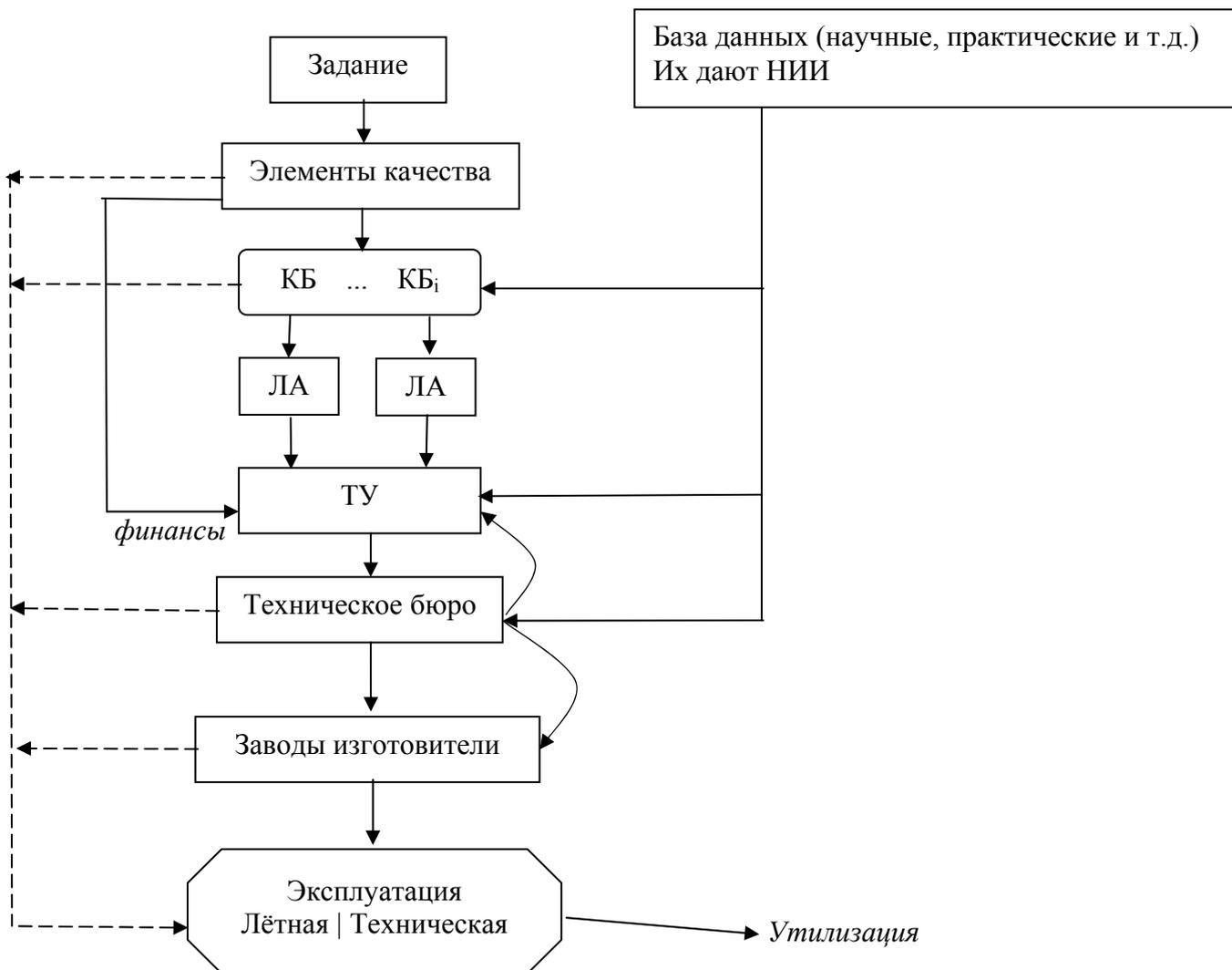


Жизненный цикл



Конструирование АТ

Конструктор получает задание на проектирование (перечень требований определяющих количество изделий):

- Требования по надёжности
- Требования эргономичности
- Требования эстетичности

Задача конструирования – создание изделий, которые отвечают требованиям:

- Заказчика
- Безопасности
- Экономичности
- Эстетичности

Принципы конструирования:

а) Экономический принцип – отдельные решения не должны заслонять основной назначение. Изделия должны давать экономический эффект. Главное, чтобы он определялся величиной полезной отдачи машиной на этапе эксплуатации.

Основные экономические факторы:

1 – Коэффициент использования машины – отношение фактического использования в эксплуатации к периоду эксплуатации

$$K_{и} = \frac{t_{\text{факт.экспл}}}{T_{\text{экспл}}} \cdot 100\% \rightarrow \text{должно стремиться к } 1$$

2 – Рентабельность – отношение полезной отдачи к полной сумме расходов

3 – Экономически эффект – годовой доход от использования машины

4 – Срок окупаемости – покрытие своей стоимости (измеряется в годах, месяцах)

5 – Коэффициент эксплуатационных расходов – сумма расходов по эксплуатации за весь период эксплуатации к стоимости машины.

6 – Коэффициент стоимости машины – процентное отношение стоимости машины к сумме расходов.

б) Принцип полезной отдачи машины – полезная работа в единицу времени ведёт к увеличению доходов.

в) Принцип долговечности – связан с техническим устареванием машин, поэтому принцип определяется с учётом динамики развития какой то области промышленности.

Долговечность – макс. время которое может отработать машина на номинальном режиме и её ТОиР не выходит за рамки стандартных процедур.

г) Принцип эксплуатационной надёжности – носит технический характер. Главный принцип – образование машин “производимых” на базе унификации предыдущих. На базе исходной машины разрабатывается машины одинакового назначения с разными техническими показателями.

Методы создания производственных унифицированных машин:

- Секционирование – создание новых машин путём изменения набором секций
- Изменения линейных размеров
- Метод базового агрегата – модификация получается путём добавления определённого оборудования
- Конвертирование – базовую машину используют для создания агрегатов различного применения
- Компаундирование – параллельное соединение машин или агрегатов
- Модифицирование – переделка машины с целью приспособления её к другим условиям работы
- Агрегатирование – сочетание различных автономных узлов.

