Жгуты от неамортизированных блоков должны быть скручены в одну сторону или свиты только у соединителей, подвергаемых многократному сочленению в эксплуатации.

Жгуты от амортизированных блоков должны быть скручены в одну сторону или свиты и иметь провисание, исключающее натяг проводов при наибольшем перемещении блока.

Зазоры между жгутами и элементами конструкции изделия или блоками должны быть следующие:

для амортизированных блоков при полном смещении не менее 10 мм;

для неамортизированных блоков не менее 8 мм;

для подвижной части элементов конструкции не менее 10 мм;

для тросов и тяг управления не менее 20мм.

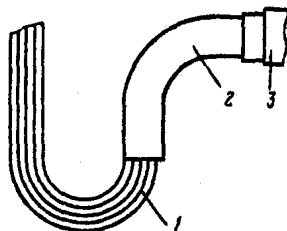
Жгуты (провода) силовых электрических систем должны быть проложены на расстоянии не менее 20 мм от остальных жгутов.

При невозможности выполнения этого требования, а также соблюдения необходимых величин зазоров из-за плотности монтажа зазоры допускается уменьшать по согласованию с заказчиком.

Подвижные участки жгутов при переходе с неподвижной части конструкции изделия на подвижную (крышки люков и коробок, откидные панели и т. д.) должны быть скручены в одну сторону или свиты.

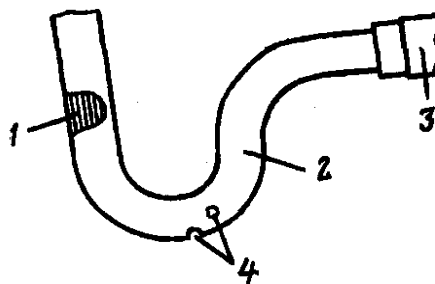
При открывании (откидывании) подвижных частей конструкции жгуты должны раскручиваться.

В местах возможного попадания влаги и различных жидкостей на жгут и соединитель, а также скапливания конденсата внутри защитной трубки (рукава, чехла) установка соединителей должна исключать проникновение влаги или другой жидкости по проводам к контактам. Для этого необходимо в соединителях понижать жгут (рисунок 2.44), а в нижней точке изгиба защищенного жгута делать от одного до четырех отверстий диаметром 3...5 мм для дренажа.



*Рисунок 2.44 - Установка электросоединителей:
1 - жгут; 2 - защитная трубка; 3 - электросоединитель*

Эксплуатационный запас для повторных заделок проводов в соединитель необходимо предусмотреть в петле, препятствующей отекаанию конденсата со жгута и конструкции к месту заделки проводов (рисунок 2.45).



*Рисунок 2.45 - Компенсационная петля:
1 - жгут; 2 - защитная трубка; 3 - электросоединитель; 4 - дренажные отверстия*

В случаях, когда нет объема для размещения запаса проводов, необходимо предусмотреть понижение жгута, а остальной запас проводов распределить равномерно по трассе жгута на участке в трех-четырёх точках крепления начиная от места заделки проводов.

Для крепления жгутов рекомендуется применять самоконтрящиеся гайки. В технически обоснованных случаях в труднодоступных для монтажа местах разрешается применять вместо самоконтрящихся гаек шестигранные с пружинной шайбой.

Защиту жгутов (кабелей) электрической бортовой сети от острых кромок элементов можно выполнять различными способами:

при прохождении вблизи острых кромок предохранительной прокладкой или с помощью дополнительного крепления;

при прохождении жгута (кабеля) через отверстия предохранительной прокладкой, резиновым пистоном или протектором.

Установку и крепление соединителей типа СНЦ-23 в корпусах приборов рекомендуется производить в соответствии с рисунке 2.46 и таблице 2.10, в кронштейнах - в соответствии с рисунке 2.47 и таблице 2.11.

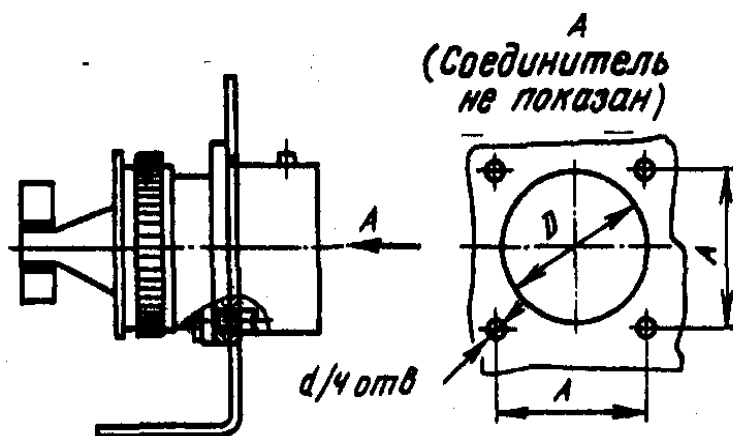


Рисунок 2.46 - Установка и крепление соединителей СНЦ-23 в корпусах приборов

Таблица 2.10

Требования к установке соединителей типа СНЦ-23 в корпусах приборов

Тип соединителя	Диаметр D отверстия в корпусе прибора, мм	Диаметр d отверстия для крепления винта, мм	Расстояние A между отверстиями, мм
СНЦ-23-4/14	18	2,2	16,5
СНЦ-3/14	18	2,2	16,5
СНЦ-10/18	22	2,2	19,5
СНЦ-7/18	22	2,2	19,5
СНЦ-19/22	26	2,2	23,0
СНЦ- 10/22	26	2,2	23,0
СНЦ-7/22	26	2,2	23,0
СНЦ- 19/24	28	3,2	25,0
СНЦ-32/27	31	3,2	27,0
СНЦ-19/27	31	3,2	27,0
СНЦ-28/27	31	3,2	27,0
СНЦ-41/30	34	3,2	31,0
СНЦ-24/30	34	3,2	31,0
СНЦ-55/33	38	3,2	34,0
СНЦ-32/33	38	3,2	34,0
СНЦ-61/36	41	3,2	38,5
СНЦ-43/36	41	3,2	38,5
СНЦ-45/36	48	3,2	40,0

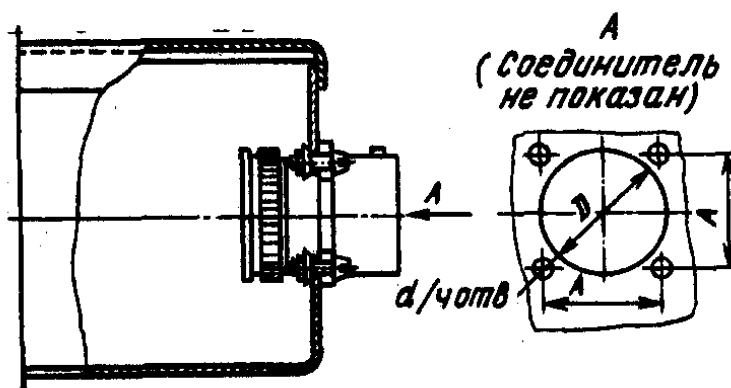


Рисунок 2.47 - Установка и крепление соединителей СНЦ-23 в кронштейнах

Требования к установке соединителей типа СНЦ-23 в кронштейнах

Тип соединителя	Диаметр D отверстия в кронштейне, мм	Диаметр d отверстия для крепления винта, мм	Расстояние A между отверстиями, мм
СНЦ-23-4/41	15	2,2	16,5
СНЦ-3/14	15	2,2	16,5
СНЦ-10/18	19	2,2	19,5
СНЦ-7/18	19	2,2	19,5
СНЦ-19/22	23	2,2	23,0
СНЦ-10/22	23	2,2	23,0
СНЦ-7/22	23	2,2	23,0
СНЦ-19/24	25	2,2	25,0
СНЦ-32/27	28	3,2	27,0
СНЦ-19/27	28	3,2	27,0
СНЦ-28/27	28	3,2	27,0
СНЦ-41/30	31	3,2	31,0
СНЦ-24/30	31	3,2	31,0
СНЦ-55/33	34	3,2	34,0
СНЦ-32/33	34	3,2	34,0
СНЦ-61/36	37	3,2	38,5
СНЦ-43/36	37	3,2	38,5
СНЦ-45/39	41	3,2	40,0

Допустимый вариант крепления соединителей, устанавливаемых в труднодоступных местах и не требующих частого подхода к ним и расстыковки в процессе эксплуатации, приведен на рисунок 2.48 и в таблице 2.12.

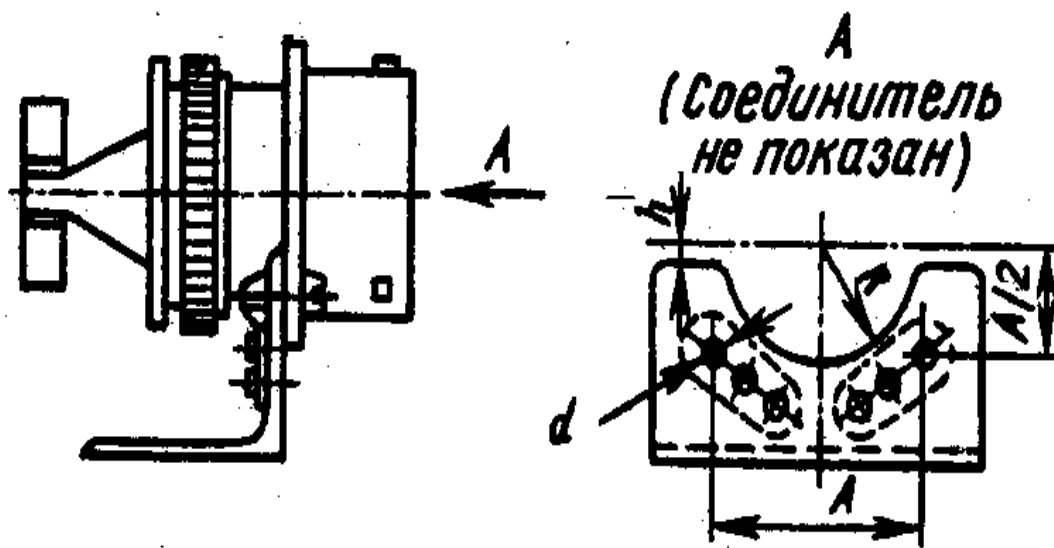


Рисунок 2.48 - Крепление электросоединителей в труднодоступных местах

Требования к установке соединителей типа СНЦ-23 в труднодоступных местах

Установочные размеры, мм	Диаметр корпуса соединителя СНЦ-23, мм								
	14	18	22	24	27	30	33	36	39
<i>h</i>	3,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0	13,0	15,0
<i>R</i>	7,5	9,5	11,5	12,5	14,5	15,5	17,0	18,5	20,0
<i>A</i>	16,5	19,5	23,0	25,0	27,0	31,0	34,0	36,5	40,0
<i>d</i>	2,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2

Блочная и кабельная части соединителя должны быть установлены в таком положении, чтобы просматривалась их схемная маркировка.

При подсоединении кабельной части соединителя гайка байонетного замка должна быть установлена в таком положении, чтобы была видна схемная маркировка.

Защиту жгутов (кабелей) при прохождении через отверстия в элементах конструкции необходимо производить при толщине стенки менее 5 мм и радиусе скругления кромки отверстия менее 1 мм.

При прокладке жгута (кабеля) вблизи крепежных деталей (головки заклепок, болтов и т. д.) жгут должен быть защищен в соответствии с ОСТ 1.03856 — 79.

3. МОНТАЖ БОРТОВЫХ СИСТЕМ САМОЛЁТА

3.1 Технологические процессы монтажа системы управления

Многие элементы системы управления устанавливаются, регулируются и проверяются в агрегатных цехах. В агрегатах планера монтируются тросовые и жесткие проводки управления самолетов и двигателем, устанавливаются ролики, качалки, кронштейны и направляющие, прокладываются тросы и тяги, которые затем подсоединяются и проверяются. В кабине пилота монтируются педали ножного управления, ручки, штурвалы, колонки и тяги.

Монтажные работы в агрегатах планера и на элементах конструкции выполняются в соответствии с эталонами, по кондукторам, при помощи приспособлений и по шаблонам, отработанным в процессе проработки монтажей и взаимосвязанным со стапельной и другой оснасткой планера самолета. Монтировать разрешается только детали и агрегаты, параметры которых соответствуют требованиям чертежа и техническим условиям на их изготовление и сборку.

Все сверлильные работы для крепления элементов системы управления должны быть выполнены перед прокладкой тяг, так как наличие стружки может привести к заклиниванию тяг в направляющих. Независимо от условий монтажа детали системы управления (краны, насосы, цилиндры, колонки, педали, кронштейны и качалки) должны подаваться из механо-сборочных и других цехов с окончательно обработанными поверхностями и отверстиями.

Тросы и тяги для монтажа должны подаваться после проверки комплектно. Механические детали (стаканчики, вилки, втулки), комплектующиеся с тягами, должны быть проверены до сборки с ними. В заготовительных цехах тросы предварительно испытывают на растяжение, заплетают концы тросов на коуш или заделывают в наконечники, собирают их с тандерами или роликами, проверяют, нет ли завершенности прядей, следов коррозии и в таком виде поставляют на монтаж в агрегатные или сборочные цехи.

При монтаже деталей системы управления необходимо проверять плотность прилегания их посадочных мест к элементам планера. В крепежных отверстиях при сверлении не по кондуктору или шаблону, а по разметке наблюдаются перекосы. В этих случаях в технологическом процессе на монтаж деталей предусматривают установку клиновидных прокладок. После установки и соединения тяг необходимо убедиться в наличии зазоров между подвижными частями системы управления и элементами конструкции. В трехроликовых направляющих тяги не должны заедать; при отжатии тяги к двум роликам между нею и третьим роликом должен быть зазор 0,15 ... 0,6 мм.

Трубчатые заклепки крепления наконечников тяг не должны при движении тяг упираться в ролики; между рычагами и тягами при крайних положениях должны быть минимальные зазоры. Если сборка и соединение тяг с другими деталями системы управления выполнены без напряжения и деформации, то тяги, движущиеся в направляющих или висящие свободно, будут соосны. Соосность проверяется при крайних отклонениях рулей и элеронов в агрегатных цехах и на общей сборке. В качестве гибких проводов применяют тросы марки КСАН (канат стальной авиационный нераскручивающийся) диаметром 2,5, 3,5 и 4,5 мм. При прокладке и подсоединении тросов ось троса должна совпадать с плоскостью симметрии ролика; перекося троса в точке схода его с ролика не должен быть более 2° .

Для определения перекося трос оттягивают в точке *A*, находящейся на расстоянии 100 мм от точки схода его с канавки; при отжиме троса до 3,5 мм ось должна совпадать с плоскостью симметрии канавки. Зазоры между тросами и ограничительными валиками, стоящими в

обоймах роликов, должны находиться в пределах 0,15 ... 2,5 мм в зависимости от диаметра троса (рис. 20.17, б). Между деталями конструкции или оборудования, расположенными на расстоянии 100 мм от точки схода троса с ролика, должен быть зазор не менее 2 мм, а все подвижные и вращающиеся детали должны находиться от тросов на расстоянии не менее 3 мм. При выходе тросов из боуденовских оболочек перекосы не допускаются; предохранительные трубки тросов должны иметь плавные изгибы. Все тросовые проводки при монтаже должны быть натянуты с таким расчетом, чтобы при охлаждении они не слишком натягивались, а при повышении температуры не провисали.

Система управления регулируется подбором (изменением) длины тяг, для чего на концы тяг установлены наконечники с резьбой.

При регулировании тяг длина навинченной резьбовой части регулируемых наконечников должна иметь предельный размер. Для контроля длины навинченной части в стаканчиках тяг имеются специальные отверстия. Шпилька, вставленная в контрольное отверстие, должна упираться во ввернутый в стакан наконечник. Если наконечник ввернут на недопустимо малую величину и шпилька не упирается в наконечник, необходимо перерегулировать всю систему управления. При необходимости можно установить наконечник тяги с более длинной резьбовой частью. При регулировании определенной системы управления устанавливаются в правильное положение не только крайние звенья цепи, но и все промежуточные.

Технологический процесс монтажа элементов и прокладки коммуникаций системы управления состоит из часто повторяющихся операций и переходов. Для сокращения трудоемкости операций используют типовые процессы — технологические стандарты, которые содержат массовые, повторяющиеся операции и переходы, наименования и шифры применяемых инструментов, приспособлений, таблицы нормативов штучного времени. Эти процессы составлены в последовательности выполнения переходов.

3.2 Технологические процессы монтажа жгутов электрорадиооборудования

При разработке технологических процессов монтажа жгутов разрабатывают монтажные чертежи.

Требования к разработке монтажных чертежей и монтажу жгутов.

Разработку монтажных чертежей следует выполнять в соответствии с требованиями отраслевой конструкторской документации.

В целях обеспечения нормальных условий эксплуатации, живучести и ремонтпригодности бортовой электрической сети жгуты различных систем должны прокладываться в разных трассах с разнесением по бортам изделия.

Не допускается объединение в одну трассу силовых проводов и проводов с малым сечением (0,12...1,5 мм²).

Расположение трасс и переходов жгутов с оборота на борт должно обеспечивать минимальную длину жгутов.

Компоновка оборудования и технологическое членение трасс должны обеспечивать прокладку, крепление и демонтаж жгутов с заделанными электрическими соединителями.

Трассы прокладки следует выбирать так, чтобы большая часть жгута могла оставаться без дополнительной защиты и была бы обеспечена возможность крепления жгута к основным элементам конструкции изделия.

При прокладке жгутов в желобах, кожуха в местах изгибов последних должны быть обеспечены допустимые радиусы изгибов проводов (жгутов).

При разработке монтажных чертежей необходимо применять унифицированные крепежные элементы.

Для монтажа жгутов на изделии применяются материалы:

металлические коррозионно-стойкие гайки имеющие защитные антикоррозионные покрытия;

неметаллические влагоустойчивые, виброустойчивые, не выделяющие токсичных газов (в интервале рабочих температур), устойчивые к среде, в которой будут эксплуатироваться.

Для удобства прокладки и лучшей ремонтпригодности диаметры жгутов не должны превышать 40 мм - для облегченного жгута, 70 мм — для группы жгутов (трассы). В технически обоснованных случаях на отдельных участках допускается увеличение диаметра трассы жгутов до 100 мм или применение плоскостной раскладки жгутов.

Силовые жгуты электрических систем переменного и постоянного тока необходимо прокладывать раздельно. В случае необходимости совместной прокладки силовых жгутов цепей питания переменного и постоянного тока из-за повышенной плотности монтажа необходимо принять меры для исключения взаимного влияния электрических полей.

Уменьшение взаимной индукции и увеличение помехозащищенности рекомендуется обеспечивать:

прокладкой взаимозависимых жгутов в разных трассах или разнесенных ответвлениях одной трассы;

прокладкой жгутов систем, чувствительных к наводкам, отдельно от других жгутов;

экранированием жгутов и проводов;

свивкой между собой проводов переменного тока с шагом 30...40 мм и сечением жил до 2,5 мм² включительно, а свыше 2,5 мм² - параллельной вязкой в отдельный жгут.

Не рекомендуется прокладывать жгуты под емкостями, содержащими агрессивные жидкости или газы. При необходимости прокладки в этих зонах жгуты следует защищать стойкими к агрессивным средам трубками, металлическими и неметаллическими трубопроводами.

Жгуты от дублирующих агрегатов необходимо прокладывать отдельными трассами на разных болтах.

Экранированные и неэкранированные провода в смешанном жгуте прокладываются отдельно. Экранированные провода рекомендуется защищать обмоткой или обшивкой. Исключение составляют провода типа БИФ и БИФЭ, которые в жгуте разрешается прокладывать вместе, не защищая экранированные провода.

Монтаж электрораспределительных устройств.

Технологичным является такой монтаж, при котором многочисленная коммутационная и защитная аппаратура сгруппирована в специальные электрораспределительные устройства (ЭРУ), собираемые на верстаке и устанавливаемые на изделие в готовом виде.

В конструкции ЭРУ рекомендуется предусматривать возможность полного выполнения монтажа устройств вне изделия, для чего монтаж выходящих из ЭРУ проводов целесообразно заканчивать штепсельными разъемами, которые следует располагать на корпусе устройства или на проводах недалеко от него.

Если ЭРУ не имеет штепсельного разъема и подсоединение к устройству внешних проводов производится непосредственно на изделии, нетехнологично проектировать соединение с помощью пайки. В этом случае более технологично в конструкцию устройства вводить клеммную колодку (рисунок 3.1).

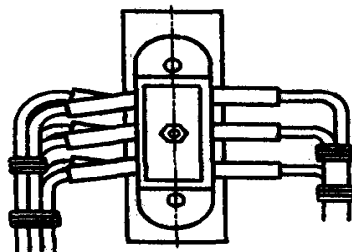


Рисунок 3.1 - Клемная колодка

На всех агрегатах, монтируемых внутри ЭРУ, следует ставить удобочитаемые знаки и трафареты в соответствии с принципиальными схемами, которые нужно наносить либо на агрегат, либо на корпус вблизи агрегата.

Провода внутривыключного монтажа следует маркировать одинаковыми бирками. При этом цепи от начала до конца должны быть выполнены проводом. Для сокращения трудоемких работ по внутривыключному монтажу ЭРУ рекомендуется применять печатные схемы этих устройств.

Если контроль ЭРУ заключается не только в типовых операциях проверки и измерения сопротивления изоляции и переходных сопротивлений, но включает и другие виды проверок (измерение времени срабатывания, напряжения и др.), то в ТУ необходимо давать методику их выполнений.

Металлизация.

Металлизация электрооборудования изделия производится для электрического соединения металлических элементов оборудования, не имеющих постоянного контакта с корпусом изделия, если корпус используется в качестве общей токонесущей шины.

Металлизацию оборудования производить в соответствии с ОСТ 1.01025 - 82.

Металлизация электрооборудования выполняется путем установки перемычек металлизации или непосредственного контакта электроагрегата с корпусом изделия при его установке и креплении.

Когда агрегат электрооборудования должен быть металлизирован перемычкой, в чертежах следует указывать место установки, тип перемычки, величины переходных сопротивлений и место их замеров. Если электроагрегаты, электрораспределительные устройства не имеют специальной перемычки металлизации на корпусе изделия и их металлизация осуществляется с помощью болтов, то в чертежах рекомендуется указывать места зачистки под болты крепления от всех покрытий до металлического блеска, а также марку краски для покрытия мест крепления.

Блоки электрооборудования, внутри которых расположены устройства, потребляющие энергию мощностью до 500 Вт и имеющие провод с отрицательным знаком, при установке на изделие крепятся болтами.

Когда потребляемая мощность блоков электрооборудования превышает 500 Вт, соединение корпуса блока с корпусом изделия должно выполняться специальной перемычкой независимо от того, имеет или не имеет этот блок провод с отрицательным знаком, соединенный с корпусом изделия.

Перемычки, соединяющие электроагрегаты и механизмы с корпусом изделия, должны одним наконечником устанавливаться под одним из болтов крепления агрегата или механизма, а другим - на ближайший элемент каркаса изделия. Для присоединения перемычек к кор-

пуску изделия технологично применять крепление болтами с анкерными гайками или клеммными болтами.

Установку перемычек металлизации следует проектировать в местах, доступных для монтажа и проверки.

Монтаж экранированных цепей на изделии производить в соответствии с ОСТ 1.01025 - 82 и требованиями, оговоренными в ТУ на экранированную аппаратуру и агрегаты по изделиям.

На один болт следует крепить не более двух перемычек металлизации.

Если для защиты от механических повреждений провода или электрожгуты прокладываются в металлических трубах, рукавах или плетенках, то последние необходимо металлизировать по концам независимо от их длины, чтобы избежать появления вторичных носителей помех согласно ОСТ 1.01025 - 82.

Экраны проводов в смешанном жгуте необходимо соединять с корпусом электрического соединителя с помощью перемычек по ОСТ 1.14291-83, ОСТ 1.14292-83 и ОСТ. 1.01025 - 82.

Экранированные жгуты и электрические соединители рекомендуется заделывать с помощью футорок или специальных шайб в соответствии с ОСТ 1.12864-77 и ОСТ 1.12865-77. Металлизация в электрическом соединителе, имеющем более трех экранов проводов, производится на корпус соединителя через наконечники.

На изделиях рекомендуется устанавливать электрические агрегаты и электрические фильтры, локализирующие помехи, создаваемые агрегатами во время работы.

Способ присоединения наконечников проводов с отрицательным знаком к корпусу изделия указывается в соответствии с ОСТ 1.01025 - 82.

В экранированных или смешанных жгутах все экраны проводов должны быть соединены с корпусом изделия. Допускается металлизация экрана проводов с одной стороны, если длина экранированного провода не превышает 400 мм

Для жгутов, не имеющих экранирующей оплетки, специальная металлизация не предусматривается.

3.3 Технологические процессы монтажа гидрогазовых систем

Внутриблочный монтаж.

Технологические процессы монтажа гидрогазовых систем в цехах агрегатной и окончательной сборки должны обеспечивать заложенный в конструкции уровень надежности и поэтому должны проектироваться с учетом результатов анализа дефектов, отказов и влияния различных конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов на надежность гидрогазовых систем.

Монтажу гидросистем на летательном аппарате предшествует изготовление и сборка монтажных панелей.

Как было указано, монтаж оборудования и коммуникаций на панелях необходимо предусматривать в отсеках планера с наибольшей насыщенностью монтажами. При этом расположение агрегатов на панели должно быть таким, чтобы была возможность беспрепятственной отработки и контроля этих агрегатов и панели в целом.

Установку оборудования, а также элементов крепления производят на панели, в основном, по сборочным отверстиям. Сборочные отверстия в панели должны быть просверлены по кондуктору за одну установку, а базой для установки кондуктора на панели могут служить вырезы в панели, предназначенные для установки оборудования или внешний контур панели.

Для правильной установки и крепления собранной панели на деталях планера при сверлении отверстий для агрегатов, приборов и элементов крепления в панели просверливаются отверстия для крепления панели, а также два базовых отверстия.

До установки на панель агрегатов и приборов необходимо обеспечить точное расположение панели на деталях планера. Это обеспечивается с помощью специального приспособления, которое должно строго фиксировать панель на надежные и жесткие базы агрегатов планера (стыковые узлы и т. д.).

Панель фиксируется на штыри этого приспособления, которые входят в базовые отверстия панели. При этом панель своими привалочными отверстиями должна прилегать к поверхностям крепления без перекосов. В случае, если зазор между привалочной поверхностью панели и деталью планера, на которую крепится панель, будет превышать допустимые значения, необходимо поставить прокладки.

Монтаж панели на детали планера после сборки панели осуществляется путем совмещения отверстий панели с отверстиями в детали планера и установки крепежных элементов.

Для обеспечения необходимой точности расположения концов труб и арматуры в пространстве применяют специальные приспособления, которые позволяют фиксировать в пространстве концы трубопроводов и арматуры с помощью специальных фиксаторов.

После изготовления и сборки панели необходимо проверить положение концов трубопроводов и арматуры в пространстве. Для этого концы трубопроводов и арматуры расфиксируют, фиксаторы приспособления отводят, а затем вновь подводят к концам трубопроводов и арматуры. Панель считается годной, если несоосность трубопровода с фиксатором и несоосность арматуры с фиксатором не будет превышать допустимых пределов.

Монтаж на летательном аппарате.

Подготовка к монтажу гидрооборудования и трубопроводов состоит из следующих операций.

1. Производят установку и крепление арматуры на деталях планера и оборудовании. Арматуру на деталях планера устанавливают с базированием по сборочным отверстиям агрегатов планера. При этом должна обеспечиваться достаточно высокая точность по длине и направлению рабочей части арматуры. Так, допуск на установку штуцера по длине должен быть в пределах ± 1 мм. Проверку положения штуцеров по направлению производят с помощью специальных шаблонов или другой оснастки, базирующейся на точно расположенные элементы планера. Эту оснастку изготавливают в соответствии с чертежом на установку арматуры в деталях планера или на основе эталонированных монтажей, полученных в процессе конструктивно-технологической отработки. Высокая точность требуется также и при установке арматуры на гидравлическое оборудование.

Арматуру комплектуют и устанавливают на оборудование с помощью специальных фиксаторов (рисунок 3.2). Отклонение арматуры относительно фиксаторов приспособления допускается по длине в пределах $\pm 1,0$ мм, а по направлению — в пределах $\pm 1,0$ мм на конце штуцера.

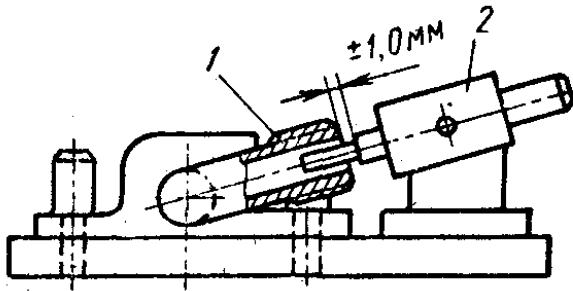


Рисунок 3.2 - Схема установки арматуры гидравлического оборудования с помощью фиксаторов: 1-штуцер, 2-фиксатор

2. Производят установку на детали планера хомутов и колодочек для крепления трубопроводов. При установке хомутов и колодочек на деталях планера необходимо, чтобы расположение их на агрегатах планера было постоянным и соответствовало бы чертежу или эталонному монтажу.

Установка хомутов и колодочек крепления трубопроводов с отклонением от размеров чертежа или заданного положения на эталонированном монтаже вызывает монтажные напряжения в соединениях трубопроводов, снижающие надежность и долговечность.

При установке хомутов и сверлении отверстий под крепление колодочек рекомендуется пользоваться спецшаблонами, кондукторами или другими видами оснастки, базирующимися на более точно расположенных элементах планера.

3. Производят подготовку к монтажу гидрооборудования.

Подготовка к монтажу гидрооборудования состоит в расконсервации агрегатов и приборов, которая может осуществляться с подогревом или без подогрева и зачистки мест под металлизацию.

Зачищают под металлизацию те места агрегатов, где нет антикоррозионных покрытий. Сразу после зачистки места металлизации должны быть защищены липкой лентой, снятие которой производится не более чем за один час перед установкой агрегата на летательный аппарат.

4. Подготовка к монтажу трубопроводов состоит в снятии обертки и продувки трубопроводов гидравлической и топливной системы воздухом, а трубопроводов кислородных систем — азотом.

Перед монтажом трубопроводы тщательно проверяют на:

- наличие рисок, забоин, вмятин, гофров (особенно в местах изгибов и местах сопряжения);
- наличие задиров, смятия и других дефектов в резьбе накидных гаек и штуцеров;
- свободное перемещение накидных гаек по ниппелю;
- равномерный зазор между ниппелем и трубопроводом.

В трубах, работающих под высоким давлением (15,0— 20,0 МПа), в напорных участках гидросистем в условиях значительных вибраций проверяют соосность конуса развальцованной части трубы и цилиндрической части трубы, длину и конфигурацию трубы, так как погрешности труб по перечисленным выше параметрам приводят к отклонениям (рис. 7.3). Для того чтобы смонтировать трубопровод с такими отклонениями, к трубопроводу прикладывают усилия, которые приводят к значительным монтажным напряжениям, резко уменьшающим надежность трубопроводной системы.

Контроль труб производят с помощью универсальных сборочных приспособлений в условиях, соответствующих положению детали на изделия.

В универсальном приспособлении основной базой при проверке детали служит конус развальцованной части трубы, подтянутой гайкой к имитатору штуцера, от которого ведется контроль геометрии трубы.

Установку элементов приспособления производят в строгом соответствии с координатами трубы, полученными путем измерения соответствующих координат эталонной трубы с помощью специального координатного приспособления для замера эталонов труб. При контроле трубу устанавливают на фиксаторы контура и подтягивают развальцованный конец трубы к имитатору штуцера. При этом труба должна прилегать ко всем фиксаторам контура, а зазор между вторым концевым фиксатором и конусом не должен превышать допустимых пределов.

Аналогичные приспособления используются и при изготовлении труб. Применение универсальных приспособлений позволяет повысить точность монтируемых труб и резко уменьшить монтажные неточности и, следовательно, монтажные напряжения трубопроводных систем.

Прокладка, крепление трубопроводов и собственно монтажные работы начинаются с прокладки трубопроводов по элементам крепления, установленным на деталях планера при проведении работ по подготовке к монтажу. Во время прокладки необходимо следить за соблюдением требуемых зазоров. Несоблюдение зазоров приводит в эксплуатации к возникновению «потертостей» труб.

Особенно тщательно необходимо следить за радиусами изгибов трубопроводов, которые не должны превышать по величине суммы трех диаметров труб $R \geq 3d$, а также за овальностью трубопроводов, которая не должна превышать 3—4%. Несоблюдение этих требований приводит в эксплуатации к усталостному разрушению труб.

Расстояние между местами крепления трубопроводов выбирается на стадии конструктивно-технологической отработки по специальной методике. Там, где трубопровод прокладывается по жестким элементам планера, колебания трубопроводов можно уменьшить изменением расстояния между опорами. Там, где трубопровод прокладывается по недостаточно жестким элементам планера, уменьшить колебания только изменением расстояний между опорами не представляется возможным. В этом случае необходимо использовать резиновые демпфирующие опоры или в зоне повышенных температур — специальные демпферы колебаний трубопроводов.

По сравнению с обычными колодочными зажимами демпферы имеют значительно большую демпфирующую способность. Логарифмический декремент колебаний трубопровода, закрепленного зажимом, в 4—8 раз выше, чем при жестких колодочных зажимах [15]. В местах изгибов трубопроводы следует крепить до и после изгиба. После прокладки трубопровода перед соединением должен быть окончательно закреплен только один конец трубы. Окончательно закреплять второй конец трубы следует только после выполнения операций соединения труб.

Для взаимозаменяемости агрегатов планера по стыкам коммуникаций необходимо разъемы коммуникаций выполнять по специальным калибрам, которые фиксируют положение разъемов. После монтажа необходимо проверить положение разъемов коммуникаций. Для этого разъемы расфиксируют и к свободным разъемам подводят фиксаторы. Несоосность арматуры с фиксаторами калибра допускается не более 1,0 мм, а конусов трубопроводов — до 1,5 мм.

Установка и крепление гидроагрегатов на деталях планера и каркаса.

Вначале на деталях планера и каркаса устанавливают гидроагрегаты, предварительно расконсервированные и проверенные в лаборатории входного контроля на чистоту внутренних поверхностей, герметичность и качество функционирования.

Установку гидроагрегатов производят, в основном, по сборочным отверстиям в корпусах гидроагрегатов и приспособлениях.

Затем производят установку и крепление монтажных панелей и установку перемычек металлизации.

Соединение трубопроводов между собой и с гидроагрегатами является ответственной операцией, от правильности выполнения которой в значительной степени зависит качество и долговечность гидросистемы. Соединение трубопроводов по наружному и внутреннему конусу производят за счет затяжки накидных гаек. Перед соединением трубопроводов необходимо проверить монтажные неточности: недотяг Δ_1 , несоосность Δ_2 и перекос Δ_3 (см. рис. 7.3).

Несоосности и перекос осей штуцера и ниппеля являются основными монтажными дефектами. Обычно при наличии перекоса накидная гайка неравномерно прижимает развальцованный конец трубки к конусной поверхности фитинга. Поэтому подобное соединение почти всегда бывает негерметичным. Для устранения негерметичности накидную гайку затягивают еще сильнее, а это приводит к перенапряжению в деталях соединения. При эксплуатации в условиях вибрации в результате несоосности перекоса происходит разрушение соединения. Измерение погрешностей можно производить набором щупов, штангенциркулей, а также специальными приборами.

Одной из важных проблем является разработка допустимых величин монтажных погрешностей. Например, допустимые монтажные погрешности для соединения трубопроводов (диаметром 12,0 мм) по наружному конусу из стали X18H10T представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Монтажные погрешности

Наружный диаметр, мм	Монтажная погрешность	Длина участка трубопровода, мм			
		200	300	400	500
12,0	Недотяг, мм	0,3	0,45	0,6	0,76
	Несоосность, мм	3,0	7,0	11,0	18,0
	Перекос	2° 30'	3° 30'	4° 30'	—

Окончательную затяжку накидных гаек соединения для герметичности рекомендуется производить только тарированными ключами. При этом усилие затяжки зависит от диаметров сопрягаемых трубопроводов и других факторов.

Для высококачественного соединения трубопроводов необходимо строго следить за последовательностью сборки и окончательно закреплять колодки после полной затяжки гаек на штуцерах, а в случае подтяжки гаек в герметичных соединениях необходимо предварительно освобождать все крепежные колодки. При монтаже трубопроводов необходимо соблюдать особые меры предосторожности против попадания грязи в трубопроводы.

4. ОТРАБОТКА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БОРТОВЫХ СИСТЕМ САМОЛЁТА

4.1 Отработка и контроль качества механических систем

В процессе производства (до летных испытаний) гидрогазовые и механические системы подвергают тщательной отработке и контролю качества функционирования в цехах агрегатной и окончательной сборки, а также в контрольно-испытательной станции (КИС), чтобы выявить основные дефекты изготовления и монтажа систем. Основными параметрами, по которым производят отработку и контроль качества функционирования гидрогазовых систем, являются следующие:

- время срабатывания отдельных механизмов и систем в целом;
- синхронность срабатывания отдельных систем (левой, правой);
- углы отклонения управляемых плоскостей;
- температура в отдельных узлах и элементах систем;
- давления в различных точках гидрогазовых систем.

При проверке качества функционирования обращают внимание также на срабатывание отдельных устройств и механизмов контролируемых систем, при этом проверяют: четкость срабатывания сигнализации (например, выпуск и уборка шасси); четкость срабатывания замков и других узлов; проверяется также правильность регулировок отдельных механизмов по плавности хода, величине зазоров и т. д.

Отработка и контроль систем может производиться различными методами и средствами и, в частности, с помощью стендов, приспособленных для отработки и контроля систем по одному из параметров, либо с помощью стендов, позволяющих вести отработку и контроль по всем или группе параметров. Отработку и контроль гидрогазовых систем часто необходимо производить при многократном срабатывании отдельных механизмов и узлов системы, что обеспечивает приработку отдельных деталей системы и повышает достоверность результатов контроля. Необходимо также следить за тем, чтобы отработка и контроль производились в условиях, максимально приближающихся к условиям эксплуатации, для чего соответствующие стенды и другие средства должны снабжаться имитаторами (нагрузжателями, имитирующими аэродинамические нагрузки, и т. д.).

Одним из главных параметров, по которому отработывают большинство гидрогазовых систем, является **время срабатывания различных гидравлических и пневматических устройств** и, в частности, время уборки и выпуска шасси, закрылков, тормозных щитков, створок; время торможения и растормаживания колес шасси, зарядки гидроаккумуляторов, разворота переднего колеса, рулей и т. д. Продолжительность этих процессов обычно бывает от 0,5 до 40 с.

Для фиксации начального и конечного моментов контролируемых процессов используют датчики, в качестве которых применяют либо концевые выключатели сигнальных систем самих летательных аппаратов, к которым подключается стенд контроля, либо технологические концевые выключатели, являющиеся частью стенда.

При контроле времени срабатывания пневматических тормозных систем может быть применен специальный мембранный датчик давления, соединенный с двухпредельным контактным датчиком завода «Калибр» (рисунок 4.1). Этот датчик может быть отрегулирован на различные предельные давления.

Время торможения фиксируется следующим образом. В кабине летчика нажимают тормозной рычаг или педаль и в тормозную камеру подается давление. При подаче давления в

тормозную камеру колеса прогибается мембрана коробки, соединенной шлангом с тормозной камерой. При избыточном давлении 0,01 МПа размыкается контакт I и на стенд подается электрический сигнал, фиксирующий начало процесса торможения. При достижении заданного предельного давления замыкается контакт II и снова на стенд подается импульс, фиксирующий конец процесса торможения.

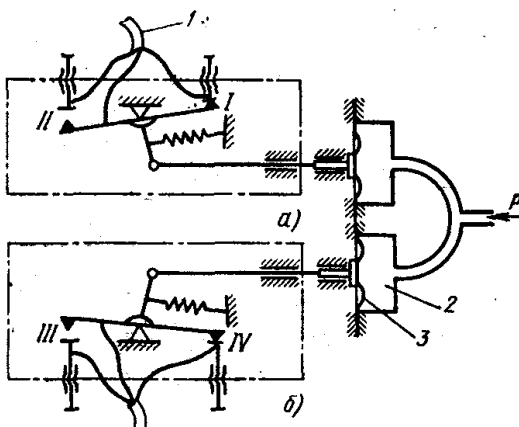


Рисунок 4.1 - Схема датчика давления:
а — датчик торможения; б — датчик растормаживания;
1 — электрожгут, 2 — мембранная коробка, 3 — мембрана

Время растормаживания фиксируется следующим образом. Растормаживание происходит при сбросе давления в тормозной камере. При этом контакт III размыкается и на стенд подается сигнал, фиксирующий начало процесса растормаживания. При падении давления до определенной величины (обычно 0,05—0,1 МПа) замыкается контакт IV и на стенд подается сигнал, фиксирующий конец процесса растормаживания.

В качестве датчиков для фиксации времени, уборки закрылков и тормозных щитков могут быть применены концевые выключатели на присосках, а также концевые выключатели самолетных сигнальных систем. Для вывода информации на стенд используются специальные переходные патроны, которые вставляются вместо сигнальных ламп на панели приборной доски летчика.

Измерение продолжительности контролируемых процессов осуществляется на стенде с помощью электросекундомера. Управляющая часть стенда показана на рисунке 4.2.

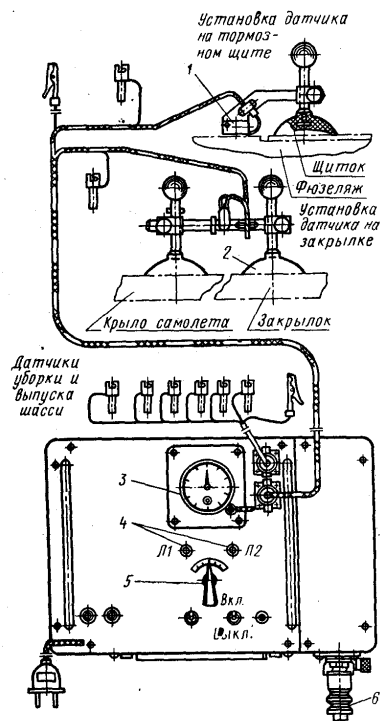


Рисунок 4.2 - Общий вид стенда для контроля времени торможения и растормаживания, уборки и выпуска закрылков, шасси и тормозных щитков:

1 - концевой выключатель, 2 - присос резиновый, 3 - электросекундомер, 4 - сигнальные лампы, 5 - переключатель проверки, 6 - шланг датчика давления

С помощью переключателя и релейного блока концевые переключатели, фиксирующие начало и конец процесса, подключаются к электросекундомеру. Такое подключение легко обеспечивает синхронизацию начала и конца контролируемого процесса с пуском и остановом секундомера.

В данном случае элементарная программа работы стенда задается вручную человеком-оператором с помощью переключателя; подача стимулирующих воздействий выполняется также человеком, который через органы управления самолетом убирает и выпускает шасси, закрылки и т. д.; измерение заданных временных интервалов производится с помощью датчиков (концевых выключателей) и электросекундомера; индикация осуществляется с помощью сигнальных ламп и указателя (электросекундомера); сравнение зафиксированных электросекундомером интервалов времени с заданными, а также анализ полученных результатов осуществляются человеком-оператором.

В качестве примера представлена электрическая схема стенда для контроля времени, уборки и выпуска шасси, закрылков, тормозных щитков и времени торможения и растормаживания колес шасси (рисунок 4.3) построена таким образом, что лампа ЗЛС (лампа сигнальная 3) загорается после подключения датчиков к самолету и установки выключателя электропитания в рабочее положение.

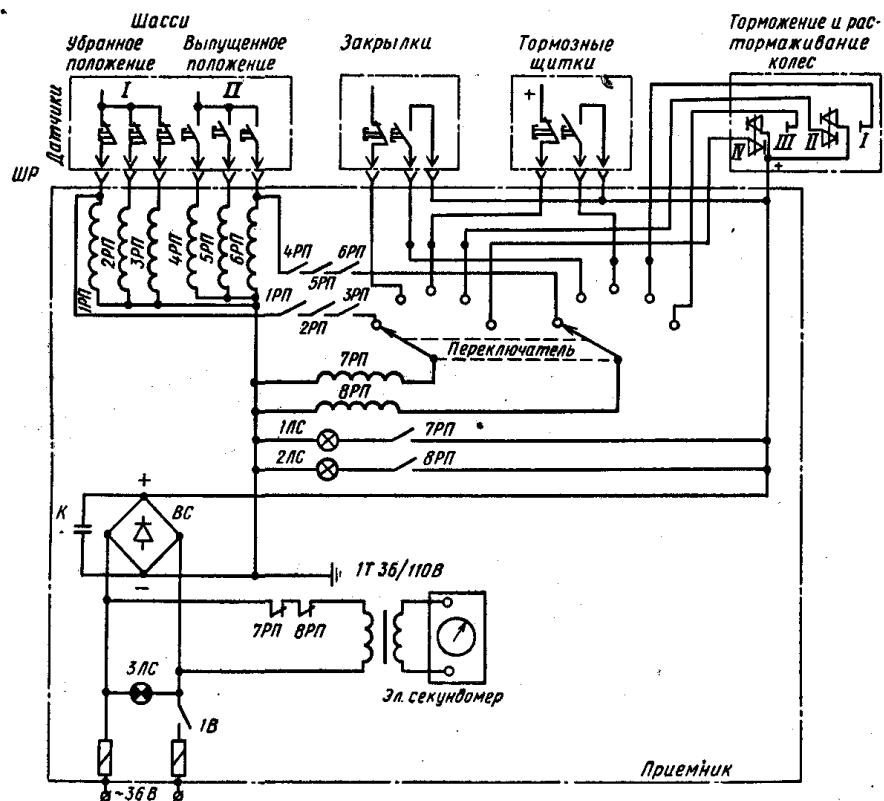


Рисунок 4.3 - Электрическая схема стенда для контроля времени торможения и растормаживания, уборки и выпуска закрылков, шасси и тормозных щитков

Лампа 1ЛС загорается в начале и гаснет в конце проверки. После этого загорается лампа 2ЛС — конец проверки. Такой стенд обеспечивает измерение времени в пределах от 0,2 до 40—50 с:

при уборке—выпуске шасси с точностью	$\pm 0,4$ с
при уборке—выпуске закрылков и щитков	$\pm 0,2$ с
при торможении и растормаживавши колес	$\pm 0,1$ с

Важным параметром, характеризующим качество функционирования гидросистем управления уборкой и выпуском шасси, закрылков, тормозных щитков, торможением и растормаживанием колес, установленных в правой и левой частях самолета, является синхронность их действия, которую можно установить путем сравнения электрических сигналов, поступающих из левой и правой частей. Во многих случаях может оказаться полезным автоматическая запись на ленту результатов контроля времени выпуска и уборки, синхронности действия и т. д.

