

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(национальный исследовательский университет)»

В.П. Курбатов

**Сборка авиационных двигателей и энергетических
установок**

Электронный курс лекций

САМАРА
2010

Автор: КУРБАТОВ Валерий Павлович

Курс лекций предназначен для студентов, обучающихся по специальности: 160301 «Авиационные двигатели и энергетические установки», изучающих курс: «Сборка АД и ЭУ», и в рамках магистерской программы «Энергетика, экология и двигательные установки ракетных и космических систем» по направлению 160700.68 «Двигатели летательных аппаратов».

**© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010**

Литература:

1. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Долматов А.И., Корневский Е.Я., Мозговой В.Ф. Технология производства авиационных двигателей. Учебник. – Запорожье, изд. ОАО «Мотор Сич», 2009 г. – 341 с.
2. Никитин А.Н., Серебренников Г.З. «Технология сборки и автоматизации производства ВРД», 1992 г.
3. Захаров В.А. «Пути достижения заданного качества при сборке ГТД», 1988.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью данной дисциплины является получение студентами необходимых теоретических и практических знаний в области технологии сборки авиационных двигателей и энергетических установок, позволяющих проектировать технологические процессы сборки типовых сборочных единиц и проводить анализ технологичности конструкции изделия.

Освоение студентами теоретических основ проектирования технологических процессов сборки, базирования, точности выполнения, точности выполнения сборочных параметров, знание законов построения технологических процессов сборки типовых сборочных единиц – главные задачи, которые решаются при изучении данной дисциплины в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта по специальности 160301.

В результате изучения данной дисциплины специалист должен знать:

- конструктивно-технологические характеристики собираемых изделий, определяющих структуру технологических процессов сборки;
- современные методы организации сборочных работ;
- способы расчета точности сборочных параметров и методы достижения заданной точности при сборке;
- требования к технологичности конструкции изделий применительно к процессу сборки;
- технические требования, предъявляемые к сборке неподвижных и подвижных соединений и передач. Основные способы сборки типовых соединений и передач;
- основные методы балансировки роторов;
- особенности конструкции и технические требования, предъявляемые к сборке основных сборочных единиц (компрессор, турбина др.). Состав и последовательность операций технологического процесса сборки;
- способы контроля качества при узловой общей сборке;
- основы проектирования технологических процессов узловой и общей сборки.

ПОНЯТИЕ ОБ ОБЪЕКТЕ СБОРКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ СБОРКИ. ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРОЧНЫХ РАБОТ

Технологический процесс сборки является заключительным и наиболее ответственным этапом производственного цикла двигателей летательных аппаратов и энергетических установок.

Технологический процесс сборки – это процесс соединения взаимно ориентированных составных частей изделия, осуществляемый в определенной последовательности различными способами (свинчивание, сварка, пайка, склеивание, запрессовка, клепка) или совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности с целью получения узла двигателя, отвечающего заданным технологическим требованиям.

Технологический процесс сборки имеет ряд особенностей, отличающий его от других технологических процессов.

Первая – этот процесс является завершающим и потому наиболее ответственным этапом производственного цикла ДЛА, как и многих других машин. Надежность и долговечность изделия, его важнейшие параметры – мощность (тяга), удельный расход топлива и другие – в значительной степени определяются уровнем технологии и качеством сборки. Отступление от основных требований технологии сборки, предусмотренных документацией, служат, как правило, причиной выхода двигателя из строя при стендовых испытаниях или в эксплуатации.

Вторая – процесс сборки отличается сложностью. Это объясняется тем, что в отличие от предшествующих процессов, объектами которых служат детали или заготовки, объектами сборки являются более сложные, специфицированные изделия вплоть до законченных узлов. Соответственно возрастает число выходных параметров (геометрических, кинематических, электрических и др.), подлежащих соблюдению.

Третья особенность – относительно высокая трудоемкость, связанная с низким уровнем механизации. В среднем трудоемкость сборки составляет 30% от общей трудоемкости изготовления.

Технологический процесс расчленяется на операции, являющиеся основными элементами процесса.

