

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

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

- комплекс бортовых систем – все бортовые системы ЛА;
- участок систем – часть комплекса, смонтированная на отдельных агрегатах, секциях и узлах ЛА;
- зона систем – часть участка, выделенная по определенному признаку (зона энергоузлов, зона радиоаппаратуры, зона гидрокоммуникаций и т.д.);
- монтажный узел – часть участка или зоны, выполняющая определенные ограниченные функции (монтажная гидравлическая панель, щиток, пульт и т.д.);
- блок – часть монтажного узла, выполненная в одном корпусе (в виде блоков поставляют приборы, радиоаппаратуру, коммутационные коробки и т.д.);
- коммуникации – часть монтажного узла, зоны или участка систем, предназначенная для соединения функциональных и технологических элементов между собой.

При этом 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 высшего порядка.

Современный уровень монтажных работ характеризуется следующими особенностями:

- низким уровнем механизации и широким применением ручного труда в связи со сложностью конструкции ЛА и высокой плотностью размещения бортовых систем;
- высокой трудоемкостью;
- большим объемом технологической документации в связи с разнообразием операций и ответственностью технологического процесса.

Основные понятия и классификация монтажных работ

Под технологическим процессом монтажа понимают установку и закрепление блоков и монтажных узлов, прокладку и закрепление коммуникаций и соединение всех элементов в элементы высших порядков и во взаимосвязанные системы.

По месту проведения различают:

- внестендовые (верстачные) ;

- стендовые работы.

Характерной особенностью верстачных работ является их выполнение вне летательного аппарата (на верстаках). Так изготавливаются отдельные элементы коммуникаций (электрожгуты, тяги, трубопроводы и т.д.), а также монтажные узлы (щитки, приборные доски, панели и т.д.). Монтаж узлов заключается в закреплении блоков на кронштейнах, полках, платах, в прокладке и закреплении межблочных коммуникаций, соединении блоков межблочными коммуникациями.

Стендовые монтажные работы выполняются на конструкции ЛА (в секциях и агрегатах). В соответствии с этим различают стендовый агрегатный монтаж зон и участков систем в технологически самостоятельных секциях и агрегатах и окончательный монтаж бортовых систем в ЛА, включающий стыковку коммуникаций в отдельных секциях и агрегатах, установку ответственных и дорогостоящих элементов бортовых систем, не охваченных панелированием (например, гидроплаты, радиостанции).

Относительное увеличение верстачных работ способствует рассредоточению и более правильному распределению монтажных работ по цехам, сокращению цикла монтажных работ, повышению качества и снижению трудоемкости за счет большего удобства работ и применения механизации и автоматизации. Этого можно добиться путем широкого панелирования бортовых систем. Однако нерациональное панелирование может привести к увеличению веса конструкции ЛА.

Все монтажные работы можно разделить на четыре группы.

Первая группа – подготовка к монтажу:

- расконсервация покупных элементов;
- комплектование оборудования с арматурой;
- зачистка элементов и планера по металлизацию.

Вторая группа – установка и крепление оборудования и коммуникационной аппаратуры с применением различных способов базирования:

- по месту;
- по сборочным отверстиям (СО);
- по разметке;
- по координатно-фиксирующим отверстиям (КФО);
- по монтажному приспособлению.

Третья группа – работы по прокладке и креплению коммуникаций: электрожгутов, трубопроводов, тяг и тросов.

Четвертая группа – работы по соединению элементов коммуникаций между собой и оборудованием (с помощью штепсельных разъемов, разъемных соединений).

Технологический процесс монтажных работ – это совокупность технологических операций с применением технических средств, инструмента, приспособлений и технологического оборудования, в результате выполнения которых элементы монтируемой системы занимают строго определенное положение относительно друг друга и соединяются способами, предусмотренными конструкцией системы.

Основные понятия об испытаниях и контроле

Испытанием называется :

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

Контролем называется :

Комплекс работ по измерению, регистрации и оценке величин, характеризующих геометрические, механические, физические и другие свойства бортовых систем (параметры бортовых систем), влияющих на эксплуатационные показатели систем,

Параметры систем, которые контролируются в процессе производства, 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 испытанием. Испытания и контроль бортовых систем являются частью общей программы оценки качества продукции. При контроле приходят к относительному показателю, позволяющему судить о степени отклонения измеренной величины от заданной (эталона) и содержащему информацию о состоянии исследуемого объекта:

$$K_i = \frac{P_i}{P_i^{ЭТ}}$$

где P_i – измеряемый показатель;

$P_i^{ЭТ}$ – эталонный показатель.

Оценки могут выполняться оператором или с применением средств автоматизации, сравнением с номиналом измеряемой величины или с полем допуска и т.д.