Стенды для дистанционного измерения углов отклонения

От точности углов поворота управляемых плоскостей во многом зависит качество управления летательного аппарата. Измерение углов отклонения управляемых плоскостей на самом летательном аппарате не обеспечивает заданной точности измерения и не всегда бывает безопасным для человека, выполняющего замеры. Поэтому весьма важным является разработка высокоточных систем дистанционного измерения углов отклонения рулей летательных аппаратов.

Измерение углов отклонения горизонтальных и вертикальных рулей, стабилизатора и других управляемых поверхностей можно осуществлять с помощью потенциметрических датчиков-угломеров, преобразующих с заданной степенью точности углы Поворота поверхностей в пропорциональные электрические сигналы, которые передаются на указатель.

Датчик-угломер с помощью зажимного устройства устанавливаются на руль самолета (рисунок 4.4). На выходном валике датчика укреплена стрелка — отвес, жестко связанная с ползунком, скользящим при повороте руля до катушки потенциометра.

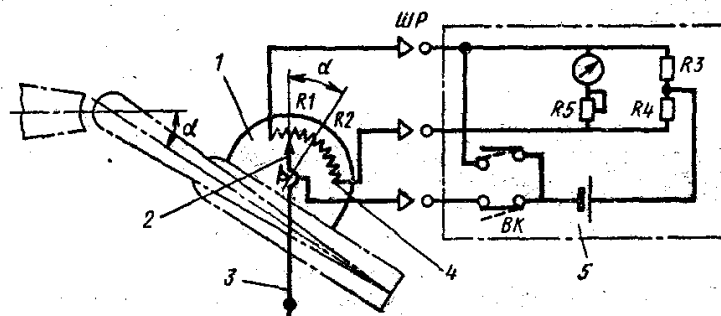


Рисунок 4.4 - Схема стенда для дистанционного измерения углов отклонений рулей:
1 — датчик, 2 — ползунок, 3 — стрелка-отвес, 4 — катушка потенциометра, 5 — указатель

Упрощенная электрическая схема (рисунок 4.4) стенда для дистанционного измерения углов отклонения рулем представляет собой измерительный мост, плечами которого служат сопротивления потенциометра (R_1 и R_2) и сопротивления R_3 и R_4 включенные в схему. Датчик-угломер закрепляется на руле таким образом, чтобы в том случае, когда руль находится в нейтральном положении, ползунок находился в середине катушки, в этом случае $R_1 = R_2$.

При повороте руля ползунок передвигается по катушке потенциометра и в диагонали измерительного моста возникает ток, который воспринимается микроамперметром, отградуированным непосредственно в градусах поворота руля. Точность измерения углов поворота рулей составляет 15 мин.

При использовании таких стендов необходимо тщательно следить за соответствием «электрического нуля» потенциометра и «механического нуля» отвеса датчика угломера, устанавливаемых на подвижные рули. Поэтому перед началом измерений необходимо быстро и, точно установить датчик в нулевое положение. Это можно выполнить, если датчик снабдить специальным устройством. Если движок потенциметрического датчика сместился от своего среднего положения, то напряжение разбаланса поступает на, электронный усилитель, а затем — на обмотку управления электродвигателя, который, вращаясь, будет перемещать корпус потенциометра до тех пор, пока не будут совмещены средний вывод и подвижный контакт потенциометра, что будет соответствовать нулевому положению датчиков. Отклонение рулей осуществляется контролером с помощью органов управления, находящихся в кабине летчика.

При проверке углов отклонения необходимо следить также за тем, чтобы перекладка управляемых поверхностей из одного крайнего положения в другое производилась с определенной скоростью.

С помощью одновременной проверки углов отклонения двух синхронно действующих управляемых поверхностей и записи функции $c = f(\alpha_1, \alpha_2)$, где α_1 и α_2 — соответствующие углы отклонения первой и второй управляемой плоскости, можно измерить степень синхронности действия управляемых поверхностей.

Отработка и контроль усилий развиваемых элементами бортовых систем

При отработке гидрогазовых систем в совокупности с системами управления необходимо также обрабатывать и контролировать усилия и моменты, развиваемые различными органами и элементами систем, а именно:

- замер усилий на органах управления летательным аппаратом (колонках, штурвалах, педалях и т. д.); этот замер часто выполняется в зависимости от углов отклонения соответствующих управляемых поверхностей с вычерчиванием графика;
- замер усилий и моментов, развиваемых на управляемых поверхностях;
- замер усилий трения в системе; этот замер выполняется наложением пружинной тяги на характеристику усилия от угла поворота.

Измерение усилий выполняется с помощью специальных динамометров и тензометрических датчиков, устанавливаемых на соответствующие элементы систем.

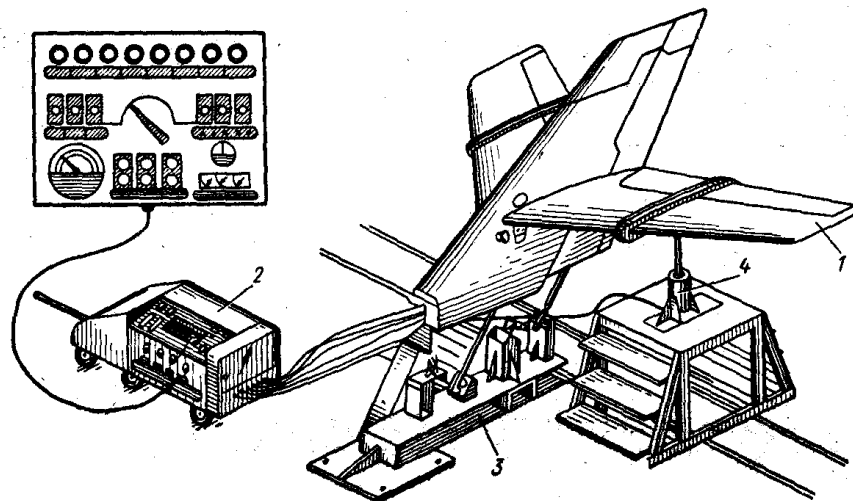
Автоматизированные стенды для автономных проверок участков гидрогазовых систем.

Стенды для комплексных проверок с имитацией полетных условий создаются как для отработки и контроля участков систем в отдельных агрегатах и отсеках летательных аппаратов в цехах агрегатной сборки, так и для отработки и контроля полностью собранных систем в цехах окончательной сборки.

В качестве примера стендов первого типа рассмотрим конструкцию и принцип работы стенда для отработки и контроля стабилизатора в хвостовом оперении, несостыкованного с самолетом. Приближение к условиям эксплуатации достигается за счет имитации аэродинамических нагрузок, действующих на стабилизатор в процессе полета, с помощью специального нагружателя гидравлического типа.

Стенд обеспечивает отработку функционирования стабилизатора в основных эксплуатационных режимах, включая «пикирование» и «кабрирование». Электрическая и гидравлическая схемы стенда обеспечивают неоднократные (примерно 20-кратные) повороты стабилизатора с нагрузкой и без нее, обеспечивая приработку отдельных элементов самолетной системы управления перемещениями стабилизатора, в процессе которых происходит нагревание гайки механизма перестановки стабилизатора, температура которой не должна выходить за заданные пределы. Время поворотов стабилизатора из крайнего верхнего положения в нижнее крайнее положение также не должно превышать определенных пределов.

Автоматизированный стенд для испытания механизма перестановки стабилизатора состоит из (см. рисунок 4.5): передвижной тележки 2, специального стапеля для закрепления хвостового оперения 3, гидравлического нагружателя 4.



*Рисунок 4.5 - Общий вид стенда для испытания механизма и перестановки стабилизатора:
1 — стабилизатор, 2 — передвижная тележка, 3 — стапель, 4 — гидравлический нагружатель*

В передвижной тележке сосредоточена вся основная автоматика стенда:

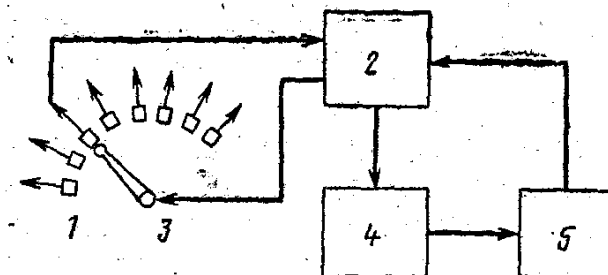
- пульт управления с необходимыми переключателями, сигнальными лампами, указателем температуры гаек, секундомером и т. д.; имеется выносная часть пульта, чтобы можно было бы управлять работой стенда, находясь в непосредственной близости к обрабатываемому стабилизатору; датчик — термопара вставляется в механизм перестановки стабилизатора, установленного на стенде, и информация о температуре гаек в виде электрических сигналов поступает в стрелочный указатель;
- насосная станция с гидронасосами, электродвигателями, редукторами, муфтами и т. д., являющаяся источником давления рабочей жидкости АМГ как для самолетных гидроагрегатов, осуществляющих перестановку стабилизатора, так и для нагружателя, являющегося составной частью стенда;
- силовая панель с пускателями, трансформаторами, предохранителями и т. д., обеспечивающая электропитание стенда;
- блоки электронного управления стендом, включающие, блоки реле и шаговых искателей, управляющие работой основной и дублирующей гидравлических самолетных систем перестановки стабилизатора на различных режимах, а также различными электроцепями стенда, включающими электронные устройства, сопротивления, конденсаторы, диоды, преобразователи, и т. д.; блок реле времени для выдержки временных интервалов процессов испытания механизма перестановки стабилизатора, а также для сброса показаний самого секундомера, входящего в состав стенда;
- основная часть гидросистемы стенда, включая гидропанель, предназначенную для автоматического управления гидросистемой стенда, гидробак, радиатор, дроссели, клапаны (в том числе электрические), гидроаккумуляторы, фильтры, редукторы, регуляторы расхода, регуляторы давления, различные трубопроводные коммуникации.

Для установки и закрепления хвостового оперения, несостыкованного с самолетом, служит специальный стапель, обеспечивающий регулировки положения хвостового оперения.

Нагрузки, воздействующие на стабилизатор в процессе эксплуатации, имитируются с помощью гидравлического нагружателя, работа которого управляется с пульта управления стендом.

Датчиками поворотов стабилизатора как при пикировании, так и кабрировании, служат технологические концевые выключатели на хвостовом оперении. Чтобы не повредить механизмов поворота, отработка стабилизатора вначале производится без нагрузки. Управление отработкой производится с помощью шагового искателя по следующему циклу. Включается стенд. Поворотный выключатель поворачивается в положение «автоматическая отработка» и нажимаются кнопки «автоматическая отработка без нагрузки». В результате происходит подготовка релейной схемы к работе.

После нажатия кнопки «Пуск» сигнал с первой ламели шагового искателя подается на релейный блок, управляющий механизмом перестановки стабилизатора. В результате стабилизатор повернется в крайнее нижнее положение и войдет в соприкосновение с датчиком поворота. Сигнал от датчика подается обратно на электрический блок (рисунок 4.6).



*Рисунок 4.6 - Схема работы электронной части стенда при автоматической отработке:
1 — ламель, 2 — электронный блок, 3 — шаговый искатель, 4 — механизм перестановки, 5 — датчик
(концевой выключатель)*

Через промежуток времени, определяемый настройкой реле времени, составляющий обычно 2-4 мин, электронный блок снова дает команду на ШИ (который переводится на другую ламель) и на механизм перестановки, который поворачивает стабилизатор вверх до упора. Снова сигнал от датчика подается на электронный блок, который через определенный промежуток времени дает команду на ШИ (который поворачивается на следующую ламель) и на стабилизатор, который поворачивается вниз до упора и так 20—30 раз до полной отработки системы

Затем нажимается кнопка «Автоматическая отработка с нагрузкой». В данном случае с помощью гидросистемы стенда жидкость под определенным давлением подается в нагружатель, который создает необходимое сопротивление поворотам стабилизатора. Схема стенда построена таким образом, что в случае, если температура гайки превысит допустимую, то стенд автоматически останавливается, а на табло загорается лампа «Брак по температуре». Стенд обеспечивает автоматическую проверку времени перестановки стабилизатора из одного крайнего положения на другое путем сравнения фактического времени перестановки, определяемого электросекундомером, с эталонными временными уставками на реле времени по верхнему и нижнему пределам. В том случае, если фактическое время будет не соответствовать верхнему и нижнему пределу, стенд выдает сигнал «Брак по времени». При этом по секундомеру можно проследить, за какой период времени отклоняется стабилизатор, и сравнить его с заданным.

Таким образом, в данном случае программа работы стенда задается шаговым искателем к реле; в качестве индикационных и регистрирующих устройств применены сигнальные лампы и стрелочные указатели; стимулятор представлен в виде гидромеханического нагружателя аэродинамических нагрузок; эталонные уставки задаются в виде реле времени и сопротивлений; измерение фактических величин контролируемых параметров производится с помощью

датчиков (концевых выключателей, термопар) и приборов (секундомеров и указателей температуры); сравнение сигналов осуществляется нуль-органом, анализ — с помощью релейной схемы, выдающей результаты в форме «Годен»—«Не годен». Регистрация результатов в данном стенде не предусматривается.

Стенды для комплексной отработки и контроля полностью собранных систем

Дефекты стыковки и соединения участков систем, смонтированных в отдельных агрегатах и отсеках летательных аппаратов, выявляются с помощью стендов комплексной отработки полностью собранных гидрогазовых систем.

Рассмотрим конструкцию и работу автоматизированного стенда для отработки и контроля гидравлических систем управления самолетом.

Напомним предварительно схему и принцип работы гидравлических систем управления самолетов, включаемых в механическую проводку управления.

Существует две схемы включения гидроусилителя в проводку механического управления и в зависимости от этого шарнирный момент рули может восприниматься гидроусилителем полностью или частично.

Если большая часть шарнирного момента руля воспринимается гидроусилителем и некоторая его доля воспринимается летчиком, то такая система управления называется обратной. В этом случае усилия, передающиеся на ручку (штурвал) и педали, увеличиваются с увеличением отклонения рулей. Летчик таким образом «чувствует» самолет, что является непременным условием, обеспечивающим нормальное управление самолетом.

Возможность применения обратимых систем ограничивается резким увеличением воздушных нагрузок и значительным перемещением центра давления на поверхностях управления при звуковых и малых сверхзвуковых скоростях.

При этом резко изменяются шарнирные моменты рулей и усилия на ручку, штурвал и педали. Применение обратной системы управления самолетом не устраняет указанного явления, так как на ручке (педалях) с некоторым уменьшением воспроизводятся резкие изменения усилий. Поэтому в настоящее время для самолетов с большим диапазоном скоростей применяют необратимую систему управления. В этом случае шарнирный момент полностью воспринимается бустером. Летчик приводит в движение лишь золотник, а усилия на ручке (штурвале) и педалях имитируются искусственно при помощи специальных загрузочных устройств, меняющих определенным образом усилия при изменении режима полета.

Для имитации усилий, возрастающих по мере увеличения угла отклонения руля, и ощущения их летчиком при управлении в систему, включается пружинный нагрузочный механизм. Таким образом, летчик преодолевает усилия не от шарнирного момента руля, а от сжатия или растяжения пружины нагрузочного механизма.

К нагрузочному устройству присоединяется механизм так называемого «триммерного эффекта». При включении этого механизма при длительном полете усилие с ручки снимается по желанию летчика. Получается эффект, равноценный действию триммера. Этот эффект достигается перемещением упора А пружины нагрузочного механизма с помощью электромоторчика, вследствие чего снимается деформация пружины, вызванная перемещением ручки.

Для имитации изменения усилий на ручке при изменении скорости и высоты полета в систему включают добавочный загрузочный автомат, к которому подводится скоростной напор воздуха. Изменение последнего вызывает перемещение мембраны, связанной с дросселирующим маслозолотником. Масло подается в исполнительный цилиндр, поршень которого связан с командным рычагом. В результате меняется усилие на командном рычаге. Имитация

усилий в зависимости от перегрузки создается грузом, устанавливаемым на ручке управления или на тяге системы управления.

Для увеличения надежности применяются часто самостоятельные дублирующие друг друга системы. Кроме того, на некоторых самолетах каждая часть элерона и каждая из половин руля имеют индивидуальные гидроусилители. Это позволяет (хотя и с ограничениями) пилотировать самолет при отказе одного гидроусилителя. Обычно в систему проводки управления гидроусилителем включается и силовой привод автопилота.

Для снижения потребных мощностей, устанавливаемых на самолете гидроусилителей, а также для повышения безопасности аварийного перехода на ручное управление при выходе гидроусилителя из строя применяются аэродинамические средства компенсации шарнирного момента. Аэродинамические средства компенсации могут быть выполнены в виде серворуля, представляющего собой часть поверхности руля у задней кромки, отклоняющейся в зависимости от отклонения руля при помощи тяги.

Для улучшения управляемости, увеличения подъемной силы крыла и других целей применяют различные средства механизации и, в частности, закрылки для увеличения подъемной силы крыла и интерцепторы для поперечного управления самолетом. После монтажа системы управления ее отрабатывают и контролируют с целью выявления дефектов монтажа по ряду параметров: усилиям на органах управления (колонке, штурвале, педалях), углам отклонения и синхронности работы управляемых плоскостей (руля высоты, элеронов, руля направления, серворулей, интерцепторов, закрылков и т. д.), времени перекладки органов управления и т. д.

Стенды для комплексной отработки и контроля систем управления должны обеспечивать дистанционный контроль параметров с автоматической регистрацией результатов контроля, приближение условий испытаний к условиям полета, а также должны обеспечивать возможность многократных включений и отключений системы при ее отработке.

Схемы контроля и отработки параметров системы управления приведены в табл. 7.3. Контроль параметров производится с помощью датчиков углов, устанавливаемых на управляемые плоскости; датчиков усилий на органы управления, а также комплекса индикационной и регистрирующей аппаратуры в виде дистанционного регистрирующего прибора (ДРП) и стрелочных указателей, оттарированных соответственно в величинах измеряемых усилий и углов.

Приближение условий испытаний к условиям полета осуществляется с помощью специального имитатора скорости полета, подающего давление воздуха пропорционально скоростному напору на загрузочный автомат контролируемой системы. В результате усилие для перемещения устанавливается в соответствии со скоростным напором воздуха.

Органы управления перемещаются специальным имитатором — гидроботом, выполненным в виде гидроцилиндров, снабженных микровыключателями для остановки гидроцилиндров в крайних и средних положениях (при разовом перемещении) и для автоматической перекладки органов управления (в автоматическом цикле — при отработке) контролируемой системы.

Имитатор скоростного напора работает следующим образом. Воздух под давлением 0,4—0,6 МПа подается от цеховой сети к крану, затем к дросселю и попадает в ресивер, откуда может иметь выход в атмосферу через дроссель и в подводный шланг трубки приемника давления через кран. Регулируя проходные сечения двумя дросселями, добиваются необходимого показания скорости на указателе. Лишь после этого давление подается в трубку приемника давления загрузочного автомата контролируемой системы.

Стенд изготавливают в передвижном варианте и монтируют на специальном шасси, на которое устанавливают панель управления гидropневмосистемы, приборную панель, панель управления электрической системой, насосную установку, имитатор скорости и дистанционный регистрирующий прибор (ДРП) и другую аппаратуру.

4.2 Отработка и контроль качества гидрогазовых систем

Обеспечение надежной работы гидрогазовых систем заключается в их отработке, контроле и испытании в условиях, имитирующих эксплуатационные.

Одной из важных задач является разработка единой методики и рекомендаций по проведению контрольно-испытательных работ и создание типовых конструкций автоматизированного контрольно-испытательного оборудования.

В настоящее время отработка, контроль и испытание гидросистем выполняется в несколько этапов:

- промывка гидросистемы с контролем чистоты рабочих жидкостей;
- проверка герметичности гидрогазовых систем;
- отработка и контроль работоспособности гидрогазовых систем (контроль на функционирование).

4.2.1. Промывка трубопроводных систем

В процессе сборки и монтажа летательных аппаратов невозможно полностью исключить попадание пыли, песка, стружки и других мелких частиц во внутренние полости гидросистемы, соблюдая очень жесткие правила изготовления, монтажа и испытаний как всех гидрогазовых систем, так и их отдельных узлов и деталей. Также невозможно полностью устранить износ деталей уплотнений и других подвижных деталей агрегатов гидросистем.

Поэтому сразу же после заправки гидросистемы рабочей жидкостью необходима тщательная промывка. Промывка заключается в полном вымывании и улавливании фильтрующими элементами частиц, загрязняющих гидросистему. Практика показывает, что качественная промывка системы повышает срок службы насосов и других агрегатов в несколько раз.

Гидрогазовые системы летательных аппаратов необходимо промывать в два этапа: на первом этапе промывают трубопроводы, а на втором — полностью собранную и работающую гидросистему.

Первый этап. Промывание трубопроводов выполняют в агрегатных цехах на несостыкованных частях летательного аппарата. В процессе монтажных работ, предшествующих первому этапу промывки, устанавливают и закрепляют все трубопроводы и агрегаты гидросистемы. При этом для исключения лишних операций необходимо перед монтажом все силовые гидравлические цилиндры, а также агрегаты с большим внутренним объемом заполнять рабочей смесью и вместо фильтров, предусмотренных чертежами, устанавливать технологические фильтры тонкой очистки.

Соединять трубопроводы с гидроагрегатами (кроме технологических фильтров) не следует. Штуцеры гидроагрегатов закрывают специальными заглушками. Одновременное промывание трубопроводов и расходных баков гидросистемы недопустимо. В случае несоблюдения этого требования при одновременном промывании трубопроводов и баков внутренние полости последних из-за наличия в них перегородок не промываются, а загрязняются стружкой и другими твердыми частицами, вымываемыми из трубопровода.

После окончания монтажа трубопроводов и гидроагрегатов трубопроводы соединяют в несколько независимых друг от друга колец. При закольцевании рекомендуется соединять в одно кольцо трубопроводы, близкие по диаметру. Для этого открытые концы труб соединяют между собой предварительно промытыми технологическими шлангами. Для повышения качества промывки трубопроводов закольцованную линию делают не длиннее 25—30 м. После закольцевания получается одна или несколько линий трубопроводов, имеющих два свободных конца (вход и выход), к которым присоединяются шланги промывочного стенда, в результате чего все подготовленные к промывке линии трубопроводов закольцовываются через стенд.

Для повышения эффективности промывки скорость движения жидкости по трубопроводу во время промывки должна превосходить рабочую в 1,5—2 раза. Рекомендуется оборудовать промывочный стенд насосом соответственно повышенной производительности.

Давление рабочей жидкости при промывке должно определяться суммой гидравлических сопротивлений промываемого трубопровода и стенда, но не должно превышать рабочего давления в трубопроводах. Не рекомендуется уменьшать пульсацию давления жидкости, если эта пульсация не сказывается на прочности трубопроводов. Поэтому в промывочных стендах не рекомендуется применять гидроаккумулятор.

Время промывки трубопроводов должно составлять не менее 20—30 мин (время промывки тем больше, чем длиннее кольцо промываемого трубопровода). Для особо ответственных гидросистем время промывки может быть увеличено до одного часа и более.

После окончания промывки стенд выключают и трубопровод освобождают от рабочей жидкости: нагнетающий шланг стенда отсоединяют, а через сливной шланг жидкость из закольцованного трубопровода самотеком сливают в бак промывочного стенда. Иногда трубопроводы освобождают от рабочей жидкости с помощью чистого сжатого до 0,3—0,5 МПа азота.

Второй этап. Промывают полностью собранную гидросистему после стыковки частей самолета и завершения монтажа всей гидросистемы и смежных систем в цехе окончательной сборки. Промывание на втором этапе выполняют без предварительного кольцевания гидроагрегатов. Наоборот, систему промывают при срабатывании почти всех агрегатов (уборка и выпуск шасси, закрылков и т. д.). Перед промывкой снимают технологические фитинги и шланги и подключают промытые (на первом этапе) трубопроводы ко всем гидроагрегатам, за исключением особо чувствительных к загрязнению. К таким гидроагрегатам относятся гидросилители, золотниковые распределители и т. п.

На втором этапе, в отличие от первого, не рекомендуется отключать расходные баки гидросистем, силовые, цилиндры и т. д.

Трубопроводы гидросистемы в тех местах, где они не подключаются к гидроагрегатам, соединяют технологическими трубопроводами, фитингами и шлангами.

Подготовленная к промывке гидросистема заправляется рабочей жидкостью. При заправке гидросистемы промывочной жидкостью необходимо исключить возможность загрязнения жидкости при заправке и полностью удалить из гидросистемы воздух. В настоящее время заправку и промывку гидросистем осуществляют с помощью заправочно-промывочных стендов. Для удаления оставшегося в системе воздуха через нее необходимо многократно прокачать жидкость. При этом должны работать все агрегаты промываемой системы (уборка и выпуск шасси, закрылков и т. п.). При прокачке системы заправочный бак стенда должен быть отключен, и в заправочный бак не должна попадать жидкость, бывшая в употреблении.

Промывка гидросистемы на втором этапе производится сразу же после заправки до испытания и отработки. Принципиальная схема заправочно-промывочного стенда представлена на рисунок 4.7. Гидравлическая схема стенда состоит из двух автономных линий: линии заправки и линии промывки гидросистемы.

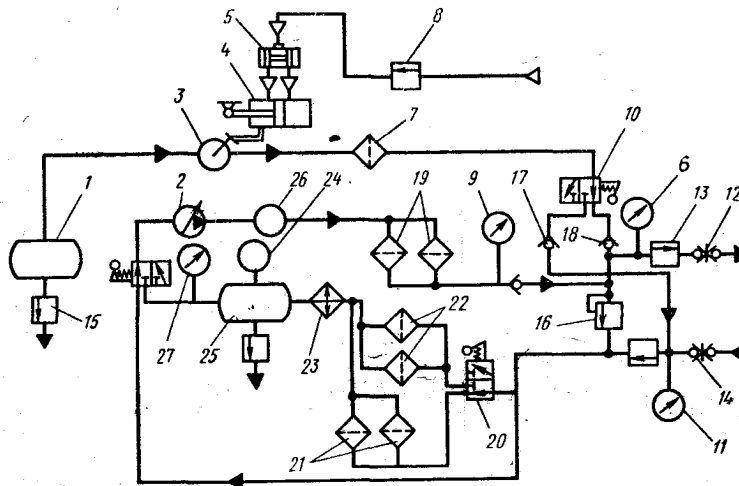


Рисунок 4.7 - Принципиальная схема заправочно-промывочного стенда:

1 — заправочный бак, 2,3 — насосы, 4 — пневмопривод, 5 — золотниковый распределитель, 6, 9, 11 — манометры, 7, 21, 19 — фильтры тонкой очистки, 8, 13, 15 — запорные краны, 10, 20 — двухпозиционные краны, 12 — разъемный клапан нагнетания, 14 — разъемный клапан слива, 16 — предохранительный клапан, 17, 18 — обратные клапаны, 22 — контрольный фильтр, 23 — масловоздушный радиатор, 24, 26 — датчики электротермометров, 25 — резервный бак, 27 — вакуумметр

Линия заправки оборудована насосом 3, работающим от пневмопривода 4 и питающимся от заправочного бака 1 емкостью 70—100 л. Пневмопривод насоса приводится в действие сжатым воздухом заводской сети. Сжатый воздух из сети под давлением 0,3—0,6 МПа по трубопроводу через кран 8 поступает к золотниковому распределителю 5, который направляет воздух поочередно в правую и левую полости силового пневмоцилиндра привода 4. Одна полость цилиндра находится под давлением, а другая соединяется с атмосферой. Шток с поршнем закреплен. Цилиндр имеет возвратно-поступательное движение, которое передается ручке насоса. Заправка с помощью этого стенда может производиться через линию нагнетания и через линию слива.

Заправка гидросистемы через линию нагнетания осуществляется следующим образом.

При включении пневмопривода насоса 3 (кран 8 в это время открыт) рабочая жидкость из бака 1 поступает в насос и из него под давлением проходит через фильтр тонкой очистки 7. Далее через двухпозиционный кран 10, обратный клапан 17, кран 13, разъемный клапан нагнетания 12 и через бортовой зарядный штуцер жидкость поступает в гидросистему. Давление жидкости контролируют по манометру 11.

Для заправки через линию слива двухпозиционный кран 10 переключают во второе положение и отфильтрованная жидкость проходит через обратный клапан 17 и разъемный кран 14 линии слива, присоединенный к бортовому зарядному штуцеру сливной линии, и заполняет гидросистему. Запорный кран 15 при этом должен быть закрыт. Расход жидкости при заправке — 3—5 л/мин, давление 1,0—1,2 МПа. Давление рабочей жидкости при заправке контролируется манометром, включенным в линию слива.

После окончания заправки линию заправки отключают, включают линию промывки и промывают работающую гидросистему (на втором этапе). В этом случае разъемные клапаны *12* и *14* присоединены к бортовым зарядным штуцерам гидросистемы, краны *13* и *15* открыты, а двухходовой кран *20* поставлен в положение «промывки», при котором контрольные фильтры *22* отключены, и рабочая жидкость из линии слива гидросистемы проходит через кран *20* в фильтры тонкой очистки *21*.

Во время промывки работает насос *2*, питающийся из резервуара бака *25* емкостью 30—35 л. При включенном насосе жидкость под рабочим давлением проходит через фильтры *19* тонкой очистки и разъемный клапан *12* в линию нагнетания промываемой гидросистемы. Из гидросистемы через разъемный клапан *14* жидкость поступает в бак *25*, проходя через открытый кран *15*, двухходовой кран *20*, фильтры тонкой очистки *21* и масловоздушный радиатор *23*.

Температура рабочей жидкости контролируется электротермометрами, датчики *24* и *26* которых установлены в баке *25* и в линии нагнетания. При нагреве жидкости выше определенной температуры электродвигатель насоса автоматически выключается.

Контроль работы насоса *2* осуществляется с помощью манометра *6*. Электроконтактный вакуумметр *27* служит для выключения электропривода насоса *2* в случае падения давления в линии всасывания ниже определенного предела.

По разности показаний манометров *9*, *6* определяют загрязненность фильтров *19* тонкой очистки, установленных в линии нагнетания стенда. Два манометра такого же назначения, как и манометры *6* и *9*, могут быть установлены в линии слива для контроля засоренности фильтров тонкой очистки *21*.

Для предохранения промываемой гидросистемы от чрезмерно большого давления рабочей жидкости на стенде установлен предохранительный клапан *16*, через который при давлении, больше допустимого, жидкость из линии нагнетания стенда направляется в линию слива.

Обратные клапаны *17* отключают линию заправки в момент работы промывочного насоса *2*, а обратный клапан *18* отключает линию промывки, когда работает заправочный насос *3*. На неработающем стенде краны *13* и *15* необходимо закрывать.

В качестве промывочного насоса используют насос высокой производительности.

Стенд заправки и промывки гидросистемы (см. рисунок 4.7) не оборудован системой управления распределительными устройствами и кранами, с помощью которых во время промывки включаются и выключаются гидроагрегаты промываемой системы. Управление распределительными устройствами и кранами в этом случае осуществляется или из кабины экипажа или со специального пульта. В некоторых случаях целесообразно оборудовать стенд системой управления, а также системой поддавливания гидравлических баков, установленных как на стенде, так и в промываемой гидросистеме.

Самолет может иметь одну и более независимых гидросистем. Для уменьшения трудоемкости промывки таких гидросистем рекомендуется применять специальные стенды, аналогичные описанному и оборудованные не одной, а двумя и более линиями промывки. Линия заправки при этом остается одна. Такие стенды имеют несколько промывочных насосов, фильтров, кранов и подсоединяются к промываемой гидросистеме соответствующими шлангами.

Второй этап промывки системы проводится при следующем режиме:

- скорость течения жидкости в гидросистеме во время промывки должна быть больше рабочей скорости жидкости, для чего стенд оборудуется насосом, производительность которого в 1,5 раза выше производительности насоса гидросистемы;

- время промывки гидросистемы не должно быть меньше одного часа (время промывки тем больше, чем длиннее трубопровод гидросистемы и чем больше количество включенных гидроагрегатов);
- в течение всего времени промывания гидросистемы должны работать все подключенные гидроприводы и гидроагрегаты.

Включение агрегатов гидросистемы производится или с промывочного стенда или кабины экипажа с помощью ручного или дистанционного управления, распределительными устройствами и кранами. Каждый гидроагрегат должен сработать в течение промывки системы не менее 20 раз.

Во время промывки гидросистемы разрешается производить ее частичную отработку и регулировку. В случае, если из-за отключения особо чувствительных к загрязнению гидроагрегатов невозможно нормальное функционирование системы, то на время промывки вместо них устанавливаются чистые макетные агрегаты, имитирующие отсутствующие.

Гидроагрегаты, особо чувствительные к загрязнению рабочей жидкостью (гидроусилители, золотниковые распределители и т. п.), в собранной гидросистеме не промываются. Такие агрегаты, являющиеся изделиями специализированных предприятий, подвергаются тщательной промывке на этих предприятиях и обычно не нуждаются в дополнительной промывке.

Качество промывки гидросистемы проверяют контрольными фильтрами, установленными на стенде. В отдельных случаях чистоту жидкости контролируют после окончательной отработки гидросистемы. В качестве контрольных фильтров обычно применяют фильтры тонкой очистки таких же марок, как и технологические фильтры.

Рекомендуется также периодически проверять качество промывки гидросистемы путем отбора проб жидкости из промытой гидросистемы с последующим лабораторным анализом. Необходимо определить самопромывку гидросистемы стенда со сливом загрязненной жидкости из расходного бака.

Очистка рабочих жидкостей гидравлических систем в промывочных стендах производится двумя способами:

- пропуская загрязненную жидкость через пористую перегородку (процесс фильтрации);
- очисткой жидкостей в силовых полях.

В соответствии с этим можно также разделить и средства очистки жидкостей.

Гидравлические фильтры делятся на щелевые (проволочные и пластинчатые), сетчатые, металлокерамические, керамические, бумажные, картонные, фетровые, войлочные, тканевые, стекло-тканевые, и стекловатные фильтры, а также фильтры из волокнистых и прессованных материалов и самых разнообразных пластмасс.

Основным критерием качества фильтров является тонкость очистки. В соответствии с этим фильтры разделяются на фильтры грубой (удерживают частицы размером от 12 мкм и более) и тонкой очистки (удерживают крупные частицы и мелкие от 12 мкм и менее).

Однако по мере улучшения очистки возрастает гидравлическое сопротивление фильтра, которое не может превышать определенных пределов.

В связи с высокими требованиями к тонкой очистке (2—3 мкм) разрабатываются новые средства очистки, составляющие вторую группу очистителей, а именно, силовые очистители, технические характеристики которых лучше характеристик фильтров.

В силовых очистителях очистка жидкостей от нерастворимых загрязнений осуществляется за счет применения силовых полей: магнитного электрического, гравитационного,

центробежного и др. Однако силовые очистители еще недостаточно изучены и до сего времени широкого применения не получили.

После завершения промывки все технологические фильтры необходимо снять, промыть и проверить их чистоту и пропускную способность. Работоспособность фильтров определяют по пропускной способности элементов, о которой судят косвенно по результатам замера на них перепада давления.

Промытые технологические фильтры вновь устанавливают на изделия и включают в систему. Одновременно присоединяют к трубопроводу все те агрегаты гидросистемы, которые во время промывки были отключены от системы. Все макетные гидроагрегаты (имитаторы) и технологические дроссели заменяют рабочими.

Технологические фильтры заменяют рабочими после отработки гидросистемы перед ее окончательной сдачей.

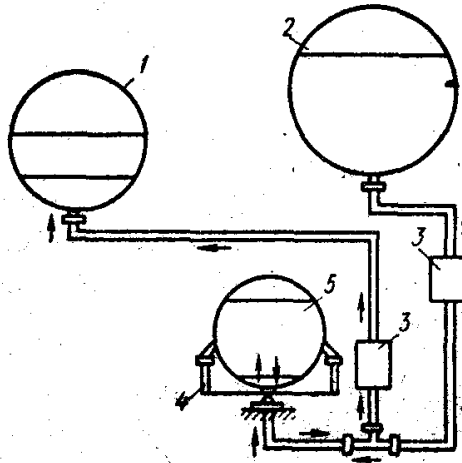
Снижение трудоемкости и повышение чистоты внутренних поверхностей трубопроводов, гидравлических агрегатов и систем обеспечиваются путем интенсификации технологических процессов промывания. Достаточно эффективными способами интенсификации технологических процессов промывания являются: турбулизация потока жидкости за счет увеличения скорости потока турбулизаторами различной конструкции; использование в качестве моющего средства двухфазной смеси (жидкость + газ); создание ультразвуковых колебаний моющей жидкости; наложение вибраций на промываемые объекты; изменение направления потока моющей жидкости и т. д.

4.2.2. Тарировка и промывание баков большой емкости

$$\int_{x_1}^{x_2} S(x) dx$$

Как известно, объем емкости равен: $V = \int_{x_1}^{x_2} S(x) dx$, где $S(x)$ — площадь поперечного сечения. Однако для практических целей в большинстве случаев достаточно узнать фактический объем емкости в целом и в нескольких сечениях. В последнем случае непрерывное опорожнение (наполнение) бака заменяется ступенчатым (порционным).

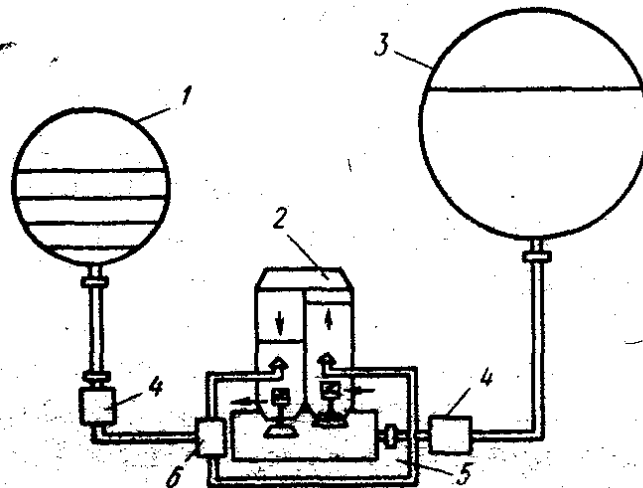
Существуют два вида тарирования емкостей: м-ассовый, когда объем объекта определяется по формуле $V = P/\rho$, масса P определяется взвешиванием, и объемный метод, когда объем емкости узнают с помощью тарировочной емкости, объем которой заранее известен. По первому методу (рисунок 4.8) тарирование можно вести следующими способами: наполнением тарлируемой емкости из вспомогательной емкости; сливом рабочей жидкости из тарлируемой емкости во вспомогательную емкость.



*Рисунок 4.8. Схема весового метода тарирования емкостей:
1 — испытываемая емкость, 2 — технологическая емкость, 3 — насосные станции,
4 — весы, 5 — вспомогательная емкость*

В последнем случае рабочая жидкость поступает из емкости во вспомогательную порции, которые там взвешиваются с последующим определением объема. После заполнения вспомогательной емкости до предела жидкость перекачивают в технологическую емкость. Точность тарирования зависит от точности массы и колеблется от 0,11 до 0,01 %.

Схема установки для тарирования из двух спаренных емкостей объемным методом с применением способа слива рабочей жидкости из тарированной емкости показана на рисунке 4.9



*Рисунок 4.9 - Схема установки для тарирования из двух спаренных емкостей объемным методом:
1 — тарირуемая емкость, 2 — тарировочные баки, 3 — технологическая емкость, 4 — насосные станции,
5 — сливной бак, 6 — распределитель*

Во время тарирования вода с добавлением хромпика, являющаяся в данном случае рабочим телом, из испытываемых емкостей попеременно заполняет одну из двух тарировочных емкостей. Переключение осуществляется распределительным клапаном с пневмоприводом. Слив жидкости из тарировочных емкостей производится в сливной бак, из которого с помощью насоса жидкость откачивается в технологическую емкость. Контроль за уровнем жидко-

сти в испытываемом баке осуществляется ультразвуковым уровнемером. Тарировочные баки снабжены уровнемерами емкостного типа, связанными с сигнализатором.

Помимо тарирования емкостей на этой установке можно производить: контроль герметичности, гидростатическое опрессование емкости (с целью проверки ее прочности) и статические испытания до разрушения. В последнем случае требуется применение бронеканера.

Для хранения технологической жидкости установлена технологическая емкость с объемом, превышающим полуторакратный объем жидкости, потребляемый для испытания наибольшего бака. Система разводки трубопроводов оснащена арматурой с ручным управлением, а также арматурой с дистанционным управлением, осуществляемым с пульта. Включение насосов производится автоматически и дублируется вручную, что позволяет контролировать и по необходимости останавливать или изменять автоматический процесс гидропневмоиспытаний или тарировки.

К бакам современных летательных аппаратов, кроме требований высокой герметичности, прочности и определенности объема, предъявляются также высокие требования по чистоте от жировых загрязнений, механических и других частиц.

Для проведения гидроиспытаний, тарировочных работ, составления моющих растворов, обезжиривания и промывки емкостей, изготовленных из алюминиевого сплава АМГ-6, применение водопроводной воды недопустимо из-за наличия солей железа, кальция, магния, натрия, соляной и серной кислот, вызывающих коррозию материала емкости в процессе длительного хранения. В связи с этим возникает проблема создания специальных установок для обессоливания водопроводной воды.

До создания специальных промывочных стендов обезжиривание емкостей производилось вручную протиранием хлопчатобумажной салфеткой, смоченной растворителем, в качестве которого применялся бензин Б-70 и этиловый спирт-ректификат. Применение спирта и бензина при обезжиривании имеет недостатки: токсичность, пожароопасность, возможность возникновения статического электричества. Все эти растворители оказывают вредное действие на организм человека; в малой концентрации они вызывают слегка опьяняющее и анастезирующее действие, но при большой концентрации приводят к отравлению и другим тяжелым последствиям. Кроме того, окончательное обезжиривание изделий салфетками, смоченными бензином и спиртом, не дает качественного обезжиривания. Поэтому в последние годы стал применяться механизированный метод обезжиривания с применением поверхностно-активных моющих веществ. Механизированный метод обезжиривания обеспечивает механическое воздействие, циркуляцию, движение моющего раствора и необходимое повышение температуры. Механическое воздействие моющего раствора на промываемую поверхность осуществляется с помощью устройства, головка которого представляет собой разъемный сферический корпус, на котором расположены форсунки, образующие моющий поток жидкости, равномерно распределяемый по омываемой поверхности. Форсунки расположены по экваториальному сечению головок и создают вращающий момент. Для получения максимального моющего эффекта отработанный раствор сливают в емкость нейтрализации. Промывку производят моющими растворами. Моющим раствором, в частности, является раствор ОП-7 на водной основе в концентрации 2—3 г/л с добавлением двухкомпонентного ингибитора (ГОСТ 8433—57), ОП-7 обладает эмульгирующим и диспергирующим свойствами, способствующими удалению масляных и жировых загрязнений.

Схему стенда (рисунок 4.10) можно разделить на две системы: систему ОВ (система промывки обессоленной водой) и систему ОП-7 (система обезжиривания раствором поверхностно-активного моющего вещества ОП-7).

Система ОВ работает следующим образом. Обессоленная вода в емкость 1 поступает от обессоливающей установки. Из емкости 1 с помощью насоса низкого давления 6 обессоленная вода, пройдя фильтр и запорное устройство (на схеме не показанные), попадает в теплообменник 4, подогреваемый разогретым паром, откуда с помощью насоса высокого давления 8 через обратный клапан, вентиль и задвижку (на схеме не показан) подается в устройство 17. По мере накопления отработанной жидкости в установочной емкости она откачивается в наполнительную емкость 12, откуда с помощью насоса 10 низкого давления откачивается для нейтрализации.