Операция – часть технологического процесса сборки, выполняемая над определенным объектом (изделием, узлом) на определенном рабочем месте одним или несколькими рабочими до перехода к сборке следующего объекта. Операция может делиться на переходы.

Переход – часть операции, выполняемая над определенным соединением без смены инструмента или оборудования.

При разработке технологического процесса изделие необходимо расчленить так, чтобы конструкция элементов позволяла производить сборку их независимо друг от друга.

Под элементами понимают узлы и подузлы, которые называются сборочными единицами.

Узлом называется соединение двух или нескольких деталей вместе, которое идет на сборку двигателя непосредственно.

Подузлом называется также соединение двух или нескольких деталей вместе, но подузел входит составной частью более крупного узла.

Деталь – изделие, изготавливаемое из однородного материала без применения сборочных операций (лопатки, валы, диски, шестерни).

Наиболее крупные узлы, отличающиеся самостоятельностью функций, называются группами.

Различают узлы:

конструктивные – узлы, характеризующиеся самостоятельностью функций, выполняемых в изделии.

технологические (сборочные) узлы, характеризуются независимостью и самостоятельностью их сборки;

конструктивно-сборочные – если конструктивный узел является сборочным. Пример - компрессор с передней опорой (П.О)

Всегда желательно, чтобы конструктивный узел был и сборочным.

Конструктивно-сборочные элементы принято изображать в виде схем, в которых узлы, подузлы и детали представляются в порядке их введения в технологический процесс сборки.

Базовая деталь – на ее основе ведется сборка подузла, узла.

Базовый узел - на его основе собирается изделие.

Наличие схемы упрощает проектирование технологии сборки.

Исходные данные для проектирования ТП сборки:

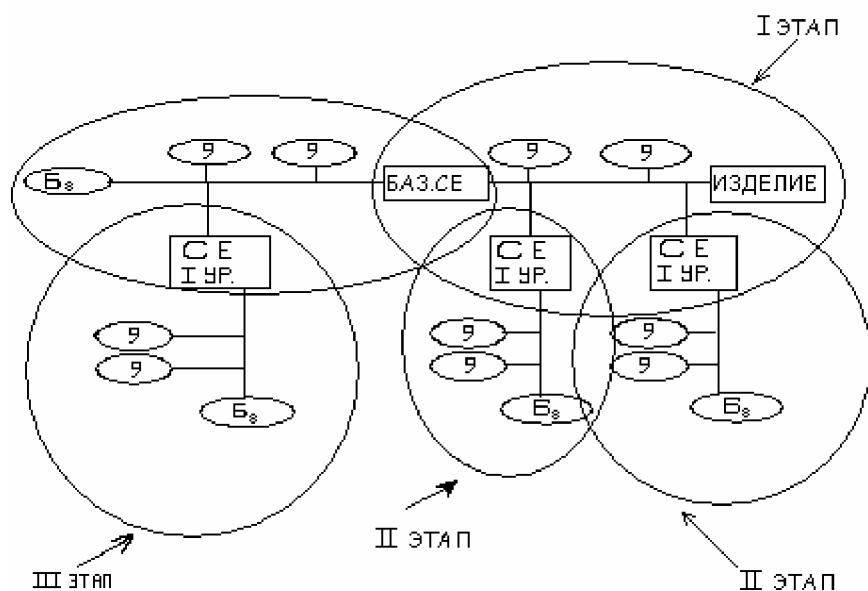
1. Сборочные чертежи и спецификации узлов и деталей.
2. ТУ на сборку и приемку готовых изделий.
3. Программное задание.

Основные этапы производства ТП сборки

1. Изучение чертежа собираемого изделия и технологических требований.
2. Выбор типа производства на основе заданной программы выпуска.
3. Построение принцип схемы сборки.
4. Произведения маршрута ТП
5. Выбор оборудования и подъемно-транспортных средств
6. Назначения технологических требований к сборке
7. Выбор методов и средств контроля качества сборки
8. Нормирование операций ТП
9. Оформление ТП на операционных картах
10. Расчет потребного количества рабочих, оборудования и производства площадей
11. технологическая планировка цеха

Построение принципиальной схемы сборки

Принципиальная схема сборки показывает последовательности формирования изделия из отдельных сборочных единиц и деталей.