Контролируемые параметры могут быть разделены на а:

- геометрические ;
- физические.

К геометрическим параметрам качества монтажа относятся:

- радиусы изгиба трубопроводов, тяг, тросов;
- провисание тросов, жгутов; перемещения элементов систем.

К физическим параметрам относятся:

- герметичность,
- чистота рабочих жидкостей;
- прочность;
- гидравлическое сопротивление;
- сопротивление изоляции;
- переходные сопротивления и т.д.

К физическим параметрам относятся также параметры, определяющие качество фиксирования:

- силовые характеристики систем;
- передаточные функции;
- время выполнения определенных функций.

Классификация контролируемых параметров

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 коммуникациями, 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 переключки 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 функции $P = f(x)$, где P — величина усилия; x — величина линейного или углового перемещения; f — величины усилий и моментов, развиваемых различными органами бортовых систем в процессе их работы.

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. Например, коэффициент передачи по углу крена для легкого самолета может быть определен: установкой на поворотный стол соответствующего гироскопического датчика, соединенного электропроводкой со всей системой автопилота, подключенного к гидравлической системе самолета; поворотом гироскопического датчика на заданный угол u ; измерением соответствующего поворота бэ элерона; вычислением коэффициента передачи по формуле $k = бэ/u$.

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. величина 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).

КЛАССИФИКАЦИЯ КОНТРОЛЬНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Укрупненная классификация по основным признакам

Контрольно-испытательные работы весьма многообразны как по способам, так и целям их проведения

Классификация контрольно-испытательных работ

| | Классификационный признак | Вид испытания и контроля |
|---|---|---|
| 1 | .Показатели безотказности и долговечности | На работоспособность, на надежность и ресурс |
| 2 | Воздействующие факторы | Тепловые при воздействии высоких температур, механические, гидрогазовые и акустические, электрические, коррозионные, климатические, комплексные или многофакторные (при одновременном воздействии факторов) |
| 3 | Характер воздействующих факторов | Испытания на основные факторы; испытания на дестабилизирующие факторы |
| 4 | Характер испытаний | Неразрушающие, разрушающие, восстанавливаемые, невосстанавливаемые |
| 5 | Контролируемые параметры | Контроль монтажных параметров (характеризующих качество монтажных работ); контроль качества функционирования (характеризующих работу систем в целом и в том числе качество регулировочных и наладочных работ) |
| 6 | Объекты испытаний | Входные (при испытании элементов систем, функциональных и технологических), автономные (при испытании отдельных систем), комплексные (при испытании комплекса совместно действующих систем) |
| 7 | Этапы проведения | Этап разработки, этап конструктивно-технологической отработки, этап производства |
| 8 | Темп испытаний | Нормальные, ускоренные |

| | | |
|---|-----------------|------------------|
| 9 | Место испытаний | Наземные, летные |
|---|-----------------|------------------|

Классификация Контрольно-испытательных работ по показателям безотказности и долговечности

Задачей проверки работоспособности является соответствие контролируемых параметров объекта заданным пределам в определенный момент времени. После контроля изделия пригодны к дальнейшему использованию, так как этот вид контроля, как правило, не вносит повреждений в объект контроля. К такого рода контрольно-испытательным работам относятся контрольно-сдаточные работы, выполняемые на различных этапах производства бортовых систем. При испытании и контроле работоспособности обычно удается выявить лишь явные отказы. Как следует из определения понятия надежности, задачей проверки надежности является установление соответствия контролируемых параметров объекта заданным пределам в течение требуемого промежутка времени и определение характеристик или показателей надежности.

Для получения наиболее достоверных данных о количественных показателях надежности контрольно-испытательные работы проводят в течение длительного времени и обычно при условии воздействия различных дестабилизирующих факторов. Эти объекты из-за повреждений, возникающих в процессе испытаний, не пригодны к дальнейшему использованию. При проверке надежности возникает проблема, как получить наиболее полную и достоверную информацию о надежности партии бортовых систем или их элементов объема N по результатам испытаний минимальной выборки объема n. Возможность применения выборочных методов основывается на законе больших чисел, согласно которому средняя величина признака, измеренного при большем числе испытаний, приближается по вероятности к математическому ожиданию. Отличительной особенностью организации контроля и испытания