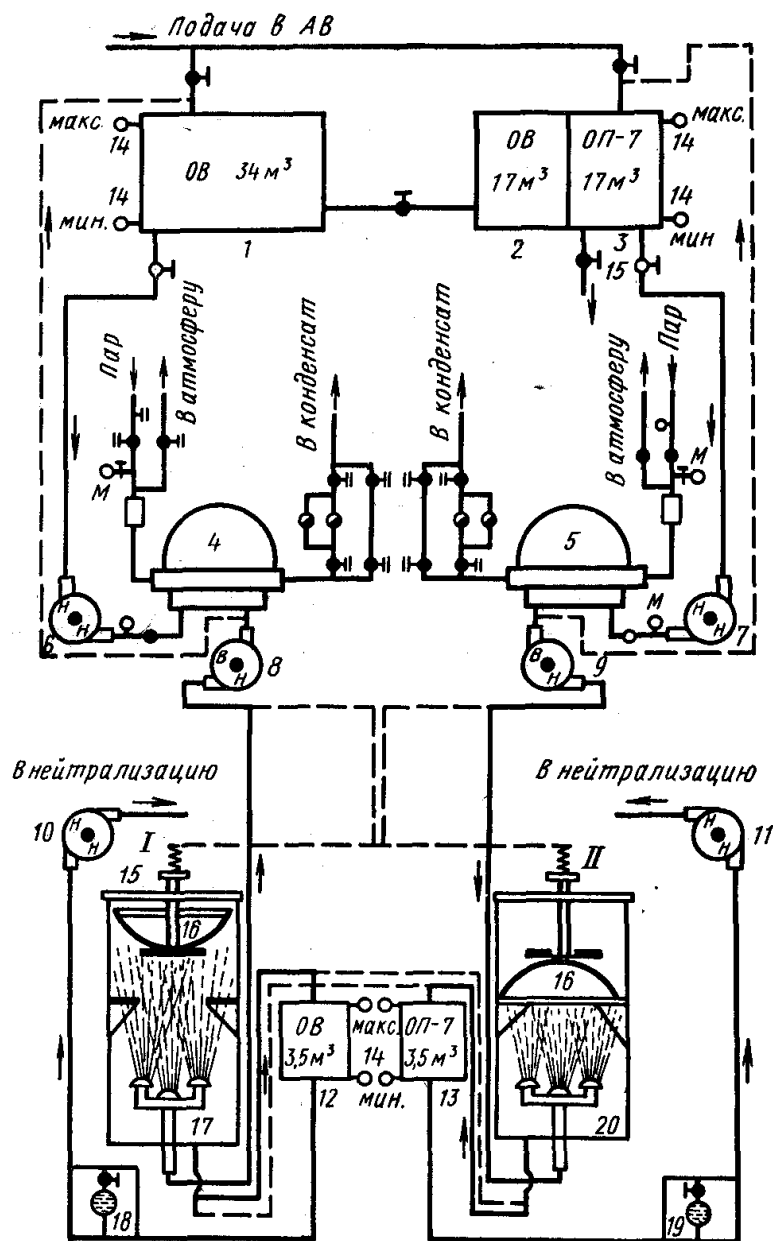


Рисунок 4.10 - Принципиальная схема промывочного стенда:

1,2 — емкости ОВ; 3 — емкость ОП-7; 4, 5 — теплообменники; 6, 7, 10, 11 — насосы низкого давления; 8, 9 — насосы высокого давления; 12, 13 — накопительные емкости; 14 — датчики уровня, 15 — установочные емкости; 16 — объект промывки; 17, 20 — душирующее устройство; 18, 19 — задвижки

Система ОП-7 работает следующим образом. В емкость 3 через верхний люк загружается концентрат препарата ОП-7, количество которого определяется его концентрацией в литре воды (2—3 г/л), после чего емкость заполняется горячей обессоленной водой, в которой раствор перемешивается в течение 5—10 мин. Раствор насосом низкого давления 7 подается в теплообменник 5, в котором раствор нагревается до 45⁺⁵°С, и насосом 9 высокого давления через специальные вентили по трубопроводам подается в устройство 20 II рабочего места. После того, как произведено обезжиривание емкости, происходит промывка подачей обессоленной воды на I рабочем месте, в то же время на II рабочем месте начинается процесс обезжиривания вновь установленной емкости. Взаимозаменяемость I и II рабочих мест обеспечивается соответствующей гидроразводкой, смонтированной в подвале цеха.

Работа стенда связана с координированным включением и выключением большого количества управляющих вентилях и поэтому должна управляться автоматически.

Процесс промывки емкостей достаточно трудоемок. Поэтому применяются и другие способы интенсификации технологических процессов промывки, например, основанные на сочетании циркуляции моющего раствора с одновременным вращением и вибрацией промываемой емкости в специальных промывочных стендах. В последнем случае процесс очистки осуществляется в поле вибрационно-гидродинамического воздействия, которое способствует отрыву загрязняющих частиц от промываемой поверхности и их транспортировке к технологическим фильтрам промывочного стенда.

4.2.3. Способы контроля чистоты внутренних поверхностей трубопроводных систем

Существует два способа контроля чистоты внутренних поверхностей: непосредственный и косвенный. Первый способ связан с непосредственным наблюдением контролируемой поверхности и определением степени ее загрязнения. Однако этот способ может быть применен, главным образом, только на ранних этапах технологического процесса, например, при определении чистоты отдельных элементов баков: днищ, обечаек и т. д., когда имеется доступ к проверяемым поверхностям. После того, как бак или другой элемент системы собран, непосредственное наблюдение поверхности становится невозможным и тогда применяют косвенные методы, когда о чистоте внутренних поверхностей судят по чистоте промывочных жидкостей. Так, в частности, проверяют чистоту внутренних поверхностей гидравлических систем управления.

В приборах для непосредственного контроля чистоты внутренних поверхностей типа ПУЛК (прибор универсального люминесцентного контроля) используется особенность органических веществ и минеральных масел светиться под действием ультрафиолетового облучения. Люминесценция масел в зависимости от их сорта может иметь голубой, синий или зеленоватый оттенки. С увеличением концентрации масла на изделии яркость светящегося пятна пропорционально возрастает, что позволяет судить о степени загрязнения изделия.

Степень обезжиривания поверхности изделия определяют путем сравнения интенсивности излучения люминесценции масла на этой поверхности с интенсивностью люминесценции поверхности эталона. Эталон допустимого качества обезжиривания представляет собой поверхность, имеющую такую степень обезжиривания, какая может быть достигнута в производственных условиях промывкой изделия водным раствором ОП-7 с ингибиторами и должна иметь предельно допустимые концентрации жировых загрязнений.

4.2.4. Способы контроля чистоты рабочих жидкостей

Чистота рабочей жидкости является показателем чистоты внутренних поверхностей промываемых гидросистем. Поскольку объемная концентрация загрязнений в жидкости авиационных гидросистем не превышает 0,01—0,02% и частицы имеют малые размеры, контроль чистоты является очень сложной задачей.

В настоящее время известен целый ряд способов контроля чистоты рабочих жидкостей, из которых отметим следующие: визуальный; массовый; основанный на эффекте Тиндаля и гранулометрический.

Наиболее простым является визуальный способ контроля, когда о чистоте рабочей жидкости судят с помощью простых приспособлений или «на глаз». Например, чистоту топливной системы определяют следующим образом: прогоняют через фильтр топливо или промывочную жидкость и наблюдают, есть ли на фильтре «блестки». Минимальный размер «блесток», которые способен видеть глаз, — не менее 40 мкм.

О качестве промывки гидросистем также можно судить по чистоте контрольных фильтров, устанавливаемых на стенды для заправки и промывки гидросистемы (см. рисунок 4.7).

Во время промывки гидросистемы контрольные фильтры не работают, так как двухходовой кран установлен в положение «промывка», при котором жидкость идет в бак через фильтры, минуя контрольные фильтры. После окончания промывки кран переключают в положение «контроль», при этом вся рабочая жидкость, пройдя по промытой гидросистеме, поступает через сливной шланг стенда в контрольные фильтры и затем через радиатор сливается в бак. В это время стенд должен работать на том же режиме, что и во время промывки.

После прокачивания насос выключают, кран переключают в первоначальное положение, вскрывают контрольные фильтры и осматривают их фильтроэлементы. В ряде случаев в качестве контрольных фильтров используют фильтры с линзой. Минимальный размер частицы, который можно различать посредством такого фильтра, равен 20 мкм.

Визуальный контроль чистоты жидкости очень прост, не требует сложного оборудования и приборов, может быть выполнен достаточно быстро (примерно в течение 10 мин) и поэтому находит широкое применение в промышленности. Однако в большинстве случаев, в особенности, когда идет речь о контроле качества промывки гидравлических систем управления, имеющих в своем составе гидроусилители, визуальный контроль является недостаточным.

Более точными являются различные лабораторные методы анализа чистоты жидкости, в частности, весовой метод.

Проба рабочей жидкости известного объема (обычно 100 и 1000 см³) пропускается через специальный лабораторный бумажный фильтр, который задерживает все частицы размером 5 мкм и более. Затем этот фильтр просушивают в условиях, недопускающих дополнительного загрязнения фильтра. Просушенный фильтр взвешивают на аналитических весах и его вес сравнивают с весом аналогичного чистого фильтра.

Этот метод имеет ряд недостатков:

- вопреки требованиям практики определяется весовая, а не объемная концентрация; при легких загрязняющих частицах при низкой весовой концентрации жидкость может быть загрязнена выше допустимых пределов;
- недостаточная точность метода; весовое содержание механических примесей до 0,005% включительно оценивается как их отсутствие. В условиях авиационных гидросистем этой величине часто соответствует объемная концентрация, равная 0,008 и даже 0,01 %, кото-

рая в отдельных случаях недопустима по соображениям работоспособности и надежности;

- недостаточная производительность способа, требующая лабораторных условий.

В последнее время делаются попытки создания приборов для контроля рабочих жидкостей, основанные на эффекте Тиндаля — эффекте рассеяния света в мутных средах. Рассматриваемый метод основан на измерении разности в поглощении направленного луча света в контролируемой и эталонной жидкостях.

На рисунке 4.11 изображена схема прибора, позволяющего контролировать чистоту потока жидкости, проходящего через промывочный стенд.

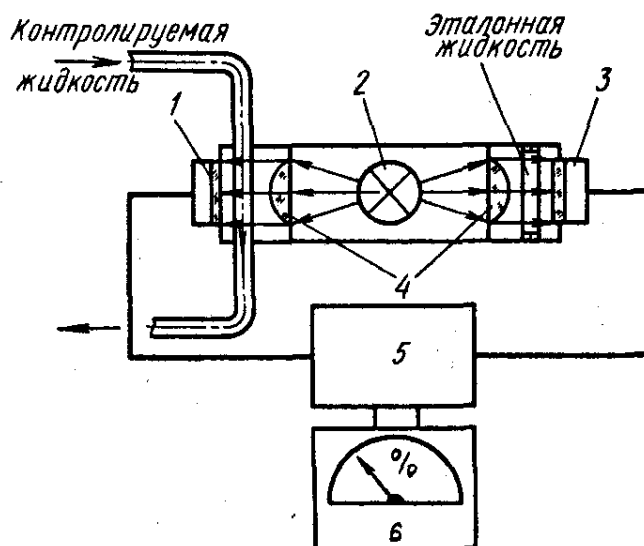


Рисунок 4.11 - Схема прибора для проверки чистоты потока жидкости, проходящей через промывочный стенд:

1,3 — фотоэлементы, 2 — лампа, 4 — линзы, 5 — электронный усилитель, 6 — индикатор

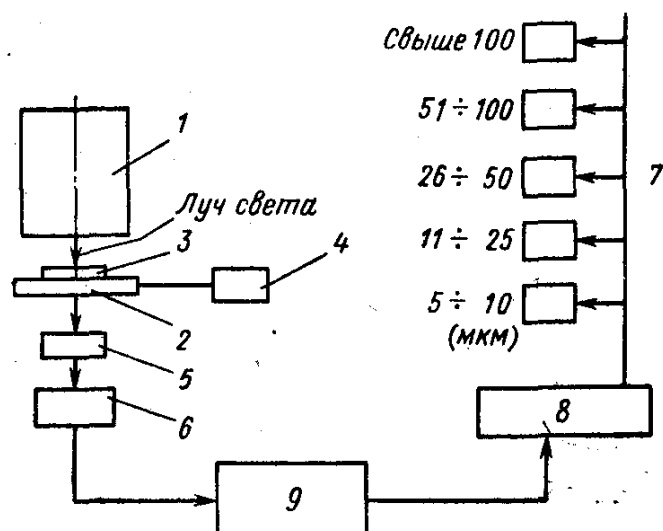
Луч света от источника (лампы) через конденсоры попадает на стеклянный трубопровод, вмонтированный в промывочный стенд, и в кювету с эталонной жидкостью, чистота которой соответствует установленным требованиям. В результате наличия в промывочной жидкости определенного количества частиц световой поток, входящий в стеклянный трубопровод, рассеивается в различных направлениях. Для получения величины, характеризующей загрязненность рабочей жидкости, используется только та часть светового потока, которая попадает в выходное окно, перпендикулярное основному световому потоку. Увеличение загрязненности промывочной жидкости вызывает уменьшение освещенности одного из фотосопроотивлений и соответственное изменение напряжения, которое через усилитель вызывает срабатывание стрелочного индикатора.

Однако гидросистемы неодинаково чувствительны к размерам загрязняющих рабочую жидкость частиц. Поэтому важно определить гранулометрический состав загрязняющих жидкостей, т. е. знать состав загрязнений по количеству частиц различного размера.

Все предыдущие методы не позволяют определить гранулометрический состав загрязнений жидкостей.

Эту задачу можно решить путем визуального подсчета частиц с помощью микроскопа. Однако такой метод является очень трудоемким и недостаточно достоверным.

За последние годы были созданы образцы автоматических приборов, обеспечивающих гранулометрический анализ механических примесей гидросистем [26]. В большинстве случаев в таких приборах используют фотоэлектрический принцип определения размеров и подсчета твердых частиц (рисунок 4.12).



*Рисунок 4.12 - Схема прибора для определения размера и количества твердых частиц:
1 — оптическая система, 2 — предметный столик, 3 — предметное стекло, 4 — привод, 5 — оптическое устройство, 6 — фотоэлемент, 7 — счетчик загрязняющих частиц, 8 — дискриминатор, 9 — усилитель*

Пучок света с помощью входной оптической системы направляют на предметное стекло микроскопа. На предметное стекло нанесена исследуемая рабочая жидкость. Предметное стекло установлено на предметный столик, совершающий с помощью специального привода и системы управления сканирующие движения, заключающиеся в незначительных продольных перемещениях с одновременным поперечным перемещением на шаг, равный 50 мкм. В результате пучок света на своем пути встречает загрязняющие жидкость частицы различных размеров и в соответствии с размерами этих частиц изменяет свою интенсивность. Пучок света, пройдя выходное оптическое устройство, попадает на фотоэлемент, который генерирует электрические импульсы в соответствии с изменяющейся интенсивностью светового потока. При этом амплитуда импульса будет тем больше, чем больше загрязненность частиц, встреченных на пути света. Далее эти импульсы усиливаются с помощью усилителя. Усиленные импульсы подаются в амплитудный дискриминатор, который производит селекцию импульсов на пять групп в зависимости от величины амплитуды импульсов. Тем самым производится селекция частиц от 1 до 200 мкм на пять групп в зависимости от их размеров. Подсчет частиц производится электронными счетчиками (в схеме имеется пять счетчиков).

Применение такого прибора сокращает необходимое для подсчета время по сравнению с фотовизуальным способом примерно в 5 раз. При этом значительно возрастает достоверность данных подсчета.

Применение автоматизированных приборов для количественного контроля рабочих жидкостей в процессе промывки позволяет получить более полные и объективные данные о качестве промывки.

Немаловажным является также знание состава загрязненных частиц. Так, например, для гидронасосов, гидроусилителей и золотниковых распределителей наиболее опасными являются частицы кварца и окисей некоторых металлов. В то время Лак загрязняющие частицы

органического происхождения в ряде случаев не только не усиливают, а наоборот уменьшают износ трущихся поверхностей.

В процессе промывания микронеплотности трубопроводов, баков и других элементов гидросистем заполняются жидкостью, что снижает достоверность контроля герметичности. Перед контролем герметичности газовыми методами трубопроводы и баки подвергают процессам сушки. Существуют различные способы интенсификации технологических процессов сушки путем продувки объектов контроля нагретым воздухом, вакуумирования и др.

4.2.5. Контроль герметичности трубопроводных систем

Одним из важнейших параметров, определяющих качество и надежность гидрогазовых систем, является герметичность. Герметичность — это свойство внешних и внутренних оболочек не пропускать через себя рабочие жидкости и газы. В зависимости от этого различают внешнюю и внутреннюю герметичность.

Внешняя негерметичность связана с утечками жидкостей или газов контролируемой системы через неплотности (в сплошных оболочках, соединениях и других местах) в окружающую систему пространство.

Внутренняя негерметичность связана с нежелательными перетеканиями рабочих жидкостей и газов из полостей высокого давления в полости низкого давления внутри системы или отдельного агрегата. Внутренняя негерметичность отдельных агрегатов обычно оговаривается в технических условиях и проверяется при входном контроле.

Количественная оценка герметичности определяется утечкой через элементы конструкции систем рабочего или контрольного вещества, величина которой характеризует степень герметичности.

Степень герметичности можно определить количеством жидкости или газа, вытекающим из замкнутых объемов контролируемой системы в течение заданного промежутка времени при заданном давлении. Из данного определения видно, что чем выше степень герметичности, тем меньше ее численная величина.

Степень герметичности определяется заданной надежностью и условиями работы, хранения, допустимой концентрацией рабочего вещества в окружающем систему пространстве, противопожарной безопасностью, запасом рабочего вещества в системе и другими факторами. Степень герметичности должна назначаться конструктором.

При задании степени герметичности различают:

степень герметичности системы в целом;

степень герметичности отдельных участков системы (или отдельных соединений трубопроводов, стыков, сварных швов и т. д.).

Степень герметичности системы можно определить по формуле:

$$Q_{\text{сист}} = V \Delta p / t \quad (4.1)$$

где $Q_{\text{сист}}$ - степень герметичности системы (суммарная максимально допустимая утечка рабочего вещества), $\text{м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}$, V — объем системы, л; Δp — максимально допустимое падение давления в системе, Па; t — время, в течение которого задано Δp , с.

Степень герметичности отдельных участков $q_{\text{уч}}$ можно определить по формуле:

$$q_{\text{уч}} = Q_{\text{сист}} / n \quad (4.2)$$

где n — число участков.

Независимо от применяемого метода контроля герметичности в большинстве случаев желательно проверять герметичность всей собранной системы не только по ее отдельным частям, но и в целом, т. е. в том виде, в каком система работает при эксплуатации.

Контроль герметичности заключается в наполнении контролируемой системы (ее емкостей, трубопроводов и т. д.) контрольным веществом и в обнаружении и регистрации утечек этого вещества при определенном перепаде давления.

Контрольное вещество — это жидкость, газ или смесь газов, которым заполняется бортовая система при испытании на герметичность. Контрольным веществом может быть рабочее вещество, т. е. жидкость, которой заполняется бортовая система во время эксплуатации (например, масло АМГ, смазочные масла и т. д.), а также воздух или газы (смесь газов), являющиеся специальными контрольными веществами, применяемыми только при контроле герметичности. К таким специальным веществам можно отнести гелий, фреон, аммиак и т. д.

Специальное контрольное вещество подбирают таким, чтобы его вязкость была ниже вязкости рабочего вещества. Это повышает проникающую способность контрольного вещества и тем самым качество контроля герметичности.

При выборе контрольного вещества необходимо следить за тем, чтобы оно не вступало в нежелательные химические реакции с материалами или покрытиями поверхностей контролируемых систем.

Утечка — это действительный поток жидкости или газа, проходящий через неплотности определенных геометрических размеров при заданном перепаде давления.

Эквивалентная утечка — соотношение потоков жидкостей и газов, проходящих через одну и ту же неплотность при одинаковых условиях.

Поток — это количество жидкости или газа, проникающего в единицу времени через неплотность; единицей измерения потока является $\text{м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}$.

В единицах потока измеряются степень герметичности, утечки, а также чувствительность метода контроля герметичности.

Чувствительность метода контроля герметичности — это минимальная утечка контрольного вещества, регистрируемая приборами или каким-либо способом при данном методе контроля. При выборе метода контроля герметичности необходимо, чтобы чувствительность метода измерения была бы в несколько раз выше степени герметичности контролируемой системы.

Прежде чем приступать к разработке, а тем более к изготовлению герметичной бортовой гидрогазовой системы, необходимо рассчитать и количественно определить требуемую степень ее герметичности. При этом необходимо считаться с реальной возможностью объективного контроля требуемой степени герметичности, а эта возможность зависит, главным образом, от чувствительности имеющихся в распоряжении методов и средств контроля герметичности.

4.2.6. Классификация методов контроля герметичности

Одним из существенных признаков, по которым удобно классифицировать методы контроля герметичности, может служить контрольное вещество.

Все наиболее употребительные методы контроля герметичности можно разделить на две группы:

газовые, когда в качестве контрольного вещества используется азот или воздух с добавками (или без них) различных веществ для обнаружения негерметичности;

гидростатические, когда в качестве контрольного вещества используются жидкости (масло АМГ, керосин и т. д.) с добавками (или без них) различных веществ для обнаружения негерметичности.

При выборе гидростатического или газового метода контроля герметичности необходимо считаться с тем, что заполнение больших объемов газами под значительными давлениями таит в себе опасность взрыва, и в этом отношении существенным преимуществом гидростатических методов является значительно меньшая взрывоопасность по сравнению с пневматическими методами.

Газовые методы контроля герметичности обычно применяются для контроля следующих систем:

пневматической (флюгирование винтов, аварийная остановка двигателя, аварийное включение тормозов, выброс парашюта с давлением порядка 15,0 МПа и аварийной системы с давлением порядка 5,0 МПа и т. д.);

топливной (самолетная топливная система низкого давления — порядка 0,30 МПа и двигательная система высокого давления — порядка 15,0 МПа);

масляной;

кондиционирования воздуха (обогрев, обдув салона, кабины летчика);

кислородной;

противопожарной и нейтрального газа;

системы антиобледенения и др.

Воздух, азот или другую газовую смесь в контролируемую систему чаще всего подают под заданным давлением с помощью несложных стендов. Стенд состоит из одного или нескольких баллонов с воздухом или другим контрольным газом (обычно применяются баллоны емкостью 40 л и давлением 15,0 МПа), крана, понижающих регуляторов давления и манометров. Данный стенд позволяет выдерживать заданное давление в контролируемой системе в течение требуемого промежутка времени.

Гидростатические методы контроля герметичности обычно применяются для контроля ряда гидравлических систем, например, для контроля герметичности основной (включая управление закрылками, шасси, тормозами, стеклоочистителями и т. д.) и бустерной (включая управление элеронами, рулем высоты, килем) гидросистем самолета.

При проверке герметичности можно использовать в качестве контрольных жидкостей сами рабочие жидкости, а в ряде случаев — специальные контрольные жидкости, имеющие высокую проникающую способность, например, керосин, жидкий фреон и др.

При гидростатическом методе негерметичность можно обнаружить:

- по спаду давления контрольной жидкости в контролируемой системе (отключенной от источника давления) в течение заданного промежутка времени;
- по пятнам на меловой бумаге, которой обклеиваются места, где необходимо проверить герметичность;
- по свечению люминофоров, добавляемых в контрольную жидкость, в лучах света определенной части спектра, испускаемых специальными лампами.
- При газовом методе негерметичность можно обнаружить:
- по спаду давления контрольного газа в контролируемой системе (отключенной от источника давления) в течение заданного промежутка времени);
- по появлению мыльных пузырей, возникающих на обмыленных местах контролируемой системы, заполненной воздухом или азотом под требуемым давлением;

- по появлению пузырьков воздуха или азота, выделяемых в негерметичных местах агрегата или части контролируемой системы, наполненной контрольным газом под требуемым давлением и погруженной в воду или другую жидкость;
- по обнаружению частиц гелия в камере масс-спектрометра;
- по обнаружению частиц фреона в специальном датчике, в котором под действием фреона увеличивается эмиссия положительных ионов;
- по изменению цвета специальных обмазок в результате химических реакций с контрольной жидкостью, проникшей через неплотности в результате негерметичности системы. Например, в случае применения в качестве контрольного газа смеси воздуха с аммиаком на специальной обмазке, состоящей из смеси креозола с агар-агаром, в случае негерметичности контролируемой системы образуются «устойчивые следы» в виде малиновых пятен;
- по обнаружению радиоизотопов (с помощью счетчика Мюллера—Гейгера), добавленных в-контрольный газ;
- по свечению люминофоров, добавляемых в контрольный газ (например, закись азота), в лучах света определенной части спектра, испускаемых специальными, лампами).
-

4.2.7. Выбор методов и режимов испытаний

Выбор наиболее эффективного метода контроля герметичности и оптимальных режимов испытаний можно вести лишь в том случае, если имеется способ определения эквивалентной утечки. В настоящее время получил наибольшее распространение математический способ определения эквивалентной утечки, основанный на математической модели течения через неплотность (которая рассматривается как цилиндрический канал, перпендикулярный оболочке). Модель течения подчиняется формуле Пуазейля, которая для жидкости имеет вид:

$$Q_{\text{ж}} = \frac{\pi r^4}{8L\mu} (p_{\text{нач}} - p_{\text{кон}}) \quad (4.3)$$

а для газов

$$Q_{\text{г}} = \frac{\pi r^4}{8L\mu} \frac{p_{\text{нач}}^2 - p_{\text{кон}}^2}{2p_{\text{нач}}} \quad (4.4)$$

где $Q_{\text{ж}}$ — объемный расход жидкости м³/с; $Q_{\text{г}}$ — объемный расход газа через вход в неплотность, м³/с; r — радиус неплотности, м; L — длина неплотности (толщина оболочки), м; μ — коэффициент динамической вязкости, Па·с; $p_{\text{нач}}$ — давление на входе, Па; $p_{\text{кон}}$ — давление на выходе, Па.

Выделяя из обоих уравнений члены, зависящие от геометрических параметров неплотности, и постоянные коэффициенты можно заметить, что при этом получим один и тот же множитель, равный $\pi r^4/8L$.

Следовательно, можно записать:

$$\frac{\pi r^4}{8L} \approx \frac{Q_{\text{ж}} \mu_{\text{ж}}}{p_{\text{нач}} - p_{\text{кон}}} \approx \frac{2Q_{\text{г}} p_{\text{нач}} \mu_{\text{г}}}{p_{\text{нач}}^2 - p_{\text{кон}}^2}$$

Данное уравнение указывает на связь всех физических параметров, характеризующих явление негерметичности при заданной геометрической неплотности. Оно позволяет определить параметры контрольной жидкости или газа, так как во многих случаях рабочее вещество не может быть использовано для контроля герметичности.

Степень герметичности $q_{ж}$ (допустимая утечка) в случае, когда используется жидкость, определяется объемным расходом ($q_{ж} — Q_{ж}$) в случае, когда используется газ, — произведением объемного расхода на давление в определяемом сечении ($q_2 = Q_2 \cdot p_{нач.г}$)

При контроле герметичности обычно давление окружающей среды равно атмосферному (т. е. $p_{кон} = 1$).

Тогда предыдущее уравнение можно записать в таком виде:

$$\frac{q_{жс}^{\mu} \cdot p_{жс}}{p_{жс} - 1} \approx \frac{2q_{гг}^{\mu} \cdot p_{гг}}{p_{гг}^2 - 1} \approx const. \quad (4.5)$$

Уравнение (7.5) позволяет легко определить давление контрольного вещества $p_{г}$, если известна чувствительность метода контроля герметичности при использовании этого вещества q_1 для всех возможных сочетаний рабочего и контрольного вещества (жидкость — жидкость, газ — жидкость, газ — газ).

Для сочетания рабочих и контрольных веществ жидкость — газ получим

$$p_{гг} = \sqrt{2(p_{жс} - 1) \frac{q_{гг}^{\mu} \cdot p_{гг}}{q_{жс}^{\mu} \cdot p_{жс}}} \cdot 1 \quad (4.6)$$

Для сочетания рабочих и контрольных веществ жидкость — жидкость получим

$$p_{жг} = (p_{жс} - 1) \frac{q_{жг}^{\mu} \cdot p_{жг}}{q_{жс}^{\mu} \cdot p_{жс}} \cdot 1 \quad (4.7)$$

Для сочетания рабочих и контрольных веществ газ — газ получим

$$P_{гг} = \sqrt{(p_{гг}^2 - 1) \frac{q_{гг}^{\mu} \cdot p_{гг}}{q_{гг}^{\mu} \cdot p_{гг}}} \cdot 1 \quad (4.8)$$

Если контрольное вещество находится в смеси с другим веществом — наполнителем (например, гелием или фреоном в смеси с воздухом или азотом), значение испытательного давления определяется по этим же формулам, но значения $\mu_{г}$ и $q_{г}$ берутся соответственно для смеси контрольного газа [26].

Рассмотрим некоторые из наиболее распространенных методов контроля герметичности.

4.2.8. Метод перепада давления

Испытание сводится к созданию в испытываемом объекте повышенного давления газа и к замеру давления в начале и в конце установленного промежутка времени. Изменение первоначально замеренной величины давления свидетельствует о негерметичности испытываемого объекта.

Данный метод рекомендуется применять при испытаниях объектов лишь в том случае; если требования по герметичности сравнительно невелики (например, для герметических отсеков самолетов). Величина спада давления и время, в течение которого происходит спад, указывается в технических требованиях на испытания.

Величина чувствительности метода равна $1,33 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$.

4.2.9. Пневматический метод (с использованием мыльной эмульсии)

Испытание сводится к покрытию мыльной эмульсией отдельных участков наружных поверхностей и соединений сопрягаемых деталей, находящихся под избыточным внутренним

давлением газа. В местах течи происходит вздутие мыльной эмульсии, что указывает на негерметичность в этом месте.

Этот метод применяется для объектов, допустимые утечки которых составляют $5,33 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$, а также при необходимости предварительной проверки перед испытанием более высокочувствительным методом.

4.2.10. Пневмогидравлический метод «аквариума»

Испытание по данному методу сводится к погружению испытуемого объекта в ванну с водой с 5%-ным раствором хромпика. Объект заполняется контрольным газом под рабочим давлением. Место негерметичности определяется по выделяющимся пузырькам газа (рисунок 4.13).

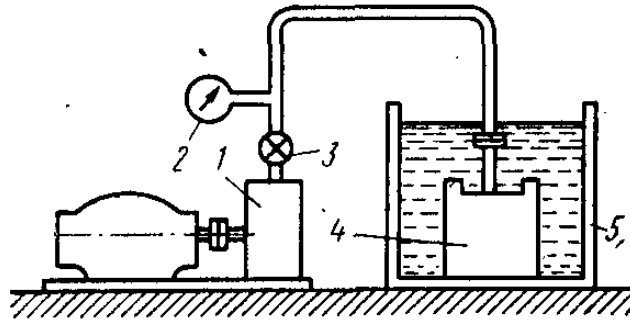


Рисунок 4.13 - Принципиальная схема испытания на герметичность методом «аквариума»: 1 — компрессор, 2 — манометр, 3 — запорный клапан, 4 — испытуемый агрегат, 5 — ванна с водой

Определяется связь потока Q газа (через течь) с размерами и частотой образования пузырьков.

Силы, приводящие к образованию пузырьков газа, должны преодолеть сопротивление всех сил, противодействующих этому образованию. Поэтому давление газа в пузырьке должно быть, по крайней мере, равно суммарному давлению на пузырек извне. Это давление складывается из атмосферного давления p , гидростатического давления столба жидкости $p_r = \rho gh$ (ρ — плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$; g — ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{с}^2$; h — высота столба жидкости, м) и капиллярного давления $p_n = 4\sigma/D$, обусловленного поверхностным натяжением окружающего пузырек слоя жидкости (σ — коэффициент поверхностного натяжения, $\text{Н}/\text{м}$; D

— диаметр пузырька, м . Внутреннее давление в пузырьке $p_{\text{вн}} = \frac{Qt}{V}$ создается потоком Q газа через течь, натекающего в объем пузырька за время t .

Равенство $p_{\text{вн}} = p_n + p_r + p$ приводит к выражению для потока

$$Q = \frac{\pi D_0^3}{6t} \left(\frac{4\sigma}{D_0 + \rho gh + p_{\text{ат}}} \right) \quad (4.9)$$

где нулевой индекс относит все величины к моменту отрыва пузырька, происходящего через время t_0 после начала его образования.

Оценка показывает, что первый и второй члены суммы малы по сравнению с третьим, так что в реальных условиях испытаний поток газа через течь можно с достаточной точностью определить из уравнения

$$Q = \frac{\pi D_0^3}{6t} p \text{ или в более удобном виде, поскольку}$$

$$t_0 = \Delta t/n \text{ (} n \text{ — число пузырьков, образующееся за время наблюдения),}$$

$$Q = \frac{n\pi D_0^3}{6\Delta t} p \quad (4.10)$$

Чувствительность метода «аквариума» к течам определяется минимальным размером наблюдаемого пузырька и частотой его образования.

Размер пузырька при отрыве от течи можно определить из условия равенства силы F_a , стремящейся вытолкнуть пузырек газа из жидкости, и силы поверхностного натяжения $F_n =$

$$\pi r\sigma \text{ (} r \text{ — радиус капиллярного канала утечки у выхода на поверхность), } F_a = \frac{\pi D_0^3}{6} \rho g.$$

Отсюда диаметр пузырька

$$D_0 = \sqrt[3]{12 \frac{r\sigma}{\rho g}} \quad (4.11)$$

Пневмогидравлический метод относится к числу самых простых и распространенных методов. Применение его наиболее эффективно в условиях испытания объектов, прочность которых допускает создание в них значительных избыточных давлений газа. Этот метод позволяет не только находить конкретные места течи, но и определять величину утечки в данном месте.

Чувствительность метода равна $1,33 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \text{Па/с}$, но может быть существенно повышена [как видно из формулы (4.10)] помещением ванны с объектом в барокамеру с пониженным давлением окружающей среды. Этот метод контроля герметичности называют методом бароаквариума (рисунок 4.14).

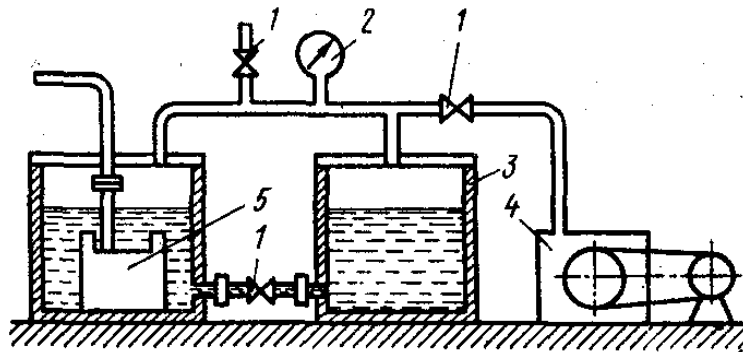


Рисунок 4.14 - Принципиальная схема испытания на герметичность методом бароаквариума:
1 — вентиль, 2 — манометр, 3 — емкость перелива, 4 — вакуум-насос, 5 — испытываемый агрегат

Способ определения негерметичности в барокамере. При испытании из барокамеры откачивается воздух с целью определения ее собственной негерметичности. По разности давлений, замеренных в начале и в конце заданного промежутка времени после отключения вакуумных агрегатов установки, определяется степень герметичности барокамеры. После этого из нее вновь откачивается воздух до первоначального давления, а объект испытаний заполняется испытательным газом (обычно воздухом) до эксплуатационного давления.

После отключения вакуумных агрегатов установки производятся замеры давлений в барокамере в начале и в конце установленного промежутка времени.

Разность значений течи, определенной на втором этапе испытания, и течи собственно барокамеры представляет собой величину течи испытуемого объекта.

Степень герметичности собственно барокамеры определится по формуле:

$$Q_{\text{нр}} = 10^3 V \frac{p_2 - p_1}{t} \quad (4.12)$$

где $Q_{\text{нр}}$ — степень герметичности собственно барокамеры, $V = V_6 - V_{об}$ — внутренний свободный объем барокамеры; V_6 — объем барокамеры до размещения в ней испытуемого объекта; $V_{об}$ — объем испытуемого объекта; $(p_2 - p_1)$ — изменение давления в объеме V за установленное время; t — время (установленное), в течение которого происходит повышение давления в барокамере от p_1 до p_2 .

Заданная степень герметичности испытываемого объекта при испытании этим методом должна быть больше (не менее чем в десять раз) величины собственного натекания барокамеры.

Степень герметичности испытываемого объекта определяется по формуле:

$$Q = Q_{\Sigma r} - Q_{\text{нр}} \quad (4.13)$$

где $Q_{\Sigma r}$ — суммарная величина натекания в барокамеру от собственного натекания барокамеры и микронеплотностей испытываемого объекта. Эта величина определяется по формуле:

$$Q_{\Sigma r} = 10^3 V \frac{p_2 - p_1}{t'} \quad (4.14)$$

где t' — время, в течение которого давление в барокамере возрастает от p_1 до p_2 .

Чувствительность этого метода равна $1,33 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$.

4.2.11. Масс-спектрометрический метод

Данный метод контроля герметичности заключается в использовании высокочувствительного масс-спектрометрического течеискателя.

Масс-спектрометрический течеискатель — это относительно простой газоанализатор, настроенный на регистрацию содержания одного пробного газа в газовой смеси. В большинстве случаев пробным газом служит гелий.

Основные преимущества гелия заключаются в его химической инертности и в том, что он практически отсутствует в атмосфере и в газовых выделениях контролируемых объектов.

Масс-спектрометрический анализ, в основном, сводится к следующим процессам, происходящим в условиях глубокого вакуума:

превращение анализируемых молекул в положительные ионы с зарядом e ;

создание моноэнергетического пучка посредством ускорения ионов продольным электрическим полем;

разложение ионного пучка на компоненты по значениям m/e , где m — масса заряженной частицы;

регистрация и измерение интенсивности выделенного ионного пучка с определенным отношением m/e .

Выделенный пучок ионов с определенным отношением m/e воспринимается регистрирующим устройством, измеряющим его интенсивность.

Применение масс-спектрометрических течеискателей для контроля герметичности ведется несколькими способами.

Способ «щупа». Сущность метода «щупа» сводится к следующему. Объем испытываемого объекта заполняют гелием или гелиевоздушной смесью под давлением, выше атмосферного (рисунок 4.15).

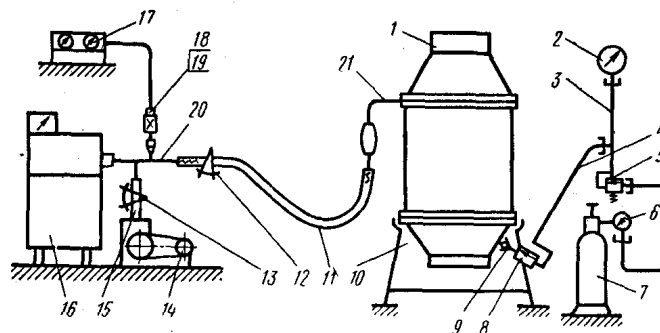


Рисунок 4.15 - Принципиальная схема испытания на герметичность гелиевым течеискателем методом щупа: 1 — испытуемое изделие, 2,6 — манометр, 3 — тройник, 4 — трубка, 5 — редуктор, 7 — баллон с гелием, 8 — вентиль заправочный, 9 — клапан заправочный, 10 — подставка, 11, 15 — трубка вакуумная, 12, 13 — зажим, 14 — насос вакуумный, 16 — гелиевый течеискатель, 17 — вакуумметр ионизационный, 18, 19 — лампа термопарная, 20 — тройник, 21 — щуп

К фланцу течеискателя через гибкий трубопровод подсоединяют щуп — течь, позволяющий при полностью открытом дросселирующем вентиле течеискателя получать в его камере рабочее давление $2,66 \cdot 10^{-2}$ Па.

Перемещая щуп вдоль испытываемой поверхности, можно обнаружить место нарушения герметичности, так как гелий через течь будет улавливаться щупом. Чувствительность способа — от $1,33 \cdot 10^{-6}$ до $6,66 \cdot 10^{-8}$ м³·Па/с.

Перемещение щупа относительно поверхностей проверяемых баков может быть механизировано. На рисунке 4.16 показана схема станда с системой программного управления, которая обеспечивает продольное перемещение каретки со щупом и вращение проверяемого бака.

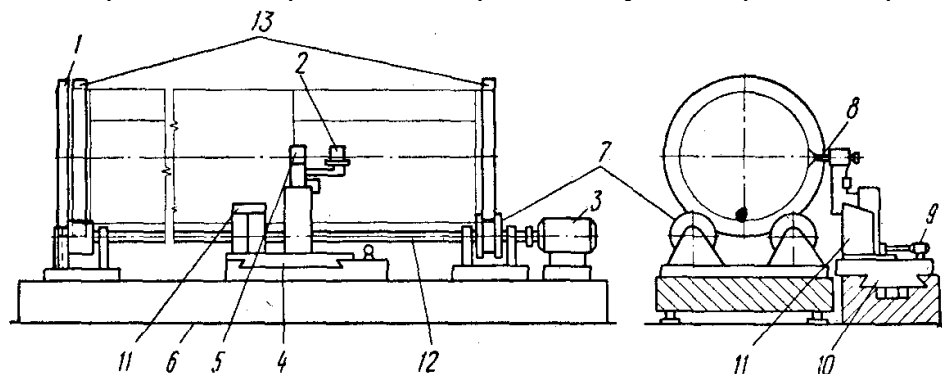


Рисунок 4.16 - Схема станда для перемещения каретки и вращения проверяемого бака: 1 — кольцо с путевыми переключателями, 2 — баллон с эталонной гелиево-воздушной смесью, 3 — привод вращения изделия, 4 — каретка поперечного перемещения течеискателя, 5 — течеискатель, 6 — основание, 7 — ролик, 8 — щуп течеискателя, 9 — привод каретки поперечного перемещения, 10 — каретка продольного перемещения течеискателя, 11 — пульт управления, 12 — вал привода вращения изделия, 13 — плиты — заглушки для крепления изделия

Способ помещения контролируемых объектов в вакуумную камеру. Контроль герметичности по данному способу сводится к тому, что испытываемый объект помещается в вакуумную камеру, которая соединена с откачной системой и течеискателем. В вакуумной камере создается вакуум порядка; $1,33 \cdot 10^{-2}$ Па, а в испытываемый объект подается гелий или гелие-

евоздушная смесь под избыточным давлением, допустимым для проверяемого объекта. При наличии негерметичности гелий проникает в полость вакуумной камеры, а из нее — в течеискатель.

Способ вакуумирования испытуемых объектов, помещенных в гелиевую камеру. Сущность метода с применением гелиевой камеры заключается в том, что испытуемый объект помещается в камеру и соединяется с откачной системой и течеискателем (рисунок 4.17). В контролируемом объекте создается вакуум, а в камеру под заданным давлением подается гелий или гелиево-воздушная смесь. При наличии течи в контролируемом объекте гелий проникает внутрь его и далее в течеискатель. Чувствительность способа $1,33 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}$.

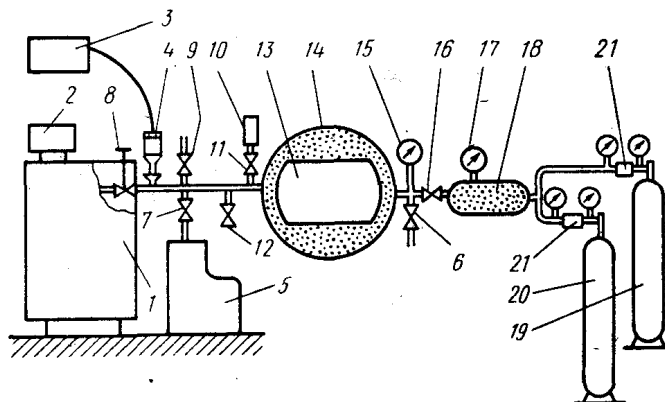


Рисунок 4.17 - Схема испытания на герметичность способом вакуумирования испытуемого изделия, помещенного в гелиевую камеру:

1 — течеискатель, 2 — выносной прибор, 3 — вакуумметр, 4 — термопарная лампа, 5 — вакуумный насос, 6 — вентиль дренажный, 7 — вентиль, 8 — вентиль дросселирующий, 9 — вентиль-натекатель, 10 — контрольная течь, 11 — вентиль контрольной течи, 12 — дренажный вентиль, 13 — испытуемое изделие, 14 — гелиевая камера, 15 — мановакуумметр, 16 — вентиль системы заполнения, 17 — манометр, 18 — бачок-смеситель, 19 — баллон с гелием, 20 — баллон с азотом или воздухом, 21 — редуктор

Способ вакуумирования с применением вакуумных присосок. Сущность данного метода заключается в том, что обследование производится специальной вакуумной камерой (присоской). Эта камера присоединяется к наружной поверхности испытываемого объекта и соединяется вакуумным шлангом с течеискателем (рисунок 4.18).

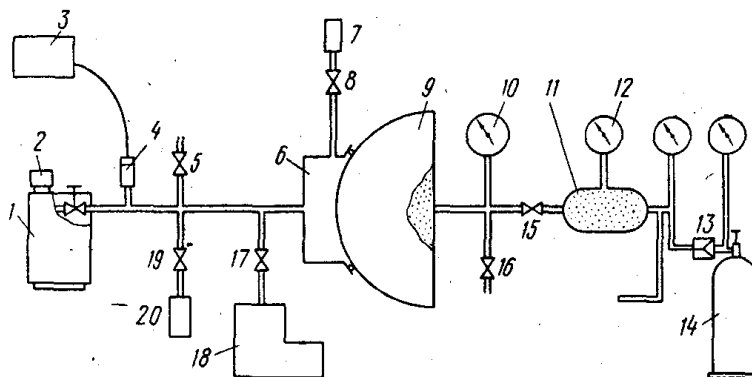


Рисунок 4.18 - Схема испытания на герметичность с применением вакуумных присосок:

1 — гелиевый течеискатель, 2 — выносной прибор, 3 — вакуумметр, 4 — лампа термопарная, 6 — присоска, 7, 20 — контрольная течь, 5, 8, 15, 16, 17, 19 — вентиль, 9 — испытуемый объект, 10, 12 — манометр, 11 — бачок предварительного смешения гелия с воздухом, 13 — редуктор, 14 — баллон с гелием, 18 — вакуум-насос

В контролируемый объект подается под избыточным давлением гелий или гелиевоздушная смесь, а в вакуумной присоске с помощью откачной системы создается разрежение порядка $6,66 \cdot 10^{-3}$ Па.