1. Государственный принцип – конструктивная преемственность. При создании новой машины используется предшествующий опыт и опыт других смежных областей, отраслей наук. (ГОСТы, ОСТы, нормалы)
2. Изучение сферы применения машин – необходимо знать не только специфику её применения, но и динамику развития этих машин в будущем.
3. Принцип выбора конструкции – комплексное сравнение различных вариантов конструкции.
4. Принцип инверсии – замена деталей ролами (ведущая вместо ведомой и наоборот)
5. Метод компонования – разработка эскизной конструкции путём выделения главного и второстепенного.

Технологическая подготовка производства (ТПП)

Технологический процесс (ТП) – разработка технологических действий для серии, а далее для массового производства. ТП должен обеспечить наиболее высокую производительность, экономичность, экологичность.

Исходная информация для ТПП является конструкторская документация.

Изготовление начинается тогда когда исходному веществу (материалу) предаётся геометрические параметрические и физико-химические свойства. Начало изготовления машины это изготовление заготовок, конец изготовления - испытание машины.

Совокупность всех методов которые обеспечивают все заданные параметры изделия являются технологическим процессом её изготовления.

Технология – методы с помощью которых обеспечиваются заданные параметры изделия. (наука, которая разрабатывает методы обработки материала , оборудования материала и т.д.)

Проектирование ТП ведётся в жёстких рамках двух требований:

1 – безусловное выполнение и соблюдения заданных параметров изделия (должны соблюдаться те требования которые задал конструктор). Если что-то нельзя выполнить в соответствии с требованием конструктора тогда создаётся запрос ЛЗТР (листок запрос технического решения) и получают ответ в виде ЛТР (листок технического решения)

2 – Достижения целей проектирования ТП должно обеспечиваться с наименьшими затратами.

ТПП – обеспечении полной готовности предприятия к производству изделия с соответствующими технико-экономическими показателями и с минимальными трудовыми и материальными затратами.

ТПП делиться на этапы

- конструкторский
- технологический
- организационный

Главной целью конструкторского этапа является получение полного комплекта конструкторской документации. Основные конструкторские документы здесь, это получение рабочих чертежей деталей спецификаций и сборочных чертежей. Конструктор предоставляет комплект конструктивных документов, которые разделяют всю конструкции на отдельные элементы.

Рабочая документация ориентированна на серийное и массовое производство.

Исходная информация для технологической документации является:

- конструкторская документация
- руководящая документация. ЕСТПП (единая система ТПП)
- каталоги, паспорта, книги, методические указания.

Основные этапы разработки технологического процесса:

- 1 – анализ исходной информации

- 2 – выбор технологического процесса
- 3 – выбор заготовки и метода её использования
- 4 – выбор технологической базы
- 5 – выбор технологического маршрута
- 6 – разработка самих технологических операций
- 7 – нормирование технологического процесса (времени, движения деталей,

цикличности)

- 8 – определение требований по производственной безопасности
- 9 – расчёт экономических показателей и эффективности
- 10 – документальное оформление технологического процесса.

Изучение и анализ чертежа

Для того, чтобы технолог мог хорошо представить условия работы детали и при проектировании мог правильно выбрать методы получения заготовок, изучаются чертежи. Анализ системы простановки размеров позволяет установить базы обработки поверхностей деталей и измерения.

При выборе вида заготовки стремятся к тому, чтобы заготовка по форме, точности и физическим составом более полно соответствовала параметрам детали, чтоб деталь получалась с наименьшими затратами. В заготовке обрабатываются только поверхности которые соприкасаются с другими поверхностями.

Лекция №4

Общая концепция широкофюзеляжных ЛА.

Большая вместимость, высокая надёжность конструкции, экономичность, большие ресурсы.

Для изготовления нужны большие полуфабрикаты – листы, прутья и т.д. из которых далее изготавливают детали. Это потребовало создание нового оборудования. Надёжность повышается путём внедрения различных новых материалов, которые плохо обрабатываются (титановые сплавы, керамика). Большие ресурсы требуются для обеспечения окупаемости.

Методы производства – отдельные способы изготовления деталей и их сборки.

Сама наука о методах производства включает то, какими методами можно изготовить изделия. Также даёт теоретические сведения технологического процесса.

Наука о средствах производства включает в себя основы проектирования, конструирования и расчётов технологического оснащения, выбор видов оснащения, компоновки, расчёт приводов, расчёт отдельных элементов на прочность, жёсткость, расчёт систем управления.

Соединение методов и средств производства в трудовом процесс людей называется производственным процессом, в результате этого создаётся готовое изделие.

Под производственным процессом понимается – совокупность всех действий людей и орудий производства осуществляемых для изготовления определённого изделия на предприятии. Это процесс сложен и разнообразен. Основную роль в производственном процессе занимают технологические процессы – непосредственное превращение в готовые изделия (содержит действия по последовательному изменению размеров, формы или состояния предмета труда и контроль всего этого). Для реализации технологического процесса на предприятии делятся на цеха и подразделения, которые подразделяются:

- основное (непосредственное изготовление деталей);
- вспомогательное (технологическое оснащение для основного подразделения);
- обслуживающие (не связанные непосредственно с технологическими процессами);

Цех – наиболее крупное подразделение любого предприятия.

Рабочее место – участок производственной площади, с соответствующим оборудованием для выполнения заданной работы. На нём размещены рабочие, предметы труда и оборудование. Они могут объединяться в производственные участки – группа

рабочих мест, которые группируются по предметному принципу, технологическому принципу (участок штамповки, литья и т.д.) смешанный производственный участок.

Совокупность производственных участков представляют (цех) производственную структуру.

Вид производства – классификационная категория (выделения из множества по каким то признакам подмножества) нужна для применения научных методов производства, выделяемая по признаку применения метода изготовления изделия.

Технологический процесс – состоит из технологических операций – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Операция является основной категорией, в которой планируется производство. Она может выполняться за один или несколько установов обрабатываемой детали.

Установ – часть технологической операции, которая выполняется при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки. Установ состоит из позиций.

Позиция – фиксированное положение, которое занимает неизменно закрепленная, обрабатываемая заготовка совместно с приспособлениям относительно инструмента. При каждом новом установе, чтобы изменить взаимное положение детали и инструмента нужно произвести перезакрепление. Каждая новая позиция осуществляется без перезакрепления детали, а лишь путём перемещения заготовки в новое положение специальным приспособлением.