бортовых систем и их элементов на надежность является ограниченность испытаний по времени и объему, так как на контроль и испытания не может быть предъявлено большое количество экземпляров и испытания не могут продолжаться слишком долго. При назначении величины выборки и длительности испытаний следует иметь в виду, что теория статической оценки показателей надежности позволяет при определенных условиях заменять выбор по множеству выбором по времени, т. е. проверять либо n экземпляров в течение времени I, либо один экземпляр в течение n циклов длительностью I каждый. Ресурсные испытания, согласно определению понятия ресурс, проводят до предельного состояния, оговоренного в технической документации, например, до разрушения изделия, и имеют целью определение фактического ресурса изделий. Эти испытания занимают, как правило, длительное время, так как время испытания в данном случае очевидно нельзя скомпенсировать увеличением количества испытываемых образцов. Контрольно-испытательные работы на надежность и ресурс в установившемся серийном производстве проводятся либо выборочно и назначаются при непредвиденном изменении каких-либо факторов, способных изменить показатели качества бортовых систем (например, при изменении материалов, конструкции и технологии изготовления и

монтажа деталей), либо периодически в порядке систематического. контроля изготавливаемых изделий. При испытаниях на надежность и ресурс удается выявить скрытые отказы и дефекты бортовых систем.

. Классификация контрольно-испытательных работ по характеру воздействующих факторов

По характеру воздействующих факторов и соответствующих им стимулирующих воздействий на испытываемые объекты различают три группы контрольно-испытательных работ:

- контрольно-испытательные работы, проводимые только при основных воздействиях, на которые должна реагировать система; эти работы свойственны, главным образом, начальному этапу создания систем;
- контрольно-испытательные работы, проводимые только при дестабилизирующих воздействиях, на которые система не должна реагировать;
- контрольно-испытательные работы при воздействиях как основных, так и дестабилизирующих факторов.

Классификация контрольно-испытательных работ по воздействию факторам

Тепловые испытания при воздействии высоких температур. Воздействия высокой температуры влияют на показатели надежности летательного аппарата и его бортовых систем (рис. 1.9). Основные виды тепловых воздействий и способы их воспроизведения приведены в табл. 1.2. Схемам нагрева 1 и 2 соответствуют испытания на конвективный нагрев; схеме нагрева 3 — испытания на лучистый радиационный нагрев; схеме нагрева 4 — испытания на кондуктивный нагрев. Наибольшую техническую трудность представляют испытания на аэродинамический нагрев. При испытании летательных аппаратов важными являются испытания на циклическую прочность при циклическом изменении температуры, основная цель которых заключается в исследовании температурных разрушений усталостного характера.

Механические испытания. Механические испытания обычно проводят при воздействии различных факторов: статические и динамические нагрузки трения, а также различные комбинации этих факторов. Важнейшими динамическими характеристиками конструкции являются частоты (или периоды свободных колебаний) и формы колебаний. Если нагрузка возрастает или вообще претерпевает изменения в течение времени,

не превышающего два-три периода свободных колебаний, то такая нагрузка по отношению к конструкции может считаться динамической. Если продолжительность изменения нагрузки велика и превышает три-пять периодов свободных колебаний, то влияние такой нагрузки можно считать статическим. Таким образом, решение вопроса о том, какой характер носит нагрузка, статический или динамический, зависит не только от скорости изменения нагрузки, но и от свойств объекта нагружения, а именно, от частоты его собственных колебаний. По форме нагрузки могут быть постоянными (не изменяющимися во времени) и переменными, изменяющимися во времени. Переменные нагрузки могут быть линейными и нелинейными. К динамическим нагрузкам можно

отнести инерционные нагрузки, возникающие в процессе движения испытуемого объекта. Причем можно различать инерционные нагрузки активные и пассивные. Так, например, к пассивным инерционным нагрузкам можно отнести нагрузку, действующую на вал, на котором укреплен маховик с определенным моментом инерции, возникающим при вращении вала. Примером активной инерционной нагрузки может служить нагрузка, которую испытывает объект, установленный на вращающейся центрифуге. Инерционные нагрузки могут быть постоянными и переменными. К динамическим нагрузкам относятся также ударные, вибрационные и акустические нагрузки. При ударных нагрузках все процессы полностью заканчиваются с ударом. При этом воздействие нагрузок носит дискретный характер. При вибрации воздействие нагрузок носит непрерывный характер и последующий процесс начинается, когда еще предыдущий процесс не закончен. Основным параметром, характеризующим такие механические нагрузки, как удары, качка, тряска, вибрация, является отношение всех ускорений сил

Механические нагрузки реализуются с помощью специальных механических нагружателей. Выбор нагружателя обуславливается его способностью воспроизводить нагружения в заданных пределах и по заданному закону, а также габаритами, стоимостью, видом потребляемой энергии и т. д. Основные виды стимулирующих механических воздействий и средства их воспроизведения приведены в табл. 1.3. В соответствии с действующими механическими факторами механические испытания могут включать: испытания на воздействие статических нагрузок, испытания на воздействие динамических нагрузок, испытания на воздействие трения, испытание на последовательное или одновременное воздействие каких-либо комбинаций из перечисленных нагрузок (рис. 1.10). Когда механические факторы являются дестабилизирующими, цель испытаний обычно заключается в определении фактической (в отличие от расчетной) устойчивости или прочности к воздействию этих факторов. При испытании на трение основной целью является получение характеристик износоустойчивости. Для определения усталостной прочности используют комбинации различных динамических нагрузок как по их видам, так и режимам нагружений. Эти нагрузки носят название повторно-переменных 1.7.5, Классификация контрольно-испытательных работ по видам контролируемых параметров