При наличии течи в объекте гелий попадает в вакуумированную полость присоски, а оттуда — в течеискатель.

Чувствительность способа составляет $1,33 \cdot 10^{-8}$ м³·Па/с.

Способ накопления при атмосферном давлении. Сущность способа заключается в том, что вокруг контролируемой зоны объекта создается замкнутый объем накопления, который может быть выполнен в виде металлического кожуха или камеры из герметичной пленки или ткани.

В испытываемый объект под допустимым избыточным давлением подается гелий или гелиевоздушная смесь. При наличии негерметичности объекта гелий через микронеплотности испытываемого объекта проникает в объем накопления в течение установленного промежутка времени, создавая в объеме накопления определенную концентрацию гелия. Из объема накопления с помощью иглы Льюера гелиевоздушная смесь подается в камеру течеискателя, настроенного на расчетную, соответствующую данному испытанию, концентрацию. Сравнивая реакцию течеискателя, настроенного на контрольную концентрацию смеси, и концентрацию, получившуюся в объеме накопления, можно судить о герметичности испытываемого объекта.

Расчет степени герметичности производится по формуле:

$$Q_{\text{изд}} = 2,1 \frac{c_n V_n}{t_n} \quad (4.15)$$

где c_n — концентрация смеси в объеме накопления, %; V_n — объем накопления, м³; t_n — время накопления, ч.

Чувствительность способа весьма высока и достигает $6,66 \cdot 10^{-7}$ м³·Па/с.

Основные методы контроля герметичности проиллюстрированы в табл. 7.2, где они подразделяются по методам, определяющим локальную и суммарную негерметичность, а также по давлению внутри изделия. На табл. 7.2 приняты следующие обозначения: p_a — атмосферное давление; c_n, c_x — концентрация гелиевой смеси в изделии и в зоне негерметичности (в объеме накопления) соответственно; c_k, c_a — концентрация гелия в гелиевой камере и в окружающей среде (в цехе) соответственно; p_k, p_u — давление в гелиевой камере и в изделии соответственно; Q_x — расход гелиевой смеси через место негерметичности.

Методы контроля герметичности

Состояние изделия	Контроль локальной негерметичности	Контроль суммарной негерметичности.	
Изделие при избыточном давлении	<p><i>Метод щупа</i></p>	<p><i>Метод накопления при атмосферном давлении</i></p>	<p><i>Метод вакуумирования в вакуумной камере</i></p>
Изделие при пониженном давлении	<p><i>Метод вакуумирования с обдувом гелием</i></p>	<p><i>Метод вакуумирования в гелиевой камере</i></p>	<p><i>Метод вакуумирования в гелиевой камере</i></p>

1 — контролируемое изделие; 2 — щуп; 3 — пистолет-обдуватель; 4 — оболочка, ограничивающая объем накопления; 5 — гелиевая камера; б — вакуумная камера

4.2.12. Испытание прочности трубопроводных систем методом опрессования

Давление жидкости, при котором производится испытание прочности бортовых систем и их элементов, зависит от многих факторов и, в первую очередь, от тех максимальных нагрузок, которые могут встретиться в процессе эксплуатации, и от норм прочности применительно к тому или иному изделию. Так, например, если при старте за время t летательный аппарат достигает скорости, равной v , то из формулы $v = at$ можно определить a и, следовательно, перегрузку $N = a/g$, где g — ускорение силы тяжести. Тогда давление $p_{исп}$ жидкости при опрессовании бака можно определить как

$$p_{исп} = (p_{надд} + \gamma h N) k \tag{4.16}$$

где $p_{надд}$ — давление наддува бака, Па; γ — удельный вес рабочей жидкости, Н/м³; h — высота бака, м; N — перегрузка; k — коэффициент прочности, устанавливаемый Котлонадзором. Разрушающее давление бака может быть определено по формуле [26]:

$$p_{min} = \sigma_B \sqrt{\frac{1}{2} \frac{d}{s_{min}} \times \frac{d}{s_{min}}} \tag{4.17}$$

где p_{min} — минимальное разрушающее давление, Па; σ_B — предел прочности материала, Па; d — диаметр бака, м; s_{min} — минимальная толщина, м.

5. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА, ИСПЫТАНИЯ И КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

5.1. Конструктивно-технологическая характеристика электропроводных систем

С точки зрения получения, распределения и потребления электроэнергии все элементы электросистем можно разделить на три группы:

источники электроэнергии (генераторы переменного и постоянного тока, аккумуляторы и др.);

потребители электроэнергии (различные электромеханизмы, элементы дистанционного управления, осветительные и нагревательные устройства, а также различные приборы и радиоаппаратура).

электросеть летательного аппарата для подведения электрической энергии от генераторов к потребителям электроэнергии, в которую входят электрорадиокоммуникации и коммутационная аппаратура.

В состав электрорадиокоммуникации входят следующие элементы:

электрические провода низкочастотные (низковольтные и высоковольтные), высокочастотные (радиотехнические), экранированные, силовые и слаботочные, теплостойкие;

коммутационная аппаратура: разъемы низкочастотные (низковольтные и высоковольтные), разъемы высокочастотные, реле, контакторы, выключатели, переключатели, светотехническая арматура, наконечники, лепестки, болтовые и клеммные соединения;

конструкционные и защитные материалы: изоляционные ленты, защитные ткани, герметики, трубчатые материалы, бирки, экраны, плетенки и др.;

нормальные и специальные детали, предназначенные для закрепления жрутов, отдельных кабелей и разъемов: хомуты, скобы, ложементы, желоба, крепежные нормали и др.

В настоящее время в бортовых системах, в основном, применяют медные или алюминиевые провода. Они обладают одинаковой проводимостью, но алюминиевые провода легче медных, они менее дефицитны и дешевле. Однако трудности присоединения алюминиевых проводов, их меньшая механическая прочность обусловили применение алюминия лишь для проводов сечением в 35 мм² и выше.

По характеру токопроводящей жилы медные монтажные провода разделяются на одножильные и многожильные, состоящие из отдельных тонких проволочек. Многожильные провода отличаются более высокой гибкостью и вибропрочностью.

Выбор сечения монтажных проводов производится в зависимости от величины проходящего по ним тока.

Для монтажа бортовых систем применяются, в основном, изолированные провода, покрытые различными оболочками, обеспечивающими требуемую электрическую прочность и защиту провода от воздействия внешних факторов. Выбор изоляции производится в соответствии с условиями эксплуатации и в зависимости от величины напряжения, под которым находится изоляция. При необходимости защиты монтажа от внешних электрических полей применяют экранированные монтажные провода с наружной оплеткой из медных или стальных проводов.

Наибольшее распространение для монтажа бортовых систем имеет провод БПВЛ (бортовой провод с виниловой изоляцией в лакированной оплетке).

Для прокладки электрических коммуникаций в зонах повышенных температур применяют теплостойкие провода типа ПТЛ (провод теплостойкий лакированный). Теплостойкость

проводов достигается за счет покрытия жил никелем и другими металлами и сплавами и использования в качестве изоляции стеклоткани и других материалов.

К проводам, применяемым в бортовых системах, предъявляются следующие требования:

низкое удельное сопротивление, позволяющее создавать жгуты меньшей массы и объема для пропускания токов большой силы;

высокая гибкость особенно для жгутов, соединяющих подвижные части отдельных элементов самолета (ручки штурвала, шасси);

высокая температурная стойкость, особенно для проводов, проходящих в зонах высоких температур;

высокая стойкость к разрушающему воздействию атмосферных осадков, горючего и минеральных масел.

В электросетях бортовых систем применяются различные виды соединений (рисунок 5.1): болтовые, винтовые и штепсельные относятся к разъемным соединениям; соединения, образуемые пайкой, сваркой, обжатием и накруткой относятся к неразъемным.

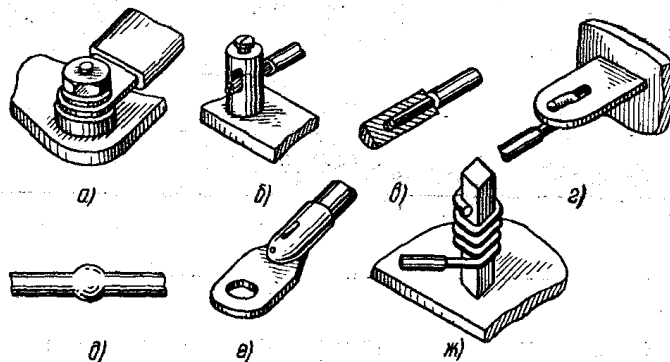


Рисунок 5.1 - Виды соединений, применяющихся в электросетях бортовых систем:
а — болтовое, б — винтовое, в — штепсельное, г — образованное пайкой, д — образованное сваркой, е — образованное обжатием, ж — образованное накруткой

Там, где требуется обеспечить разборность соединения, применяют разъемные соединения. К недостаткам разъемных соединений следует отнести некоторое увеличение переходного сопротивления на конкретных поверхностях из-за появления пленки окислов под влиянием воздуха и влаги. Поэтому там, где это возможно, применяют более надежные соединения, выполняемые в большинстве случаев пайкой или обжатием. Пайка — процесс соединения токоведущих элементов при помощи припоя. Соединение происходит в результате взаимного растворения и диффузии припоя и поверхностных слоев детали; после затвердевания образуется монолитное соединение.

К недостаткам паяных соединений следует отнести высокую трудоемкость их выполнения в связи с трудностями механизации и автоматизации процессов пайки.

Метод, основанный на использовании обжатия для получения спрессованных соединений, не имеет этих недостатков. Трудности заключаются в получении таких спрессованных соединений, у которых переходное сопротивление заделки не превышает сопротивления соответствующего провода на длине, равной длине контакта, а механическая прочность близка к прочности целого провода.

Большие возможности для механизации монтажных работ имеют соединения накруткой, образованные пятью-шестью витками провода, навитого на штырьевую клемму.

Качество электрического соединения характеризуется механической прочностью на разрыв и переходным сопротивлением контакта. Механическую прочность на разрыв можно характеризовать коэффициентом, определяемым по формуле:

$$k_m = P_c / P_{np} \quad (5.1)$$

где P_c — сила, разрушающая соединение, Н; P_{np} — сила, разрушающая целый провод, Н.

Качество соединения по переходному сопротивлению контакта можно характеризовать коэффициентом, определяемым по формуле:

$$k_c = R_c / R_{np} \quad (5.2)$$

где R_c — электрическое сопротивление соединения, Ом; R_{np} — электрическое сопротивление целого провода, Ом.

Надежность соединений характеризуется их стабильностью во времени.

К внестеновым электромонтажным работам, проводимым вне летательного аппарата, относятся изготовление электрожгутов и сборка кабелей, а также внутриблочные монтаж электрораспределительных коробок, этажерок, приборных досок и пультов.

К стеновым электромонтажным работам, проводимым на летательном аппарате, относятся: установка и крепление функциональных элементов (блоков); прокладка и стыковка жгутов и кабелей между собой и с функциональными элементами (блоками), а также установка средств Металлизации.

Опыт показывает, что в процессе производства наибольшие трудности в электромонтажных работах связаны с изготовлением электрожгутов, сложность которых увеличивается из года в год. В связи с этим наблюдается ускоренное возрастание трудоемкости жгутов, количественного состава работающих и занимаемых под изготовление электрожгутов производственных площадей. Это вызывает необходимость внедрения передовых методов труда, средств механизации и автоматизации, основанных на применении наиболее совершенных методов техники числового программного управления.

5.2. Технология и средства механизации и автоматизации изготовления электрожгутов

5.2.1. Классификация электрожгутов

Электропровода, идущие в одном направлении (по одной трассе), собирают и связывают в жгуты с учетом различных конструктивных, производственных и эксплуатационных соображений на основе монтажно-фидерных схем электрических систем.

Электрожгуты бортовых систем можно разделить на две группы:

- жгуты для межблочного монтажа, характеризующиеся большими габаритами и массой;
- жгуты для внутриблочного монтажа, характеризующиеся малыми габаритами и массой.

Электрожгуты для межблочного монтажа можно также подразделить на:

- сложные жгуты, например, кабинные жгуты, характеризующиеся большой разветвленностью, большим количеством входящих в них проводов и разъемов;
- простые силовые жгуты, состоящие из группы силовых проводов больших сечений, характеризующиеся, как правило, большой длиной и прямолинейностью.

В состав электрожгутов, кроме проводов, обычно входят: маркировочные бирки, электрические разъемы или наконечники, защитные элементы: пластиковые трубки, защитные ленты и асбестовые шнуры, защитные ткани, металлические экраны.

Собранные электрожгуты должны обладать: минимальной величиной переходного контактного сопротивления; высокой механической прочностью-соединенных концов проводов с различными электрическими контактами; высокой электрической прочностью изоляции.

При составлении схемы электрожгута необходимо учитывать требования механизации его изготовления. Опыт показывает, что, если при составлении схемы электрожгута не учитывать этих требований, высокая степень механизации изготовления сложных жгутов практически невозможна.

5.2.2 Метод членения электрожгутов на прямолинейные трассы

Технологическое членение осуществляется путем выделения из жгута отдельных типовых элементов — неразветвленных трасс-заготовок.

В процессе членения жгута на трассы наносят базовые отметки, которые являются размерной информацией для определения границ отделки трасс, обмотки и т. д.

По базовым отметкам производят сборку трасс в жгут заданной конфигурации без использования размерных плазов. На рисунке 4.2, а схематично изображен разветвленный жгут сложной конфигурации.

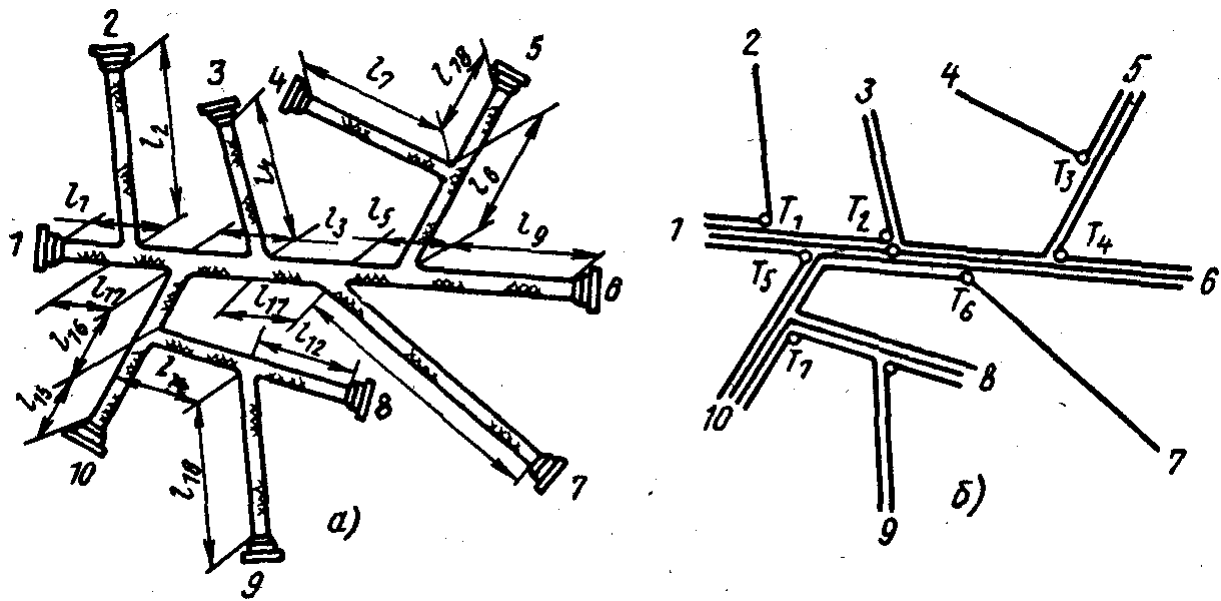


Рисунок 5.2 - Общий вид разветвленного жгута:

а — вариант жгута сложной конфигурации; б — вариант технологического членения жгута

В результате технологического членения этого жгута (рисунок 5.2, б) получены 12 неразветвленных трасс-заготовок, на которые нанесены 8 базовых отметок в точках T_1, T_2, \dots, T_8 . В соответствии с рисунком 5.2 трассы 1—2, 4—5, 8—7 обматываются тканью АЗТ (авиационный текстиль № 3), на трассы 1—3, 1—6 надевается экранирующая оплетка. Совместная отделка трасс производится следующим образом: трассы 1—3 и 1—6 на участке $l_1 + l_{17} + l_3$ обматываются лентой ПХЛ-0,2 (полихлорвиниловая лента толщиной 0,2 мм), трассы 9—8, 9—10 на участке l_{13} обматываются тканью АЗТ.

На этапе проектирования жгутов (при разработке принципиальных и монтажных схем, сборочных чертежей) необходимо учитывать следующие технологические требования:

- жгут должен иметь минимальное количество ответвлений, для чего в конструкции необходимо предусматривать установку рационального количества разветвлений, коробок;
- в конструкциях изделий необходимо предусматривать доступ к монтажу жгутов без протаскивания их через отверстия конструкций, что позволяет вынести пайку разъемов на верстак.

Технологичность конструкций жгута определяется по формуле:

$$T = t - (n - 1), \quad (5.3)$$

где T — ответвление жгута; t — трассы или участки трасс; n — разъемы или концы трасс.

Жгут без ответвлений ($T = 0$) является оптимально технологичным. Это означает, что трассы такого жгута могут быть изготовлены на универсальном оборудовании.

Жгут с K ответвлениями является в K раз нетехнологичным. Это означает, что совместная отделка трасс такого жгута не может быть выполнена на универсальном оборудовании; необходимо использовать механизмы, производительность которых невелика, или производить отделочные операции вручную.

В соответствии с методом технологического членения рекомендуется разрабатывать технологические чертежи и сводные карты изготовления жгутов. Технологический чертеж разрабатывается на основании сборочного чертежа и технических условий на жгут. Разработке технологического чертежа должно предшествовать технологическое членение жгутов, выполняемое в виде эскизов.

На эскизе жгута, подготовленного к членению (рисунок 5.3), разъемам и клеммам присваиваются технологические номера, на трассах проставляются размеры. Записывается состав каждой трассы (количество проводов, сечение) и указывается направление проводов от разъема к разъему.

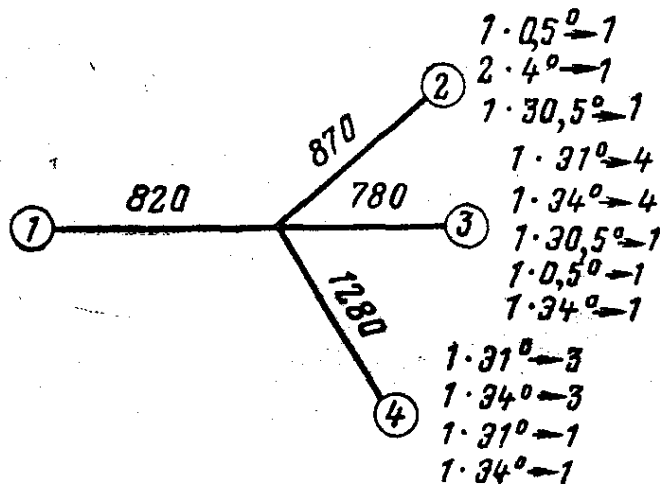


Рисунок 5.3 - Эскиз жгута, подготовленного к членению: 1—2, 1—3, 1—4, 3—4—трассы

Так, трасса 1-2 состоит из одного провода сечением 0,5 мм², двух проводов сечением 4 мм² и одного экранированного провода сечением 0,5 мм². Все провода этой трассы идут в первый разъем,

На эскизе трасс, подготовленных к механизированному изготовлению (рисунок 5.4), указываются размеры, состав каждой трассы и вид отделки. Поскольку в соответствии с техническими условиями на жгуты экранированные провода должны быть изготовлены отдель-

но от неэкранированных, трасса 1-2 разделена на трассы 1-2 и 1э—2э, трасса 1—3 — на трассы 1—3 и 1э—3э.

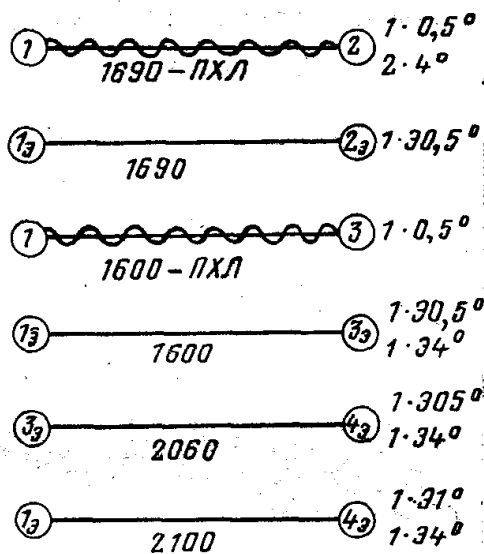


Рисунок 5.4 - Эскиз трасс, подготовленных к механизированному изготовлению

На технологическом чертеже проставляются сечения проводов, номера бирок и номера левого и правого разъемов. Указывается окончательная отделка жгута в сборе.

Технологическому чертежу присваивается номер сборочного чертежа с добавлением в скобках индекса «Т».

5.2.3. Основные способы изготовления электрожгутов

В настоящее время существует четыре варианта технологических процессов изготовления электрожгутов:

1. Ручная раскладка на плазе проводов из бухт, когда все операции, начиная от резки и обработки концов проводов и кончая пайкой, производятся на одном рабочем месте — плазе труппой исполнителей, а иногда и одним исполнителем. Этот недифференцированный технологический процесс изготовления электрожгутов имеет целый ряд недостатков:

низкий уровень механизации операций из-за трудностей применения механизированных устройств для выполнения операций над жгутом, имеющим большое количество ответвлений;

необходимость использования рабочих высокой квалификации, умеющих одинаково хорошо выполнять различные по характеру операции;

низкая производительность труда.

Применение такого технологического процесса изготовления электрожгутов может быть оправдано только при опытном производстве.

2. Ручная раскладка на плазе заранее нарезанных по мерке проводов (заготовок) с заранее обработанными концами и с фиксацией концов заготовок в приспособлениях, имитирующих разъемы жгута. В этом случае заготовки проводов являются технологически самостоятельными элементами электрожгутов. Такой тип технологических процессов позволяет механизировать мерную резку проводов, а также обработку концов проводов (заготовок), а также контролировать правильность раскладки, так как в данном случае к обработанным концам проводов можно подключить контрольно-измерительную аппаратуру.

3. Ручная раскладка не отдельных проводов, а заранее обработанных групп проводов (подборок). В этом случае сборка жгута производится не из отдельных проводов, а из подборок проводов, изготовленных самостоятельно, и может осуществляться по специальным базовым отметкам на комплектовочном плазе либо вовсе без плаза. Поэтому этот тип технологических процессов изготовления электрожгутов иногда называют «бесплазовым».

Опыт показывает, что в большинстве случаев существующие конструкции электрожгутов при соответствующей конструктивно-технологической обработке позволяют осуществить членение жгута на прямолинейные подборки, без ответвлений, что, в свою очередь, позволяет применять средства механизации и автоматизации для изготовления подборки на основе группового метода.

4. Автоматизированная раскладка проводов с применением оборудования с числовым программным управлением; этот тип технологических процессов применяется в настоящее время для изготовления внутриблочных жгутов.

5.2.4. Основные операции изготовления электрожгутов

Состав операций независимо от способа изготовления электрожгутов за некоторыми исключениями остается, в основном, одним и тем же и зависит от конструкции жгута. Различие может состоять в последовательности выполнения операций, метода их выполнения и степени механизации.

Технологический процесс изготовления электрожгутов содержит следующие основные операции:

- отмер и резка проводов, маркировка и резка бирок, резка перемычек для металлизации и гравировка штепсельных разъемов;
- раскладка проводов на плазе и маркировка проводов бирками;
- вязка жгута и свивка проводов;
- защита жгута: эластичные трубки, обмотка изоляционными материалами (лентами, шнуром), обшивка или оклейка изоляционными материалами;
- подготовка концов проводов под соединение: снятие изоляции и экрана, зачистка окисной пленки, скручивание концов проводов, лужение, заделка изоляции (лентами, трубками, банда-жировкой);
- соединение проводов с разъемом, наконечником, контактами распределительных коробок (пайка, опрессование);
- сборка и герметизация штепсельных разъемов (пенoгерметик, компаунд, виксинт и др.);
- контроль жгута с выявлением возможных обрывов проводов, перепутывания проводов, коротких замыканий между проводами и проводов на «корпус», величины сопротивления изоляции, прочности изоляции;
- маркировка и упаковка жгута: отдельная упаковка штепсельных разъемов (ШР) и упаковка чехлами и бумажными лентами свернутого в бухту жгута.

Отмер и резка проводов.

Одним из основных требований к отмеру проводов является точность отмера, а к резке проводов — сохранение круглого сечения провода. Отмер проводов заданной длины и их отрезка может выполняться на специальных автоматах. Существует целый ряд конструкций автоматов для отмера и резки проводов [32].

Автоматы для отмера и резки проводов состоят, как правило, из загрузочного, протягивающего, отмеряющего и отрезающего устройств.

Схема одного из совершенных автоматов с программным управлением для отмера и резки проводов представлена на рисунке 5.5.

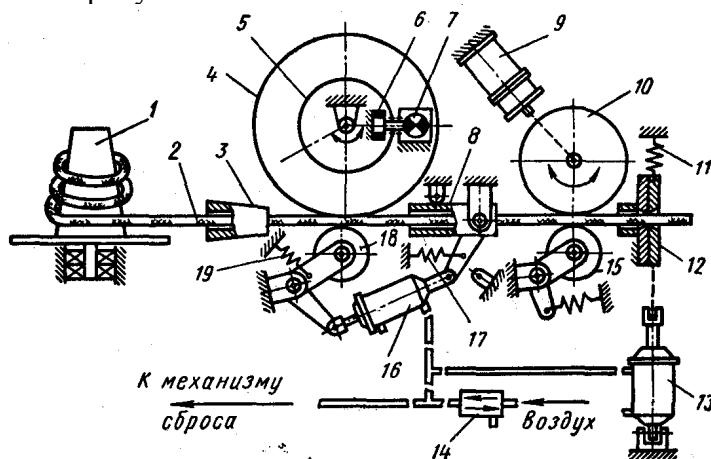


Рисунок 5.5 - Схема автомата для отмера и резки проводов:

1 - катушка, 2 - провод, 3 - направляющая втулка, 4 - счетный ролик, 5 - отсекатель, 6 - фотосопротивление, 7 - лампочки подсвета, 8 - направляющая, 9 - приводной электромотор, 10 - ведущий ролик, 11 - пружина, 12 - дисковой отрезной нож, 13 - пневмопривод, 14 - электропневмоклапан, 15 - ролик, 16 - пневматическое устройство, 17 - пружина, 18 - ролик, 19 - пружина

В автомате в качестве загрузочного устройства использована катушка 1 с проводом 2. Отмеряющее устройство состоит из программного счетного ролика 4 с отсекателем 5; фотосчитывающего устройства с фотосопротивлением 6 и лампочкой 7 подсвета, а также механизма для отвода провода, в который входят поворотная направляющая 8, пневматическое устройство 16, ролик 18 и пружины 19 и 17. Протягивающее устройство состоит из ведущего ролика 10, ролика 15 и приводного электромотора 19. Отрезающий механизм состоит из дискового отрезного ножа 12, пневмопривода 13 и пружины 11.

Автомат работает следующим образом. При пуске срабатывает электропневмоклапан 14, срабатывает пневмопривод 13 и нож 12 отрезает провод. При этом срабатывает пневматическое устройство 16, отводя ролик 18 и поворачивая втулку 8, с помощью которой провод отводится от ролика 4. Сжатый воздух подается также в механизм сброса (не показанный на схеме), поворачивающий ролик 4 в положение, при котором отверстие в закрепленном на нем отсекателе 5-располагается под углом α относительно фотосопротивления 6 и лампочки 7 подсвета. После выдержки, обеспечивающей срабатывание указанных выше элементов, клапан 14 отключается, создается выдержка для возврата механизмов в исходное положение пружинами 11, 17, 19, после чего включается электродвигатель 9. Ролик 10 осуществляет протягивание провода через автомат. При этом вращается счетный ролик 4, находящийся в сцеплении с проводом. При повороте счетного ролика 4 на угол α через отверстие в отсекателе 5 засвечивается фотосопротивление 6, импульс тока с которого посылается в счетчик импульсов (не показанный на схеме). Все последующие импульсы посылаются через каждый оборот ролика 4. После того, как число импульсов сравняется с заданным, двигатель тормозится. После выдержки, в течение которой ролик 10 полностью останавливается, включается клапан 14 и цикл повторяется.

Таким образом, заданная длина провода выражается числом импульсов. Каждому импульсу соответствует определенная длина провода. Дробные части этой длины могут быть заданы углом α поворота счетного ролика 4. Так осуществляется отмер провода.

На точность отмера влияет пробуксовка счетного ролика относительно протягиваемого провода и другие причины. Однако главным источником погрешностей является нестабильность выбега при остановке ведущего ролика перед отрезкой, особенно при колебаниях нагрузки загрузочного устройства. Погрешность отмерз у этого автомата составляет ± 5 мм при скорости протягивания 0,5 м/с.

Если электрожгут может быть расчленен на прямолинейные трассы, состоящие из групп различных проводов, то их раскрой может также осуществляться с помощью автоматов аналогичной конструкции, приспособленных для работы одновременно с несколькими проводами, сматывающихся с нескольких бухт.

Раскладка проводов на плазе.

Жгуты обеспечивают соединение большого количества оборудования, находящегося в самых различных частях летательного аппарата. Поэтому жгуты, как правило, имеют большое количество ответвлений различной длины, оканчивающихся штепсельными разъемами.

Раскладку проводов в соответствии со схемой жгута производят обычно на специальных плазах (шаблонах) (рисунок 5.6); Контур жгута в соответствии со схемой наносят на поверхность плаза краской или тушью. После нанесения основного контура жгута и разметки отводов проставляют обозначения и номера наконечников, клемм и т. д. Иногда трассы раскладки проводов жгута раскрашивают в цвета укладываемых проводов.

Для крепления проводов используют шпильки. В местах крепления концов проводов набивают концевые шпильки, а в местах изгибов жгута и отводов — угловые шпильки. Последним приходится выдерживать довольно большую нагрузку, их делают большего диаметра, чем остальные (от 1,5 до 5 мм). Длина шпилек зависит от диаметра жгута и колеблется от 30 до 100 мм.

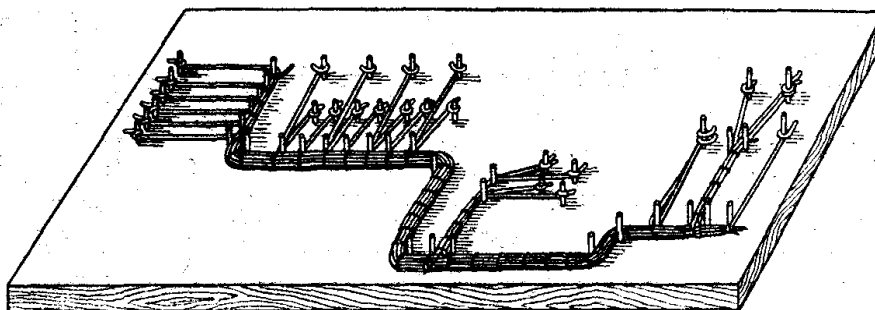


Рисунок 5.6 - Шаблон для раскладки проводов в жгут

Раскладывая провода при изготовлении сложных жгутов, легко ошибиться и провести провод не в ту точку. Поэтому одним из основных требований, предъявляемых к операции раскладки проводов, является отсутствие пропусков и перепутываний. Для уменьшения вероятности ошибок при раскладке проводов можно применять специальные электрофицированные плазы, снабженные сигнальными лампочками, указывающими порядок раскладки проводов и позволяющими проверять правильность раскладки.

Следует отметить, что при рациональном расчленении жгута на прямолинейные трассы, состоящие из групп различных проводов, операция раскладки проводов в жгут значительно упрощается, так как в последнем случае приходится иметь дело не с отдельными проводами, а с прямолинейными подборками, состоящими из десятков проводов.

Для сборки особо ответственных жгутов сложной конфигурации, предназначенных для соединения элементов бортового оборудования, следует применять объемные макеты, имити-

рующие условия прокладки жгута на летательном аппарате. Это исключает перегибы жгутов при монтаже и существенно улучшает качество прокладки жгутов на самом летательном аппарате. Соблюдение этого требования особенно важно в тех случаях, когда жгут собирается из проводов, обладающих высокой жесткостью.

Дальнейшее развитие электрофицированных плазов с ручной раскладкой проводов основывается на применении систем числового программного управления, обеспечивающих (с помощью световых табло и лампочек, расположенных по трассам прокладки) выдачу необходимой последовательности операции по типам применяемых проводов, адресам и трассам их прокладки. Последовательность указаний кодируется в числовом коде и записывается на перфоленту и может быть определена на основе обобщения опыта рабочих и путем предварительного расчета на электронных вычислительных машинах.

Защита жгутов.

В участках летательного аппарата, где электрожгуты могут подвергаться механическим повреждениям, воздействию влаги, гидросмесей, масла и других жидкостей, воздействию высоких температур и электромагнитных полей, предусматривается защита электрожгутов. От механических повреждений электрожгуты защищают:

- электроизоляционной лакотканью;
- трубкой из полихлорвинилового пластика (используется и для защиты жгутов от воздействия влаги);
- прорезиненной материей;
- текстовинитом;
- кожзаменителем;
- прорезиненным полотном;
- лентой полихлорвиниловой (ПХЛ).

От воздействия влаги электрожгуты защищают прорезиненной материей; от воздействия гидросмесей, масел и бензина — резиновой трубкой.

В зонах высоких температур для защиты электрожгутов применяются лента из бесщелочного состава стекла (ЛАС-б — лента авиационная стеклянная бесщелочная); лента стеклянная электроизоляционная; авиационный стеклоизоляционный материал (АСИМ); авиационный невоспламеняемый зеленый материал (АНЗМ); материя прорезиненная НТ-7; полотно асбестовое; лента липкая изоляционная; фторопласт. Для защиты электрожгутов применяется также металлическая плетенка.

В зависимости от условий, в которых работают электрожгуты, а также характера применяемого защитного материала защита производится различными способами: надевание защитных трубок, чехлов и экранов, обмотка, обшивка и оклейка различными лентами и тканями (рисунок 5.6).

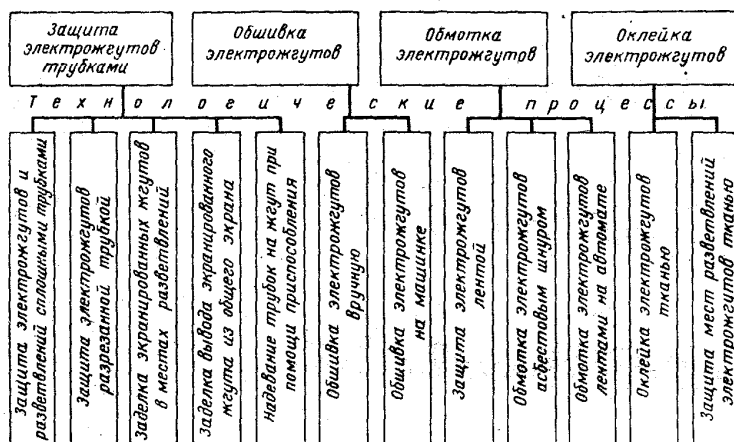


Рисунок 5.6 - Виды защиты электрожгутов

Надевание хлорвиниловых и резиновых трубок на прямолинейные участки жгутов производится с помощью пневматических установок. Надевание трубок производится путем протягивания жгута через трубку пулей под давлением воздуха в 0,4 МПа. При этом подлежащий защите жгут помещается внутри барабана.

Бандажировка облегченных проводов (БИФ) осуществляется с помощью АСЭЧ (Б) [авиационный стеклянный электрочулок — бандажный].

При обмотке жгутов лентой ПХЛ необходимо обеспечивать зазор между обмоткой и жгутом во избежание возможных разрывов защиты при изгибах жгутов. Для этого перед намоткой параллельно проводам электрожгута укладывают полихлорвиниловую трубку с заваренным одним концом, предварительно натертую парафином. Перед намоткой трубку надуют воздухом. После намотки воздух спускают и трубку вытаскивают. Обшивку жгутов производят вручную и с помощью специальных швейных машинок.

При защите жгутов методом обшивки должны быть выдержаны шаг обшивки и рисунок шва. При обшивке жгутов нельзя допускать повреждения изоляции проводов обшиваемого жгута, а материал обшивки должен плотно прилегать к жгуту.

Оклейка жгутов производится авиационным хлопчатобумажным крученым материалом (АХКр) и стеклотеплостойким авиационным материалом (СТАМ-1). Оклеивка производится клеем 88Н. При оклейке жгутов защитным материалом необходимо следить за тем, чтобы не было подтеков клея.

Подготовка концов проводов к соединению — распайке.

Перед соединением концы проводов обычно подвергаются специальной обработке, состоящей из таких операций, как снятие изоляции, зачистка и скручивание концов проводов, лужение и заделка изоляции.

Операция снятия изоляции состоит из двух переходов: надрезка изоляции на расстояние α , указываемое конструктором, и сдвигание отделившегося изоляционного чулка.

Основное требование к переходу надрезки изоляции состоит в том, чтобы при выполнении этого перехода исключить надрез токоведущих жил проводов, что приводит к изломам и обрывам проводов в местах соединений в процессе эксплуатации. Поэтому в практике изготовления электрожгутов, предназначенных для летательных аппаратов, не допускается использование приспособлений, основанных на применении чисто механических ножей, которые обычно оставляют надрезы на защищаемом проводе.

Для надрезки изоляции проводов обычно пользуются только электротермоножами или термоклещами, так как электрообжиг больше гарантирует целостность токоведущих жил, чем надрезка механическим путем.

Снятие теплостойкой изоляции осуществляется с применением специальных электрообжигателей (электротермоножей).

Зачистка и скрутка жил на концах проводов обычно выполняются с помощью механизированных приспособлений, которые должны обладать достаточной универсальностью с точки зрения их применения для зачистки проводов различных марок и различных сечений, минимальным временем, необходимым для выполнения операции регулирования длины зачищаемого и скручиваемого участка, а также минимальной массой. Следы жиров или масел удаляются с помощью растворителей.

Для облегчения припайки проводов после снятия изоляции, зачистки и скрутки жилы провода обслуживают оловянно-свинцовым припоем, т. е. покрывают их тонким слоем расплавленного припоя. При лужении происходит сплавление припоя с основным металлом, что облегчает пайку, так как при этом происходит сплавление припоя со слоем полуды при меньшей температуре нагрева, потому что полуда уже сплавлена с основным металлом. Обслуживание производят окунанием конца провода в расплавленный припой.

Для расплавления припоев, используемых для лужения концов медных жил проводов и кабелей, заделываемых в клеммы штепсельных разъемов и кабельные наконечники, применяют электротигли различных конструкций. Делаются попытки комплексной механизации операций снятия изоляции зачистки, скручивания и лужения концов проводов.

Во время выполнения данных операций изоляция в концевой части провода обычно разрушается (подгорает, разломачивается и т. д.) и поэтому нуждается в специальной заделке.

Заделка изоляции, а также оплеток и экранов выполняется следующими способами: клеем, бандажом из ниток, электроизоляционной трубкой, бандажом из проволоки и припоем.

Заделка электроизоляционной трубкой заключается в надевании на оплетку зачищенного конца провода электроизоляционной трубки из полихлорвинилового пластиката для нетеплостойких проводов и резины для теплостойких проводов.

В настоящее время разработаны более совершенные методы заделки изоляции на концах проводов с помощью термоизоляционных трубок. Один из этих методов основан на применении термоусадочной электроизоляционной трубки.

Раздувка трубок производится специальным приспособлением, после чего они свободно надеваются на провода. Надетые трубки нагреваются специальным термопистолетом, после чего трубка возвращается к первоначальному диаметру и плотно охватывает провод.

Концы экранированных проводов заделывают бандажом из проволоки либо спайкой припоем.

Пайка и лужение проводов.

Одним из наиболее распространенных способов соединения является пайка, которую применяют для соединения как медных, так и алюминиевых проводов.

Пайка осуществляется введением расплавленного припоя в зазор между специально подготовленным проводом и нагретыми металлическими деталями (наконечниками, клеммами и т. д.) с последующим охлаждением. Затвердевание припоя при охлаждении приводит к получению прочного соединения.

В качестве припоев применяют в большинстве случаев оловянно-свинцовые припои для нетеплостойких проводов и серебряные припои для пайки теплостойких проводов. К припоям предъявляют эксплуатационные (высокая механическая прочность припоя в условиях нормальных, высоких и низких температур, хорошая электропроводность и теплопроводность,

герметичность, стойкость, против коррозии и др.) и технологические (жидкотекучесть при температуре пайки, хорошее заполнение швов — зазоров между спаиваемыми деталями) требования.

Электропроводность оловянно-свинцовых припоев зависит от содержания олова и составляет от 8 до 14% электропроводности чистой меди. Таким образом электропроводность соединений понижается с увеличением зазора между проводом и наконечником.

Механическая прочность припоев сохраняется только в определенном интервале температур, с повышением и понижением температуры механические свойства ухудшаются.

Припой применяется в виде прутков, проволок и трубок. Трубчатый припой представляет собой пустотелую трубку, наполненную канифолевым флюсом. Трубчатый припой обеспечивает подачу к месту пайки необходимого количества припоя и флюса за один прием, дозировка которых определяется конструкцией трубчатого припоя. Применение трубчатого припоя способствует улучшению качества пайки (за счет устранения возможности случайного загрязнения флюса, более точного дозирования количества припоя и флюса), повышению производительности труда паяльщиков и уменьшению потерь припоя и флюса в процессе пайки.

Места пайки покрывают флюсом, а затем при помощи паяльника наносят расплавленный припой. В качестве флюса чаще всего применяют раствор канифоли в спирте или кусковую канифоль, которая при температуре $+150^{\circ}\text{C}$ имеет свойство растворять окислы меди, не разъедая при этом металла. Флюс способствует удалению окислов с поверхности металла, защищает металл от окисления при нагреве, способствует лучшему смачиванию и растеканию припоев в процессе пайки.

Применение для пайки проводов бортовых систем кислотных флюсов недопустимо, так как оставшаяся после пайки кислота способствует образованию электрических пар и разрушению соединения в процессе эксплуатации.

Существенное влияние на качество паяного соединения оказывает температура пайки. Температурный режим паяльника устанавливается до начала пайки и указывается в специальных инструкциях. Учитывая неизбежные потери тепла, его устанавливают обычно несколько выше температуры плавления припоя. До тех пор пока припой не затвердеет полностью, соединяемые части должны быть совершенно неподвижны относительно друг друга. Поэтому при пайке проводов к клеммам штепсельного разъема последний должен быть надежно закреплен в удобном для работы положении. Малейший сдвиг шва в период затвердевания припоя нарушает его целостность и приводит к непрочному соединению.

Время, в течение которого спаиваемые провода с деталями должны быть неподвижны для получения прочного соединения, зависит от температурного интервала кристаллизации: чем больше этот интервал, тем больше время требуется для затвердевания припоя в соединении. Пайку соединений проводов с наконечниками и клеммами штепсельных разъемов выполняют с помощью паяльников. Во избежание недогрева мест пайки или перегрева, когда припой на паяльнике не удерживается и нагревательные элементы паяльников перегорают, паяльники снабжаются специальными регуляторами температуры. Пайка медных наконечников к медным силовым проводам производится путем нагревания наконечников до необходимой температуры, вставки в наконечник зачищенных концов провода и заливки припоем.

Лужение проводов осуществляется погружением облуживаемых концов проводов в ванну с расплавленным припоем. При этом могут применяться ультразвуковые ванны или специальные установки с кольцевыми излучателями. Погруженный в ванну с расплавленным припоем конец провода выдерживается в ней в течение определенного времени, указываемого в специальных таблицах. После выдержки в ванне жилы провода необходимо немедленно

скрутить специальным приспособлением, с последующим погружением в ванну скрученного конца для дополнительного лужения.

Провода с никелированной жилой (БФС) предварительно обслуживаются в растворе, состоящем из 50% канифоли и 50% спирта. Во избежание пережога и спекания изоляции при обслуживании концов проводов целесообразно применение специальной державки (рисунок 5.6), обеспечивающей отвод тепла и тем самым чрезмерное нагревание провода.

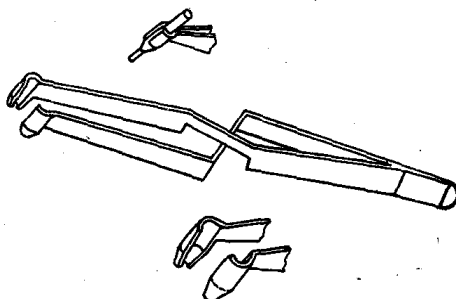


Рисунок 5.6 - державка

Пайка алюминиевых проводов с наконечниками.

Известно несколько способов пайки алюминиевых проводов с наконечниками: пайка погружением в ванну с расплавленным припоем, пайка электроконтактным методом, абразивная пайка и пайка в печи. Пайка погружением состоит в следующем. В ванну с припоем, нагретым до температуры $+280^{\circ}\text{C}$, погружают наконечник, обезжиривают луженый конец провода в спирте или растворителе СД и вводят луженый конец провода в прогретый наконечник. Полученное соединение прогревают в ванне в течение 5—8 с при температуре $+280^{\circ}\text{C}$ (рисунок 5.7).