На втором этапе составляется схема сборки для каждой СЕ первого уровня
Достоинство:

1. Наглядность
2. Позволяет применять ТП сборки широким фронтом II-но, несколькими технологами.

ТП сборки состоит из трех групп операции:

1. Подготовительные операции
2. Сборочные операции
3. Контрольные операции

Организация сборочных работ

СР

- Бригадные и операционная форма сборки
- Поточная сборка
- Организация рабочего места сборщика
- **Точность сборки, методы заданной точности сборочного параметра**

1 Классификация сборочных параметров.

В сборочных чертежах и ТТ конструктор указывает большое количество сборочных параметров, которые нужно проконтролировать и обеспечить при сборке, все эти сборочные параметры подразделяются на две группы:

- 1 Геометрические сборочные параметры;
- 2 Физические сборочные параметры.

Геометрические – натяги, координатные размеры.

Физические – механические, гидравлические, магнитные, и т.д.

Исходные данные и порядок определения допусков на сборочные параметры

Основными исходными данными при назначении допусков на сборочные параметры является допустимое отклонение экспериментальных характеристик двигателя, на которые влияют данные сборочные параметры.

$Y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$; $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – сборочные параметры, Y – экспериментальный параметр.

В производстве каждый сборочный параметр имеет погрешность:

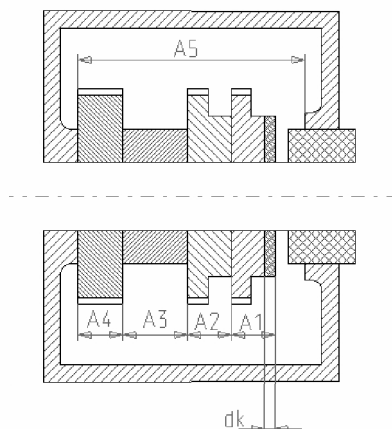
$wY=f(x_1 + wx_1 + x_2 + wx_2 + \dots + x_n + wx_n)$; $wY \leq TY$; TY – допуск на экспериментальную характеристику.

Расчет точности геометрических сборочных параметров

В настоящее время расчет точности геометрических сборочных параметров производится с помощью сборочных размерных цепей. В зависимости от вида записи, входящей в РЦ – эти цепи могут быть: 1) линейными или скалярными; 2) векторными, (встречаются так же смешанные РЦ).

Применения РЦ с линейными звеньями для расчета точности сборочных параметров

Такие цепи используются при определении точности на диаметральные и осевые зазоры, натяги, установочные длины и т.п.



Составляющими звеньями сборочного РЦ является размеры отдельных деталей, входящий в единицу. Однако, крепление этих размеров в РЦ обычно вводят еще два звена A_k^c и A_{k+1}^c ,

где A_k^c – есть звено выражающее суммарное изменение всех увеличивающих звеньев, в процессе сборки изделия;

A_{k+1}^c – то же для уменьшающих звеньев.

Причины – упругая или пластичная деформации, которые протекают во время сборки.

Для расчета размерных цепей созданы ГОСТы: ГОСТ 16319-80, ГОСТ 16320-80, РД50-635-87.

Расчеты могут быть проектными и для действующего производства. Для действующего производства известно w_{Ai} и Δw_{Ai} , когда ведется проект

расчета эти величины неизвестны, тогда при проектных расчетах $w_{Ai} = T_{Ai}$; $\Delta w_{Ai} = \Delta o_{Ai}$.

$$1 \quad A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_{A_i} A_i; \quad \xi_{A_i} - \text{передаточное отношение. } \xi = \frac{\delta A_{\Delta}}{\delta A_i}.$$

Если составные звенья П-го замыкаются, то $\xi_{A_i} = +1$, для увеличения зв., -1 для уменьшения зв. $\xi_{A_i} = +\cos \gamma_i$ - увеличение зв., - $\cos \gamma_i$ - уменьшение зв.

$$2 \quad \Delta \omega_{A\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_{A_i} \Delta \omega_{A_i};$$

3 $\omega_{A\Delta}$ - может быть рассчитана двумя методами:

- 1 метод максимумов – минимумов;
- 2 методом предельного значения.

$$4 \quad \omega_{A\Delta} (\max - \min) = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_{A_i} \omega_{A_i}$$

Преимущество: простота расчета.