По контролируемым параметрам контрольно-испытательные работы можно подразделить на две группы:

- контроль монтажных параметров, позволяющий, в основном, выявить различные дефекты монтажа,
- контроль качества функционирования, позволяющий выявить дефекты систем в целом и в том числе дефекты регулировочных и наладочных работ.

Классификация контрольно-испытательных работ по объектам испытаний

По характеру контролируемых объектов контрольно-испытательные работы можно разделить на три группы:

- входной контроль готовых изделий, получаемых от поставщиков; электрических и гидравлических агрегатов, приборов, радиоаппаратуры. Входной контроль выявляет дефекты, которые являются результатом транспортировки и хранения готовых изделий;

- автономный контроль технологически самостоятельных элементов систем: участков, зон, монтажных узлов в агрегатных цехах до стыковки этих элементов, а также отдельных систем, образованных после стыковки технологически самостоятельных элементов в цехе окончательной сборки;

-комплексный контроль взаимосвязанных систем с целью выявления степени взаимного влияния систем друг на друга. Комплексный контроль проводится обычно в цехах окончательной сборки контрольно- и летно-испытательной станций.

Задачи контрольно-испытательных работ на этапах создания и серийного производства бортовых систем.

На этапе проектирования бортовых систем главная задача контрольно-испытательных работ состоит в оценке правильности выбора принципиальной схемы, отдельных элементов и конструкции системы в целом. На этапе конструктивно-технологической отработки и подготовки производства бортовых систем главная задача контрольно-испытательных работ состоит в выявлении конструктивных дефектов систем, допущенных на стадии проектирования, а также дефектов технологии производства систем. На этапе серийного производства главная задача контрольно-испытательных работ состоит в выявлении производственных дефектов, возникающих в результате нарушения технологических процессов и по другим причинам. Наиболее сложной является решение задач контрольно-испытательных работ на этапе проектирования бортовых систем, где требуется наиболее полное воспроизведение факторов внешней среды и исследование систем на воздействие основных факторов по замкнутой схеме (с обратной связью). В то же время для серийного производства в ряде случаев воспроизведение факторов внешней среды может отсутствовать или носить упрощенный характер, а контроль систем при воздействии основных факторов может осуществляться по разомкнутой схеме (без обратных связей).

Классификация контрольно-испытательных работ по темпу и месту проведения

По темпу проведения испытания различают **нормальные и ускоренные**.

Ускоренные испытания проводятся при увеличенной интенсивности воздействия факторов условий работы, превышающих интенсивность воздействия факторов-условий работы, имеющих место в реальных условиях. Ускорение испытания можно добиться увеличением интенсивности работы за счет, например, повышения оборотов вращения двигателей электромеханизмов и т. п., а также за счет увеличения интенсивности факторов воздействия внешней среды (механических нагрузок, температуры, вибраций и т. п.). Ускоренные испытания проводят с целью определения надежности и ресурса изделий.

По месту проведения различают наземные и летные испытания.

Учитывая высокую стоимость летных испытаний, обычно стремятся к их сокращению за счет увеличения наземных испытаний.

Таблица

3. Заключительная часть (подведение итогов, ответы на вопросы студентов, постановка задачи на самостоятельную работу)

4. Список рекомендованной литературы

Чернышев А. В. Технология монтажа, отработки, испытаний и контроля бортовых систем летательных аппаратов. Учебное пособие для авиационных вузов. М., «Машиностроение» 1977, 336 с.

В учебном пособии изложены теоретические основы и технологические процессы монтажа, отработки, испытания и контроля бортовых систем. Приведены рекомендации по технологичности, принципы разработки директивных технологических материалов и методы обеспечения взаимозаменяемости бортовых систем по геометрическим и физическим параметрам. Рассмотрены принципы разработки технологических процессов монтажа, испытания и контроля, методы и средства обеспечения высокого качества, надежности и требуемого ресурса бортовых систем в производстве, основанные на применении техники числового программного управления технологическим оборудованием, современной теории моделирования и использовании вычислительных машин. Учебное пособие предназначено для студентов авиационных вузов и составлено в соответствии с программой курса «Технология монтажа и испытаний летательных аппаратов». Оно может быть полезно для инженерно-технических работников предприятий авиационной промышленности.