Операции в свою очередь разделяются на переходы, которые в свою очередь делятся на технологические и вспомогательные.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, которая характеризуется постоянством применяемых инструментов и поверхностей непосредственно изменяют форму.

Вспомогательный переход – осуществляет от одного технологического перехода к другому связь.

Сами переходы бывают простыми и сложными (когда в работе участвуют несколько инструментов сразу)

Технологические переходы разбиваются на ходы: рабочие и вспомогательные.

Рабочий ход – заключительная часть технологического перехода, которая состоит из однократного перемещения инструмента, сопровождающиеся изменением свойств заготовки. (На больших заводах с массовым производством операции обрабатываться могут в разных цехах)

При изготовлении технологического процесса исходят из принципов:

- концентрации (укрупнения) - в одной операции нужно сосредоточить обработку как можно большее число поверхностей.

- дифференциации (разукрупнения) – количество операций увеличивается, но каждая из них упрощается.

Пределом концентрации является сосредоточение всей обработки детали в одной операции.

Пределом дифференциации является разделение процесса на операции каждая из которых состоит из одного простого перехода.

Типы и виды производства

Различают 3 вида производства:

- Массовое
- Серийное
- Единичное (опытное)

Коэффициент закрепления операции, $\hat{E}_{\text{зп}} = \frac{\Theta}{D}$ представляет собой величину, где делимое это всё число технологических операций за месяц, делитель – число рабочих мест.

Массовое производство характеризуется узкой специализацией, узкой номенклатурой и большими объёмами выпуска изделий.

Основные признаки массового производства:

- За каждым станком закреплена одна операция и они не переналаживаются на другие операции.
- Коэффициент закрепления операции стремится к 1
- Станки располагаются в порядке выполнения технологической операции
- Присутствие механизированных и автоматизированных устройств
- Отсутствие рабочих

Массовое производство бывает: поточное – операции по изготовлению имеют различную трудоёмкость и станки загружены не одинаково по времени, а производство в непрерывном потоке, где операции кратны выпуску деталей и равны по времени.

Такт выпуска детали:

$$T = \frac{60 \cdot \hat{O}_A}{N}$$

$$\hat{O}_A - \text{общая трудоёмкость детали (ч)}$$

$$N - \text{число станков}$$

Такт выпуска – интервал времени (в минутах) через который периодически производится выпуск деталей, определённого наименования, типа, размера.

Фонд времени определяется как календарный или номинальный фонд времени рабочего (из календарного вычисляются простои, ремонт, обслуживание и т.д.)

$$\hat{O}_A = \hat{O}_{\text{н}} - \hat{O}_{\text{пр}} = \hat{O}_j \cdot E_{\text{н}}$$

$K_{\text{н}}$ – коэффициент использования оборудования

$$\hat{O}_j = \tilde{N} \cdot n \cdot m ; K_{\text{н}} = 0,92 \div 0,96$$

$E_{\text{н}}$ – число смен

n – число рабочих недель

m – число рабочих часов в неделю

Производственная партия – предметы труда (детали) одного наименования и типа размера, запускаемые в обработку в течение определенного интервала времени при одном и том же заключительном временем на операцию.

Серийное производство – малая номенклатура, периодически повторяющиеся партии (серии) и большие объёмы производства. Бывают мелкосерийное, среднее и крупносерийное производство.

- Мелкосерийное $K_{30} = 20 \div 40$

- Среднесерийное $K_{30} = 10 \div 20$

- Крупносерийное $K_{30} = 1 \div 10$

При серийном производстве за каждым станком закреплено несколько операций. Детали перемещаются партиями. Уменьшение размера партии способствует сокращению незавершенного производства.

Размер партии деталей: $N_N = \frac{N}{A} \cdot f$ допускаемые в работу

N – годовой объём выпуска деталей (шт.)

A – число рабочих дней в году (253)

f – число рабочих дней на которые разрешается иметь незавершенное производство.

Единичное производство характеризуется малым числом изделий. Используются стандартные приспособления и измерительные приборы. Технологический процесс не детализирован до большого состояния. Чаще всего используется как опытное

кооперативное производство (регламентированное использования нескольких предприятий) которое позволяет перевести единичное производство в массовое.

Специализация производства – ограничение номенклатуры изготавливаемых изделий, схожих по свойствам.

Лекция №5

Производство летательных аппаратов Общие вопросы изготовления деталей ЛА

Сложность изготовления конструкции ЛА:

Большие габариты заготовок (как проще и точнее их получать). Прогрессивные процессы это методы литья, горячая и холодная штамповка в конструкции планера 5-6% литья, деталей горячая штамповка 14% заготовок, готовый листовой профиль 13%, различные трубы 3%, профили 65%. Основная доля для отлива на основе магния МА-8 и МА-5 (корпусные) и алюминиевые магниевые детали. Как правило, магниевые детали часто трескаются, что требует более частого осмотра.

Если детали находятся в двигателе ЛА то они подвергаются большому контролю качества литья.

Алюминиевые сплавы (АЛ-9, АЛ-9-1, АЛ-19) достаточно широко жидкотекучие и применяются к крупногабаритным деталям и герметичным профилям.

Титановые сплавы ВТ-5Т предназначены для замены стальных деталей.

Стали ВМПЗ, 35ХГСА – применяются в тонкостенных деталях сложной конфигурации.

Основные методы литья:

- Литьё в песчаной сырой форме
- Литьё по выплавляемым моделям
- Литьё в кокиле.

Главные условия качественного литья: качество исходного сырья, правильный подбор оборудования, выбор температур, термоциклирования, нужно чтоб не выгорали легирующие элементы при литье.

Для тонкостенных заготовок используется вакуумная компрессионная система. Расплавленный металл подаётся в форму под избыточным давлением инертно газа.

Штамповка. (15 тыч. Деталей изготавливаются для современных ЛА)

Современные методы расчёта статической и динамической части штампа очень сильно отработаны. Штампованные детали характеризуются большим количеством поверхностей, которые дальше не обрабатываются. В основном обрабатываются те места, где идёт сопряжение с другими деталями. Штамповка очень экономична и рентабельна. Около 60% штампов из алюминиевых сплавов, 15% –стальных сплавов, 12% - титановых сплавов, 7% - магниевых сплавов, остальные детали штампуют из бронзы, латуни и др. конструкторских материалов.