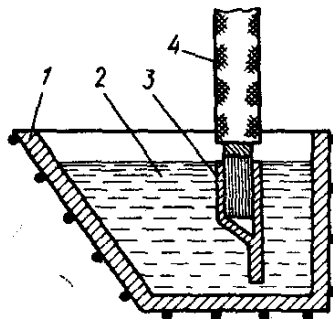
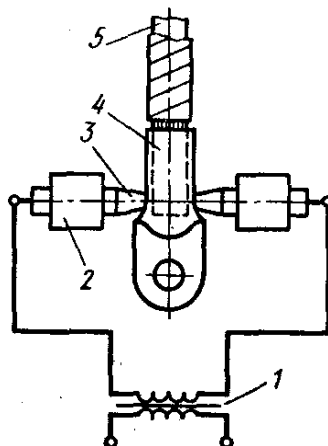


Рисунок 5.7 - Схема расположения провода с наконечником при пайке погружением:
1 — ванна с электронагревом, 2 — жидкий припой, 3 — медный наконечник, 4 — провод

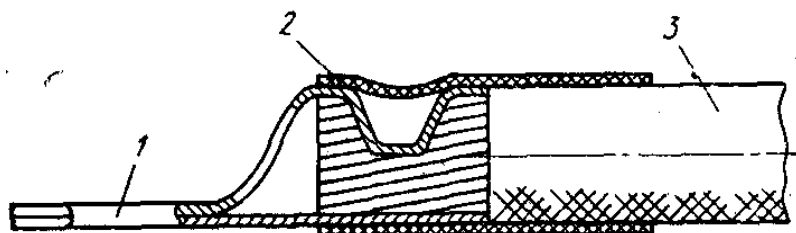
Пайка электроконтактным методом состоит в закреплении наконечника в вертикальном положении между электродами клещей 4 (рисунок 5.8). Затем наконечник заполняют кусочками припоя. Припой расплавляют путем пропускания электрического тока от низковольтного трансформатора 1 через наконечник 4 с проводом 5, который располагается между угольными электродами клещей 2. В наконечник вводят облуженный провод и нагревают полученное соединение в течение 10 с.



*Рисунок 5.8 - Схема расположения провода с наконечником при пайке электроконтактным методом:
1 - трансформатор, 2 - клещи; 3 - электрод, 4 - наконечник. 5 – провод*

Абразивное лужение и пайку производят одновременно: подогрев провода под лужение, лужение жил провода, пайка алюминиевого провода в наконечник.

После заделки конца провода наконечник соединения целесообразно изолировать термоусаживаемой трубкой из специальных полимеров (рисунок 5.9), повышающей качество соединения.



*Рисунок 5.9 - Соединение наконечника с проводом, изолированное термоусаживаемой трубкой:
1 — наконечник, 2 — термоусаживаемая трубка, 3 — провод*

Для нагревания термоусаживаемых трубок применяют специальные нагреватели, снабженные вентилятором, который прогоняет поток воздуха над разогретой спиралью, направляя его в зону нагрева (рисунок 5.10).

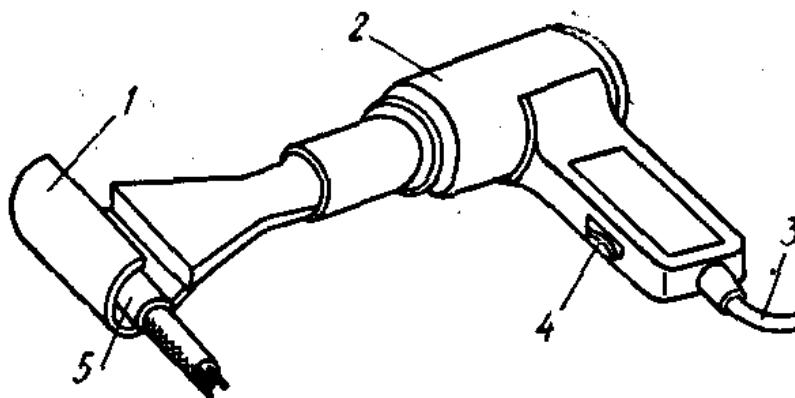
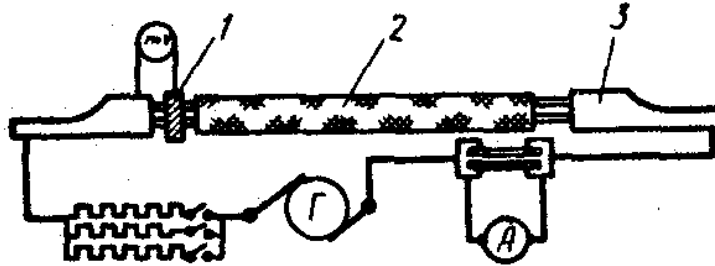


Рисунок 5.10 - Нагреватель:

1 - рефлектор, 2 - вентилятор с электромотором, 3 - шнур электропитания, 4 - выключатель, 5 - термоусаживаемая трубка

В процессе лужения и пайки необходимо следить за тщательным соблюдением режимов лужения и пайки, так как от этого в значительной степени зависит качество паяного соединения. Одним из основных показателей, характеризующих качество паяного соединения, является переходное сопротивление контакт—провод—наконечник. Переходное сопротивление паяного соединения указывается в специальных инструкциях. Измерение переходного сопротивления можно производить вольтамперным методом (рисунок 5.11).



*Рисунок 5.11 - Схема замера переходного сопротивления:
1 — хомут, 2 — провод, 3 — наконечник*

Для этого контролируемую цепь подключают к установке, обеспечивающей получение силы тока в схеме в пределах 10—120 А. Переходное сопротивление определяют по указанию милливольтметра, который с помощью щупа подсоединяется к наконечнику, а с помощью специального хомутика — к оголенному концу провода.

Величину переходного сопротивления определяют по формуле

$$R = \frac{U}{I} \cdot 100$$
, где R — сопротивление, мкОм; I — сила тока, А; U — напряжение, мВ. Измерение переходного сопротивления можно производить также микроомметром типа М-246 с применением щупов.

Важным показателем, характеризующим качество паяного соединения, является также механическая прочность контакта провод-наконечник.

Трасса прокладки проводов проходит в различных плоскостях в связи с большим количеством различного оборудования. Электрожгуты и отдельные силовые провода, как правило, подвергаются многократным изгибам.

Изгиб многожильных проводов в непосредственной близости от места соединения вызывает смещение отдельных проволок и стренг жилы соединений с наконечником, что может привести к нарушению пайки и, следовательно, контакта между проводом и наконечником. Поэтому если провод, заделанный в наконечник, будет иметь радиус изгиба при монтаже, то его зачистку, лужение и заделку в наконечник следует выполнять на конце провода, заранее изогнутого под этот радиус. Тогда смещение проволок и стренг жилы происходит до пайки и не вызывает напряженного состояния соединения и нарушения контакта в эксплуатации. Величину смещения L проводов при изгибе можно подсчитать по формуле: $L = r\varphi$, где r — радиус изгиба провода; φ — угол изгиба.

Опрессование наконечников. Наряду с паяными соединениями широкое распространение в электросистемах ЛА получили спрессованные соединения. Спрессованные соединения получают путем обжатия специальным пуансоном трубчатой части наконечника с вве-

денной в него жилой провода. В результате обжата окисные пленки в значительной степени разрушаются, что способствует возникновению чистых металлических контактных поверхностей, возникает взаимная диффузия металлов, что приводит к прочному монолитному соединению.

Опрессованные соединения получают обычно местным или общим обжатием.

Местное обжатие производится путем местного вдавливания пуансона в наконечник с введенной в него жилой провода. Общее обжатие обычно производится электродинамическим методом деформирующего давления, возникающего в специальном индукторе за счет взаимодействия магнитных полей при прохождении тока в несколько килоампер в соленоиде индуктора и вихревого тока, наводимого в заготовке (наконечнике с проводом).

Механическая прочность и переходное сопротивление спрессованных соединений зависят от целого ряда конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, из которых отметим следующие.

Качество подготовки поверхности соединяемых элементов (провода и наконечника) существенно влияет на электрические свойства Спрессованного соединения и, главным образом, на его переходное сопротивление, так как окисные пленки являются изоляторами и уменьшают контактную площадь соединения. Особое внимание необходимо уделять алюминиевым проводам, на которых окисные пленки, препятствующие прохождению тока, образуются в течение нескольких минут. Поэтому при соединении алюминиевых жил дополнительное разрушение окисной пленки достигается тем, что перед опрессованием в наконечник вводится паста, состоящая из механической смеси мелких твердых частиц окиси цинка и вазелина. Твердые частицы разрушают пленку окиси алюминия, а вазелин предотвращает вновь образование пленки окиси.

Качество спрессованного соединения зависит от степени заполнения поперечного сечения трубчатой части наконечника металлом жилы провода, степень заполнения определяется глубиной вдавливания пуансона.

Степень деформации при опрессовании можно характеризовать коэффициентом k опрессования: $k = S_k/S_{оп}$, где S_k — площадь поперечного сечения наконечника до опрессования; $S_{оп}$ — площадь поперечного сечения наконечника после опрессования.

Степень опрессования должна быть такой, при которой все пустоты между отдельными проволочками жилы заполняются металлом. При плохом заполнении наконечника металлом жилы получается рыхлое соединение, обладающее пониженной механической прочностью и недостаточной электрической надежностью, так как контакты образуются только в некоторых точках соединяемых проволок жилы.

Необходимая степень опрессования достигается за счет вдавливания пуансона в наконечник на необходимую глубину. Давление, площадь и глубина вдавливания пуансонов зависят от механических свойств материалов соединяемых частей, сечения жилы и размеров трубчатой части наконечника. При этом глубина вдавливания должна иметь некоторое оптимальное значение, так как недостаточная глубина вдавливания не обеспечивает получение необходимой степени опрессования и приводит к неплотному заполнению наконечника металлом жилы провода, в то время как чрезмерная глубина вдавливания пуансона в тело наконечника приводит к утонению основания вдавленной части наконечника, а в ряде случаев и к просечкам основания вдавленной части наконечника и обрыву отдельных проволок жилы провода. Необходимая глубина вдавливания определяется свойствами металлов.

Так же, как и в случае паяного соединения, провода, имеющие изгибы, при монтаже необходимо обжимать в наконечниках в предварительно изогнутом состоянии. Изгиб провода при этом должен быть равен монтажному радиусу. Для обжата мелких наконечников и

тонких проводов применяют различные ручные клещи специальной конструкции. Для обжатия крупных наконечников с проводами больших сечений (от 10 до 95 мм²) применяют пневматические и гидравлические прессы. После выполнения операции обжатия проверяют глубину вдавливания пуансона и переходное сопротивление заделки.

Глубину вдавливания пуансона проверяют глубомером с индикатором.

После проверки переходного сопротивления оголенный участок провода между наконечником и изоляцией герметизируют уплотнительной лентой, которую туго наматывают на открытую часть до полного заполнения свободной части. Поверхность бандажа припудривают тальком и надвигают на нее виниловую трубку. Таким образом производят герметизацию заделки, которая предохраняет соединение от попадания влаги, коррозии и преждевременного разрушения.

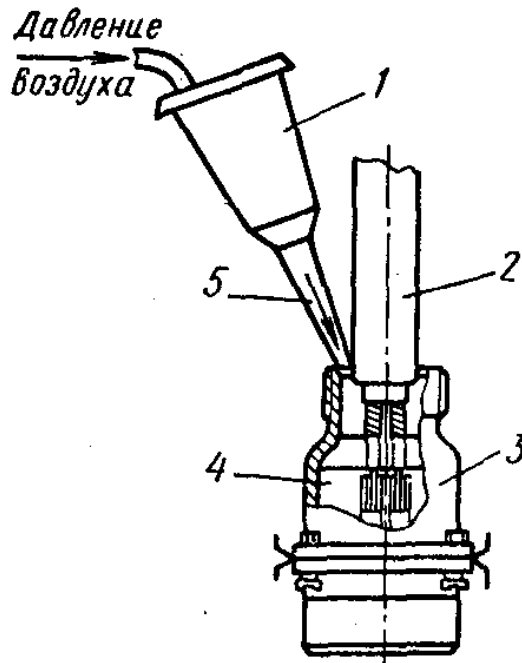
Герметизация штепсельных разъемов (ШР).

Штепсельные разъемы электрожгутов специально не защищаются от воздействий внешней среды. Вода, горючее, пыль, грязь и масло могут попадать внутрь разъема по проводам и резьбовым соединениям, что вызывает замыкание между клеммами ШР. Во избежание замыкания обычный ШР можно герметизировать, залив его герметизирующим материалом, к которым относят теплостойкие компаунды, виксинт, пеногерметики и др. Основная цель заливки ШР герметизирующими материалами — создание высококачественной монолитной изоляции, надежно защищающей клеммы от внешних температурных, атмосферных и прочих вредных воздействий, а также обеспечивающей достаточную механическую прочность соединения.

Существуют различные приспособления для заливки ШР, принцип действия которых показан на рисунке 5.12.

К герметизирующим материалам предъявляются следующие требования: отсутствие усадки при затвердевании; отсутствие корродирующего действия на металлы и их сплавы; высокие диэлектрические свойства; минимум длительности отверждения; небольшой удельный вес; невосприимчивость к действию повышенных и пониженных температур и влажной среды; высокая механическая прочность; хорошие заливочные свойства.

К недостаткам герметизированных ШР следует отнести: невозможность перепайки ШР в случае ремонтов, замены оборудования и т. п. Для неполностью отработанных монтажей следует предусматривать некоторый запас длины жгута для трех-, пятикратной перепайки.



*Рисунок 5.12 - Принципиальная схема заливки ШП герметизирующим материалом:
1 - пневмошприц, 2 - жгут, 3 - штепсельный разъем, 4 - полость заливки, 5 - компаунд*

5.2.5. Автоматизированные станки с числовым программным управлением для изготовления электрожгутов

Высокая трудоемкость изготовления электрожгутов, а также стремление повысить качество привели к созданию автоматизированных станков с числовым программным управлением, позволяющим автоматизировать выполнение целого ряда основных операций изготовления и, в первую очередь, раскладки и маркирования проводов.

Значительный эффект применения оборудования с программным управлением дает автоматизация процессов программирования и получения программ изготовления жгутов с помощью ЭВМ. Автоматизацию программирования с получением оптимальных программ изготовления можно сочетать с процессом проектирования жгута на ЭВМ. Этого можно достичь, если воспользоваться схемой движения информации при проектировании и изготовлении любых объектов, в которых элементы соединяются электрожгутами (рисунок 5.13).

В этом случае ЭВМ обеспечивает проектирование жгута с выдачей конструкторской документации на компоновочный чертеж устройства автоматики, чертежей на монтажную схему жгута и таблицы соединений, а также перфоленту или других носителей информации, необходимых для работы оборудования с программным управлением, автоматов маркировки и автоматических станков для раскладки проводов. Интерполятор и координатограф используются соответственно для перевода информации на магнитную ленту и воспроизведения конструкторской документации.

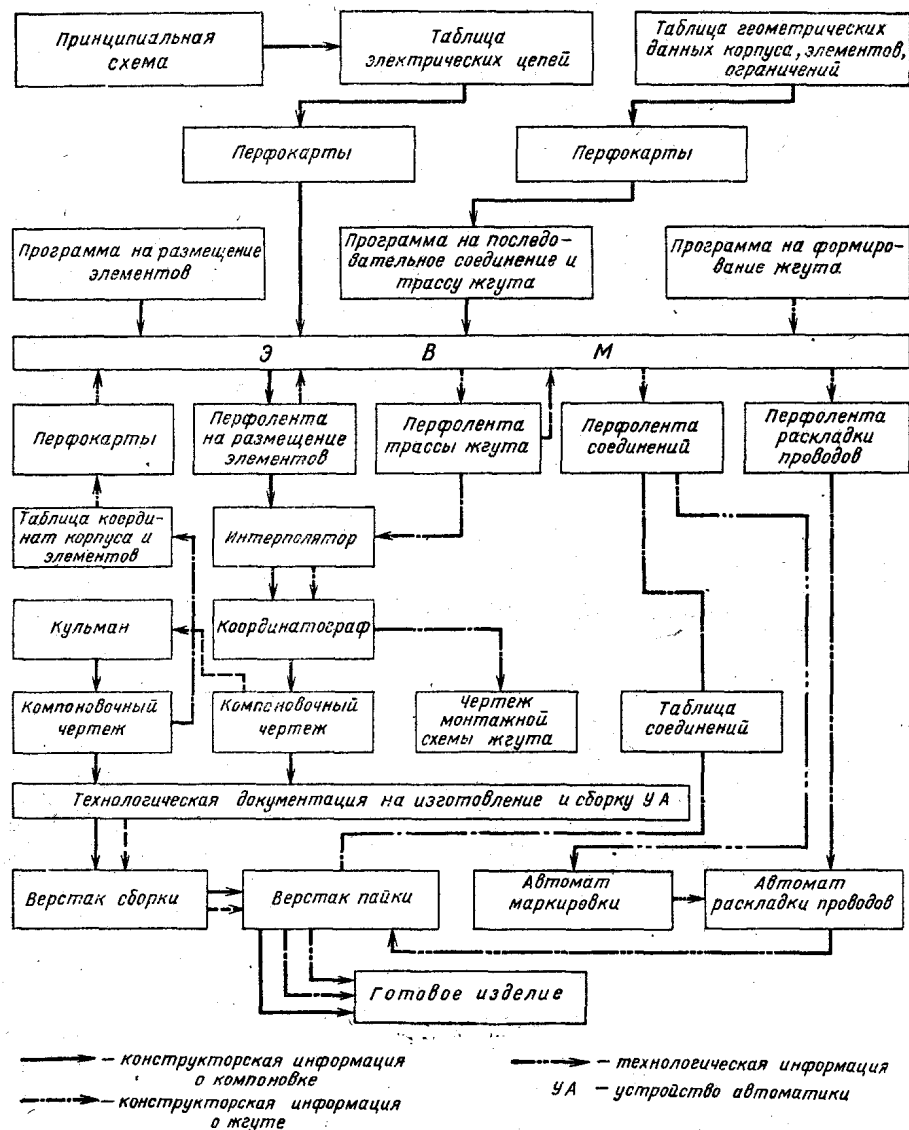


Рисунок 5.13 - Схема применения ЭВМ для автоматизации процессов проектирования и изготовления электрожгутов

Если полная автоматизация процессов получения конструкторской документации и оптимальных программ изготовления по каким-либо причинам не удастся, данная схема предусматривает участие конструктора, который работает с ЭВМ в диалоговом варианте. Задавая ЭВМ различные исходные данные и производя изменения в программе, конструктор и технолог добиваются оптимальных решений по получению конструкторской документации на устройства автоматизации и программ их изготовления с учетом технологических особенностей оборудования с числовым программным управлением.

В настоящее время известен целый ряд станков с числовым программным управлением для изготовления жгутов [38, 40].

Рассмотрим принципы построения таких станков на примере станка с электрическим приводом.

Станок, схемы которого представлены на рисунке 5.14, состоит из следующих основных узлов: станина 1, на которой смонтированы верхнее 3, 4 и нижнее 5, 6 координатные устройства, имеющие перемещения по осям X и Y ; стол 7; приводы перемещений; механизм подъема стола и система управления станком.

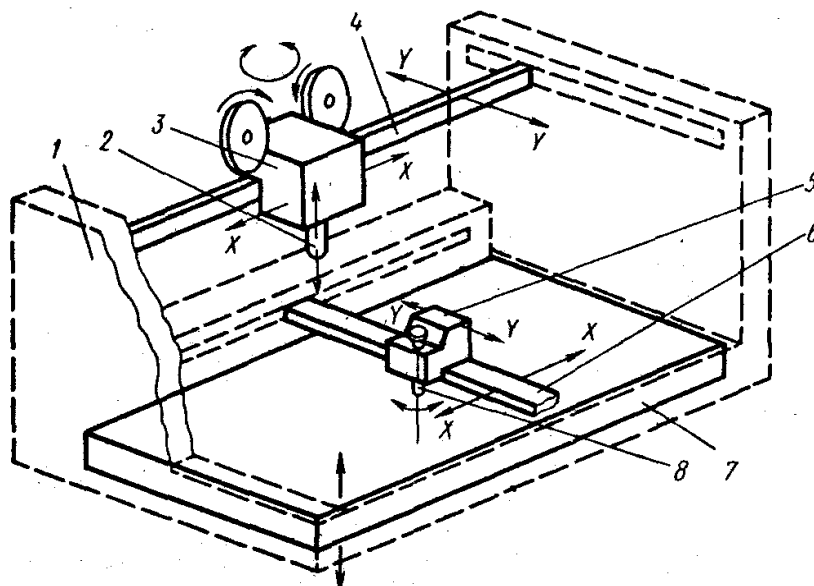


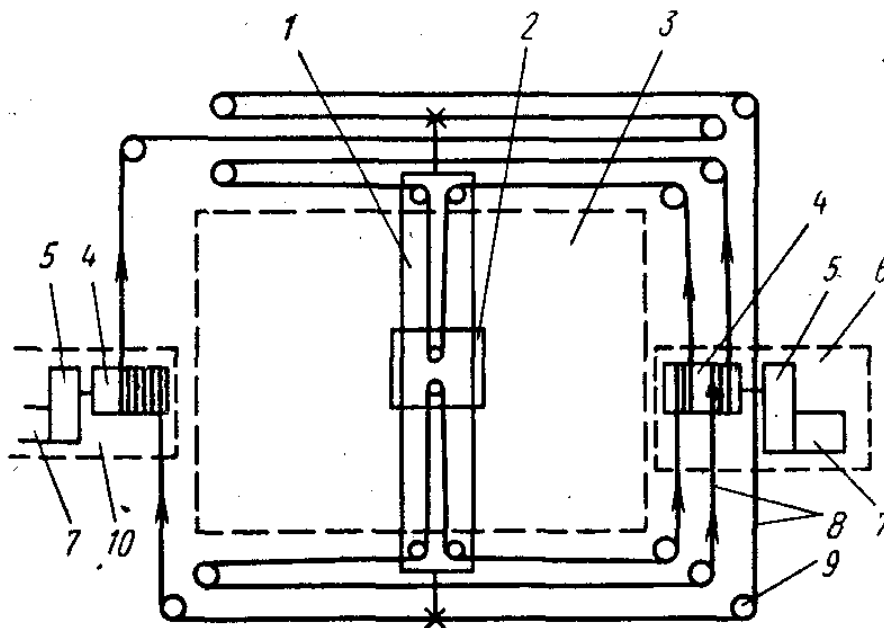
Рисунок 5.14 - Принципиальная схема станка с числовым программным управлением для раскладки проводов в жгут:

1 — станина, 2 — направляющая штанга, 3, 5 — каретка, 4, 6 — подвижная траверса, 7 — стол, 8 — раскладывающий палец

Верхнее координатное устройство состоит из подвижной траверсы 4 и перемещающейся по ней каретки 3, на которой закрепляется головка технологических команд с катушечным устройством и направляющей штангой 2. Головка технологических команд содержит в себе магазин с различными марками проводов, механизмы смены марки провода, выпуска провода, отрезки провода и опускания направляющей штанги.

Нижнее координатное устройство состоит из подвижной траверсы 6 и перемещающейся по ней каретки 5 с раскладывающим пальцем 8, который приводится в колебательное движение, необходимое для облегчения выхода провода.

Оба координатных устройства имеют самостоятельные приводы, принципиальные кинематические схемы которых одинаковы, одна из схем приведена на рисунке 5.15.



*Рисунок 5.15 - Принципиальная кинематическая схема привода координатного устройства:
1 — траверса, 2 — каретка, 3 — стол, 4 — приводной барабан, 5 — редуктор, 6, 10 — приводы, 7 — шаговый двигатель, 8 — система тросов, 9 — блок*

Траверса 1 и перемещающаяся по ней каретка 2 расположены над столом 3. Траверса и каретка приводятся в движение независимыми приводами 5 и 10, состоящих из приводного барабана 4, редуктора 5 и шагового двигателя 8. Приводные барабаны связаны с траверсой и кареткой системой тросов 8 и блоков 9. Концы тросов неподвижно закреплены на барабанах и при их вращении происходит одновременное наматывание одного конца ветви и сматывание другого, чем и достигается преобразование вращательного движения двигателя и поступательное Перемещение траверсы и каретки. Нужное количество катушек с проводами различных марок устанавливается на головке технологических команд и концы проводов заправляются в отверстия магазина. Магазин имеет возможность горизонтального перемещения, которое позволяет устанавливать в нужный момент определенную марку провода напротив канала направляющей штанги.

После заправки проводов в отверстия магазина подается команда на установку нужной марки провода. Затем при помощи электропривода происходит опускание направляющей штанги до совмещения ее со втулкой раскладывающего пальца в нижнем координатном устройстве. По команде на привод подачи провод опускается в отверстие шаблона (см. рис. 8.10) на 30—40 мм ниже его плоскости. Направляющая штанга отводится вверх и раскладывающий палец совершает два обхода вокруг шпильки, расположенной рядом с отверстием в шаблоне, куда опущен конец провода. Шпильки являются крепящим элементом для раскладываемого провода.

Нижнее координатное устройство начинает производить координатные перемещения в соответствии с заданной программой. Поскольку конец провода закрепляется на начальной шпильке, то провод, проходящий через втулку пальца, вытягивается из головки технологических команд и укладывается между шпильками. Провода одной марки, раскладываются непрерывно без обрезки на адресных шпильках, для чего все провода, подлежащие раскладке, объединяются в непрерывную цепочку, где конец одного провода является началом следую-

шего. За несколько секунд до окончания укладки данной марки провода подается команда на отрезание провода быстродействующим ножом при помощи электромагнита. Оставшийся на шаблоне конец провода закрепляется на конечной шпильке путем обхода вокруг нее. К этому моменту верхнее координатное устройство должно закончить перемещение, которое началось в момент укладки данной марки провода. В станке применена позиционная шагово-импульсная система числового программного управления (ЧПУ) с использованием магнитной ленты в качестве программносителя.

5.3. Технология внутриблочного электрического монтажа

Внутриблочный монтаж используется при изготовлении электрораспределительных коробок (ЭРК), щитков автоматов защиты сети (АЗС), этажерок с установленными на них электрическими элементами, приборных досок, пультов и т. д.

Внутриблочный монтаж включает все основные операции монтажа, а также регулировку и контроль качества монтажа и функционирования.

Существует три основных способа внутриблочного монтажа:

жесткая проводка проводов и внутриблочных жгутов с креплением их ко дну или стенкам корпуса или плат с помощью хомутов или скоб;

свободная верхняя проводка проводов и внутриблочных жгутов без дополнительного крепления;

последовательная укладка проводов с обратной стороны плоскости (платы), в отверстия которой выведены штырьевые клеммы (наконечники), принадлежащие монтируемому элементу, с последующей установкой смонтированных плат в корпус.

Преимущество первого способа заключается в высокой динамической прочности изделий, т. е. прочности к воздействиям вибраций, ударов и линейных перегрузок. К недостаткам следует отнести дополнительный вес элементов крепления, хомутов, скоб, а также винтов и т. п. В данном случае удобна плоская форма жгута, получаемая, например, пакетной связкой. В настоящее время для внутриблочного монтажа могут быть использованы специальные ленточные коммуникации.

Преимущество второго способа заключается, наоборот, в меньшей массе монтажа, так как не требуется дополнительных крепежных элементов и необходимая жесткость проводки обеспечивается только жесткостью соответствующих проводов, припаянных к клеммам элементов изделия. Недостатком такого способа является относительно меньшая динамическая прочность, так как в данном случае усилия, которым подвергается провод или жгут, передаются непосредственно на клеммы и оконцовки проводов.

Третий способ используется в том случае, когда монтируемые элементы имеют штырьевые клеммы, которые, будучи пропущены через плату, образуют с обратной ее стороны поле контактов, расположенное в одной плоскости. Последовательную укладку проводов между клеммами и соединение проводов с клеммами накруткой и пайкой можно производить отдельно вне корпуса. Для расчета кратчайших трасс прокладки проводов может быть использована ЭВМ, а для механизации укладки могут применяться специальные монтажные машины с программным управлением. В настоящее время известно большое количество машин, использующих различные координатные системы для перемещения плат и рабочих органов, а также различные системы шагового программного управления.

5.4. Технология монтажа электропроводных систем на летательном аппарате

К основным электромонтажным работам, проводимым на летательном аппарате или его технологически самостоятельных элементах, относятся: установка и крепление функциональных элементов, прокладка, крепление и стыковка между собой жгутов, шин и кабелей и присоединение жгутов, шин и кабелей к функциональным элементам (приборам, электроагрегатам и т. д.).

Применяются различные способы крепления функциональных элементов: замками, винтами и хомутами.

Для крепления электрожгутов применяются скобы, хомуты и замки.

Основное требование к монтажу электрооборудования — это точность, так как неточный монтаж вызывает напряжения в проводах и их усталостное разрушение при наличии вибрации в процессе эксплуатации, а также нарушение электрических контактов.

5.5. Типовые дефекты и отказы электросистем

Отказ электрической бортовой системы, т. е. событие, заключающееся в нарушении ее работоспособности, происходит, в основном, в результате неисправностей коммуникаций и выходов из строя отдельных блоков электросистем.

С ростом объема и сложности электрокоммуникаций на летательном аппарате возрастает количество их неисправностей в эксплуатации.

Из всей совокупности неисправностей, выявленных в процессе эксплуатации летательного аппарата, можно выделить совокупность неисправностей, возникших по производственным причинам, которую можно разбить на следующие группы:

механические повреждения электрожгутов (перетираание изоляции или защитных материалов, подрез токонесущих жил, трещины в паяном соединении, изломы наконечников или клемм разъемов);

наличие посторонних веществ, включений и предметов на электрокоммуникациях (микровключения в паяном или обжатом состоянии; следы масла, горючего, а также грязи и пыли на электрожгуте; куски припоя, песок, лак, клей, электролит в разъемах и т. д.);

изменение электрических параметров и свойств электрокоммуникации: снижение сопротивления изоляции или электропрочности изоляции между изолированными друг от друга цепями, повышение переходного сопротивления в месте соединения провода с наконечником или клеммой разъема.

На рисунке 5.16 представлена классификация отказов электрокоммуникационных цепей по видам.

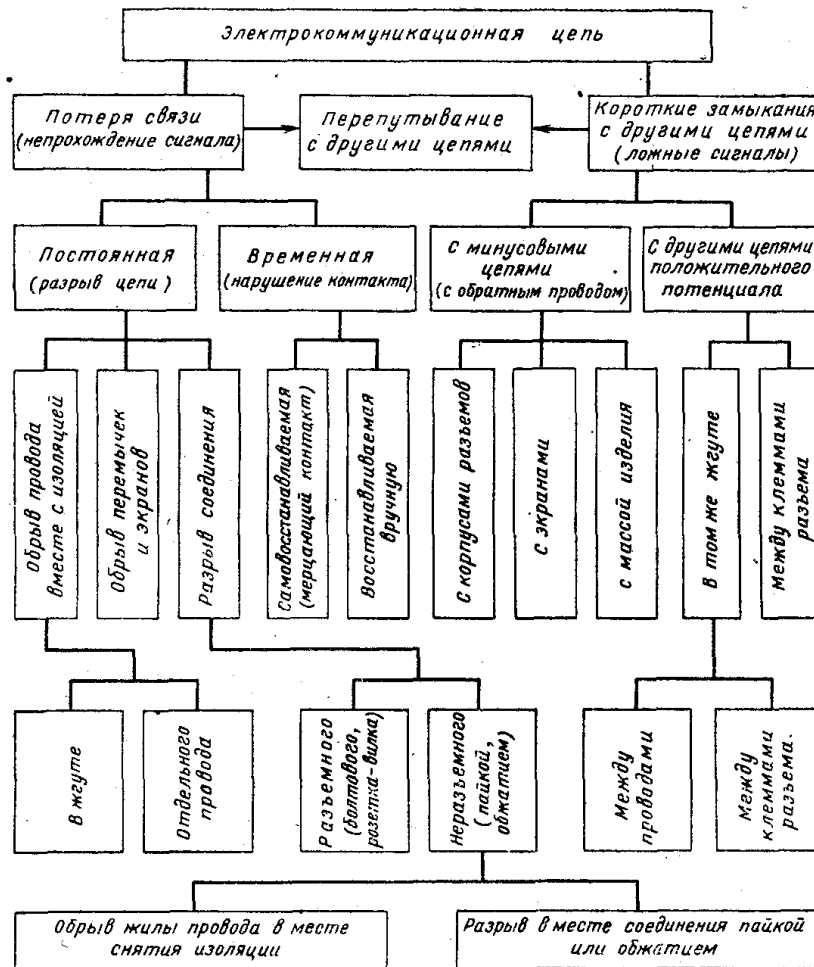


Рисунок 5.16 - Классификация отказов видам электрокоммуникаций по видам

Постоянная потеря связи в цепи представляет собой либо обрыв провода вместе с изоляцией, либо разрыв в месте соединения, либо обрыв отдельных перемычек, экранов и т. д. Второй вид отказа встречается наиболее часто. При этом разрыв разъемного соединения (болтового при соединении минусовых проводов с «массой» летательного аппарата или типа «розетка—вилка» при сочленении электрожгутов разъемами) чаще всего происходит из-за плохой герметизации разъема (коррозия контактов), скрытых дефектов материалов, механических повреждений. Разрыв паяного или обжатого соединения чаще всего происходит в месте снятия изоляции с провода (из-за подреза или выкусывания жил при подготовке провода к соединению) и самом месте пайки (низкое качество пайки в сочетании с натягом, перекручиванием или изгибом провода или с вибрацией). Временная потеря связи представляет собой нарушение контакта, которое может быть самовосстанавливаемым (трещины в паяном соединении, частицы лака, клея или песок в разъеме) или восстанавливаемым вручную при слабой затяжке накидной гайки разъема или болтового соединения (плохое сочленение жгутов в сочетании с вибрацией). Иногда приходится разбирать и прочищать разъем от пыли, грязи, масла и т. д., чтобы восстановить нарушенный контакт (плохая консервация жгута, низкая культура производства, негерметичный разъем).

Из коротких замыканий наиболее часто встречается замыкание на «массу» летательного аппарата (при однопроводной схеме распределения электроэнергии) и замыкание в разъеме электрожгута из-за наличия там кусков припоя, электролита, стружки.

Для первого вида короткого замыкания наиболее критичными являются технологические операции прокладки, защиты и крепления жгута, а для второго — операции пайки, герметизации разъема, а также соблюдение правил консервации электрожгута.

Основные неисправности являются непосредственной причиной отказа электрокоммуникационной сети.

Однако необходимо заметить, что связь между различными видами отказов и неисправностей носит сложный неоднозначный характер.

Так, например, пробой или местное нарушение изоляции провода может привести к любому виду короткого замыкания; излом или коррозия клемм разъема может привести как к временному, так и к постоянному разрыву цепи; напряжения растяжения в проложенных жгутах — к обрывам различного вида (в уменьшенном сечении провода); касание электрожгута острых кромок — к короткому замыканию в жгуте (срезание изоляции) и к обрыву цепей (подрез жил).

Большинство из вышерассмотренных производственных неисправностей могут быть зависимыми от нескольких технологических операций, что делает связь между технологическими операциями и отказами электрожгутов в эксплуатации особенно сложной.

5.6. Контроль электросети и ее элементов

В общем случае всю совокупность проверяемых электроцепей можно разделить на два класса: цепи, содержащие коммутационные элементы, и цепи, не содержащие их, т. е. выполняющие только коммуникационные функции. Контролировать цепи с элементами коммутации сложнее, так как прежде чем подавать контрольное напряжение на входные точки и снимать его с выходных точек проверяемых цепей, необходимо «набрать» эти цепи, включив или наоборот выключив соответствующие элементы коммутации.

Если эти элементы представляют собой электромагнитные реле или контакторы, то процесс «набора» цепи можно произвести автоматически путем подачи соответствующих напряжений на их обмотки.

Если эти элементы представляют собой выключатели, переключатели или кнопки, то набор цепи в объекте контроля приходится производить вручную, так как делать управляемую по спецпрограмме механическую руку (робота), замыкающую или размыкающую в нужный момент эти элементы, сложно и экономически вряд ли целесообразно.

Наличие такого рода электроцепей усложняет управление автоматическим стендом и снижает его степень автоматизации, так как перед включением этих элементов должна происходить остановка стенда в соответствии с программой проверки.

Ко второму классу относятся электроцепи, не содержащие элементов коммутации; для их контроля набора проверяемой цепи не нужно, а необходимо лишь подключение соответствующих входных и выходных точек этих цепей. Однако в общем случае эти цепи могут включать в себя различные элементы, для контроля которых от автоматического стенда требуются различные измерительные и логические функции.

С этой точки зрения всю совокупность проверяемых электроцепей можно разбить на определенные группы (рисунок 5.17).

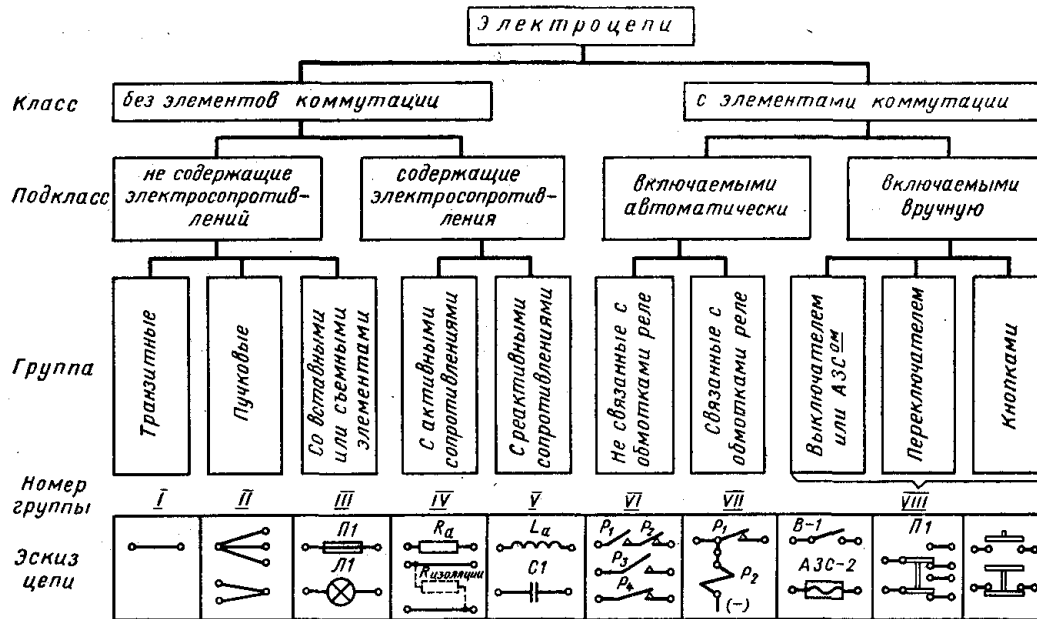


Рисунок 5.17 - Классификация электроцепей с точки зрения их контролепригодности

Первую группу составляют транзитные, т. е. простые, неразветвленные цепи, не содержащие никаких элементов, и обычно составляющие ту часть электросети, которую проверяют ручными пробниками перед проверкой сети под током.

Вторую группу составляют простые разветвленные или пучковые цепи. При контроле этих цепей последовательность подключения входных и выходных контрольных точек описывается более сложной логической функцией. Так, например, нужно держать подключенной одну входную точку и поочередно подключать выходные точки или наоборот. Это приводит к необходимости изменения того поочередно-шагового режима работы стенда, который характерен для проверки транзитных цепей.

Третью группу составляют цепи, состоящие из вставных или съемных низкоомных элементов — лампы или предохранители, которые необходимо проверять в два этапа: при наличии вставленных элементов в цепь, исключая при этом возможные обрывы, и при отсутствии этого же элемента в цепи, исключая при этом возможные замыкания двух оставшихся изолированных друг от друга участков цепи.

Четвертую группу составляют цепи, содержащие активные сопротивления. Для контроля таких цепей необходима реализация не только логических, но, и измерительных функций для количественной оценки величины активных сопротивлений в пределах заданных допусков.

Цепи с активными сопротивлениями и с диодами довольно широко распространены и их надо контролировать перед включением электросети под ток.

Пятую группу составляют цепи, содержащие реактивные сопротивления, — индуктивные или емкостные.

Для контроля этих цепей необходимо использование измерительных мостовых схем на переменном токе средней или высокой частоты.

Так как такие цепи встречаются сравнительно редко и, главным образом, в радиосистемах, то целесообразно их проверять в процессе автономной отработки на функционирование.

Шестую группу составляют цепи, содержащие контакты электромагнитных реле или контакторов и не связанные с обмотками этих автоматических коммутационных элементов.

Контроль таких цепей производится после предварительного набора проверяемой цепи и обычно не встречает затруднений, так как операция набора цепи сводится к включению конкретной совокупности этих релейных элементов в соответствии с общей программой проверки.

Седьмую группу составляют электроцепи, содержащие контакты электромагнитных реле и в ряде случаев связанные с обмотками реле (или контакторов). При контроле таких цепей вышеуказанный набор цепи происходит одновременно с контрольными операциями, что усложняет процесс проверки.

Например, при контроле цепи может включиться реле, которое может сделать какие-то нежелательные переключения в объекте контроля.

При обработке результатов контроля от автоматического стенда требуется более глубокий и разветвленный логический анализ, так как возможно появление сложных взаимосвязанных отказов.

Увеличивается при этом и трудоемкость составления программы проверки, так как все варианты подачи контрольного напряжения в другие непроверяемые на данной операции цепи, а также варианты включения реле, должны быть предусмотрены при проверках такого рода цепей.

Несмотря на вышеуказанные трудности эти электроцепи необходимо проверять перед включением сети под ток, так как на дальнейших этапах производства бывает еще труднее конкретно выявить и локализовать их дефекты.

Восьмую группу составляют цепи, включающие в себя ручные коммутационные элементы — выключатели, переключатели, АЗС, кнопки. Необходимы специальные операторы для включения этих элементов, расположенных, главным образом, в кабине, а также специальные оперативные (выносные) пульты управления и индикации и гибкая двусторонняя связь между главным оператором центрального пульта управления и специальным оператором (или операторами). Кроме того, перед включением этих элементов автоматический стенд должен останавливаться, что удлиняет время проверки понижает общую степень автоматизации. Контролируемые параметры электрожгутов и сети в целом показаны на рисунок 5.18.

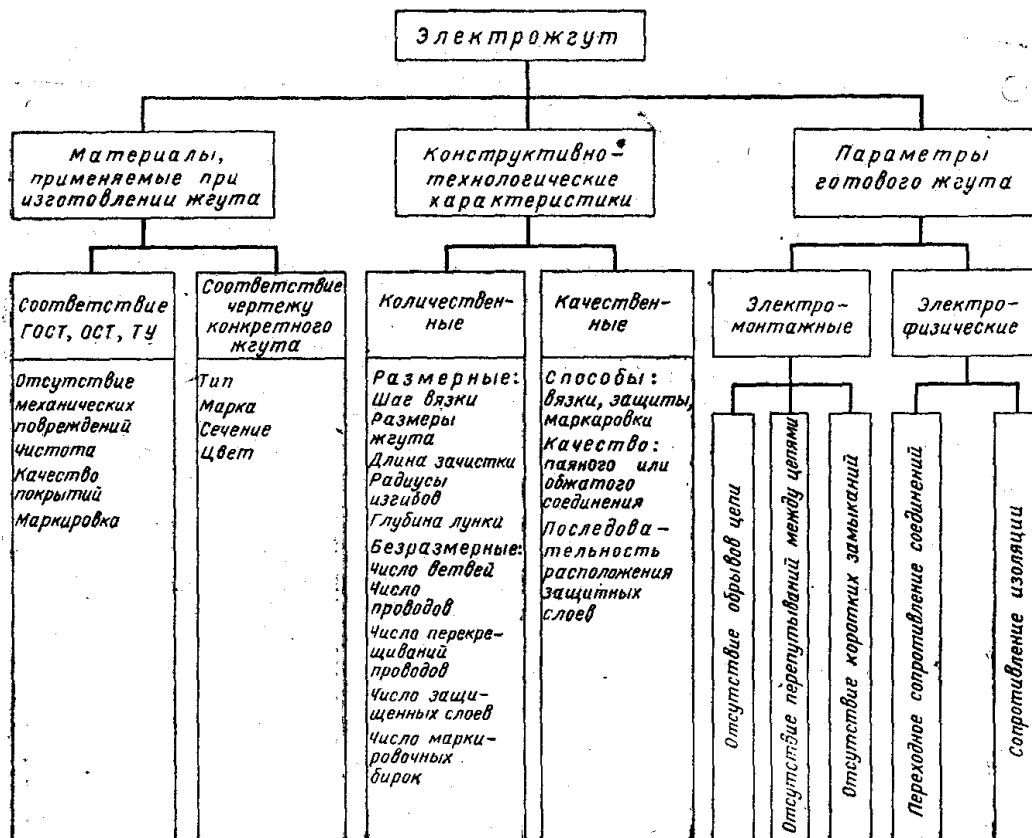


Рисунок 5.18 - Классификация контролируемых характеристик и параметров электрожгутов

Проложенная электрокоммуникационная сеть подлежит приемке со стороны БЦК. При этом контролируется взаимное расположение электрожгутовых трасс и других элементов монтажа путем сличения с фотографиями эталонного монтажа, отработанного на первых изделиях, а также чистота и отсутствие стружки, пятен масла, горючего или каких-либо посторонних предметов.