Недостаток: рассчитанное значение сильно отличается от действительного, иногда в несколько раз

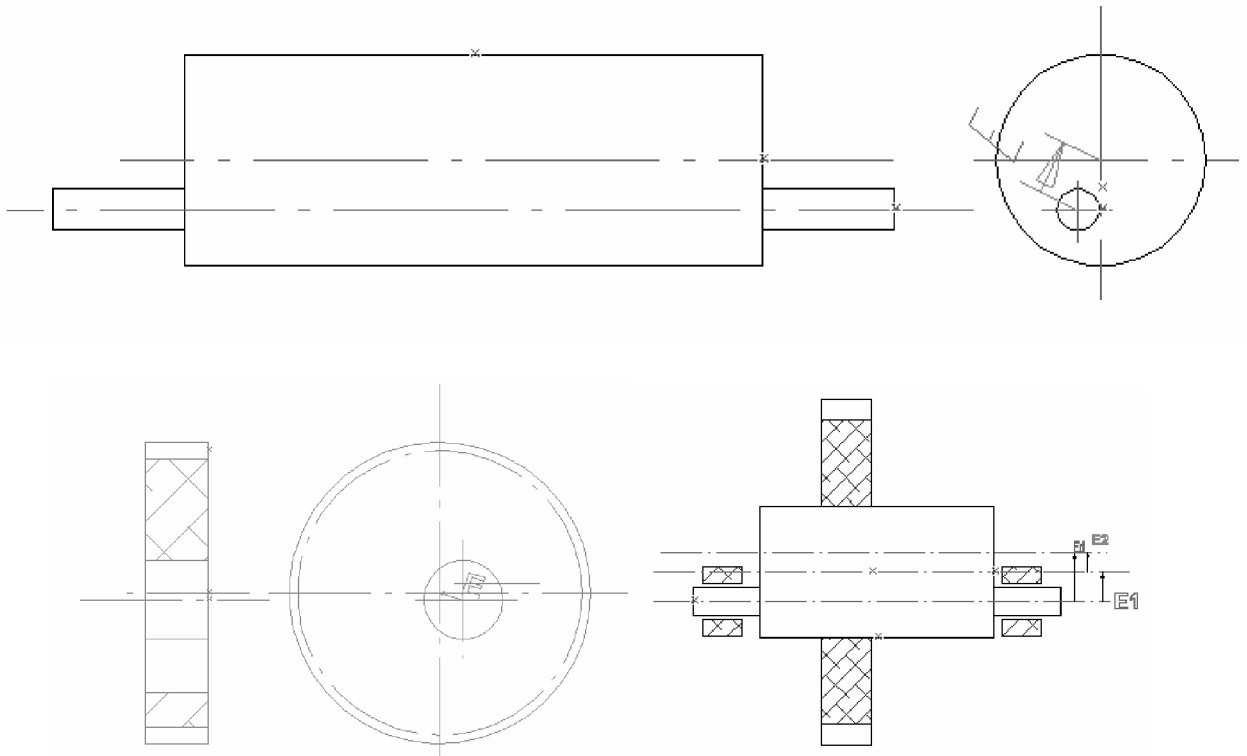
Более правильные расчеты базируются на теории вероятности. Исследованиями установлено, что в много звеньевом РЦ законы Россини замыкают звено примыкает к закону Гаусса. На основании этого и составляется расчетная формула.

$$\omega_{A_{\Delta}(\text{exp})} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} \xi_{A_i}^2 \lambda_{A_i}^2 \omega_{A_i}^2}$$