Методы горячей штамповки. (фитинги, качалки, щёки, рычаги, кронштейны, втулки)

Перед штамповкой производится оптимальный раскрой материала (чтоб не было лишнего материала), далее производят предварительный нагрев материала (быстроокисляемые материалы штампуются в атмосфере эндогаза). Материалы могут штамповаться в несколько заходов.

Операции штамповки:

- Фасонирование
- Прокатка, вальцовка
- Предварительная штамповка
- Обрезка слоя
- Окончательная штамповка (винтовой или гидравлический пресс)
- Калибровка на гидропрессе

Большую сложность представляют изготовление деталей с неравномерной толщиной. Для этого применяют электровысадку деталей (формирование фланцев) и неравномерный нагрев для штамповки.

Лекция №6

Существует 5200 наименований деталей которые обрабатываются на механических станках (точение, фрезерование и т.д.)

Из них: 75% из алюминиевых сплавов , 16% - стальных, 7% - титановых, 1% - магниевых.

Фрезерная обработка представляет наибольшую трудоёмкость.

Сейчас широкое применение получили станки с ЧПУ (числовым программным управлением). На них обрабатываются длинномерные плоскостные детали.

Математический синтез – имеет входной и выходной параметр в технологической модели (черный ящик). Задача синтеза сложной системы является получение из стохастического входного параметра, на выходе детерминированного выходного параметра (для авиаремонтного производства).

Основные принципы обработки (резание):

1. Заготовка на станине базировались, таким образом, чтоб совпадали системы координат детали с базами станка. Их направление должно совпадать с наибольшим количеством жесткости детали.
2. Количество точек, от которых начинается обработка (нулевых) должно быть таким, чтоб было предельно мало холостых перемещений инструмента.
3. Деталь изготавливались по всему технологическому циклу на одних установочных базах.
4. Надёжность крепления деталей при обработке.

Для корпусных деталей предусмотрены станки с ЧПУ со сменой обрабатываемого инструмента.

Формообразование крупногабаритных деталей

Применяются монолитные панели – обшивка, одновременно выполненная с подкрепленными и соединительными элементами. Эти элементы вызвали необходимость деформирования панели. Для этих целей применяют различные способы:

- Дробоударное формообразование (в том месте поверхности образуется поверхностный наклёп листа)
- Свободная гибка по участкам (технология близка к прессованию)
- Гибка, прокатка в валках (волновые станки)
- Обтяжное растяжное прессование (для обшивок двойной кривизны)

Для раскроя применяются раскройно-фрезерные станки с ЧПУ.

Упрочнение и термообработка

Подавляющая часть работоспособных свойств материалов обеспечивается в их поверхностных слоях. Поверхностные слои улучшают свои свойства за счёт термообработки, механического упрочнения и нанесения покрытий.

Термоупрочняются сплавы:

- алюминиевые Д-16
- магниевые ВТ-22, ВТ-14
- конструкционные 30ХГСА
- коррозионностойкие, жаропрочные 12ХНЗА

Для сварных узлов с титановым сплавом термообработка это обезводороживание и вакуумный отжиг (нагрев, выдержка и охлаждение вместе с вакуумными печами).

Крупногабаритные детали обрабатываются в шахтных печах.
Операция упрочнения: пластическая деформация для повышения сопротивляемости переменным нагрузкам, коррозии. Осуществляется в основном дробью.

Лекция № 7

Изготовления основных деталей АД

Наиболее нагруженная деталь в АД это лопатки.

Воздействия на лопатку:

- Газодинамический напор
- Значительный крутящий момент
- Колебания (являются источником вибрации)
- Высокие температурные нагрузки
- Эрозионное воздействие на лопатки

Двигатель должен быть максимально лёгок, должен обеспечивать рабочий процесс и минимальную вибрацию.

Температуры меняются по длине АД и меняются применяемые материалы лопаток. Лопатки подвержены различного рода загрязнениям (продукты сгорания АТ). Коксовые, лаковые и другие виды отложения ухудшают теплообмен лопатки и меняют её геометрию. Доступ к лопаткам затруднён и их очень много, поэтому лопатки должны быть надёжными, и имеет большой ресурс (больше чем АД).

Пережог (увеличение структуры зерна) под действием температуры, коррозии, вибрации меняют структуру лопаток.

Многообразие признаков лопатки обусловлено многообразием процессов её изготовления .

Главный элемент лопатки – перо – имеет сложную пространственную форму по высоте, закрутке, ширине.

Элемент крепления – замок (ласточкин хвост, елочка, проушина)

Для повышения жаростойкости лопатки подвергаются покрытию. Работоспособность реализуется прочностью внешних слоёв. Лопатки турбины делают из жаропрочного сплава ЖС6-КП.

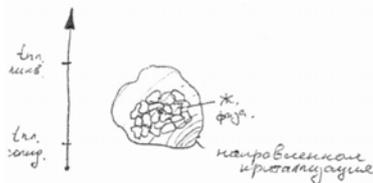
В массовом серийном производстве лопатки изготавливаются методом литья по выплавляемым моделям (а оболочковой форме), а также методом горячего деформирования (для деформируемых сплавов).

Технологический процесс литья с направленной кристаллизацией.

Из легкоплавких материалов в разборной пресс форме получают модель лопатки. Если она пустотела, то внутрь вставляют керамический стержень. Получившуюся модель покрывают силиконовой обмазкой, которая при высыхании образует прочную оболочку. Эта оболочка прокаливается в печи и из неё вытекает легкоплавкое вещество. Оболочка промывается, затем в получившуюся форму заливают металл.

Модели делают из парафина, канифоли и т.д. они ГОСТированы. Внутренние стержни формируются из электрокорунда с пластификатором. Они чистятся, покрываются и пропитываются лаком.

Модельная масса вымывается водой, потом формы сушатся и обжигаются (до 1100⁰С), а затем охлаждаются вместе с печью. Качество оболочки определяет качество отливка. Заливают систему при вакууме (через специальную вакуумную установку). Охлаждение ведётся методом высокоскоростной направленной кристаллизации.



Металл, как правило, выплавляют в индукционных частотных печах. Постепенное погружение залитых оболочек в ванну с жидким алюминием (680°C) погружают со скоростью 20 мм/мин (для кристаллизации). После кристаллизации их охлаждают на воздухе и керамику отбивают, вымывают внутренний стержень. После лопатку детектируют рентгеном (остаются документированное подтверждение).