Проложенная электрокоммуникационная сеть в цехе окончательной сборки должна быть проверена перед включением под ток на отсутствие обрывов цепей, а также перепутываний и коротких замыканий.

5.7. Испытание и контроль работоспособности электрических систем

После контроля качества монтажа производится проверка под током всех электрических систем: систем обогрева крыльев и хвостового оперения, электрических пилотажно-навигационных систем управления полетом (автопилота и др.), систем запуска турбогенераторной установки, систем управления закрылками и т. д.

Наибольшую сложность представляет проверка под током электрических пилотажно-навигационных систем управления полетом.

В основу схемы автопилота положен принцип регулирования по углу и угловой скорости при наличии жесткой обратной связи. Сигналы, пропорциональные угловым отклонениям и угловым скоростям самолета, стабилизируют самолет относительно центра тяжести, а жесткая обратная связь обеспечивает каждому суммарному управляющему сигналу пропорциональное отклонение управляемых плоскостей самолета.

Распространенные методы контроля системы управления с помощью ручного стола завалов для ЦГВ, скоростного стола для БДГ, комбинированной проверочной установки для проверки корректора высоты КВ-1 и механических угломеров для определения углов отклонения управляемых плоскостей имеют целый ряд недостатков, из которых отметим следующие:

недостаточная точность измерения углов отклонения управляемых плоскостей механическими угломерами с визуальным отсчетом;

возможность создания неправильных завалов и разворотов гироскопических агрегатов из-за возможных ошибок при визуальных отсчетах углов по нониусам при ручном управлении столов;

невозможность проверить работу автопилота в динамических режимах (т. е. в условиях непрерывного изменения величины завалов по определенному закону с контролем углов отклонения исполнительных органов); большие неудобства контроля, связанные с тем, что при оценке углов отклонения рабочий должен находиться непосредственно около управляемых плоскостей и передавать значения углов в кабину.

Требования повышения качества обработки контроля и испытания систем управления могут быть выполнены только при условии всесторонней автоматизации этих работ.

Испытание и контроль работоспособности электросистем летательных аппаратов производят с помощью универсальных стендов с числовым программным управлением.

В процессе контроля системы обогрева крыльев проверяются: сила тока, потребляемая каждым нагревательным элементом; последовательность включения нагревательных элементов; циклограмма работы программного механизма.

В процессе контроля автопилота имитируются воздействия от порывов ветра, эволюции самолета, изменения высот полета и т. д. При этом проверяются:

- углы отклонения рулей;
- работа автопилота от пульта управления;
- работа автопилота по тангажу, крену и курсу;
- работа автопилота от блока демпфирующих гироскопов;
- работа автопилота от корректора высоты;
- отключение автопилота от управления самолетом;
- передаточные отношения: а) по углам; б) по угловым скоростям; в) по перекрестным связям; г) от корректора высоты;
- временные параметры автопилота;
- работа автопилота в условиях, имитирующих порывы ветра, эволюции самолета, изменения высот и т. д.

В процессе контроля системы запуска турбогенераторной установки имитируют работу системы от аэродромного питания, от аккумуляторов, холодную прокрутку, прекращение запуска, работу в режиме питания бортсети, работу отдельных электроагрегатов системы.

При этом проверяют:

- последовательность и моменты включения и выключения агрегатов системы, в процессе запуска;
- напряжение на агрегатах систем в определенные моменты времени; изменение напряжения на агрегатах по времени.

В процессе контроля системы управления закрылками имитируются отказы в работе двигателей механизма выпуска.

При этом проверяют:

- углы отклонения;
- время выпуска и уборки;
- плавность выпуска и уборки.

Контроль проводится в условиях работы системы от одного и двух двигателей механизма выпуска.

В процессе контроля системы запуска двигателей имитируется работа системы при запуске в воздухе, на земле (от ТГ-16 и от аэродромного питания) при холодной прокрутке, при прекращении запуска. При этом проверяются:

- последовательность и моменты включения и выключения агрегатов системы в процессе запуска;
- напряжение на агрегатах системы в определенные моменты времени;
- изменение напряжения на агрегатах по времени.

В процессе контроля системы обогрева хвостового оперения проверяются:

- сила тока, потребляемая каждым нагревательным элементом;
- последовательность включения нагревательных элементов;
- циклограмма работы программного механизма.

Аналогичные стенды применяются и для контроля радиоэлектронных систем (рисунок 5.19).

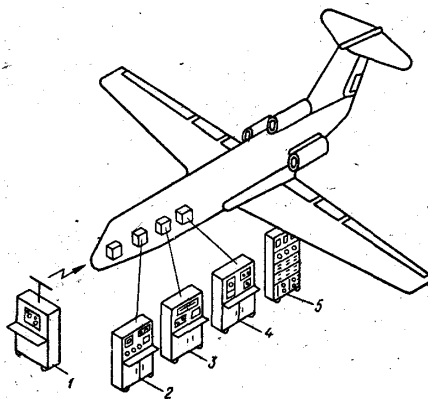


Рисунок 5.19 - Система автоматизированного контроля и отработки радиоэлектронного оборудования самолетов:

1 — стенд для контроля систем посадки, 2 — стенд для контроля радиосвязного оборудования; 3, — стенд для контроля радиолокационного оборудования, 4 — стенд для контроля радионавигационного оборудования, 5 — программно-измерительное и регистрирующее устройство

Составление оптимальных программ контроля электрических и радиоэлектронных систем и получение перфолент для стендов с числовым программным управлением производится с помощью ЭВМ.

6. ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ИСПЫТАНИЙ И АЭРОДРОМНОЙ ОТРАБОТКИ БОРТОВЫХ СИСТЕМ

6.1. Технология предполетной отработки бортовых систем

Контрольно-испытательные работы решают основную задачу предполетной отработки летательного аппарата — проверку надежности бортовых систем.

Предполетная отработка самолетов и вертолетов начинается, как правило, с взвешивания. Определяется «сухая масса» и положение центра масс при «сухой массе». Затем определяется масса и центровка с невырабатываемыми остатками топлива. Определение массы и центра масс изделий, заправленных топливом, проводится непосредственно перед испытательными полетами.

Одной из наиболее трудоемких и ответственных операций при наземной отработке является проверка системы управления. Система проверяется как для режима ручного управления, так и для режима автоматического управления. Определяются углы отклонения органов управления, передаточные числа, работоспособность всех агрегатов системы. При контроле шасси проверяется кинематика всех движущихся агрегатов и деталей, замеряется время выпуска и уборка закрылков, контролируется работа механизмов поворота переднего колеса и тормозов.

При проверке топливной системы контролируется прежде всего ее герметичность, для чего на 6—8 ч система подвергается воздействию избыточного давления порядка 15—20 Па.

Контроль системы высотного оборудования заключается в проверке работоспособности агрегатов и в определении температур и расходов воздуха в различных точках магистралей. Проводятся также проверки гидравлической, пневматической, электрической, радио-, радиолокационной и других систем.

В период предполетной отработки летательных аппаратов завершаются работы по выпуску и заполнению эксплуатационной документации, так как нельзя проводить следующий этап — летные испытания.

Основными документами эксплуатационной документации являются: техническое описание, инструкция по эксплуатации, формуляры и паспорта.

Техническое описание предназначено для изучения изделия и должно содержать сведения об его устройстве и принципе действия, а также технические характеристики и другие сведения, необходимые для обеспечения полного использования технических возможностей изделия.

Инструкция по эксплуатации содержит сведения, необходимые для правильной эксплуатации летательного аппарата и поддержания его в постоянной готовности к действию.

Формуляр является документом, удостоверяющим гарантированные предприятием-изготовителем основные параметры и технические характеристики, изделия и отражающим техническое состояние данного изделия. Формуляр выпускают на весь летательный аппарат в целом и на основные комплектующие изделия (например, двигатель, радиолокационная станция и т. п.), т. е. на такие изделия для которых необходимо вести учет их технического состояния и данных по эксплуатации (время работы, неисправность и т. п.).

На изделия, технические данные которых необходимо сообщить потребителю, составляют *паспорт*. Если на изделие в целом составляют формуляр, а на полученные в готовом виде составные части изделия — паспорта, то технические данные из паспортов включаются

в формуляр изделия. При составлении формуляра на конкретное изделие паспорт не составляют.

Различные данные, полученные при предполетных отработках, (например, сухая масса самолета, масса несливаемого топлива, масса полностью заправленного самолета), вносят в соответствующие формуляры.

При всех видах предполетных отработок и осмотров составляют дефектные ведомости, в которых указываются замеченные дефекты. Закрытие дефектных ведомостей происходит после устранения дефектов и только после этого дается разрешение на испытательный полет.

6.1.1. Задачи и автоматизированные системы комплексного контроля

После автономного контроля электропроводных, трубопроводных и механических систем их контролируют в комплексе, чтобы выявить влияние систем друг на друга при совместной работе.

Современные летательные аппараты представляют собой сложные комплексы технических устройств. Для правильного определения их работоспособности требуется большое количество диагностической информации. Применяемые неавтоматизированные системы инструментального контроля требуют больших затрат времени и труда высококвалифицированных специалистов. Эти системы контроля, являясь громоздкими и несовершенными, не обеспечивают объективного, контроля и быстрого нахождения неисправностей.

Одним из возможных путей решения этой проблемы является, автоматизация всех процессов контроля. В качестве одного из первых шагов на этом пути можно рассматривать комплексные аналоговые системы автоматизированного контроля. На рисунке 6.1 представлена укрупненная блок-схема одного канала такой системы.

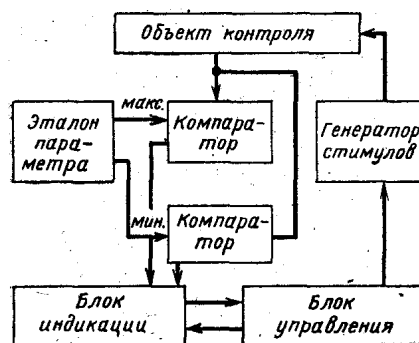


Рисунок 6.1 - Укрупненная блок-схема одного канала комплексной аналоговой системы автоматического контроля

В данном случае блок управления (программное устройство): в соответствии с циклограммой контроля выдает в определенную цепь объекта контроля соответствующий стимулирующий сигнал, который вызывает появление необходимого контролируемого параметра в виде соответствующего сигнала. Этот сигнал поступает на два компаратора, на один из которых из генератора эталонного значения поступает наибольшее допустимое значение контролируемого параметра, а на другой - наименьшее. Таким образом, сравнивая предельные значения параметра с его текущей величиной, компараторы выдают сигнал «больше» — «норма» — «меньше», т. е. проводят качественную оценку параметра. В зависимости от ре-

зультата каждый блок управления либо продолжает дальнейшие проверки, либо прекращает их.

Однако аналоговым системам контроля присущи некоторые серьезные недостатки. Во-первых, такие системы автоматизированного контроля имеют жесткую структурную схему, что делает их узкоспециализированными, так что незначительные изменения объекта контроля могут привести к необходимости существенной переделки системы. Во-вторых, такая система не позволяет проводить количественную оценку сигнала.

Цифровые информационно-логические системы автоматического контроля лишены этих недостатков. На рисунке 6.2 представлена общепринятая блок-схема простой цифровой системы автоматического контроля.

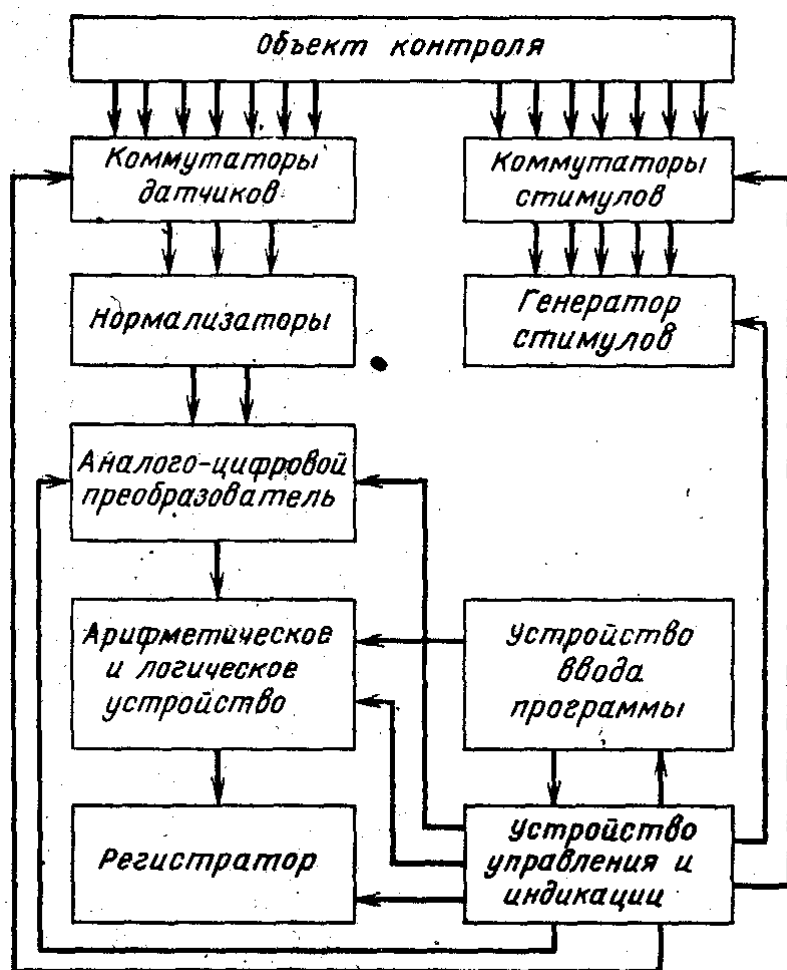


Рисунок 6.2 - Блок-схема цифровой системы автоматического контроля

Работа приведенной системы сводится к следующему. Вся информация, необходимая для проведения данной операции контроля (номинал параметра, допуск, адреса команд на коммутаторы, время контроля и т. д.), записана на программноносителе и переносится с помощью фотосчитывающего механизма в оперативное запоминающее устройство. На основе полученной информации управляющее устройство выдает команду на подключение какого-либо генератора стимулов к одной из входящих цепей объекта. Генераторы стимулов предна-

значены для выработки заданных сигналов напряжения, силы тока, давления, линейных и угловых перемещений, скоростей и ускорений, временных интервалов и т. п.

Далее с помощью коммутаторов датчиков снимается сигнал, который необходимо контролировать. Если вид снимаемого сигнала отличается от вида, необходимого для переработки на аналого-цифровом преобразователе, то необходимо использовать различные нормализаторы. Поскольку аналого-цифровые преобразователи обычно требуют входного воздействия в виде напряжения постоянного тока или последовательного ряда импульсов, то все контролируемые сигналы с помощью нормализаторов приводятся к этим видам. После нормализации сигнал поступает на вход аналого-цифрового преобразователя, который предназначен для преобразования сигналов аналоговой формы в цифровой код.

Преобразованный в цифровой код сигнал поступает в арифметическое и логическое устройство. Это устройство обеспечивает: сравнение (с учетом допусков) сигнала, характеризующего реакцию объекта, с его номинальным значением, задаваемым программным устройством; анализ результатов сравнения; определение места неисправности; подачу сигнала в устройство управления и индикации на дальнейшую проверку или на прекращение испытаний.

Если необходимо, то с обрабатываемым сигналом проводятся определенные арифметические и логические операции (например, когда ряд параметров позволяют косвенно определить какой-то третий параметр, который не может быть замерен непосредственно). Логическое устройство может осуществлять и прогнозирование надежности системы.

После отработки сигнала данные контрольной операции поступают на индикацию и на регистратор. Индикация необходима оператору для контроля, работы системы и для визуального наблюдения за результатами контроля. На индикацию поступает та же самая информация, что и на регистратор, только в последнем случае происходит ее запись на буквопечатающем аппарате или («если в последующем предполагается обработка записей на вычислителе») на перфоленту или на магнитную ленту.

Устройство управления служит для общей координации работы системы и для задания режима контроля.

Обычно у системы бывают следующие режимы работы;

- автоматический режим контроля (когда контроль идет последовательно в строгом соответствии с программой контроля);
- выборочный режим (когда оператор по своему усмотрению выбирает и проводит ту или иную операцию контроля);
- режим непрерывного контроля одного параметра.

Кроме того, устройство управления может переводить, систему на вспомогательные подпрограммы контроля в том случае, если необходима более детальная локализация места неисправности.

Поскольку системы автоматического контроля являются весьма сложными системами, то и они сами, естественно, могут оказаться неисправными. Поэтому необходимо осуществлять их самопроверку в процессе испытания. Для этого служат система самоконтроля, которая, выдает заранее известные выходные сигналы реакции на типовые входные сигналы. В логическом устройстве эти сигналы сравниваются со стандартными сигналами, задаваемыми программирующим устройством. В результате этого определяется исправность системы автоматического контроля.

К современным тенденциям развития, систем автоматизированного контроля (САК) можно отнести:

1. Широкое применение вычислительной (главным образом, цифровой) техники, которая позволяет не только оценить работоспособность контролируемых систем, но и отыскать и локализовать неисправные элементы, а в ряде случаев и прогнозировать работоспособность контролируемых систем на определенный срок. Одна из простейших форм прогнозирования поведения системы заключается в изменении цвета цифр и условных обозначений, высвечиваемых на индикационной панели САК: от зеленого («полностью годная система»), желтого (параметр находится за пределами допуска, но система в целом еще может функционировать) до красного (дальнейшее функционирование системы невозможно).

2 Повышение степени конструктивной универсальности САК за счет стандартизации составляющих, ее блоков. Конструктивная универсальность позволяет использовать узлы и агрегаты САК при смене объекта контроля и проектировать новые стенды использованием унифицированных узлов и блоков. Стандартизации поддается подавляющая часть блоков САК, составляющих ее программно-измерительную часть. Специальную часть САК практически должны составлять только Согласующие устройства и генераторы стимулов, так как конструкция этих блоков в большинстве случаев целиком зависит от структуры и характера контролируемого объекта. Однако в настоящее время наблюдается прогресс стандартизации и в этой области. Например, создаются стандартные и универсальные генераторы электрических стимулирующих воздействий, обеспечивающих воспроизведение электрических сигналов заданной формы и частоты. Применение прогрессивной технологии и интегральных схем позволяет объединять большое количество функциональных элементов САК в малогабаритные и высоконадежные блоки.

3. Повышение степени технологической универсальности САК, оцениваемой по номенклатуре контролируемых объектов. Расширение возможностей технологической универсальности происходит в направлении более широкого охвата проверяемых систем летательного аппарата одного и даже различных классов, а также наземного оборудования (рисунке 6.3).

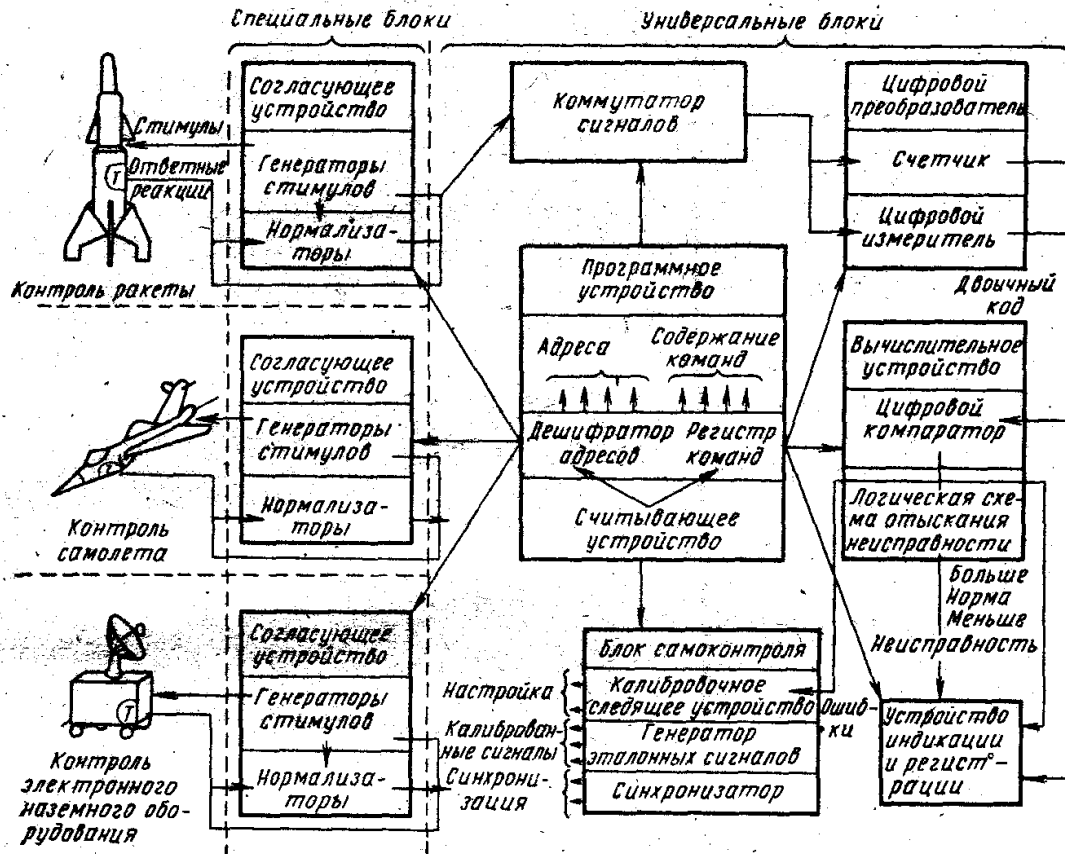


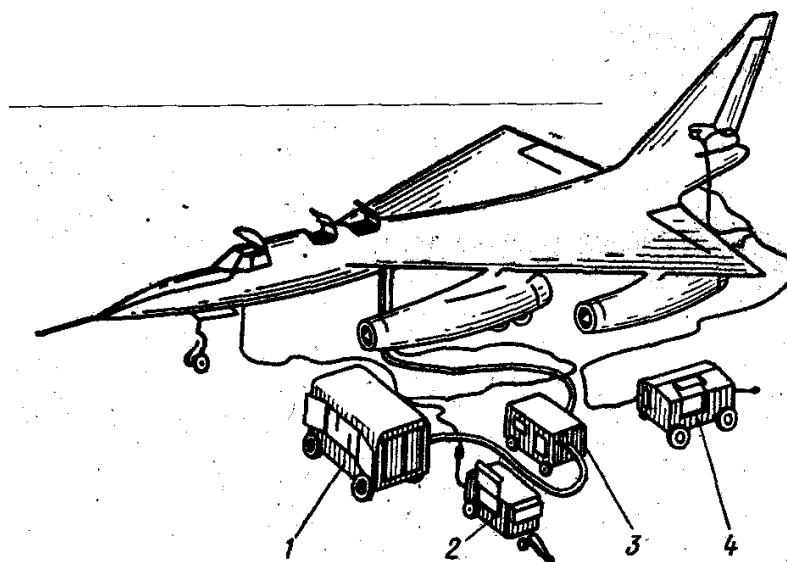
Рисунок 6.3 - Блок-схема стенда автоматизированного контроля

Повышение степени технологической универсальности возможно только при условии стандартизации входных и выходных сигналов, устройств питания и т. д.

4. Создание бортовых САК, которые обеспечивают не только контроль систем, выполняемый в полете, но и наземный предполетный контроль, выполняемый обычно в процессе аэродромного обслуживания. Такие САК могут снабжаться специальным табло, на котором автоматически в сокращенном виде высвечиваются слова, оценивающие ситуацию в случае обнаружения дефектов в полете или непосредственно перед вылетом. Например, такая система может дать информацию экипажу о возможности выполнения того или иного задания в случае возникновения различных дефектов в бортовом оборудовании.

6.1.2. Оборудование для предполетной отработки систем

На рисунке 6.4 в качестве примера показан комплект оборудования для предполетной проверки и отработки системы управления самолетом. Вся контрольно-испытательная аппаратура монтируется на автомобильном прицепе. Установка состоит из универсальной стойки (программирующее устройство, измерительные блоки и компаратор) и вспомогательных блоков (генераторы входных сигналов, входные и выходные селекторы, вспомогательные регулирующие устройства и датчики движения плоскостей).



*Рисунок 6.4 - Комплект оборудования для проверки и отработки системы управления самолета:
1 - тестер, 2 - источник электроэнергии, 3 - источник воздушной энергии, 4 - источник гидравлической энергии*

Контрольно-испытательная установка генерирует сигналы, имитирующие условия полета и подает их в систему управления самолета. Система управления обрабатывает сигналы, а потенциметрические датчики, установленные на рулях и закрылках самолета, преобразуют перемещения рулей и закрылков в электрические сигналы. Эти сигналы в дальнейшем преобразуются в цифровой код и сравниваются с запрограммированными допустимыми отклонениями этих величин по верхнему и нижнему пределам. Результаты сравнения передаются на индикаторную панель в виде сигналов «больше» — «норма» — «меньше» или «годен» — «негоден». Установка обеспечивает также поиск в испытываемом объекте вплоть до отдельных блоков. Схема контрольно-испытательной установки для проверки и отработки систем автоматического управления самолетом показана на рисунке 6.5, а схема подключения контрольно-испытательной; установки к самолету — на рисунке 6.6.

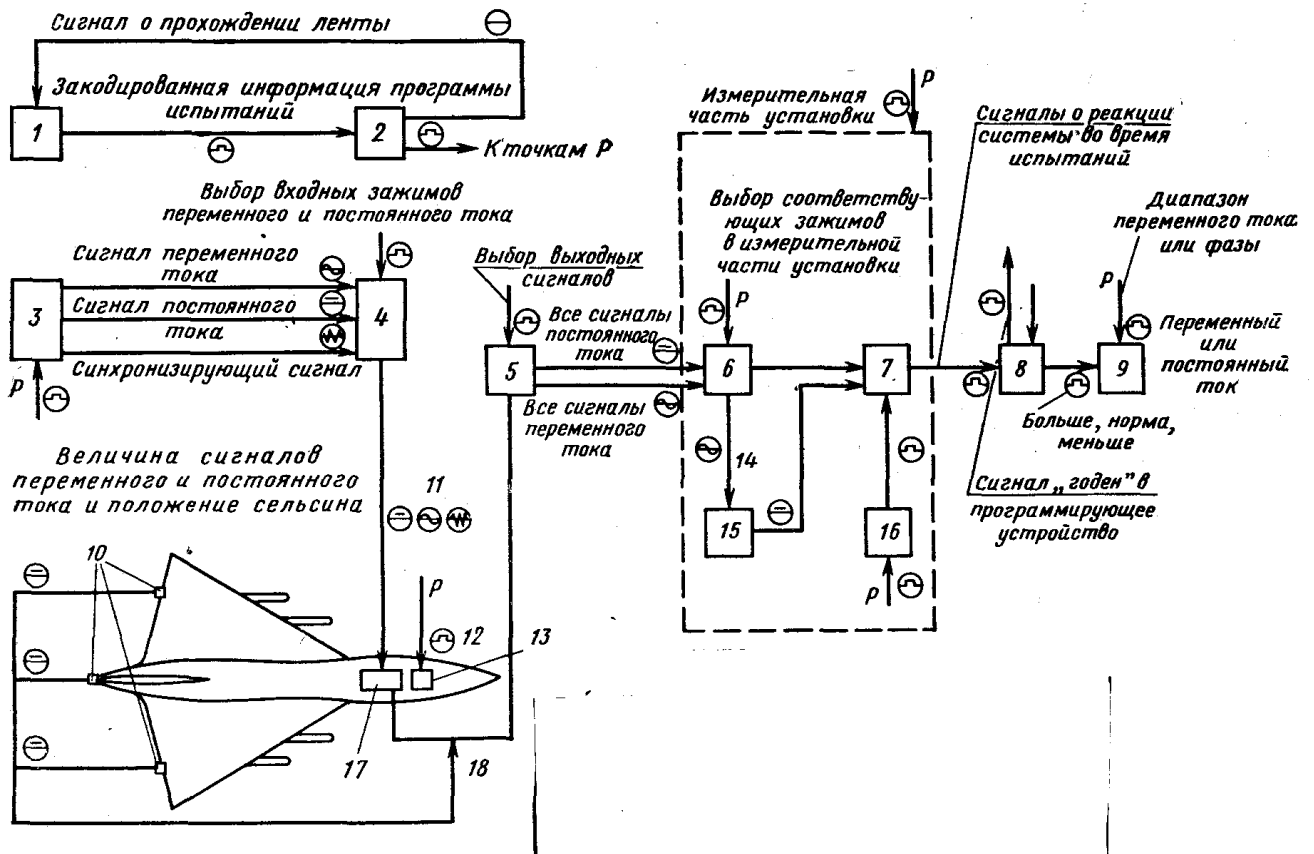


Рисунок 6.5 - Схема контрольно-испытательной установки для проверки и отработки систем автоматического управления самолетом:

1 - считывающее устройство с лентой, 2 - программирующее устройство, 3 - имитатор входных сигналов, 4 - селектор входных сигналов, 5 - селектор выходных сигналов, 6 - селектор измерений, 7 - преобразователь напряжений переменного и постоянного тока в цифровую форму, 8 - компаратор, 9 - индикатор, 10 - датчики перемещений плоскостей, 11 - ввод сигналов, 12 - командные сигналы, 13 - вспомогательное регулирующее устройство, 14 - фаза, 15 - преобразователь фазы напряжения в сигналы постоянного тока, 16 - главный синхронизатор, 17 - счетно-решающий усилитель, 18 - информация о реакции системы во время испытаний.

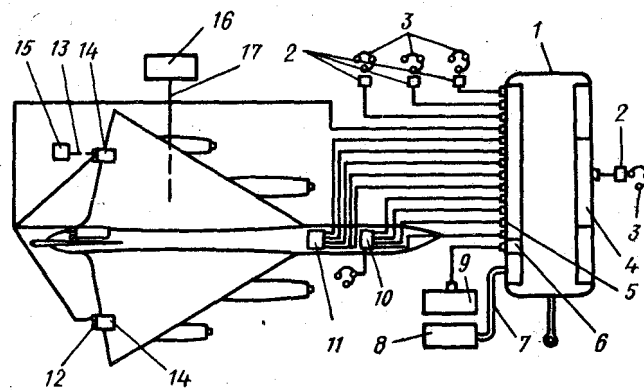


Рисунок 6.6 - Схема подключения контрольно-испытательного оборудования к самолету: 1 — прицеп к контрольно-испытательной аппаратуре, 2 — пульт управления, 3 — наушники оператора, 4 — аккумулятор, 5 — точки подключения системы, 6 — силовые разъемы, 7 — воздухопровод, 8 — установка для кондиционирования воздуха, 9 — источник электрической энергии, 10 — вспомогательное регулирующее устройство в кабине пилота, 11 — счетно-решающий усилитель, 13 — кабель, 14 — закрылок, 15 — устройство для установки датчика в нулевое положение, 16 — источник гидравлической энергии, 17 — соединительный кабель

6.2. Технология летных испытаний бортовых систем

Несмотря на возросшую роль наземных испытаний летательных аппаратов, решающее значение при отработке и оценке остается за летными испытаниями.

Каждый новый (опытный) летательный аппарат проходит ряд испытаний с момента его создания и до внедрения в серийное производство. Вначале на летающих лабораториях проводится отработка наиболее ответственных установок и агрегатов аппарата. Затем на заводских испытаниях проводят доводку до состояния, обеспечивающего безопасность выполнения полетов, ведут отработку и оценку систем бортового и наземного оборудования, определяют основные летно-технические и эксплуатационные характеристики. Далее летательный аппарат поступает на государственные испытания для выявления и регламентации условий, обеспечивающих наибольшую надежность, безопасность и простоту пилотирования летательного аппарата, определения соответствия техническому заданию его реальных летно-технических данных и основных эксплуатационных характеристик для решения вопроса о запуске его в серийное производство.

Затем проводятся эксплуатационные испытания опытной серии летательных аппаратов и испытания первых аппаратов серий. Основная задача эксплуатационных испытаний состоит в выявлении всех наиболее характерных особенностей его наземной и летной эксплуатации, пригодности и совершенства вспомогательного оборудования и технических средств, в выявлении и регламентации условий, обеспечивающих наибольшую регулярность и экономичность полетов на новом летательном аппарате в зависимости от назначения. В ходе эксплуатационных испытаний проверяются и уточняются регламенты технического обслуживания, руководства по его летной эксплуатации и технике пилотирования и различные инструкции, трудоемкость обслуживания летательного аппарата, потребная численность технического персонала, способы его эксплуатации и обслуживания [15].

Одной из главных особенностей, отличающих летные испытания опытного самолета по сравнению с серийным, является наличие на опытном самолете специальной экспериментальной аппаратуры позволяющей получить значительно больше информации о летных характеристиках самолета и о работе бортовых систем и планера.

Второй особенностью является допустимость проверки режимов, требующих от летчика исключительного мастерства, чрезмерного внимания и большого физического напряжения. В силу этого опытные самолеты нередко оборудуются специальными средствами спасения, отсутствующими на серийных самолетах.

Третьей особенностью является необходимость замен и доработок отдельных элементов летательного аппарата по результатам летных испытаний, т. е. изменение испытываемого объекта в процессе испытаний.

6.2.1. Основные факторы, исследуемые в процессе летных испытаний

Летные испытания позволяют определить летные характеристики летательного аппарата. Так, например, для самолета наиболее важными характеристиками являются: максимальная скорость, практический потолок, дальность и продолжительность полета, наивыгоднейшая скорость набора высоты, вертикальная скорость и время набора высоты при наивыгоднейшей скорости. Летные характеристики (летные данные) определяют технические возможности самолета.

Не менее важными факторами, определяемыми в летных испытаниях, являются характеристики устойчивости и управляемости летательных аппаратов. Оценка устойчивости и управляемости должна производиться в полном диапазоне допустимых скоростей полета, высот, чисел Маха, углов атаки и скольжения, центровок, при полной и малой тяге двигателя, с автоматикой и без нее.

Наиболее ответственными и сложными летными испытаниями являются полеты с целью определения предельных скоростных напоров и предельных чисел M летательного аппарата; при этом ограничениями являются: общая прочность или жесткость конструкции, вибрация, устойчивость и управляемость, особенности работы силовой установки и других систем, аэродинамический нагрев.

К специальным летным испытаниям относятся испытания на сваливание в штопор. Весьма важными являются летные испытания, проводимые с целью определения характеристик маневренности летательного аппарата. Маневренность летательного аппарата в целом не может быть охарактеризована каким-либо одним обобщающим критерием. Для оценки маневренных качеств необходимо находить из летных испытаний характеристики, определяющие основные параметры маневров.

Летные испытания проводятся и для определения взлетно-посадочных характеристик летательных аппаратов, при этом определяются: длина и время разбега, скорость отрыва, длина и время пробега, посадочная скорость и другие взлетно-посадочные характеристики. Помимо определения взлетно-посадочных характеристик, соответствующих условиям нормальной эксплуатации, при летных испытаниях по возможности проводят полеты с имитацией аварийных ситуаций, например, посадка однодвигательного самолета с отказавшим двигателем, взлет и посадка многодвигательного самолета с одним отказавшим двигателем и др.

Летные испытания проводятся для отработки всех бортовых систем летательного аппарата в условиях нормальной эксплуатации и с имитацией отказов. Так, например, при испытаниях топливной системы определяют «границу высотности» системы (т. е. ограничения по кавитации), надежность подачи горючего к двигателю при всех возможных режимах работы двигателя (стационарных и переходных) и всех возможных режимах полета, включая резкие маневры и другие характеристики.

6.2.2. Специальное оборудование и приборы, применяемые при летных испытаниях

Помимо собственного бортового оборудования самолета, обеспечивающего его нормальную эксплуатацию, во время летных испытаний, особенно первых экземпляров опытных изделий, используется большое количество дополнительной экспериментальной, бортовой и наземной аппаратуры и приборов. Аппаратура и приборы предназначены для измерения и регистрации различных физических параметров, характеризующих работоспособность систем летательного аппарата [20].

В зависимости от способа регистрации приборы можно разделить на визуальные и самопишущие. Отсчет показаний с визуальных приборов производится испытателем в процессе полета или при обработке фото- и кинокадров с изображением шкал и стрелок или счетчиков приборов. В этом случае испытатель имеет возможность, используя показания приборов, наблюдать за ходом полета и влиять на него. Приборы-самописцы автоматически регистрируют показания в функции времени или в виде графика зависимости одного параметра от другого. В настоящее время измеряемые параметры, как правило, регистрируются комбинированными

оптическими самописцами, осциллографами, магнитными самописцами и радиотелеметрическими станциями.

Измеряемые параметры преобразуются в электрический ток или напряжение специальными датчиками. При летных испытаниях обычно регистрируется большое число параметров (скорость, барометрическая высота, отклонение рулей, перегрузки, угловые скорости, усилия на ручке или штурвале и педалях, обороты двигателя, расход горючего, углы атаки и скольжения, углы тангажа, крена и курса, давление и температура в различных точках летательного аппарата, деформации конструкции, амплитуда и частота вибраций, ток и напряжение в автоматических и полуавтоматических системах и т. п.).

Чтобы избежать ошибок при обработке полетных записей, до и после каждого полета на земле производятся контрольные включения самописцев. Применение электронно-вычислительной техники, радиотелеметрии и магнитной записи открыло перспективы в ускорении обработки материалов, полученных в полете. Однако радиотелеметрическая аппаратура имеет все же ограниченные возможности как по числу одновременно регистрируемых передающих станций, установленных на летательных аппаратах, так и по дальности. Поэтому при летных испытаниях все большее распространение получают бортовые магнитные самописцы (накопители). Внедрение магнитной записи объясняется прежде всего тем, что ввод разработанной программы в вычислительные машины, записанной на магнитную ленту, не представляет существенных трудностей, и, кроме того, программу надо разрабатывать только один раз для данных конкретных испытаний.

6.2.3. Летные испытания серийных самолетов

Основная особенность летных испытаний серийных летательных аппаратов по сравнению с испытаниями опытных экземпляров заключается в повторении полетов на аппаратах одного и того же типа. Однако большой диапазон скоростей и других летных характеристик вызывают значительные различия в характеристиках управляемости и в других характеристиках однотипных летательных аппаратов, хотя при конструктивно-технологической обработке прилагаются максимальные усилия к обеспечению полного единообразия.

Смысл летных испытаний на серийном заводе состоит прежде всего в выявлении правильности регулировочных работ с целью доведения всех параметров до пределов, ограниченных техническими условиями. Кроме того, при летных испытаниях выявляются и устраняются дефекты и отказы готовых изделий, а также дефекты и отказы, появляющиеся в результате нарушения технологических процессов на серийном заводе.

Критерием экономичности работы по испытанию серийных летательных аппаратов является количество испытательных полетов, приходящихся на один летательный аппарат. Поэтому каждый полет необходимо проводить по специально разработанному плану. Это вызывается тремя причинами. Во-первых, некоторые виды испытаний должны проводиться при полной нагрузке в течение всего цикла или до того, когда большая часть топлива будет израсходована. Во-вторых, необходимо испытать прочность конструкции и аэродинамические качества сначала при средних величинах нагрузки, а уже затем — при максимальной перегрузке, т. е. проверку каждой характеристики необходимо проводить в прогрессивно усложняющихся условиях. В-третьих, полет должен быть спланирован таким образом, чтобы после выполнения каждого пункта программы испытаний летательный аппарат находился на высоте, наиболее подходящей для начала следующего испытания.

Первый испытательный полет серийного самолета (рисунок 6.7) начинается с наземного осмотра 1. Проверяется подвижность и полнота отклонения рулей и триммеров. Проверяется действие закрылков, воздушных тормозов, управление стабилизатором, проверяется давление в пневмо- и гидросистемах. Необходимо проверить действие механизма открывания и закрытия фонаря, видимость через стекла фонаря. Пилотажные приборы и приборы контроля двигателя, а также топливная система проверяются при работающих двигателях [23]. При рулении 2 проверяется работа тормозов, для этого нужно развить предельно большую скорость руления, а затем резко затормозить, и еще раз провести общую проверку систем самолета. Во время взлета 3 необходимо проверять работу двигателей, процесс уборки шасси и закрылков. Во время набора высоты 4 проверяются обороты двигателя, давление в системе подачи топлива, устойчивость и управляемость.

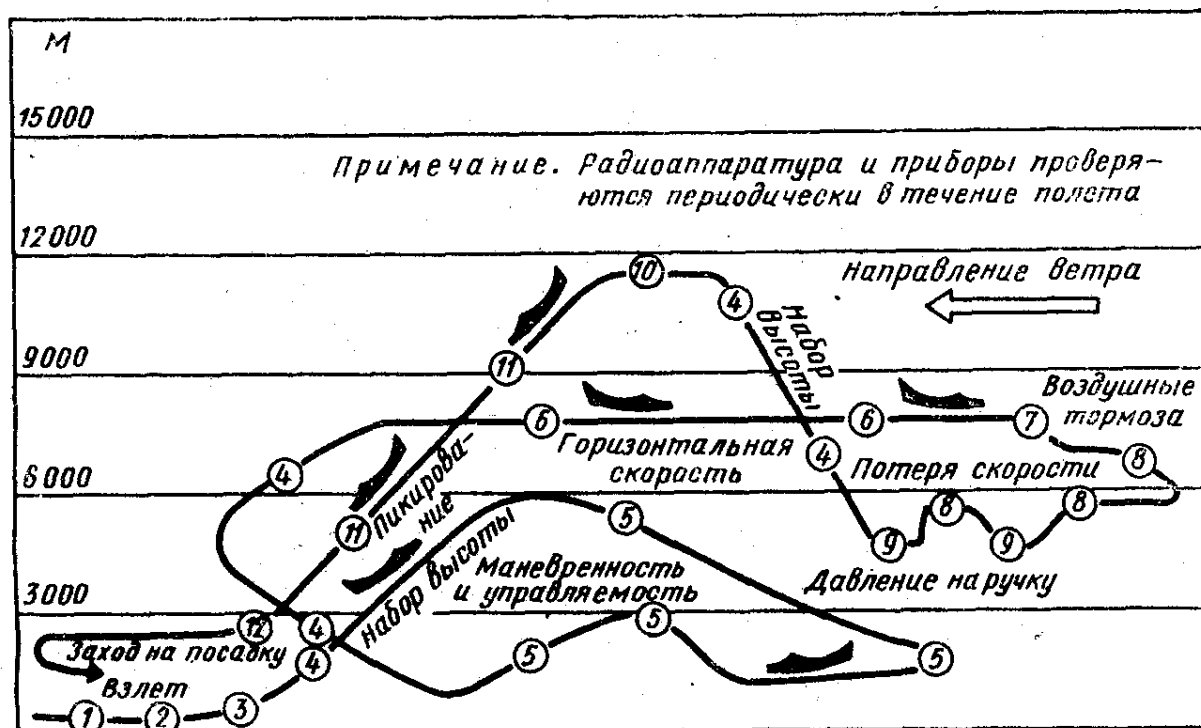


Рисунок 6.7 - График испытания серийного самолета (первый полет):

1 — осмотр самолета: рули управления, триммера, сиденье летчика, привязные ремни, система питания топливом, крепление фонаря кабины, закрылки, подача воздуха в кабину, система подачи кислорода, общий осмотр радиоаппаратуры; 2 — руление: тормоза, носовое колесо (центровка, управление), общая проверка самолета; 3 — взлет: двигатели, уравновешенность, управление, закрылки, шасси; 4 — набор высоты: обороты мотора, температура в сопле, давление в системе подачи топлива, управление и уравновешенность; 5 — управление: руль высоты, элероны, руль поворота, уравновешенность, устойчивость; 6 — максимальная горизонтальная скорость: замер скорости, мощности двигателя, температуры и давления, подачи топлива; 7 — управление воздушными тормозами вплоть до минимальной скорости; 8 — потеря скорости в различных условиях полета, управление на минимальной скорости, устойчивость самолета; 9 — замер давления на ручку управления; 10 — проверка давления в кабине, система питания кислородом, приемистость двигателя; 11 — пикирование до максимальной скорости, проверка работы рулей управления при прогрессивном возрастании скорости, давление на ручку управления, управляемость самолета; 12 — замер давления на ручку управления при выводе самолета из пикирования на максимальной скорости.

Затем проводятся проверки устойчивости и управляемости 5 при различных маневрах. Далее ведутся проверки на максимальной горизонтальной скорости 6, при проверке работы воздушных тормозов 7, на режиме потери скорости 8.

Проводится замер давления на ручку управления 9, пикирование до максимальной скорости и проверка при этом работы рулей (испытания на пикирование проводятся только для легких самолетов), а также замер давления на ручку управления при выходе из пикирования на максимальной скорости. Основными задачами второго полета является определение времени набора практического потолка, пикирование с этой высоты до достижения скорости, соответствующей максимальному допустимому числу M , замер скоростей горизонтального полета на высотах больших, чем при первом полете.

Приведенная схема первого испытательного полета серийного самолета носит весьма приближенный характер. Для каждого самолета выбирается своя строго специализированная программа летных испытаний, зависящая от особенностей конструкции самолета и степени отработки на серийном заводе.

Для пассажирских самолетов программа летных испытаний определяется на основании действующих норм летной годности, которые регламентируют все основные требования к летным характеристикам пассажирских самолетов. Так, например, проверка соответствия характеристик устойчивости и управляемости самолета, согласно нормам, должна производиться на всех основных режимах полета. Методика проверки должна предусматривать выполнение полета, ряда контрольных маневров и имитаций отказа двигателей, а также имитаций отказов одной из гидросистем управления рулями и элементов автоматики в системе управления и других элементов системы управления.

Предельные по условиям прочности режимы полета должны согласно нормам быть проверены в летных испытаниях, если их достижению не препятствуют ограничения по условиям аэродинамики или конструктивные особенности самолета, делающие невозможным достижение этих режимов без чрезмерных усилий летчика и особого мастерства пилотирования.