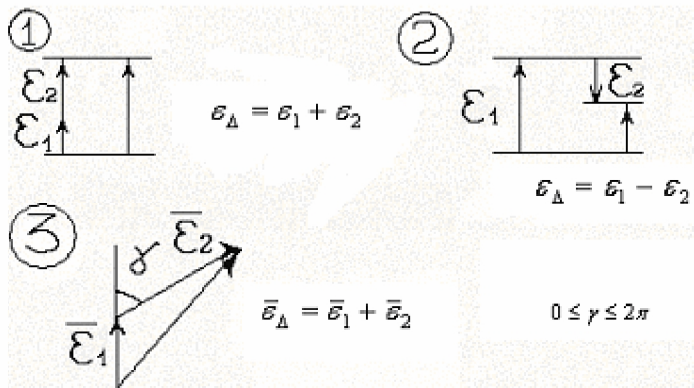
t_{Δ} - коэффициент риска. $t_{\Delta} = f(P\%)$;

λ_{A_i} - показывает закон классификации составляющих звеньев.

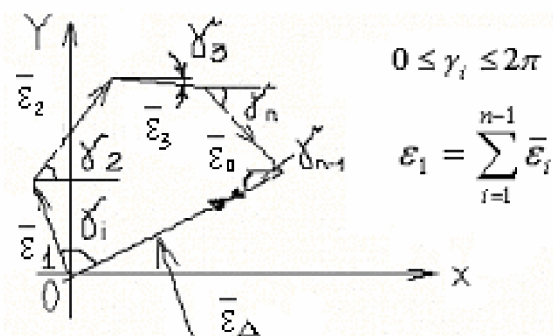
Расчет точности геометрических параметров с помощью векторных размерных цепей



Такие цепи используются при определении точности радиального расположения поверхности вращения в СЕ.
Частные случаи:



Для многозвенной РЦ



Лекция 3.

Для проектных расчетов используется два метода определения погрешности рассеивания

1 – метод max-min

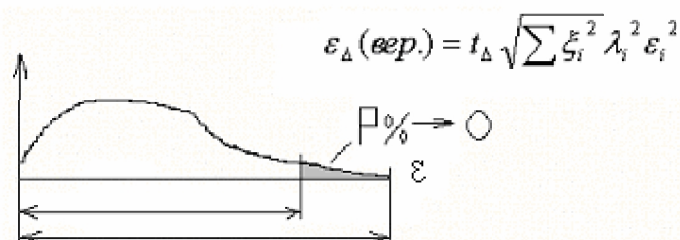
$$\varepsilon_{\Delta} (\text{max} - \text{min}) = \sum_{i=1}^{n-1} \varepsilon_i$$

Достоинство: простота

Недостаток: расчетные значения сильно отличаются от действительных

2 – Более правильные расчеты должны проводиться на базе теории вероятности. При таких расчетах необходимо знать закон рассеивания замкнутого звена.

Исследование установлено, что в многозвенной РЦ с векторными звеньями закон рассеивания замкнутого звена подчиняется закону Релея



t_{Δ_e} – коэффициент риска для вектора РЦ

ξ_i – передаточное отношение

λ_{b_i} – учитывает закон рассеивания замыкающего звена

$\lambda_{b_i}^2 - \frac{1}{13}$ закон Релея

$\lambda_{b_i}^2 - \frac{1}{7}$ закон Гаусса

$\lambda_{b_i}^2 - \frac{1}{6}$ закон равновероятностный

Методы достижения заданной точности сборочного параметра (Рис.1)

$$\omega_{A_{\Delta}(MAX-MIN)} \leq T_{A_{\Delta}} \quad 1. \text{Метод полной взаимозаменяемости.}$$

$$\left[\begin{array}{l} \omega_{A_{\Delta}(MAX-MIN)} > T_{A_{\Delta}} \quad 2. \text{Метод неполной взаимозаменяемости.} \\ \omega_{A_{\Delta}(BEP)} \leq T_{A_{\Delta}} \end{array} \right.$$

$$\omega_{A_{\Delta}(MAX-MIN)} \gg T_{A_{\Delta}} \quad 3. \text{Метод групповой взаимозаменяемости, метод пригонки, метод регулирования компенсатором.}$$