Процессы последующего обработки минимальны, это полировка и контроль.

Методы для изготовления заготовок лопаток:

1) Электрохимический метод.

Заготовка это анод с положительным потенциалом, а инструмент по своей форме (пуансон и матрица) является катодом. Между катодом и анодом прокачивается электролит. Происходит анодное растворение болванки по форме задаваемой катодом. Катод постепенно обжимается в результате деталь занимает форму катода (электрохимическое объёмное копирование)

2) Электроэрозионный метод.

Между анодом и катодом проскакивает высококонцентрированный электрический заряд (через газовую установку), который преобразуется при попадании на деталь в тепловую энергию, которая взрывает расплавленную ванную и испаряет металл, удаляя его с поверхности. При этом этот процесс может проходить без прокачки электролита, а если он есть, то ещё происходит и коммутативное воздействие, образуя эрозионную лунку с поверхности заготовки. Эти методы грубее, но позволяют обрабатывать более сложнообрабатываемые материалы.

3) Электроконтактный метод

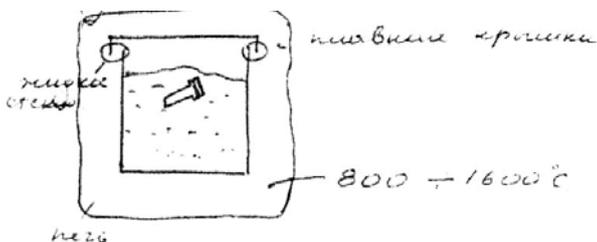
Инструмент (катод) по форме обжимает заготовку и между ними проскальзывает заряд. Тот же эффект постепенного удаления материала.

Операции при изготовлении лопаток:

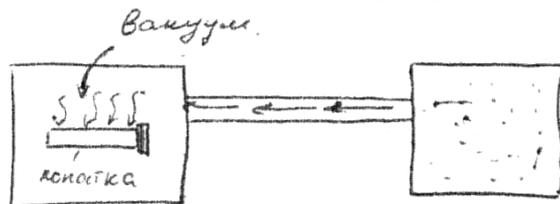
- Базовые установочные поверхности подвергаются фрезерованию и последующему шлифованию
- Остальные части кромки, клин хвостовика – протяжка или фрезерование
- Фрезерование елочных замков
- шлифование полочек
- Электрохимическая шлифовка абразивными лентами
- Электроискровой прожиг для образования периферийных отверстий
- Для малых отверстий применяют электродуговой прожиг электромагнитными “линзами” пучков. Отверстия становятся более гладкими, тепло, которое растворяет металл не успевает никуда раствориться, и поэтому нет повреждения соседних кристаллов и выжигания легирующих элементов.
- Прожиг лазером (импульсным методом)
- Заключительные операции для защиты лопаток – это покрытие алитирование (диффузионное насыщение поверхности пера алюминием).

Заключительные операции:

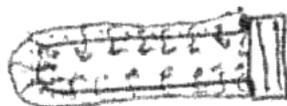
1 способ - Диффузионная металлизация (Насыпной метод с плавким затвором)



2 способ – Газовый (Метод принудительной подачи паров, из-за разности давления)



3 способ – Шликерный (метод обмазок пасты)



4 способ – Гель-метод (может выполняться без вакуума в муфельной печи)

Хромирование лопаток – насыщение хромом и алюминием (принцип тот же)

Для повышения ресурса лопаток применяют деформацию, виброупрочнение, т.е. создание наклёпа на поверхности.

Для контроля применяется магнитно-порошковый метод, цветная дефектоскопия, ультразвуковые и рентгеновские методы. Контролируется геометрия и поверхностный слой лопатки.

Диски

Элементы диска: обод с пазами, полотно, фланцы, ступица. Особенность дисков это тонкие стены полотна и большая длина по диаметру, сложная конфигурация обода и ступицы.

Технологические процессы: обдирка (точение), после каждой операции ультразвуковой контроль, термические операции, чистовая обработка, шлифование, фрезерование, протягивание, сверление, последняя операция это балансировка (в основном динамическая). Контроль поверхностей под посадку.

Валы

Имеют большие габариты по длине (полые внутри), имеют соединительные элементы для стыковки с другими валами, приводами. Изготавливаются из хромированных сплавов. Ответственные места перед цементацией (насыщение углеродом), шлифуются, а остальные меднятся.

Метод ротационного обжата (для листовых материалов).

Листовой материал разрезают на полосы, изгибают в окружность, стыки свариваются, и производится ротационное обжатие роликами (раскатывание).

Лекция №8

Сборка и испытание АТ

Общие вопросы сборки.

Особенности сборочных работ в авиастроении:

1. Многодетальность планера и большое количество конструктивных материалов.
2. Сложность пространственных форм и малая жесткость некоторых элементов планера.
3. Высокие требования к качеству сборки.
4. Большие линейные размеры планера.
5. Широкое кооперированное производство.

Сборочные работы проводятся в специальных цехах, требует большого количества соединительных элементов, сохранения форм после сборки, соединяемые детали должны сохранять форму.

В процессе сборки могут меняться:

- структура элементов производства: это связано с работами стыковки, удаления лишних элементов, замена одних на другие, изменения положения элементов конструкции.
- в процессе сборки может меняться макроструктура при присоединении, удалении, замене, перераспределении материала.
- может меняться микроструктура, появляться новые фазы, разрушение фаз, изменение и перераспределение фаз.

Основные пути повышения качества сборки:

1. Улучшение технологических изделий.
2. Создание новых прогрессивных методов и средств производства.
3. Применение средств механизации и автоматизации.
4. Оптимизация процессов и средств сборки.
5. Совершенствование технологической подготовки производства.

Технологическая подготовка производства включает в себя:

- проектирование технологического процесса
- проектирование и изготовления оснастки и её монтаж
- освоение персоналом операции сборки

Технологическая система сборочных работ – единый комплекс технологических операций в результате выполнения, которых отдельные элементы, входящие в конструкцию, занимают относительно друг друга положение и соединяются способами, указанными на чертежах изделия.

В общей теории систем существует понятие организованность – что организованное больше составляющих её частей (в смысле качества).