6.2.4. Определение диаграммы направленности антенн передающих радиостанций на вертолете

Запись характеристик направленности антенных устройств передающих радиостанций вертолета проводится с помощью наземного компараторного пункта. Пункт оборудован вертолетным радиоприемником, однокаскадным усилителем и шлейфовым осциллографом. Блок-схема пункта приведена на рисунке 6.8.

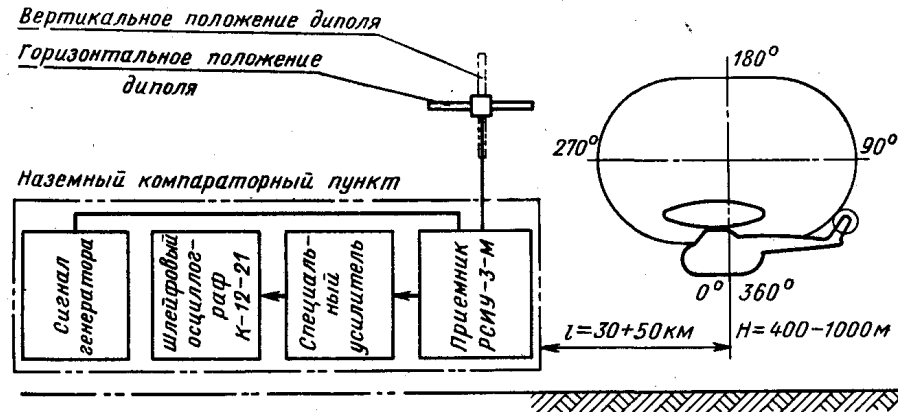


Рисунок 6.8 - Блок-схема наземного компараторного пункта

Передатчик на вертолете и приемник на компараторном пункте настраиваются на три-четыре частоты и обязательно на две крайние частоты. На настроенных частотах проверяется работа радиостанции на двухстороннюю связь. Для исключения ошибок запись характеристики направленности антенны производится в полете.

Вертолет на высоте 400—1000 м (отдаленность 30—50 км от компараторного пункта) летает по кругу радиусом 3000—4000 м с минимальным креном. Радиостанция на вертолете включена на передачу без модуляции сигналом звуковой частоты. Оператор по радиокompасу через каждые 10° отсчитывает курсовые углы вертолета и сообщает их по другой радиостанции на компараторный пункт. В течение всего полета по кругу на компараторном пункте осуществляется запись сигналов вертолетного радиопере датчика. После получения каждого сообщения о курсовом угле вертолета оператор фиксирует его специальной кнопкой.

Для определения влияния кренов вертолета на диаграмму направленности антенны запись ведется при полете как с правым, так и с левым виражом. Таким способом записываются сигналы горизонтальной и вертикальной поляризации, для чего на компараторном пункте диполь устанавливается соответственно горизонтально или вертикально.

По окончании записи с помощью генератора стандартных сигналов производится тарировка установки компараторного пункта на каждой записанной частоте на тех же положениях пе-

реключателя, на которых делалась запись во время снятия характеристик направленности антенны вертолета. По результатам тарировки для каждой частоты строится тарировочный график зависимости отклонения луча шлейфа осциллографа от величины напряжения сигналов. Пользуясь тарировочным графиком и результатами записи сигнала на ленте, определяется напряженность E поля вертолетной антенны и относительные значения напряженности поля E/E_{\max} для различных курсовых углов вертолета.

По полученным относительным величинам напряженности поля вертолетной антенны строится график характеристик направленности антенн в полярных координатах (рисунок 6.9).

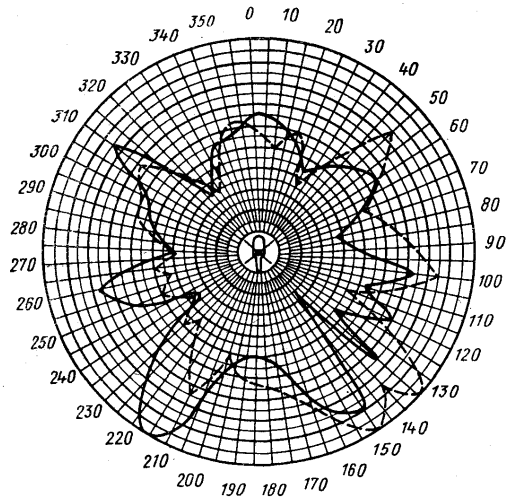


Рисунок 6.9 - Диаграмма направленности антенны радиостанции рабочая частота 125 мГц, расстояние 35 км, высота полета 4000 м, сплошная линия — правый вираж, пунктирная — левый вираж.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернышев А. В. Технология монтажа, отработки, испытаний и контроля бортовых систем летательных аппаратов. Учебное пособие для авиационных вузов. М., «Машиностроение.», 1977, - 334 с.
2. Технология самолетостроения: Учебник для авиационных вузов /А. Л. Абибов, Н. М. Бирюков, В. В. Бойцов и др.. Под ред. А. Л. Абибова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1982. — 551 с.
3. Рекомендации по технологичности самолётных конструкций / Колл. авторов; под ред. С. М. Лещенко. М.: НИАТ, 1972. — 683 с.
4. Технология сборки самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов / В. И. Ершов, В. В. Павлов, М. Ф. Каширин, В. С. Кухорев. — М.: Машиностроение, 1986. — 456 с.
5. Современные технологические процессы сборки планера самолета / Колл. авторов; Под ред. Ю. Л. Иванова. — М.: Машиностроение, 1999. — 304 с.
6. Буланов И.М., Воробей В.В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: Учеб, для вузов. М.: Изд-во МГТУ им, Н.Э. Баумана, 1998. 516 с.
7. Современные технологии авиастроения / Коллектив авторов; Под ред. А. Г. Братухина, Ю. Л. Иванова. – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с.
8. Приоритеты авиационных технологий: В 2-х кН. / Науч. ред. А. Г. Братухин. – М.: Изд-во МАИ, 2004. Кн. 1: Гл. 1-12. 696 с.
9. Приоритеты авиационных технологий: В 2-х кН. / Науч. ред. А. Г. Братухин. – М.: Изд-во МАИ, 2004. Кн. 2: 640 с.

Вопросы экзаменационных билетов по дисциплине «Технология монтажно-испытательных работ»

1. Технологическая классификация бортовых систем самолёта.
2. Бортовые системы летательного аппарата как объект производства.
3. Характеристика работ по монтажу систем самолёта.
4. Характеристика работ по испытаниям и контролю систем самолёта.
5. Технологичность конструкции системы управления при выполнении монтажных работ.
6. Технологичность конструкции гидрогазовых систем при выполнении монтажных работ.
7. Технологичность конструкции электрорадиосистем при выполнении монтажных работ.
8. Задачи, решаемые при конструктивно-технологической отработке монтажей систем самолёта.
9. Конструктивно-технологический анализ чертежей на системы самолёта.
10. Плазовая отработка монтажей бортового оборудования.
11. Проверка функционирования и уточнение физических параметров систем на макетах и стендах.
12. Макетный самолет, объемный плаз.
13. Окончательная объемная конструктивно-технологическая отработка монтажей систем оборудования по зонам.
14. Измерительные системы, применяемые для отработки монтажей бортового оборудования.
15. Особенности отработки монтажных работ гидрогазовых систем самолёта.
16. Особенности отработки монтажей системы управления.
17. Особенности отработки монтажей радиооборудования.
18. Общие характеристики технологических процессов монтажа механических систем самолёта.
19. Технологические процессы монтажа системы управления.
20. Технологические процессы монтажа жгутов электрорадиооборудования.
21. Технологические процессы монтажа гидрогазовых систем.
22. Отработка и контроль качества механических систем.
23. Стенды для комплексной отработки и контроля полностью собранных систем.
24. Отработка и контроль качества гидрогазовых систем (промывка, тарировка, контроль чистоты).
25. Технологические процессы контроля герметичности трубопроводных систем.
26. Способы контроля герметичности гидрогазовых систем.
27. Испытание прочности трубопроводных систем.
28. Основные операции изготовления электрожгутов.
29. Технология и средства механизации и автоматизации изготовления электрожгутов.
30. Автоматизированные станки с числовым программным управлением для изготовления электрожгутов.
31. Технология внутриблочного электрического монтажа.
32. Технология монтажа электропроводных систем на летательном аппарате.
33. Контроль электросети и ее элементов.
34. Испытание и контроль работоспособности электрических систем.
35. Технология предполетной отработки бортовых систем.
36. Оборудование для предполетной отработки систем.
37. Технология летных испытаний бортовых систем.

38. Основные факторы, исследуемые в процессе летных испытаний.
39. Специальное оборудование и приборы, применяемые при летных испытаниях.
40. Летные испытания опытных самолетов.
41. Летные испытания серийных самолетов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
1. МОНТАЖ И КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ МОНТАЖА СТАПЕЛЯ (л. р. №1)	3
1.1 ЗАДАНИЕ	3
1.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	3
1.3 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	9
1.4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	9
2. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ (л. р. №2)	10
2.1 ЗАДАНИЕ	10
2.2 ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ОТВЕРСТИИ НА РЕСУРС И НА- ДЕЖНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	10
2.3 ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	11
3.3.1 Описание конструкции и техническая характеристика тихоходной пневмодрели СМ21-3	11
2.3.2 Описание конструкции и техническая характеристика протяжного устрой- ства ПУ-1	12
2.4 МЕТОДЫ РАЗВЕРТЫВАНИЯ И ПРОТЯГИВАНИЯ	14
2.5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	14
2.6 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ	15
2.7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	16
2.8 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	16
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РУЛЕВЫХ МАШИНОК (л. р. №3)	17
3.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	17
3.2 ЗАДАНИЕ	17
3.3 ПРИНЦИП РАБОТЫ И КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ РУЛЕВОЙ МАШИНКИ	17
3.4 СТЕНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РМ	18
3.5 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ	20
3.6 ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ	20
3.7 НАСТРОЙКА ПУЛЬТА	20
3.8 ПРОВЕРКА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РМ	20
3.9 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	22
3.10 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	23
4. ИСПЫТАНИЕ УЗЛОВ БОРТОВЫХ СИСТЕМ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ (л. р. №4)	24
4.1 УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ	24
4.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	29
4.3 ПРОВЕРКА ГЕРМЕТИЧНОСТИ МЕТОДОМ ПОГРУЖЕНИЯ В ЖИД- КОСТЬ	30
4.4 ИСПЫТАНИЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ МЕТОДОМ ОБМЫЛИВАНИЯ	31
4.5 МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ТЕЧЕИСКАНИЯ	32
4.6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	33
4.7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	33
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	34

ВВЕДЕНИЕ

В связи со значительным усложнением конструкций бортовых систем современных летательных аппаратов особое значение с точки зрения их надежности и ресурса приобретает качество монтажа элементов механических, пневмогидравлических и электро – и радио систем. Все процесс монтажа бортовых систем обычно разделяют на три основные этапа: сборка, отработка и испытание.

Одним из направлений повышения качества монтажно-испытательных работ является повышения уровня компетенции инженерно-технического персонала.

Настоящий лабораторный практикум предназначен для более полного практического усвоения студентами традиционных технологий по монтажу, отработке и испытаниям бортовых систем летательных аппаратов, а также для ознакомления с передовыми технологиями монтажных и испытательных процессов в авиа- и ракетостроении.

В лабораторном практикуме изложены технологии монтажа основных технологических групп элементов бортового оборудования, изложены методы их отработки и методики проведения испытаний. Условия учебной лаборатории кафедры ПЛА и УКМ позволяют выполнить основные операции монтажных и испытательных процессов бортовых систем летательных аппаратов и цикл лабораторных работ предназначен для демонстрации данных процессов для студентов, обучающихся по специальностям факультета летательных аппаратов.

После проведения лабораторных работ, студенты должны оформить отчёт по работам. В отчёте необходимо отразить цель работы, составить перечень применённого инструмента и оборудования, отобразить схемы лабораторно-экспериментальных установок, схемы образцов или производственных объектов, сформулировать методику исследований, привести расчётные формулы и таблицы. В конце отчета необходимо привести вывода по работе. Выводы должны подтверждать достигнутую цель работы. Выводы могут отражать ответы на контрольные вопросы.

Отчёт должен заканчиваться подписью студента с расшифровкой. Зачёт по лабораторной работе студент получает у преподавателя после предоставления оформленного и подписанного отчёта и после ответов на контрольные вопросы.

1. МОНТАЖ И КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ МОНТАЖА СТАПЕЛЯ

Лабораторная работа №1

(Трудоёмкость 4 часа)

Цель работы: ознакомление с процессами монтажа и контроля сборочных приспособлений на примере стапеля для сборки триммера элерона самолёта ТУ-4.

1.1 ЗАДАНИЕ

1. Изучить конструкцию стапеля.
2. Разработать схему (технологической) увязки сборочного технологического оснащения с оснащением штамповочного и механического производств.
3. Разработать укрупненный технологический процесс общего монтажа стапеля.
4. Произвести контроль точности монтажа стапеля.

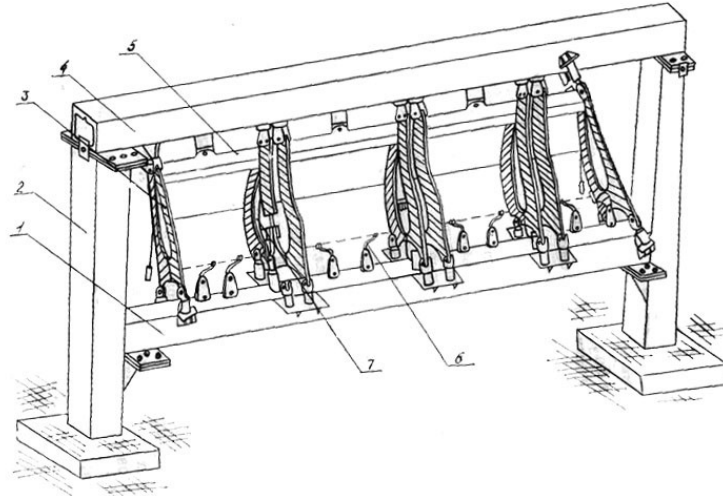
1.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Изучение конструкции стапеля. Конструктивно стапель для сборки триммера (рисунок 1.1) состоит из жесткого каркаса и закрепленных на нем фиксирующих и зажимных элементов. Каркас разборный, состоит из двух вертикальных стоек 2, а также верхней 4 и нижней 1 балок. Стойки сварные из швеллеров, снизу к стойкам приварена пластина для их крепления с помощью фундаментных болтов к полу. К каждой стойке приварены площадки для установки верхней и нижней балок. Балки также сварные из швеллеров. К балкам приварены стаканы, в которые с помощью цемента НИАТ-Мц залиты вилки.

Вилки являются исходными базами для установки следующих фиксирующих элементов стапеля:

- фиксаторов аэродинамического контура (рубильников 3 и ложементов б);
- фиксатора концевого стрингера (ножа) триммера 5;
- фиксаторов узлов навески 7 и кабанчика управления триммером.

Разработка схемы технологической увязки. Точность сборки триммера в значительной степени определяется методом базирования деталей при сборке, а также принятой схемой технологической увязки, которая определяет необходимые этапы переноса размеров при изготовлении сборочного приспособления и деталей триммера.



*Рисунок 1.1 – ступень для сборки триммера элерона самолёта ТУ-4:
1-нижняя балка, 2-стойка, 3-рубильник, 4-верхняя балка, 5-фиксатор концевого стрингера,
6-ложеиент, 7-фиксатор узлов навески.*

В настоящее время при подготовке производства самолетов тяжелого и среднего типов, несмотря на расширяющееся внедрение информационных технологий, при осуществлении увязки сборочного технологического оснащения с оснащением штамповочного и механических производств сохраняются элементы макетно-инструментального метода монтажа сборочной оснастки. Один из вариантов схемы технологической увязки при данном методе монтажа оснастки представлена на рисунке 1.2.

Основным источником всей информации о теоретических обводах являются трёхмерные модели летательного аппарата. По этой информации разрабатываются программы для станков с числовым программным управлением (СЧПУ). Данные программы используются для изготовления на СЧПУ шаблонов, некоторых элементов сборочной и заготовительно-штамповочной оснастки (рубильников, лонжеронов, форм-блоков, болванок и др.), а также непосредственно отдельных плоских деталей.

следующие элементы технологической оснастки:

- стойки с приваренными площадками и регулировочными болтами;
- балки с вилками;
- предварительно изготовленные фиксаторы (рубильники, ложементы, фиксаторы узлов навески, кабанчика управления и концевого стрингера триммера);
- монтажные плиты;
- калибр разъема;
- вилки для фиксаторов узлов навески триммера;
- нормали.

Общий монтаж стапеля из предварительно собранных узлов производится в следующей последовательности. На полу цеха по чертежу размечают оси колонн и габариты прямиков, которые выполняют до определенной глубины (для крупногабаритных стапелей). Колонны выставляются над прямиком с помощью специальных приспособлений, и фундамент заливается цементом. Вертикальность проверяется с помощью отвесов, оптических квадрантов и т. п.

Установка балок производится (рисунок 1.3) с помощью нивелира 8, монтажных плит 6, оптического квадранта или рамного уровня и масштабной линейки 2. Вначале устанавливается по нивелиру в горизонтальное положение верхняя балка. Устанавливая последовательно в четыре полувилки верхней балки 7 фиксаторы с мерной линейкой, определяют их взаимное превышение. С помощью регулировочных болтов 4 добиваются такого положения балки, при котором взаимное превышение полувилок минимальное. В этом положении производится подливка цементом НИАТ-Мц опорных площадок балки 5 и ее крепление на болтах.

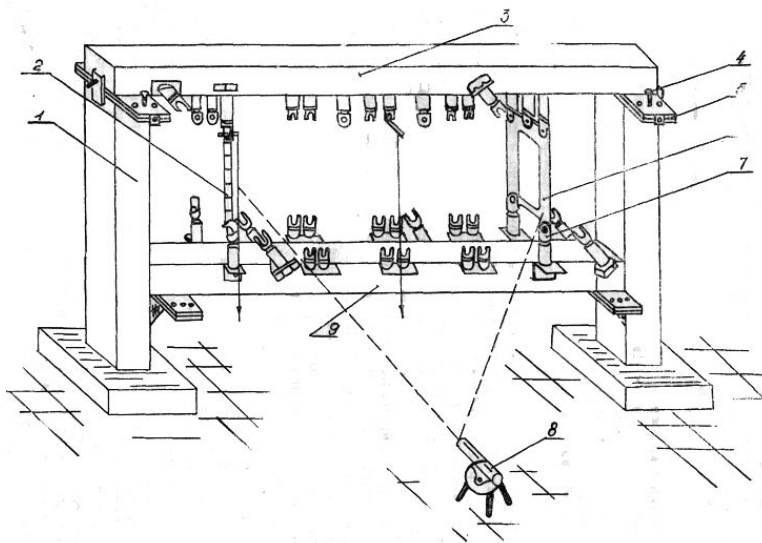


Рисунок 1.3 - Монтаж каркаса стапеля для сборки триммера:
1 - стойка, 2 - линейка, 3 - верхняя балка, 4 - регулировочные болты, 5 - опорная площадка, 6 - монтажная плита, 7 - одноушковые вилки, 8 - нивелир, 9 - нижняя балка

Правильное положение нижней балки относительно верхней достигается с помощью монтажных плит 6. Монтажные плиты навешиваются на полувилки верхней балки. Затем положение нижней балки регулируется с помощью регулировочных болтов до совпадения отверстий в монтажных плитах и полувилок нижней балки 7 (свободное протыкивание). Вер-

тикальность монтажных плит при этом контролируется с помощью оптического квадранта, теодолита или рамного уровня. После установки нижней балки в рабочее положение заливается цемент зазор между балкой и кронштейном, затем она фиксируется.

Монтаж фиксаторов (рубильников, ложементов, фиксаторов концевой стрингера и кабанчика управления триммером) сводится к их установке на вилки, предварительно залитые на балках. Особые требования предъявляются к установке фиксаторов узлов навески триммера, которые должны обеспечить взаимозаменяемость по стыку с элероном. Эти фиксаторы устанавливаются непосредственно по калибру разъема (рисунок 1.4). Калибр 3 устанавливается в стапель и фиксируется по концевым рубильникам 5. Горизонтальность оси вращения контролируется с помощью нивелира. Фиксаторы узлов навески 4 проштыриваются по фиксаторам калибра. В этом положении навешиваются вилки 6 и заливаются в стаканы цементом НИАТ-Мц.

После выполнения всех монтажных работ проводят контроль точности монтажа, покраску, маркировку и сдачу стапеля в эксплуатацию.

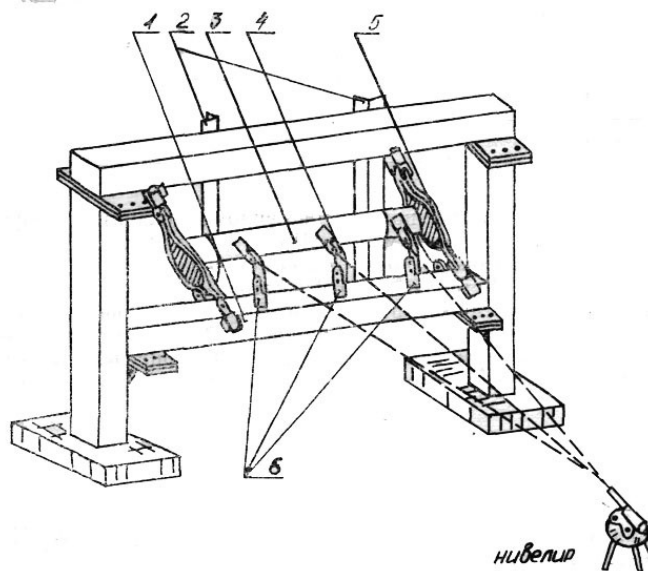


Рисунок 1.4 - Монтаж фиксаторов узлов навески триммера:
1 - нижняя, балка, 2 - профили, 3 - калибр разъема, 4 - фиксаторы узлов навески, 5 - рубильники, 6 - вилки

Контроль точности монтажа стапеля. Контроль точности монтажа стапеля проводится с помощью следующих контрольных средств: рамного уровня; нивелира; мерной линейки; струны; наборного щупа; переходных втулок.

В процессе контроля проводится проверка горизонтальности верхней балки, соосности и горизонтальности фиксаторов узлов навески триммера, правильности установки нижней балки относительно верхней, а также проверка рубильников стапеля на плавность.

Проверка горизонтальности верхней балки. Для проверки верхней балки на горизонтальность необходимо на расстоянии 4—5 метров от стапеля установить нивелир и отрегулировать его положение. Устанавливая последовательно в одноушковые вилки верхней балки фиксаторы с мерной линейкой, определить с помощью нивелира координаты вилок и занести в таблицу 1.1.

Результаты замеров координат отверстий вилок

Таблица 1.1

№ вилок	1	2	3	4
Координаты				

Определить взаимное превышение вилок и сравнить с допуском на установку балок по нормалям НИАТ ($\pm 0,5$ мм).

Проверка горизонтальности и соосности фиксаторов узлов навески триммера. Установить по фиксаторам узлов навески переходные втулки, крепить струбцинами. Последовательно устанавливая на переходные втулки мерную линейку, определить с помощью нивелира координаты фиксаторов Y_1 , Y_2 и Y_3 . Определить погрешность на горизонтальность оси вращения

$$\Delta Y_r = Y_3 - Y_1,$$

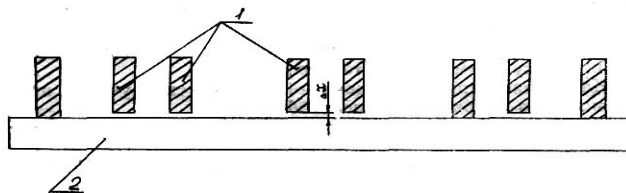
И несоосность

$$\Delta Y_n = \frac{Y_3 \cdot Y_1}{2} - Y_2.$$

Сравнить с допуском на несоосность по нормалям НИАТ (0.3—0.5мм).

Проверка правильности установки нижней балки. Установить на полувилки верхней балки монтажные плиты. Проверить свободное проштыривание отверстий в монтажной плите и полувилках нижней балки. Установить на плоскость монтажной плиты рамный уровень, определить отклонение монтажной плиты от вертикали и сравнить с допуском по нормалям НИАТ (0,09).

Проверка рубильников на плавность. По рискам на концевых рубильниках (20% и 60% хорды) натянуть струну или установить мерную линейку. При помощи наборного щупа определить величину утопания рубильников ΔX (рисунок 5).



*Рисунок 5 - Схема контроля рубильников стапеля на плавность:
1 - рубильник, 2 - линейка или струна*

Результаты замеров занести в таблицу 1.2

Результаты проверки рубильников «на плавность»

Таблица 1.2

№ рубильников % хорды		1	2	3	4	5	6	7	8
верх	20								
	60								
низ	20								
	60								

Определить максимальную погрешность на плавность контура рубильников стапеля

$$\delta = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{L},$$

где L — расстояние между рубильниками.

Сравнить с допуском по ТУ на плавность контура триммера (0,003).

1.3 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Эскиз стапеля для сборки триммера с указанием всех его типовых элементов.
2. Укрупненный технологический процесс общего монтажа стапеля.
3. Схема технологической увязки.
4. Результаты замеров по контролю точности монтажа стапеля.

1.4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение сборочных приспособлений.
2. Типовые элементы стапеля для сборки триммера.
3. Методы монтажа сборочных приспособлений, их оптимальные области применения.
4. Назначение оптических приборов при монтаже сборочных приспособлений.
5. При помощи каких средств обеспечивается взаимозаменяемость по стыку триммера с элементом?
6. Как влияет принятая схема технологической увязки на точность монтажа сборочного приспособления?
7. Общая последовательность монтажа стапеля в агрегатно-сборочном цехе.
8. Назначение монтажно-фиксирующего шаблона (ШМФ).
9. Как обеспечивается плавность контура рубильника?

2. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ

Лабораторная работа №2
(трудоёмкость 4 часа)

Цель работы: практическое ознакомление с технологическими процессами, оборудованием и инструментами, применяемыми для получения отверстий высокой точности (7...8 квалитетов точности с шероховатостью поверхности $R_a=1.25\dots2.5$ мкм).

2.1 ЗАДАНИЕ

1. Практически ознакомиться с различными методами получения отверстий высокой точности.
2. Изучить конструкцию применяемого инструмента: сверл, зенкеров, разверток, протяжек, дорна.
3. Изучить принцип действия и конструкцию протяжного устройства ПУ-1 и тихоходной сверлильной машины СМ21-3.
4. Ознакомиться с методикой расчета усилия дорнования.
5. Оценить качество отверстий (точность, шероховатость стенок), полученных различными методами.
6. Провести сравнение технологических процессов по качеству полученных отверстий, условиям работы и производительности труда исполнителей.

2.2 ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ОТВЕРСТИИ НА РЕСУРС И НАДЕЖНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Ресурс и надежность конструкций летательных аппаратов во многом определяются работоспособностью болтовых и заклепочных соединений, которые являются концентраторами напряжений и, как следствие, источником зарождения трещин. В связи с этим изучение факторов, влияющих на ресурс и надежность соединений, является необходимым для правильного выбора методов их , выполнения.

При прочих равных условиях одним из таких факторов является состояние поверхностного слоя стенки отверстия, которое характеризуется степенью наклепа, направлением следов обработки, размером микронеровностей, наличием микро- и макротрещин.

Исследования показали, что ресурс работы соединений под действием переменных нагрузок зависит от метода подготовки отверстий таким образом, что, если процесс сверления отверстий обеспечивает соединениям определенный ресурс (примем его за 100%), то:

- технологические процессы, включающие операции упрочнения стенок отверстий (дорнование и раскатка) позволяют увеличить его на 70%;
- процесс протягивания винтовыми протяжками-на 50%;
- процесс обработки с помощью комплекта разверток-на 40%.

В случае если отверстия под соединения получают пробивкой, соответствующие значения ресурса уменьшаются примерно в 1.3 раза.

Способ подготовки отверстий также оказывает влияние на такие, важные факторы, как степень взаимозаменяемости летательного аппарата по стыкам, условия труда рабочих, производительность труда и, следовательно, себестоимость выпускаемого изделия.

При проектировании технологических процессов необходимо учитывать все эти факторы, а также возможность подхода к обрабатываемому отверстию, так как во многих случаях именно он определяет выбор процесса его обработки.

2.3 ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

3.3.1 Описание конструкции и техническая характеристика тихоходной пневмодрели СМ21-3

Сверлильная машинка СМ21-3 (рисунок 2.1) пистолетного типа состоит из рукоятки 13 с пусковым механизмом, роторного пневмодвигателя 11, двух планетарных редукторов 4 и 9 и шпинделя 1, на который надевается сверлильный патрон. При нажатии на курок открывается клапан 12. Воздух из сети по каналам рукоятки поступает в пневмодвигатель 11. Один «конец вала ротора заканчивается шестерней 8, входящей в зацепление с двумя шестеренками-сателлитами планетарного редуктора 9, который вращает водило 7 с уменьшенным числом оборотов. С помощью второго планетарного редуктора 4 происходит второе снижение числа оборотов до рабочего на шпинделе. Для предотвращения переохлаждения рук рабочего корпус сверлильной машины выполнен из полиэтилена. Технические характеристики пневмодрели приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1

Технические характеристики СМ21-3

Наибольший диаметр сверления, мм	8
Число оборотов шпинделя на холостом ходу, об/мин	300
Наибольшая мощность на шпинделе, кВт	0,2
Двигатель	пневматический роторный
Рабочее давление сжатого воздуха в сети, МПа	0,5
Расход сжатого воздуха на холостом ходу, м ³ /мин	0,6
Масса машины, кг	1,1

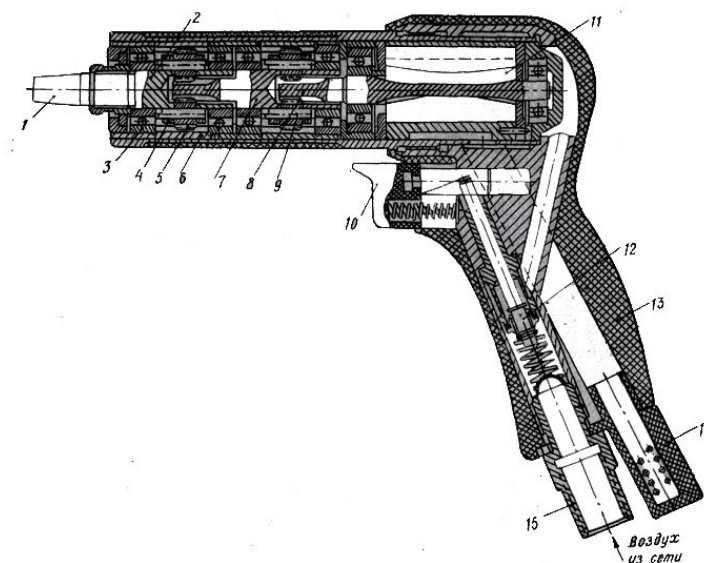


Рисунок 2.1 – Схема сверлильной машинки СМ21-3

2.3.2 Описание конструкции и техническая характеристика протяжного устройства ПУ-1

Протяжное устройство ПУ-1 (рисунки 2.2 и 2.3) состоит из двух основных частей: пневмогидравлического мультипликатора 1 и тягового агрегата 2. Технические характеристики протяжного устройства ПУ-1 приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Технические характеристики протяжного устройства ПУ-1

Гидравлическое давление, создаваемое мультипликатором (при давлении сжатого воздуха в сети $P_{сж\text{ возд}}=0,5$ МПа), МПа	22
Усилие, развиваемое силовой головкой, кгс	4200
Ход штока силовой головки, мм	200
Диаметр воздушных цилиндров, мм	300
Диаметр гидравлического цилиндра, мм	50
Габариты (высота×ширина×длина), мм	1200×В10×В30



Рисунок 2.2 - Общий вид протяжного устройства ПУ-1

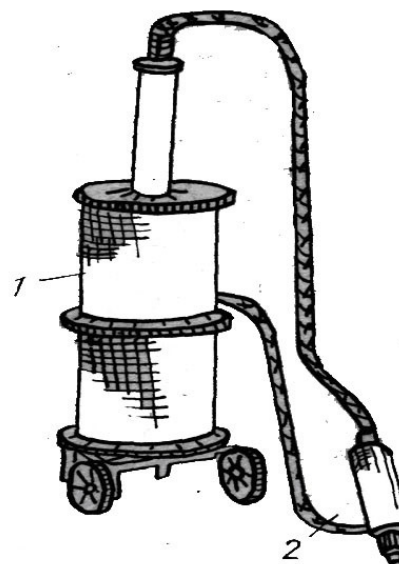


Рисунок 2.3 – Схема протяжного устройства:
1 - Пневмогидравлический мультипликатор;
2 - тяговый агрегат

Работа ПУ-1 представлена на схеме (рисунок 2.4). Для управления протяжным устройством имеется золотниковый воздухораспределитель (на рисунке не показан), который в зависимости от положения кнопки управления может подавать давление сжатого воздуха от сети либо в магистраль А, либо в магистраль В. При этом, когда одна из магистралей находится под давлением, другая через золотниковый воздухораспределитель сообщается с атмосферой.

Пневмогидравлический мультипликатор имеет три поршня, расположенных на одном штоке: два одинаковых поршня 16 и 18 воздушных цилиндров и поршень 14 гидроцилиндра.

При ненажатой кнопке управления, когда под давлением находится магистраль А,

сжатый воздух поступает в полость 15 пневмогидравлического мультипликатора. При этом все его поршни занимают крайнее левое положение. При нажатии кнопки управления под давлением оказывается магистраль В, откуда сжатый воздух проступает в полости 17 и 19 пневмогидравлического мультипликатора. Под действием давления сжатого воздуха поршни перемещаются вправо, выдавливая при этом масло из полости 13 через магистраль 12 в тяговый агрегат. При этом гидравлическое давление в полости 13 и давление сжатого воздуха в полостях 17 и 19 связаны соотношением

$$P_{\text{гидр}} = P_{\text{возд}} \frac{2 S_{\text{возд}}}{S_{\text{гидр}}}$$

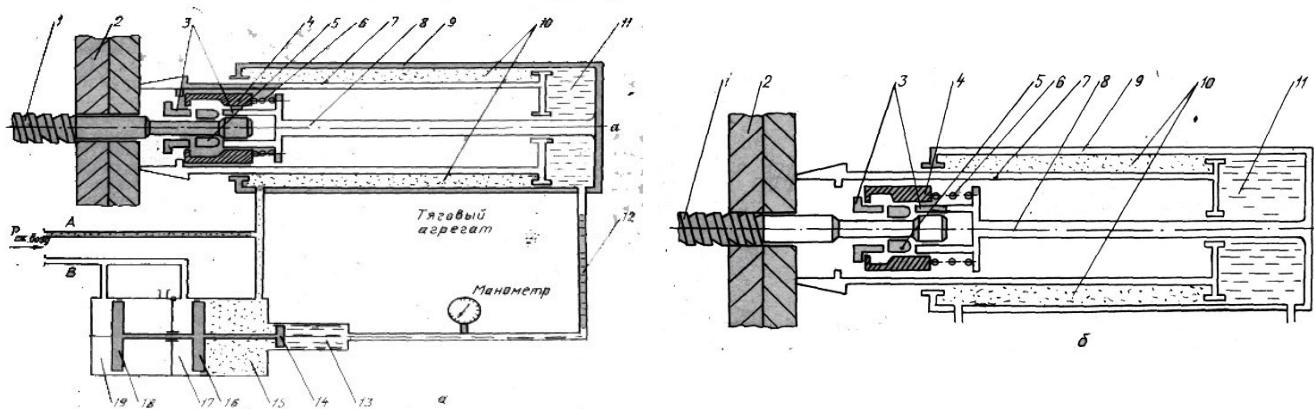
где $P_{\text{гидр}}$ - давление масла в полости 13;

$P_{\text{возд}}$ - давление воздуха в полостях 17 и 19;

$S_{\text{гидр}}$ - площадь поршня 14 гидравлического цилиндра;

$S_{\text{возд}}$ - площадь поршня 16 воздушного пневмоцилиндра.

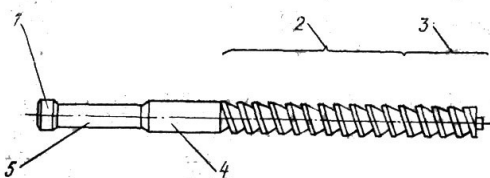
Тяговый агрегат (см. рис. 3) имеет две полости: кольцевую воздушную 10, соединенную с магистралью А, и гидравлическую 11, соединенную через магистраль 12 с гидроцилиндром мультипликатора. Эти полости образованы корпусом 9 и поршнем 7 тягового агрегата. Корпус 9 представляет собой единое целое со штоком 8 и втулкой 3, имеющей две прорези. В эти прорези вложены два сухаря 5. По втулке 3 может перемещаться втулка 4 с кольцевой проточкой, постоянно поджимаемая влево пружиной 6.



**Рисунок 2.4 - Пневмогидравлическая схема протяжного устройства ПУ-№1:
а-исходное положение; б - рабочий ход**

В исходном положении, когда под давлением находится магистраль А, поршень 7 под действием давления воздуха в полости 10 занимает крайнее правое положение (рисунок 2.4,а). При этом упоры поршня 7 сдвигают втулку 4 вправо, совмещая ее кольцевую проточку с прорезями втулки 3. Сухари 5 имеют возможность свободно перемещаться в радиальном направлении, и протяжка 1 свободно входит и выходит из зацепления с тяговым агрегатом. При подаче давления в магистраль В пневмогидроагрегат подает высокое гидравлическое давление в полость 11 тягового агрегата. Под действием этого давления корпус 9, перемещаясь вправо, увлекает за собой шток 8 и втулку 3. Втулка 4, под действием пружины 6 вдавлиывает сухари 5 в прорези втулки 3, при этом происходит захват протяжки 1 за хвостовик (рисунок 2.4,б). В дальнейшем происходит перемещение вправо всех частей тягового агрегата за исключением поршня 7. Протяжка 1 переходит через пакет 2. После окончания рабочего хода

исполнитель производит переключение кнопки управления, и вся система возвращается в исходное состояние. При этом хвостовик протяжки освобождается из тягового агрегата. Конструкция спиральной протяжки показана на схеме (рисунок 2.5). Образец для экспериментальных исследований и протяжки представлены на рисунке 2.6.



*Рисунок 4 - Схема спиральной протяжки:
1-упор, 2-коническая рабочая часть, 3-цилиндрическая калибрующая часть,
4-направляющая часть, 5-хвостовик.*

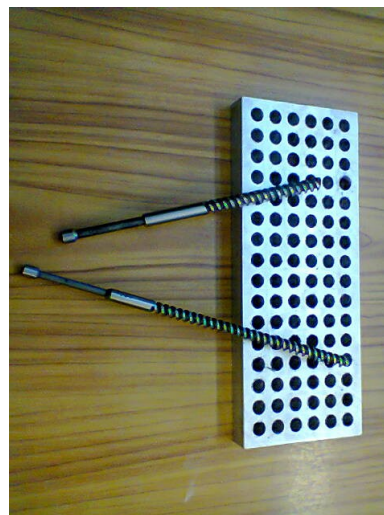


Рисунок 5 – Протяжки и образец для экспериментальных исследований

2.4 МЕТОДЫ РАЗВЕРТЫВАНИЯ И ПРОТЯГИВАНИЯ

В самолетостроении для получения отверстий 7...8 квалитетов точности с шероховатостью стенок $R_a=1,25...2,5$ применяют процессы развертывания и протягивания.

При развертывании предварительно просверленное отверстие в зависимости от требуемой точности обрабатывается последовательно несколькими развертками вручную с помощью воротков или трещоток, или машинным способом с помощью тихоходных пневмодрелей и машинного комплекта разверток. Процесс развертывания очень трудоемок и хорошо выполняется только квалифицированными рабочими.

Процесс протягивания более производительен, чем развертывание. Предварительно просверленное отверстие обрабатывается с помощью протяжного устройства за один рабочий ход протяжки. Протягивание отверстий - процесс более прогрессивный, чем развертывание, так как при этом облегчается труд исполнителей, обеспечивается требуемая точность и шероховатость стенок отверстия при существенном увеличении производительности труда.

2.5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Машинное развертывание

1. Подготовить пакет деталей. Произвести сверление шести отверстий сверлом диаметра:

$$d_{св} = d_n - 2 \text{ мм},$$

где d_n -номинальный диаметр отверстия, мм (задается преподавателем).

2. Выполнить разделку одного отверстия в следующем порядке: окунуть зенкер в смазываю-

ще-охлаждающую жидкость (СОЖ); ввести зенкер в предварительно просверленное отверстие; на хвостовик зенкера надеть шарнирный переходник, закрепленный в патроне дрели; выполнить зенкерование отверстия до диаметра $d_3 = d_n - 0,5$ мм; вывести зенкер из отверстия и из переходника, очистить его от стружки; выполнить первое черновое развертывание в той же последовательности, заменив зенкер на развертку $d_{1p} = d_n - 0,3$ мм; выполнить второе черновое развертывание в той же последовательности, используя развертку $d_{2p} = d_n - 0,1$ мм; выполнить чистовое развертывание, используя развертку $d_{чp} = d_n$.

3. Выполнить разделку еще двух отверстий в том же порядке, замеряя при этом время, необходимое на обработку каждого из них, с помощью секундомера. Результаты замеров времени занести в протокол. Провести замеры диаметров отверстий с помощью индикаторного нутромера и оценить шероховатость стенок путем сравнения с эталонами.

Ручное развертывание

1. Выполнить развертывание трех отверстий в указанной ранее последовательности, используя комплект ручных разверток и ключ-трещотку. При этом нужно замерять время, затраченное на разделку каждого отверстия. Результаты замеров занести в протокол.

2. Провести замеры диаметров отверстий и оценку шероховатости.

Протягивание отверстий с помощью ПУ-1

1. Подготовить пакет деталей. Просверлить 12 отверстий сверлом диаметра $d_{св} = d_n - 0,6$ мм, где d_n - номинальный диаметр отверстия, мм.

2. Подготовить к работе протяжное устройство ПУ-1 и инструмент.

3. Выполнить протягивание одного отверстия в следующем порядке: смазать протяжку СОЖ; вставить протяжку хвостовиком в отверстие; надеть тяговый агрегат протяжного устройства на хвостовик протяжки; нажать кнопку управления и не отпускать до окончания рабочего хода протяжки; отпустить кнопку управления; вынуть протяжку из тягового агрегата, очистить протяжку и тяговый агрегат от стружки.

4. Выполнить протягивание остальных отверстий, замерив, время, затраченное на обработку любых трех из них. Результаты замеров занести в протокол. Провести замеры диаметров отверстий и оценку шероховатости.

2.6 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

1. Занести в протокол сведения о пакетах деталей, об инструменте.

2. Оценить условия работы исполнителей при выполнении операций протягивания и развертывания. Результаты оценки занести в протокол.

3. Подсчитать и занести в протокол среднее время, необходимое на обработку отверстия каждым методом.

4. Оценить точность всех полученных отверстий, используя пробки-калибры или нутромеры. Результаты оценки занести в протокол.

5. Оценить шероховатость стенок отверстий, используя эталоны шероховатости поверхности. Результаты оценки занести в протокол.

6. Сделать и занести в протокол выводы по следующим вопросам: сравнение производительности труда при обработке отверстий различными методами; сравнение условий работы исполнителей при обработке отверстий различными методами; сравнение точности отверстий,

стабильности их размеров; сравнение шероховатости стенок отверстий, обработанных различными методами.

2.7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Перечень используемого оборудования и инструмента,
2. Схема лабораторной установки.
2. Эскизы инструментов и образцов.
3. Расчетные формулы, таблицы и графики.
4. Выводы по результатам работы.

2.8 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные методы получения отверстий высокой точности при клепально-сборочных процессах.
2. Какие требования точности и шероховатости предъявляются к отверстиям под болтовые соединения?
3. В каких соединениях планера самолета применяются точные отверстия?
4. Принцип действия сверлильной машины.
5. Переносное протяжное устройство, принципиальная схема.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РУЛЕВЫХ МАШИНОК Лабораторная работа №3 (трудоёмкость 4 часа)

Цель работы: изучение существующих методов и средств отработки и контроля рулевых машинок.

3.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для обеспечения высокой степени надежности при изготовлении рулевые машинки (РМ) подвергаются широкому комплексу контрольных и типовых испытаний, включающих в себя воздействие механических, электрических и других факторов: вибрации, ударов, температуры, повышенной влажности, высокого напряжения электрического тока и т. п.

Каждая рулевая машинка после общей сборки и регулировки проходит специальные испытания на контроль параметров работоспособности:

1. Замер тока трогания (определение чувствительности РМ).
2. Замер скоростей поворота вала РМ при различных командных токах.
3. Замер тока, потребляемого электродвигателем при различных командных токах.
4. Замер углов поворота приводного вала.

3.2 ЗАДАНИЕ

1. Практически ознакомиться с методами и средствами контроля параметров работоспособности РМ.
2. Изучить конструкцию и принцип работы стенда для контроля работоспособности РМ.
3. Определить и проанализировать основные параметры работоспособности РМ.

3.3 ПРИНЦИП РАБОТЫ И КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ РУЛЕВОЙ МАШИНКИ

Рулевые машинки являются исполнительными органами системы управления летательных аппаратов, преобразующими электрические сигналы во вращательное движение рулей. Поворот рулей осуществляется в нужную сторону и на определенную величину в зависимости от полученного сигнала с потенциометра гироскопа.