Структура сборочных единиц планера:

- Агрегат – часть планера, выполняющая одну из основных функций самолёта. Агрегаты делятся на отсеки по эксплуатационным и технологическим соображениям.
- Конструктивный узел – элемент конструкции воспринимающий определённую нагрузку, или другую специальную функцию.
- Панель – участок обшивки (отсека), подкреплённый силовым набором.
- Технологический узел – сборочный элемент конструкции, состоящий из двух или более деталей
- Деталь – монолитный элемент конструкции, выполняющий простейшие функции.

Схемы членения описывают расчленённость конструкции планера. Позволяет описывать конструкцию в виде графов.

Вся автоматическая система сборки основана на теории графов. Все конструктивно-технологические свойства изделий описываются как контуры.

Связи элементов конструкции.

В процессе сборки элементы изделий рассматриваются как твёрдые тела. Даже не жёсткие элементы рассматриваются в фиксированном состоянии.

Для оценки влияния деформационных погрешностей вводится коэффициент относительной жёсткости.

$$g_{mj} = \frac{\Delta j_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}}}{\omega_{j\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}} \cdot \hat{E}_{j\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}} \cdot \hat{E}_{j\ddot{a}}}, \text{ где}$$

$\Delta j_{\dot{a}\dot{a}\dot{o}}$ - поле допуска j-ой деформируемой детали

$\omega_{j\dot{a}\dot{a}\dot{o}}$ - поле рассеивания деформационной погрешностей

$\hat{E}_{j\dot{a}\dot{a}\dot{o}}$, $\hat{E}_{j\dot{a}}$ - коэффициенты приведения и запаса жёсткости

Если $g_{mj} \geq 1$, то элемент считается жёстким

Если $g_{mj} < 1$, то нежёстким и для обеспечения его фиксации требуется чтоб он был зафиксирован приспособлениями жёсткой формы.

Размерные цепи описываются в виде графов. Сами сборочные элементы классифицируются по технологическим признакам.

При сборке происходит образование формы сборочной единицы. Из разных форм деталей получаем сборочную единицу со своей формой. Реализуются геометрические контуры изделия. Если элементы недостаточно жесткие, то их надо базировать (такое состояние установочного элемента конструкции при котором он занимает требуемое положение в изделии и сохраняет это положение неизменным под действием возмущающих сил, которые неизбежны при сборке). Базирование достигается благодаря сборочной базе.

Сборочная база-совокупность поверхностей, линий, точек базового приспособления (элемента) сопрягаемого с базируемой деталью. Её точность должна обеспечивать точность положения базируемого элемента конструкции относительно других элементов собираемого изделия. Базовые элементы должны обеспечивать возможность фиксации базируемого элемента таким образом, чтобы парировать возникающие при сборке возмущения. Основными установочными базами являются:

- опорные (фиксируют изделия по одной точке)
- направляющие (фиксируют изделия по линии)
- основная (фиксирует по поверхности)

Основные системы сборки и способы базирования

1. Базирование по месту в изделии. В состав установочной базы входят сопрягаемые поверхности базовых элементов.

2. Базирование по разметке – состав установочной базы это сопрягаемые поверхности и контуры разметки.

3. Базирование по сборочным отверстиям – состав установочной базы – сопрягаемые поверхности и отверстия под заклёпки и болты.

4. Базирование по координато-фиксирующим отверстиям – в качестве установочной базы используется элементы сборочного приспособления.

5. Базирование в сборочном приспособлении – фиксация детали осуществляется прижатием к базовой поверхности.

Основные операции сборки:

1. Установка элементов сборочной единицы в требуемое положение относительно друг друга.

2. Соединение элементов

3. Формообразующие операции

4. Балансировка

5. Операции контроля.

Сборочные работы делятся на:

- узловую сборку

- агрегатную сборку (собираются отсеки)

- общая сборка (узлы, агрегаты, детали окончательного соединения)

Основные операции установки элементов сборочной единицы.

Служат для образования формы сборочной единицы (для реализации геометрических контуров изделия).

Основной алгоритм:

1. Перемещение элемента в зону установки
2. Базирование на элементах сборочной базы
3. Закрепления, фиксация.

Элементы сборочной единицы из свободного переходят в связанное состояние. При проектировании процессов установки необходимо обеспечить лёгкодоступность элементов. Переход в несвободное состояние осуществляется путём реализации перемещения элемента относительно ранее установленных элементов или деталей оснастки. На пути могут оказаться такие элементы, которые могут препятствовать такому перемещению или делать траекторию перемещения очень сложной, поэтому сборку надо спроектировать таким оптимальным образом, чтобы обеспечить возможность доступа элемента и средств оснащения в зону сборки.

Операции выполнения соединений элементов сборочной единицы. Соединения классифицируются:

- соединение силовыми точками (заклёпки, болты)
- непрерывным швом (пайка, сварка)
- комбинированное соединение.

Для силовых точек характерны операции образования:

- отверстия и гнёзд для силовых точек
- получение требуемого качества отверстий
- установка соединительных элементов и процесс соединения.

Для непрерывного шва характерны операции:

- образования формы свариваемых кромок
- подготовка поверхности
- предварительная сборка и доработка сопрягаемых поверхностей
- очистка поверхностей в зоне шва
- образование соединительного шва

Для комбинированной группы характерны операции:

- доводочных работ
- отчистка поверхностей или специального покрытия

Важнейшим свойством конфигурации элементов конструкции является характеристика допуска в зону соединения и характеристики размеров.

Точность и взаимосвязь при сборке

Точность – показатель качества контура, степень соответствия параметрам контура будут лежать в пределах поля допуска.

Если элементы взаимозаменяемые в конструкции, то погрешности их контура лежат внутри поля допуска.

Суммарное поле рассеивания погрешности замыкающего звена размерной цепи определяется суммой погрешностей формообразования детали, погрешностями установки, погрешностями соединения и неустановленными факторами.

Уменьшение поля рассеивания может достигаться разными методами:

- Увеличение точности (растёт стоимость)
- Увеличение относительной жёсткости (утяжеление конструкции)
- Уменьшение размера сборочной цепи (чем меньше делать, тем она надёжней)
- Применение метода прямого базирования (удаление промежуточных баз, элементы базируются друг относительно друга)

Точность и взаимозаменяемость при изготовлении ЛА

Качество ЛА определяется реализацией его геометрических и аэродинамических характеристик. Большое значение имеет их однозначное определение. Имеет большое значение лингвистика.

Геометрические характеристики фюзеляжа даются в базовых координатах.

Наука о взаимозаменяемости – возможность производить сборку ЛА без дополнительной пождгонки элементов конструкции. Это достигается тем, что детали изготавливаются в пределах допусков.

Изготовление деталей планера (большие габариты и малая жёсткость) обеспечивается два метода взаимозаменяемости:

- плазовошаблонный метод
- макетноэталонный метод

Теоретический плаз.

Сущность плазовошаблонного метода заключается, что для всех сопрягаемых элементов планера создаётся единый эталон внешних форм и размеров в виде теоретического плаза (представляет собой чертеж изделия в натуральную величину со всеми проекциями и сечениями, их обычно делают металлическими).

Основные элементы: плазовый стол, панели плаза.

Конструктивный плаз – копия соответствующего профиля (контура) теоретического плаза. Выполняется на прозрачном материале. На конструкторском плазе дополнительно вычерчивают все детали, которые входят в это сечение, указывают оси, наносят буквенную информацию. И его используют для изготовления шаблона.

Шаблон – плоский носитель формы и размеров деталей и других сборочных единиц. Изготавливается из листовой стали 1,5 мм. В них сверлят отверстия: базовые, сборочные, направляющие, шпилечные, инструментальные и другие. На шаблонах наносят оси и всю информацию для производства.

Базовые отверстия служат для правильной установки шаблона на теоретический плаз (правильно установить оси и т.д.).

Сборочные отверстия служат для правильной разметки детали при сборке.

Направляющие отверстия служат для рассверливания детали без дополнительной разметки.

Шпилечные отверстия служат для установки детали на формировочные блоки.

Инструментальные отверстия служат для правильного фиксирования деталей для штамповочной сборки.

Шаблоны бывают красного цвета (основные) по ним делают рабочие шаблоны (чёрные). Рабочие шаблоны используются непосредственно при изготовлении ЛА.

Классификация шаблонов:

— контрольно-контурные (основной шаблон служит для изготовления технологической увязки, контроля основных шаблонов и приспособлений)

— производственные шаблоны:

1. контура – для изготовления увязки и детального контроля контура и шаблонно штамповочной оснастки

2. внутреннего контура – для формообразования внутренних поверхностей, оправок

3. развёртки деталей – плоские заготовки, контуры вырубных штампов, фрезеровки

4. контура сечения – изготовления формы блоков

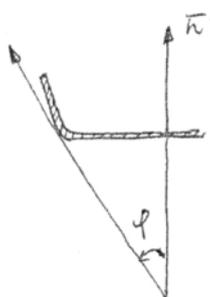
5. заготовки для изготовления разметки заготовок сложной формы

6. гибки – указывает, как правильно гнуть трубы, листы.

7. каркаса рабочих сечений – разметка деталей сложной формы

8. Обрезки – для сверления
9. Химического фрезерования, по которому размечается деталь, затем она химически фрезеруется.

Малка – угол между нормалью к плоскости стенки и касательной в данной точке к внешней поверхности отбортованной стенки (её имеют шпангоуты, нервюры).



Величину малки наносят на конструкционные плазы и шаблоны

Сборочная оснастка в системе инструментального стенда м плазкондуктора. Инструментальный стенд служит для точной установки в пространстве фиксированных узлов и приспособлений. Он имеет координатные линии и фиксаторы для точной установки. Плазкондуктор служит для увязки осей крепёжных отверстий и фиксирующих элементов конструкции с их рабочим контуром.

Макетноэталонный метод.

Создаётся макет (эталон) поверхности агрегата, по нему изготавливают слепки из песко-клеевой массы, далее по этим слепкам формируют пуансоны и матрицы для формовки деталей. Этот метод применяется в основном для лёгких типов ЛА.

Перспектива развития методов взаимозамен.

В процессе формообразования осуществляется геометрическая увязка деталей (согласование форм, размеров, соприкосновения поверхностей, деталей и узлов).

Автоматизированные системы проектирования (САПР) могут быть заменой плазо-макетного метода.

Лекция №10

Характеристика процессов получения соединений с применением клёпки, сварки, пайки и т.д.

Наиболее трудоёмким процессом сборки является соединение посредством болтовых и заклёпочных соединений.

Алгоритм технологического процесса с применением болтового и заклёпочного соединения:

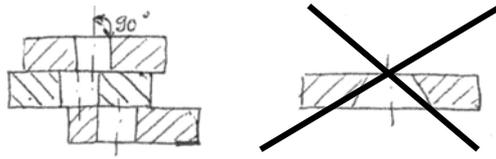
1. Образование отверстия под заклёпку или болт
2. Доводка размера до требуемого класса шероховатости и точности
3. Обработка гнезда под головку
4. Вставка заклёпки или болта в отверстие
5. Образование замыкающие головки заклёпки или навинчивание гайки
6. Контролька

Образование отверстий

Обычно производится сверлением отверстия. Режимы сверления приводиться в конструкторско-технологической документации.

Для обычных заклёпок диаметр отверстия на $0,1 \div 0,2$ мм больше диаметра заклёпки. Болт или заклёпка должны вставляться в отверстие от руки.

Специальные заклёпочные соединения: соединения плотной посадки (а так же скользящей) для таких отверстий соединения отверстия дополнительно обрабатываются (зенкование, развертывание, протягивание). Основное требование при сверление таких отверстий – обеспечение прямолинейности и перпендикулярности к отверстию.



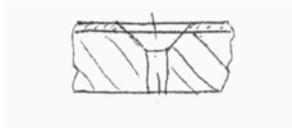
Существуют специальные таблицы, в которых для каждой заклёпки рекомендуются параметры и режимы образования отверстия.

При образовании заклёпочных соединений важно обеспечить лёгкодоступность там где клёпка идёт стержневыми отверстиями (двухсторонний подход к зоне заклёпки). Все заклёпки имеют свою маркировку. Классифицируются по типу головки, марки материала, длине и диаметру.

Пример: 3501 А5-12 З

Здесь 3501 – заклёпка с плоской головкой из материала В-65, А – авиационная, диаметр - 5, длина -12.

Потайная клёпка тонколистовых обшивок затрудняется тем, что при зенкование гнезда под закладную головку прорезается лист и частично прорезается элемент каркаса.