В качестве объекта контроля в данной лабораторной работе используется электрогидравлическая рулевая машинка, как наиболее распространенная в конструкциях бортовых систем летательных аппаратов.

Принципиальная схема рулевой машинки показана на рисунке 3.1, а конструктивная схема – на рисунке 3.2.

Сигнал, снятый с потенциометра гироскопа, поступает на поляризованное реле 1 рулевой машинки. Поляризованное реле в зависимости от знака сигнала поворачивает в ту или иную сторону коромысло 2 и связанный с ним золотниковый распределитель 3, подвешенный на плоской пружине 7, заменяющей механический шарнир. При повороте распределителя (качалки) один из поршеньков 5 или 8 перекроет перепускной канал и масло, подаваемое шестеренчатым насосом 9, поступит в полость рабочего цилиндра 10, передвигая рабочий поршень 11. Усилие через шатун 12 и кривошип 13 будет передано на вал руля 14. Шестеренчатый насос 9 приводится во вращение электродвигателем 4 через вал 6.

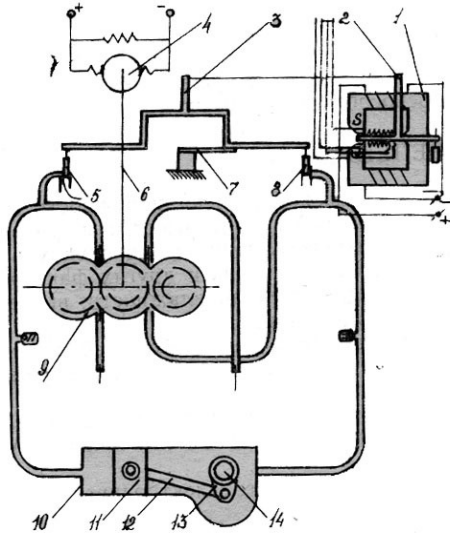


Рисунок 3.1 – принципиальная схема рулевой машинки:

1 - поляризованное реле, 2- коромысло, 3- золотниковый распределитель, 4 – электродвигатель, 5 – поршень, 6 – вал, 7 – пружина, 8 – поршень, 9 - шестерённый насос, 10 – рабочий цилиндр, 11 – рабочий поршень, 12 – шатун, 13 - коромысло, 14 – вал руля

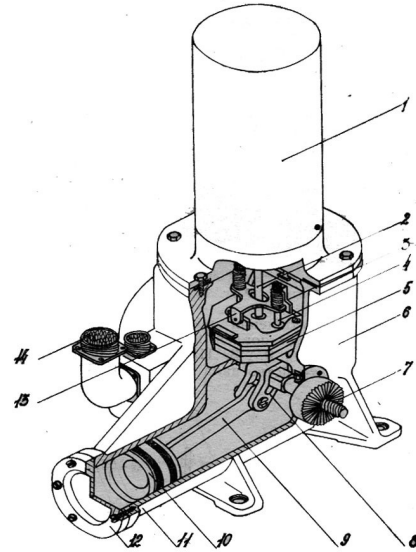


Рисунок 3.2 – конструктивная схема рулевой машинки:

1 – электродвигатель, 2 - вал электродвигателя, 3 - пружина, 4 - поршень, 5 – шестерённый насос, 6 – корпус, 7 – вал руля, 8 – кривошип, 9 – шатун, 10 – рабочий поршень, 11 – рабочий цилиндр, 12- крышка рабочего цилиндра, 13 – коромысло, 14 – разъём электромагистрали

3.4 СТЕНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РМ

Для отработки данной рулевой машинки разработан и изготовлен специальный стенд. Стенд (рисунок 3.3) состоит из специального приспособления 1 с загрузочным фрикционным устройством 2, лимбом 3 для замера углов поворота вала РМ, пульта 5 управления работой РМ 4 и замера ее параметров. Питание стенда осуществляется от сети переменного тока напряжением 220В и специального щитка постоянного тока напряжением 36В.



Рисунок 3.3 – стенд для отработки рулевой машинки:

1 – приспособление стенда, 2 – загрузочное устройство, 3 – лимб, 4 – рулевая машинка, 5 – пульт управления

Схема приспособления стенда для отработки рулевой машинки представлена на ри-

сунке 3.4, а его общий вид представлен на рисунке 3.5.

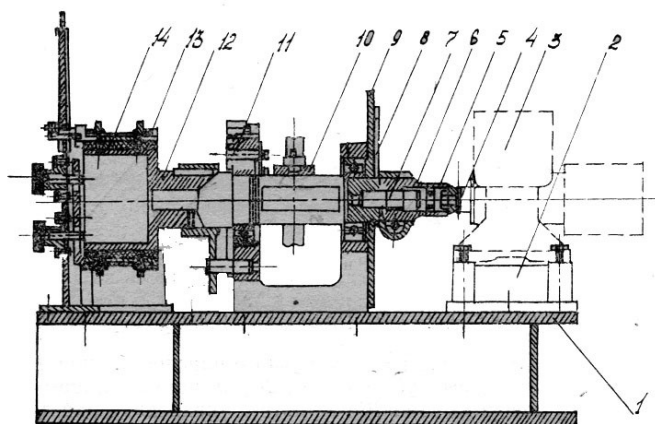


Рисунок 3.4 - схема приспособления стенда для обработки рулевой машинки:

1 – основание; 2 – кронштейн, 3 – рулевая машинка, 4 – вал рулевой машинки, 5 – крестовина, 6 – муфта, 7 – винт, 8 – указатель, 9 – лимб, 10 – рычаг, 11 – подшипниковые опоры, 12 – рабочий вал, 13 – загрузочное фрикционное устройство, 14 – фрикционные накладки.

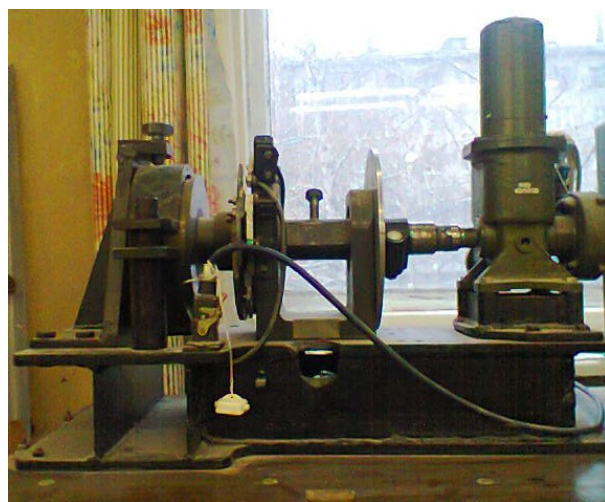


Рисунок 3.5 – приспособление для стенда обработки рулевой машинки

На плите сварного основания 1 установлен кронштейн 2, на который закрепляется испытываемая РМ 3. На этом же основании закрепляется загрузочное устройство вала РМ и лимб для замера углов поворота вала 9. Загрузочное фрикционное устройство 13 состоит из двух колодок - нижней и верхней, покрытых изнутри фрикционным асбестовым материалом 14, охватывающим рабочий вал 12. Вал ступенчатый, закрепляется в двух шариковых подшипниках в опорах 11. С одного конца вала размещается загрузочное устройство 13, другой конец с помощью муфты 6, винта 7, крестовины 5 соединяется болтом с валом 4 РМ. На этом же конце вала укрепляется указатель (стрелка) 8, который по лимбу 9 показывает угол поворота вала РМ в градусах.

Для определения фиксированных углов поворота и замера скорости вращения вала приспособление имеет два концевых микропереключателя, ограничивающих поворот вала РМ на определенную величину.

На плите приспособления закреплены вилка и гнезда для крепления электрических жгутов. Загрузка вала РМ осуществляется с помощью грузов, подвешиваемых на рычаг 10, и фрикционных, колодок 14 и пружинных прижимов.

Пульт предназначен для проверки основных параметров РМ - тока трогания, скоростей и углов поворота приводного вала, тока, потребляемого электродвигателем, и положения концевиков РМ.

Схема пульта стенда обработки рулевой машинки представлена на рисунке 3.6, а его общий вид – на рисунке 3.7. Пульт имеет наклонную съемную панель. На лицевой стороне панели расположены измерительные приборы, рукоятки потенциометров и ключей, а также ламповые транспаранты. На обратной стороне пульта в специальной коробке расположены клеммы, штепсельные разъемы и предохранители.

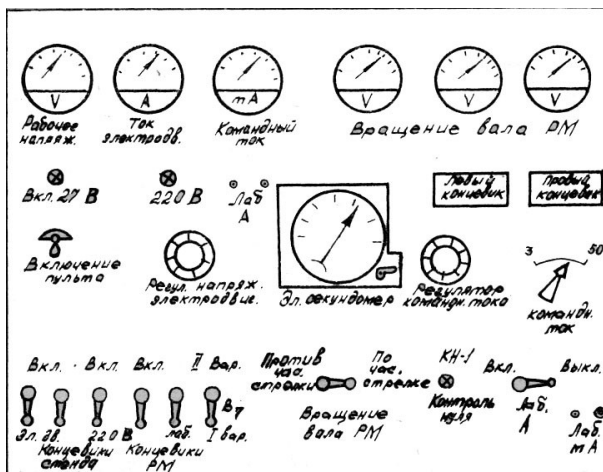


Рисунок 3.6 – схема пульта стенда обработки рулевой машинки



Рисунок 3.7 – пульт стенда обработки рулевой машинки

3.5 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, необходимо тщательно изучить правила техники безопасности. Управление пультом и стендом осуществляет только лаборант кафедры.

3.6 ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

1. Установить РМ на приспособление стенда.
2. Все выключатели и переключатели на панели пульта установить в исходное положение.
3. Подключить кабели РМ/ПВ, УП/П2 к РМ и пульту, ИП/ПЗ - к стенду и пульту.
4. Подключить кабель к пульту и к щитку постоянного тока 36 В.
5. Подключить кабель к пульту и сети переменного тока 220 В.

3.7 НАСТРОЙКА ПУЛЬТА

1. Выключатель «Включение пульта» поставить в положение «Вкл».
2. Переключатель «Команд, ток» поставить в положение «3».
3. Переключатель В₇ поставить в положение «Вар. II».
4. Переключатель «Вращение вала РМ» поставить в положение «По часовой стрелке».
5. Потенциометром «Регулятор командного тока» установить стрелку миллиамперметра «Командный ток» на нуль.
6. Выключатель «Электродвигатель» поставить в положение «Вкл» и реостатом «Регулятор напряжения электродвигателя» установить по вольтметру «Рабочее напряжение» напряжение 27В.

3.8 ПРОВЕРКА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РМ

Проверка направления вращения вала РМ

1. Включить выключатель «Концевики стенда». Переключатель «Вращение вала РМ» установить в положение «По часовой стрелке».

2. Потенциометром «Регулятор командного тока» установить ток $+i_k=2...2.5$ м А. При этом стрелка миллиамперметра «Командный ток» должна отклоняться вправо от нуля шкалы. Приводной вал должен поворачиваться по часовой стрелке (см. со стороны вала РМ), а стрелки вольтметров «Вращение вала РМ» должны отклоняться вправо от нуля шкалы.
 3. Переключатель «Вращение вала РМ» установить в положение «Против часовой стрелки».
 4. Потенциометром «Регулятор командного тока» установить ток- $i_k = 2...2,5$ м А. При этом стрелки вольтметров «Вращение вала РМ» должны отклоняться влево.
 5. Потенциометром «Регулятор командного тока» установить стрелку миллиамперметра «Командный ток» на нуль и выключить выключатель «Электродвигатель».
- Результаты проверки направления вращения вала РМ занести в таблицу отчета.

Определение предельных углов поворота вала РМ

1. Повернуть рукой выходной вал РМ от упора до упора и определить фактический угол поворота от нуля по часовой и против часовой стрелки ($\pm\alpha_\phi$). Углы поворота α_ϕ определяются по шкале стенда и записываются в таблицу отчета.
2. По шкале стенда установить вал РМ в нулевое положение, что соответствует вертикальному положению риски, лежащей в плоскости, проходящей через риску на муфте приводного вала. При нулевом положении вала стрелки вольтметров «Вращение вала РМ» должны показывать нуль.
3. Нажать кнопку КН-1, при этом показания вольтметров «Вращение вала РМ» должны быть не более 0.3 В.
4. Включить выключатель «Концевики РМ» и выключатель «Электродвигатель».
5. Путем подачи минимального тока потенциометром «Регулятор командного тока» повернуть вал РМ по часовой стрелке до загорания транспоранта «Левый концевик» и определить угол по шкале стенда $+\alpha_{\text{конц}}$. Результат записать в таблицу отчета.
6. Путем подачи минимального тока повернуть вал РМ против часовой стрелки до загорания транспоранта «Правый концевик» и определить по шкале стенда $-\alpha_{\text{конц}}$. Результат записать в таблицу отчета.
7. Выключить выключатели «Концевики РМ» и «Электродвигатель». Подсчитать погрешность замера углов поворота с помощью концевых выключателей $\pm\Delta\alpha$, угол между концевиками α_p :

$$\pm\Delta\alpha = -\alpha_{\text{конц}},$$

$$\alpha_p = \left| +\alpha_{\text{факт}} \right| + \left| -\alpha_{\text{конц}} \right|$$

Проверка тока трогания вала РМ

Эти опыты дают возможность оценить чувствительность РМ и область нечувствительности. Под чувствительностью понимается величина минимального командного тока $i_{k\text{min}}$, при которой происходит трогание РМ.

1. Проверить величину момента трения с помощью тарированного ключа.
2. Включить выключатель «Электродвигатель».
3. Переключатель «Вращение вала РМ» поставить в положение «По часовой стрелке».
4. Потенциометром «Регулятор командного тока» установить ток по миллиамперметру «Командный ток», при котором вал РМ начинает трогаться. Полученная величина тока $+i_{k\text{min}}$ характеризует ток трогания РМ по часовой стрелке. Замер величины токов трогания производить от нулевого положения вала до угла поворота $15...20^\circ$. Результат замера $+i_{k\text{min}}$ занести в

таблицу отчета.

5. Переключатель «Вращение вала РМ» поставить в положение «Против часовой стрелки» и определить ток трогания РМ против часовой стрелки $-i_{\text{Кmin}}$. Результаты замера $-i_{\text{Кmin}}$ занести в таблицу отчета.

6. Выключить выключатель «Электродвигатель».

7. Переключатель «Вращение вала РМ» поставить в положение «По часовой стрелке».

8. Потенциометром «Регулятор командного тока» установить стрелку миллиамперметра «Командный ток» в нулевое положение.

9. Переключатель В₇ поставить в положение «Вар. I». Подсчитать область (зону) нечувствительности $i_{\text{неч}}$ по формуле:

$$i_{\text{неч}} = |i_{\text{Кmin}}| + |i_{\text{Кmin}}|.$$

Определение скорости поворота приводного вала и тока, потребляемого электродвигателем РМ

Скорость поворота приводного вала определяется при различных величинах командного тока и различных нагрузениях вала.

1. Переключатель «Командный ток» поставить в положение «50».

2. Включить выключатель «Электродвигатель» и определить потребляемый ток.

3. Включить выключатель «220 В».

4. Переключая переключатель «Вращение вала РМ» последовательно в положение «По часовой стрелке» и «Против часовой стрелки», одновременно потенциометром «Регулятор командного тока» установить поочередно токи $i_{\text{к}} = \pm 5 \text{ мА}; \pm 10 \text{ мА}; \pm 15 \text{ мА}$ по миллиамперметру «Командный ток». Загрузка вала не производится (холостой ход). Сила тока $I_{\text{Эд}}$, потребляемого электродвигателем, определяется по показаниям амперметра.

Скорости поворота приводного вала без нагрузки определяются следующим образом:

а) по электросекундомеру пульта определить время прохождения валом РМ угла $\alpha_{\text{р}}$ при командных токах $i_{\text{к}} = \pm 5 \text{ мА}; \pm 10 \text{ мА}; \pm 15 \text{ мА}$. Замеры произвести не менее трех раз в каждом направлении;

б) скорость ν определяется делением величины угла $\alpha_{\text{р}}$ в градусах на среднеарифметическое значение времени $t_{\text{ср}}$, т. е.

$$\nu = \alpha_{\text{р}} / t_{\text{ср}} \text{ град/с.}$$

5. Потенциометром «Регулятор командного тока» установить стрелку миллиамперметра «Командный ток» в нулевое положение.

6. Замерить скорость вращения вала РМ под различной нагрузкой ($M_{\text{нагр}} = 5; 10, 15 \text{ НМ}$) при $i_{\text{к}} = \pm 15 \text{ мА}$. Результаты замеров и расчетов занести в таблицу отчета. По данным замеров построить графики зависимости $\nu = f(i_{\text{к}})$ и $\nu = f(M_{\text{нагр}})$.

7. Все выключатели и переключатели на панели пульта поставить в исходное положение. Отключить РМ от пульта.

3.9 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Перечень приборов и оборудования.

2. Схема приспособления стенда для отработки рулевой машинки.

3. Схема пульта стенда для отработки рулевой машинки.

4. Таблица результатов проверки функционирования рулевой машинки.

Таблица 3.1

Проверка направления вращения вала РМ			
Положение переключателя «Направление вращения вала РМ»	Командный ток, мА	Направления вращения вала РМ	Отклонение стрелок вольтметров «Вращение вала РМ»
По часовой стрелке	+2.5		
Против часовой стрелке	-2.5		

5. Таблица определения предельных углов поворота вала рулевой машинки.

Таблица 3.2

Определение предельных углов поворота вала РМ						
Фактические углы, град.		Углы срабатывания концевиков, град.			Δα, град	
+α _ф	-α _ф	+α _{конц}	-α _{конц}	α _р	+ Δα	- Δα

6. Таблица определения скорости поворота вала рулевой машинки.

Таблица 3.3

Определение скорости поворота вала РМ					
Момент на вале РМ, НМ	Направление вращения вала	Командный ток, мА	Ток электродвигателя, А	Среднее время поворота вала, с	Скорость вращения град/с
0	По часовой стрелке (+)	0			
		+5			
		+10			
		+15			
	Против часовой стрелке (-)	-5			
		-10			
		-15			
5	(+)	+15			
	(-)	-15			
10	(+)	+15			
	(-)	-15			
15	(+)	+15			
	(-)	-15			

7. График зависимости $v=f(i_k)$

8. График зависимости $v=f(M_{нар})$

3.10 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение и устройство РМ?
2. В чем заключается принцип работы электрогидравлической РМ?
3. Перечислите основные параметры РМ. Какова методика их определения?
4. Каково устройство панели пульта управления?
5. Каково устройство стенда для испытания РМ?

ИСПЫТАНИЕ УЗЛОВ БОРТОВЫХ СИСТЕМ
НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ
Лабораторная работа №4
(Трудоёмкость 4 часа)

В настоящее время в производстве аэрокосмической техники широкое применение получил ряд методов испытания систем и их узлов на герметичность.

Наиболее распространенными из них являются:

- пневматический метод путем обмыливания;
- пневмогидравлический метод - «метод аквариума»;
- масс-спектрометрический метод, осуществляемый с помощью течеискателей.

Под герметичностью изделия понимают непроницаемость его стенок, ограничивающих полости для газов и жидкостей. Герметичность системы или узла характеризуется количеством газа, вытекающим из системы (узла) в единицу времени, т. е. произведением объема, занимаемого газом, на изменение в нем давления, в единицу времени после прекращения подачи рабочего вещества под испытательным давлением.

Величина общего потока газа через течь выражается формулой

$$Q \approx \frac{v \Delta P}{\Delta t} \frac{\rho}{c} \quad (1)$$

где v — объем испытываемого изделия; ΔP — изменения давления за время Δt .

Выбор того или иного метода для испытания на герметичность определяется требованиями к степени негерметичности изделия, а также производительностью и безопасностью самого метода. Одной из важных характеристик метода является его чувствительность, т. е. способность регистрировать минимальную течь.

Цель работы: изучение существующих в настоящее время методов испытания на герметичность агрегатов узлов и систем летательных аппаратов, сравнение их по чувствительности.

Задание:

1. Практически ознакомиться с различными методами и средствами испытания на герметичность.
2. Определить чувствительность различных методов испытания на герметичность.
3. Изучить конструкцию и принцип работы гелиевого течеискателя ПТИ-7А.

4.1 УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

Установка для испытания емкости на герметичность представлена на рисунке 4.1. К испытываемому изделию (емкости) 2 подводится сжатый от сети воздух низкого давления ($P=0,5$ МПа).

Для проверки герметичности с помощью течеискателя 6 к испытываемой емкости подводится от баллона 4 газ гелий. Управление подачей гелия и сжатого воздуха в емкость осуществляется с помощью специального пневмораспределительного пульта 3, схема которого представлена на рис. 2. Для определения негерметичности методом погружения в жидкость имеется специальная ванна 1 с раствором хромпика в воде.

Течеискатель ПТИ-7А (рисунок 4.1) является специальным типом масс-спектрометра, предназначенного для нахождения микроскопически малых течей. Прибор ПТИ-7А настроен на измерение концентрации или парциального давления пробного газа гелия в смеси с воздухом. Прибор позволяет находить течи в изделиях двумя способами: методом «щупа» и мето-

дом вакууммирования.

Применяемый в данной лабораторной работе метод «щупа» заключается в следующем. Щупом 8, представляющим трубку с капиллярным отверстием, соединенным вакуумным шлангом 7 с течеискателем, проводят по герметическим соединениям испытуемой емкости, находящейся под давлением смеси гелия с воздухом. Гелий, просачивающийся через поры емкости, засасывается щупом и попадает в масс -спектрометрическую камеру течеискателя, который фиксирует этот момент отклонением стрелки выносного прибора 5 и изменением тона звучания сирены.



Рисунок 4.1 - установка для испытания на герметичность: 1 - ванна; 2 - испытываемая емкость; 3 - пневмораспределительный пульт; 4 - баллон гелиевый; 5 - выносной прибор ВПУ-1; 6 - течеискатель ПТИ-7А; 7 - вакуумный шланг; 8 - щуп

Пневморазделительный пульт, применяемый в настоящей лабораторной работе, предназначен для проведения различного рода пневматических испытаний изделий в производстве. Пневматическая схема пульта представлена на рисунке 4.2. К входному штуцеру пневмопульта от баллона или сети сжатого воздуха подводится воздух под определенным давлением. Давление на входе в пульт замеряется манометром M_2 . Давление на выходе из пульта регулируется редуктором P_1 . Настройка редуктора на необходимое испытательное давление сжатого воздуха контролируется манометром M_1 . На выходе из пульта установлен запорный вентиль V_1 соединенный с дренажным вентилем V_2 и штуцером $Ш_3$, к которому подсоединяется испытуемое изделие. Газ гелий подается от специального баллона через $Ш_6$, редуктор P_2 и вентиль V_3 , соединенный с дренажным вентилем V_4 , и далее к штуцеру $Ш_5$ в испытуемое изделие. Давление гелия на входе в пульт измеряется манометром M_4 , а давление в испытуемой емкости манометром M_3 . Дренаж давления из изделия производится путем открытия вентиля V_2 и V_4 . При этом воздух, гелий или гелиевовоздушная смесь выпускается в атмосферу за пределы помещения. Для предотвращения повышения давления в испытуемой емкости выше заданной пневмопульт имеет предохранительные клапаны ПК.

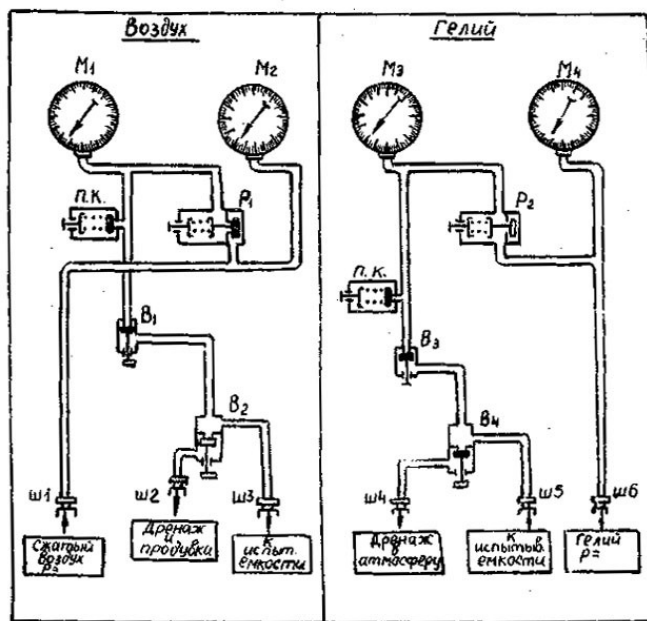


Рисунок 4.2 - Пневматическая схема пульта:

M_1 - манометр рабочего давления сжатого воздуха; M_2 - манометр сети сжатого воздуха; P_1 редуктор сжатого воздуха; V_1 - вентиль заполнения воздухом; V_2 - вентиль продувки и дренажа воздуха; M_3 - манометр рабочего давления гелия; M_4 — манометр давления гелия в баллоне; P_2 —редуктор гелиевый; V_3 - вентиль заполнения гелием; V_4 - вентиль дренажа гелия; ПК - предохранительный клапан; $Ш_1$, $Ш_2$, $Ш_3$, $Ш_4$, $Ш_5$, $Ш_6$ - штуцеры для подсоединения шлангов

Схема и вид масс-спектрометрической камеры представлены на рисунках 4.3 и 4.4 соответственно. Масс-спектрометрическая камера в рабочих условиях помещается в зазор постоянного магнита с напряженностью поля 1300...1400 э. Она представляет собой цилиндрическую коробку со съемной крышкой 10, имеет патрубок 3 для присоединения к вакуумной системе течейскаателя. В масс-спектрометрической камере смонтированы источник ионов 1, промежуточная диафрагма 9, приемник ионов 7 и магнитный электроразрядный манометр 4.

Вакуумная система течеискателя ПТИ-7А. Блок-схема течеискателя приведена на рисунке 4.5. В масс-спектрометрической камере достигается вакуум порядка $10^{-5} \dots 10^{-6}$ мм рт. ст. с помощью пароструйного насоса с воздушным охлаждением (НВО-40) и механического насоса (ВН-461). Улучшение вакуума может быть достигнуто вымораживанием паров в ловушке при охлаждении ее жидким азотом. Для того чтобы пары всех загрязнений, сконденсировавшихся в ловушке, при размораживании не попадали в масс-спектрометрическую камеру, между ней и ловушкой установлен вентиль ДУ-25. Этот же вентиль позволяет открывать камеру при работающем пароструйном насосе. Дросселирующий вентиль ДУ-32 предназначен для плавного изменения напуска при подсоединении к нему для испытаний плохо откаченных объемов. Вентили ДУ-8, установленные на линии предварительного разряжения, предназначены для соединения механического насоса с пароструйным, предварительной откачки камеры помимо пароструйного насоса, откачки электрометрического каскада и соединения линии предварительного разрежения с атмосферой. Допустимость открытия вентилей, соединяющих пароструйный насос с линией предварительного разрежения, индуцируется термодинамическим манометром ЛТ-4М.

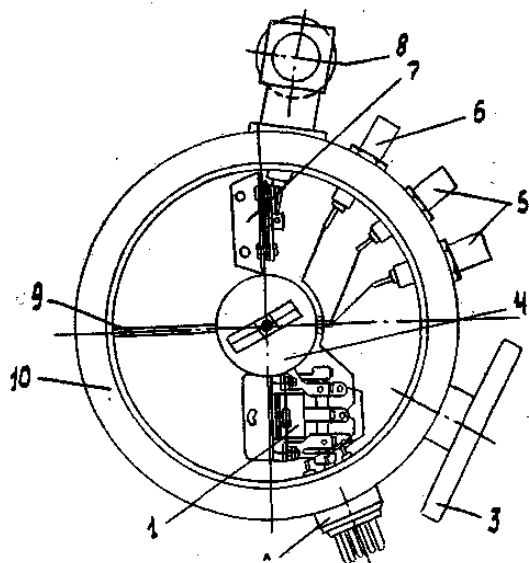


Рисунок 3 – Схема масс-спектрометрической камеры:

1 - ионный источник; 2 - ввод питания; 3 - фланец; 4 - манометр; 5 - разъем для водопитания манометра; 6 - разъем питания сетки; 7 - приемник ионов; 8 - разъем; 9 - промежуточная диафрагма; 10 - цилиндрическая коробка

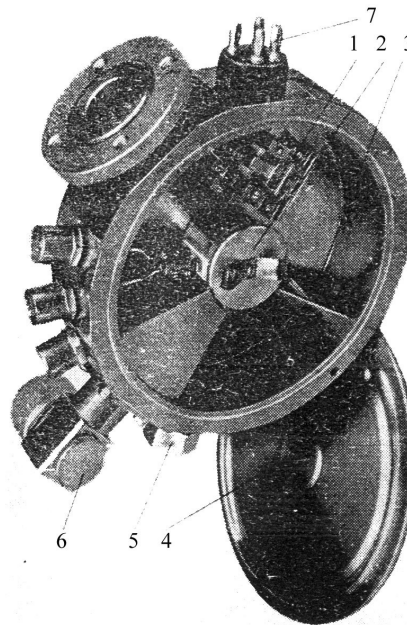


Рисунок 4 – Масс-спектрометрическая камера: 1 - ионный источник; 2 - манометр ММ-10А; 3 - диафрагма; 4 - крышка; 5 - разъем для присоединения выносного каскада усилителя УПТ; 6 - приёмник ионов; 7 - разъем питания ионного источника

Электрическая схема прибора ПТИ-7А. Для высокой надежности и удобства в работе электрическая часть течеискателя ПТИ-7А изолирована от вакуумной и соединяется с ней шлангами. Электрическая часть прибора состоит из двух блоков и панели включения.

Каждый из блоков содержит в себе самостоятельный электрический канал, что обеспечивает удобства настройки и ремонта. Подробный разбор всех электрических схем ПТИ-7А

имеется в прилагаемом к прибору описании. Здесь мы рассмотрим электросхему в самом общем виде. Канал усиления и измерения ионного тока расположен в нижнем блоке. Эта схема включает в себя электрометрический усилитель постоянного тока. Одновременно со стрелочным индикатором течи I_V в приборе имеется звуковой индикатор, громкоговоритель, принцип действия которого состоит в том, что при увеличении сигнала на выходе усилителя понижается частота генератора звуковых колебаний. Электрометрический усилитель питается от выпрямителей с электронной стабилизацией напряжения (+ 400 и - 150В).

Канал питания масс-спектрометрической камеры и измерения давлений расположен в верхнем блоке. Электрическая схема канала обеспечивает питание катода, подачу ионизирующего напряжения (+ 200 В), ускоряющего и супрессорного напряжений +400 В, а также напряжений на электроразрядный манометр ММ-10 (+ 2500 В и +1250 В). Источником ускоряющего и супрессорного напряжений служит стабилизированный выпрямитель усилителя постоянного тока.

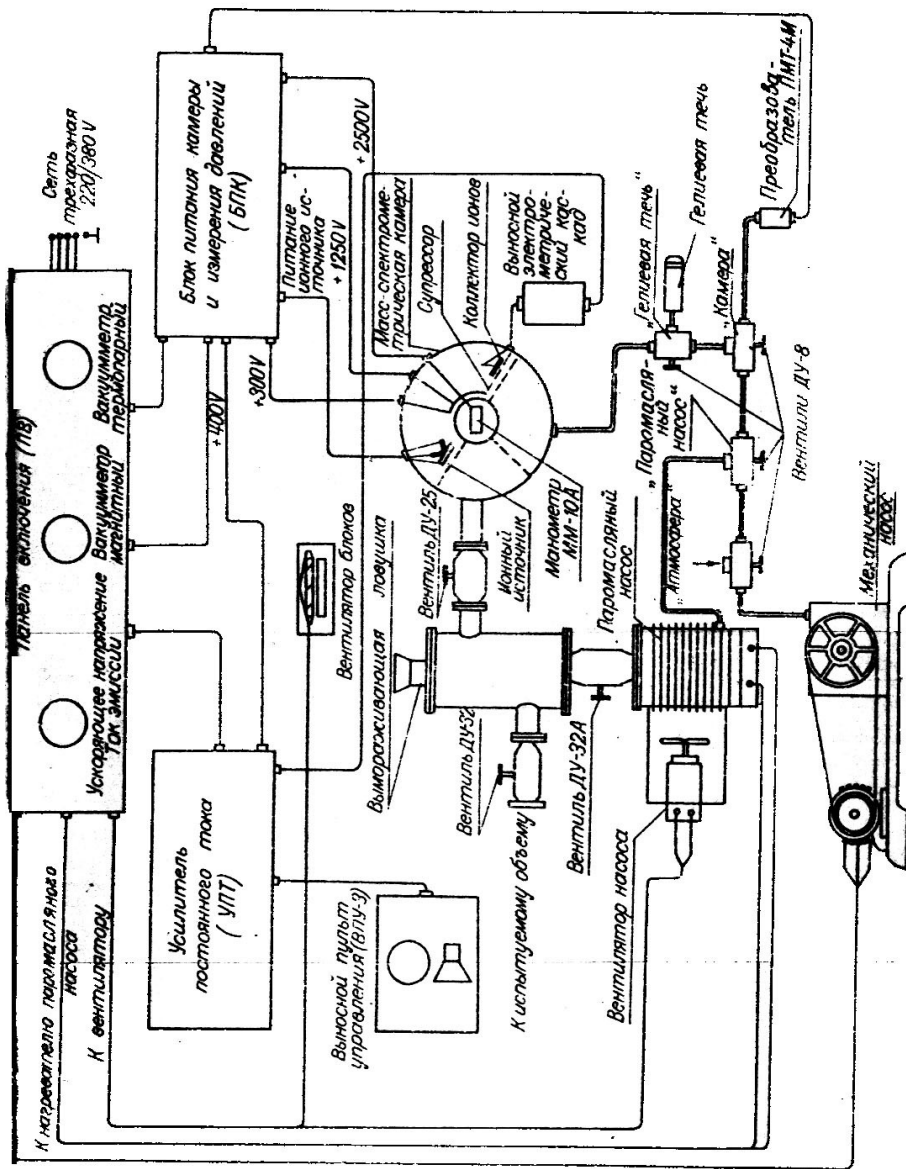


Рисунок 4.5 – Блок схема течеискателя ПТИ-7А

4.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, необходимо тщательно изучить правила техники безопасности при испытаниях изделий. Управление прибором ПТИ-7А осуществляет только лаборант кафедры.

4.3 ПРОВЕРКА ГЕРМЕТИЧНОСТИ МЕТОДОМ ПОГРУЖЕНИЯ В ЖИДКОСТЬ

Этот метод относится к числу самых простых и распространенных. Применение его наиболее эффективно в условиях испытания металлических объемов, прочность которых допускает создание в них значительных давлений.

Метод испытания заключается в погружении испытуемого объема в жидкость и создание в нем избыточного давления.

Образование пузырьков свидетельствует об истечении сжатого воздуха (газа). Метод опрессовки погружением в жидкость позволяет не только находить места течений, но и судить об их величине по скорости образования и величине пузырей. Рассмотрение законов образования пузырей позволяет с достаточной точностью определить связь потока Q газа через течь с размерами и частотой образования пузырей по следующему уравнению

$$Q \approx \frac{n \Delta D_0^3}{6 \Delta t} P_{ат}, \quad (2)$$

где n - число пузырьков, образующихся за время наблюдения;

D_0 - диаметр пузырька в момент отрыва, мм;

$P_{ат}$ —атмосферное давление, мкм. рт. ст.;

Δt — время наблюдения, с.

Чтобы определить чувствительность этого метода, необходимо замерить предельно малые размеры пузырьков, поддающихся регистрации, и частоту их появления. Поток Q_{min} будет проходить через тем меньшую течь V_{min} , чем больше давление опрессовки. Следовательно, наименьшая регистрируемая течь зависит от давления $P_{опр}$ в спрессованном объеме и при вязкостном режиме истечения определяется уравнением

$$V_{min} \approx \frac{\eta}{\eta_v} \frac{Q_{min}}{\frac{P_{опр}}{P_{ат}} - 1}, \quad (3)$$

где V_{min} —наименьшая регистрируемая течь, мк.л./с;

η - вязкость газовой смеси, применяемой для опрессовки;

η_v - вязкость воздуха.

Опыты по определению негерметичности методом погружения в жидкость проводятся в ванне с 0,3...0,5% раствором калиевого хромпика ($K_2Cr_2O_7$) в воде в следующем порядке:

1. Включить лампу подсвета.
2. Открыть вентиль воздушной сети и подвести сжатый воздух к штуцеру Ш. Проверить по манометру $M_г$ давление в сети. Давление должно быть 4—5 атм.
3. При закрытых вентилях V_1 и V_2 настроить редуктор p_i на давление 5 атм.
4. Опустить испытуемое изделие в ванну с раствором хромпика, установить на опорах и проверить герметичность.
5. Медленно открывая вентиль $V_в$ плавно подать давление $P = 5$ атм в проверяемое изделие, после чего закрыть вентиль V_1 . Давление контролировать по манометру M_1 .
6. При наличии негерметичности замерить диаметр пузырька с помощью линейки. Секундомером замерить среднее время (в секундах), за которое выделяется один пузырек воздуха. Среднее время замерять по пяти пузырькам. Данные замера занести в отчет.
7. Открытием дренажного вентиля V_2 снизить давление в проверяемом изделии до 4 и 3 атм. Замерить среднее время в секундах выделения одного пузырька воздуха при каждом давлении и записать в отчет.

8. Медленно понижая давление, с помощью дренажного вентиля до 2,5 атм и ниже через 0,5 атм, установить при каком минимальном давлении можно еще зарегистрировать данным способом течь в проверяемом изделии и записать в отчет. За критерий минимально возможной для регистрации течи условно принимается течь, при которой время t_0 выделения одного пузырька составляет 30 с.

9. Вынуть емкость из ванны, протереть поверхность салфеткой.

10. Выключить лампы подсвета.

По данным эксперимента подсчитать по формуле (2) минимальный поток Q_{\min} мкл/с, фиксируемый данным методом проверки герметичности, и подсчитать величины минимальной течи соответственно различным давлениям опрессовки по формуле (3). Построить график зависимости $V_{\min}=f(P_{\text{опр}})$.

Величину потока газа в зависимости от размера пузырька и времени образования определить по графикам (рисунок 4.6).

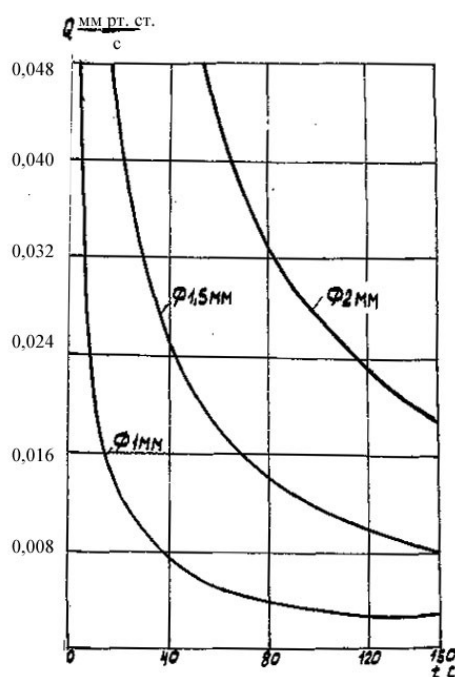


Рисунок 6 - Графики зависимости величины течи от времени выделения пузырька воздуха

4.4 ИСПЫТАНИЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ МЕТОДОМ ОБМЫЛИВАНИЯ

Этот метод, так же как и предыдущий, широко распространен в производстве и отличается простотой. При работе по этому методу в объеме создается избыточное давление газа (воздуха), а поверхность покрывается мыльным раствором. Образование пузырьков свидетельствует об истечении газа (воздуха). Минимальный поток и течь при этом методе определяется по формулам, аналогичным расчетным формулам при методе погружения в жидкость.

Опыты по определению негерметичности методом обмыливания проводятся в следующем порядке:

1. Нанести кисточкой на место вероятной течи мыльную пену.
2. Не отключая испытуемой емкости, установить давление в 0,3 МПа и проверить обмыливание. Четкое появление мыльных пузырьков у места негерметичности отметить в отчете.

3. Медленно понижая давление через 0,05 МПа, установить при каком минимальном давлении можно еще зарегистрировать течь данным способом в проверяемом узле и записать в отчет. Выдержка $t_0 = 30$ с.
4. Смыть мыльную пену салфеткой, смоченной в воде.

4.5 МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ТЕЧЕИСКАНИЯ

Этот метод является универсальным, широко применяемым для испытания объемов на герметичность, обладает высокой чувствительностью.

Масс-спектрометрия представляет собой метод разделения по массам сложной смеси газов или паров с помощью электрических и магнитных полей. Масс-спектрометрический течеискатель - газоанализатор, настроенный, как правило, на регистрацию содержания одного пробного газа в газовой смеси. В большинстве случаев пробным газом служит гелий. Он характеризуется высокой проникающей способностью, безопасностью и малым содержанием в атмосфере.

Масс-спектрометрический анализ сводится к следующим процессам, происходящим в условиях высокого вакуума:

1. Превращение анализируемых молекул в положительные ионы с зарядом «е».
2. Создание моноэнергетического ионного пучка посредством ускорения ионов продольным электрическим полем.
3. Разложение ионного пучка на компоненты по значениям $\frac{e}{m}$, где m — масса заряженной частицы.
4. Регистрация и измерение интенсивности выделенного ионного луча с определенным отношением $\frac{e}{m}$.

Все указанные процессы осуществляются в трех основных узлах масс-спектрометра. В ионном источнике происходит ионизация газа и формирование ионного пучка, который в анализаторе разделяется по массам. Выделенный пучок ионов с определенным $\frac{e}{m}$ воспринимается реагирующим устройством, измеряющим его интенсивность.

Испытания на герметичность с помощью течеискателя ПТИ-7А проводятся в следующем порядке:

1. Собрать схему течеискателя ПТИ-7А, подключив его к электросети, и произвести настройку течеискателя в соответствии с техническим описанием прибора (производится лаборантом).
2. Произвести градуировку течеискателя. Для этого необходимо щуп течеискателя поднести к калиброванной течи эталона течи, дающей измерение истечения Q чистого гелия или в смеси с воздухом. Эталон течи представляет собой металлический баллон (емкость) с укрепленными на нем регулируемой течью, зарядным штуцером и манометром. В эталоне течи создается избыточное давление. Течь градуируется по пузырькам и рассчитывается по известной формуле потока (2) или берется с графика (рисунок 6). Зная величину потока Q , протекающего через регулируемую течь эталона, и наблюдая в процессе градуировки отсчет α делений по выносному прибору, можно определить чувствительность прибора

$$S_Q \approx \frac{Q}{\alpha} \frac{\text{мкм} \Delta l / \text{с}}{1 \text{ деление}}$$

3. Открыть запорный вентиль на баллоне «гелий».
4. Отрегулировать редуктором P_2 пульта необходимое минимальное испытательное давление $P = 0,02$ МПа (0,2 атм.) чистым гелием.
5. Медленным открытием вентилях V_3 и V_4 плавно подать давление $P=0,2$ МПа (2 атм.) в испытываемую емкость.
6. Проконтролировать течь в испытываемой емкости с помощью течеискателя ПТИ-7А. Для этого проводить щупом по проверяемой поверхности со скоростью не более 0,3...0,5 см/с. При резком изменении звучания сирены величину отклонения стрелки прибора ВПУ записать в отчет.
7. Открыть вентиль V_4 пульта и стравить газ за пределы помещения.
8. Величину потока Q гелия через течь определить по формуле

$$Q \approx S_Q \alpha,$$

где α - число делений по шкале выносного прибора ВПУ-1;
 S_Q — чувствительность прибора (цена одного деления).

4.6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Все исходные данные и замеры в процессе экспериментов.
2. Расчеты величины потоков через течь.
3. Тарировка течеискателя ПТИ-7А по эталону течи.
4. Схемы пневмогидравлического и масс-спектрометрического метода испытания на герметичность.
5. Величины чувствительности пневматического, пневмогидравлического и масс-спектрометрического методов испытания на герметичность.
6. Выводы.

4.7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое герметичность?
2. Как рассчитывается течь?
3. В чем заключается суть масс-спектрометрического способа испытания на герметичность?
4. Сущность испытания на герметичность методом погружения в жидкость.
5. Как определяется чувствительность различных методов испытания на герметичность?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Технология самолетостроения. [Текст]: Учебник для авиационных вузов /А. Л. Абибов, Н. М. Бирюков, В. В. Бойцов и др.. Под ред. А. Л. Абибова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1982. — 551 с.
- 2 Чернышев А. В. Технология монтажа, отработки, испытаний и контроля бортовых систем летательных аппаратов. [Текст]: Учебное пособие для авиационных вузов. / А. В. Чернышев - М., «Машиностроение.», 1977, - 334 с.
- 3 Белоглазов И. М. Монтаж и контроль точности монтажа стапеля для сборки триммера [Текст]: Метод. Указания к лабораторной работе/ И. М. Белоглазов - Куйбышев: КуАИ, 1986. 10 с.
- 4 Горячев А. С. Определение параметров работоспособности рулевых машинок. [Текст]: Метод. Указания к лабораторной работе/ А. С. Горячев, В. А. Звягинцев - Куйбышев: КуАИ, 1987. 12 с.
- 5 Горячев А. С. Методы получения отверстий высокой точности при сборке летательных аппаратов [Текст]: Метод. Указания к лабораторной работе/ А. С. Горячев, В. А. Звягинцев, В. В. Щербатых - Куйбышев: КуАИ, 1981. 16 с.
- 6 Горячев А. С. Методы испытаний изделий на герметичность [Текст]: Метод. Указания к лабораторной работе/ А. С. Горячев - Куйбышев: КуАИ, 1978. 16 с.