В таком случае может не обеспечиваться нормальное сжатие пакета. Зенкованием отжимается лист от каркаса, поэтому применяют специальные заклёпки с уменьшенной головкой.

Полукруглые головки с наплывом используют там, где нет аэродинамических поверхностей.

При потайной клёпке толстолистовых обшивок возникают трудности в обеспечение натяга по всей высоте пакета. Компенсатор обеспечивает заполнение пакета на определённую глубину. Для их установления применяют заклёпки с головками в форме двойного конуса.



=> при такой клёпке не даётся обеспечить хорошую аэродинамику.

Стержневые заклёпки.

Имеют первоначально сформированные головки. Клёпка идёт с обеих сторон пакета. Такие заклёпки высокоресурсны и герметичны за счёт высокой заполняемости. Формируются на длинных панелях. Диаметр стержня достигает 10 мм.

Особенности установки болтовых и болт-заклёпачных соединений.

Болт, как правило, обрабатывается антикоррозионным покрытием. Болт устанавливается в шайбой с обеих сторон. Важно, что гайка должна свободно наворачиваться от руки. Все гайки завинчиваются с определённым моментом.

Изготовление клееных слоёных панелей и сотовых конструкций.

Это хорошая замена клёпке и болтовым соединениям. Преимущества слоёных конструкций:

- На 15% повышение усталостной прочности
- Увеличение ресурса в 2 раза
- Увеличение коэффициент использования материала
- Улучшение аэродинамики
- Хорошо противостоит вибрации и шуму
- Сильно развитое внутреннее трение
- Внутренняя герметичность

— Способность соединять разные материалы.

Клееные панели требуют тщательного соблюдения технологии. Важно точное прилегание слоёв с зазором до 0,1 мм. Предварительно производится обтяжка на прессах, она последовательна (засверливание, химическая обработка). Тщательно контролируется качество на всех этапах. Важно отсутствие посторонних веществ.

Лекция № 11

Монтажные работы

Представляют собой установку и крепление элементов оборудования, прокладка коммуникаций, соединение монтажных систем.

Делятся на 4 этапа:

1. Подготовка к монтажу (расконсервация элементов, комплектование оборудование, зачистка и т.д.)
2. Установка и крепление агрегатов
3. Прокладка и крепление агрегатов
4. Соединение оборудования и коммуникаций между собой

Монтажные работы имеют особенности:

- монтаж в стесненных условиях
- до окончательной подгонки оборудования по месту установки используются макеты этого оборудования
- выдерживаются заданные зазоры между оборудованием и планером. А готовые изделия устанавливаются по месту
- стыковочные элементы электросистемы подвергаются металлизации.

После монтажных работ проводятся испытательные и регулировочные работы. После этого внутренние полости продуваются, промываются, вычищаются, а затем пломбируются.

Монтаж АД осуществляется после распаковки и расконсервации.

Шасси монтируется после того, как будет осуществлена полная его кинематика на стендах. Монтаж заключается в присоединение элементов системы управления, трубопроводов, регулировки и т.д.

Монтаж системы управления состоит из установки, регулировки и испытания элементов системы управления. Система соединяется в единое целое. После окончания установки краской делаются метки контроля затяжки. После завершения монтажа проверяют зазоры между подвижными и неподвижными элементами. Для тросовой проводки перед монтажом тросы растягиваются с усилием в половину усилий разрыва (вытяжка) и обязательно следят, чтоб ось тросов проводки лежала в плоскости роликов (не было перекосов).

Гидрогазовые системы. Здесь важно соблюдение правил техники безопасности. При работе с системами в возможном газообразовании работают омеднёнными инструментами.

Повышение надёжности бортового оборудования:

- повышение достоверности результатов контроля
- совершенствование методик
- совершенствование контрольных операций
- улучшение инструментальной базы

Этапы испытательной работы:

1. Испытание систем (стендовые, наземные)
2. В составе ЛА
3. Лётные испытания

В цехе окончательной сборки находится комплексная испытательная система (КИС). На КИС проверяются функциональное взаимодействие систем. Это этап подготовки к лётным испытаниям. На КИС отрабатывается радиооборудование, радиолокация, электрооборудование, СУ, шасси.

В составе ЛА испытания происходят на специальных деавиационных площадках (коррекция самолетной навигации). Самолёт взвешивают, определяют центровку а затем отправляют на лётные испытания.

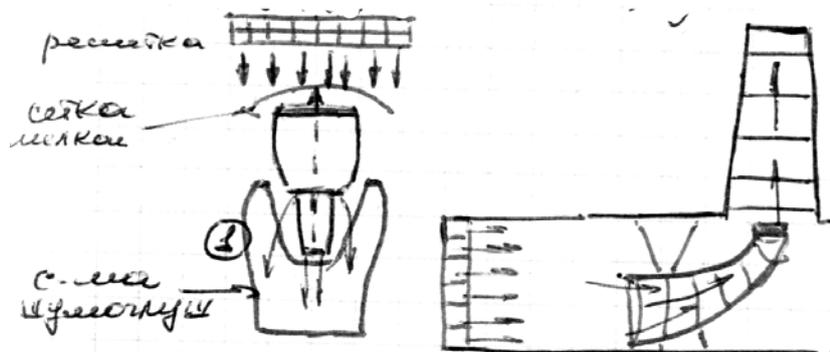
Лётные испытания служат для определения соответствия нормам лётной годности. Они делятся на наземные предполётные испытания (испытания оборудования) и лётные (всё что касается НЛГС). У каждого члена экипажа своя независимая программа испытаний.

Испытания двигателей

Испытания проводятся стендовые. В результате испытаний осуществляется приработка всех деталей (основная задача). Так же производится проверка качества изготовления и сборки двигателя. Отладка параметров двигателя и контроль этих параметров.

Двигатель испытывают на моторо-испытательной станции (МИС). Она состоит из помещений:

1. Испытательный бокс (где испытывают)
2. Помещение подготовки АД (расконсервация, снятие заглушек, крепление и установка агрегатов)
3. Технологическое помещение (установка для подачи топлива, энергии, воды)
4. Помещение для оператора-испытателя (пульт управления, ЗАО обработки информации)
5. Цех консервации и упаковки



Подвижный испытательный стенд