1. Метод полной взаимозаменяемости

При сборке по данному методу все детали влияющих на сбор, параметр изготавливается с такой точностью, при которой во всех случаях без исключения обеспечивается заданный допуск на сборочный параметр:

$$\omega_{A_{\Delta}} (\max - \min) = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_{A_i} T_{A_i} = T_{A_{\Delta}}$$

Достоинство:

- 1 – простота сборки
- 2 – наименьшая трудоемкость сборки
- 3 – возможность ремонта изделия
- 4 – легко осуществлять поточное производство
- 5 – легко осуществлять кооперирование различных производств

Недостаток:

При большом числе звеньев РЦ требует очень жесткие допуски на размер сост. звеньев, которые приводят к резкому росту стоимости изготовления деталей.

$$T_{A_i} (cp) = \frac{T_{A_{\Delta}}}{n - 1}$$

$$T_{A_{\Delta}} = 0.05, \quad n-1=5$$

$$T_{A_i} (cp) = 0.01, \quad \text{Если количество зубчатых колес увеличилась: } n-1=10$$

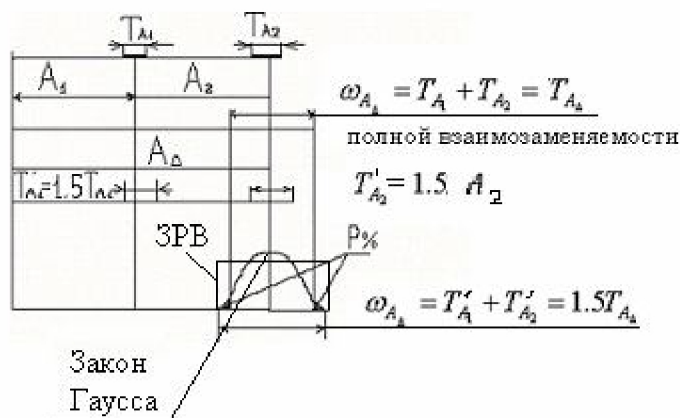
$$T_{A_i} (cp) = 0.005$$

Область применения: при малом количестве числа составных звеньев, при большом T_A

2. Метод неполной взаимозаменяемости

Сборка по данному методу производится аналогично предыдущему без всякой сортировки подбора, но при этом допуски на изготовление деталей расширяют на 30-50% по сравнению с методом полной взаимозаменяемости, то есть делают их более экономически выгодными.

Сравнительные схемы методов полной и неполной взаимозаменяемости.



Допустимый процент риска находится из экономических соображений

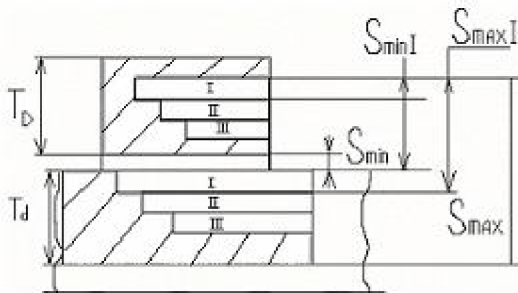
$\sum_{i=1}^{n-1} \mathcal{E}_i$ -сумма экономии труда и средств в механическом цехе (N-годовая программа).

$\Pi_{сб} \frac{P\%}{100} N$ -потери в сборочном цехе при переборке изделий.

$$N \sum_{i=1}^{n-1} \mathcal{E}_i = \Pi_{сб} \frac{P\%}{100} N$$

$$P\% = \frac{\sum \mathcal{E}_i}{\Pi_{сб}} 100\%$$

3. Метод групповой взаимозаменяемости



$$w_{S_A} = T_D + T_d = 3T_{S_A}$$

$$w_{S_A} (\text{группы}) = \frac{T_D}{3} + \frac{T_d}{3} = T_{S_A}$$

При групповой взаимозаменяемости заданный допуск на замыкающее звено получается для всех изделий, но при условии, что в комплект изделий входят детали, принадлежащих только одной из групп, на которой они предварительно рассортированы. Допуски на изготовление увеличиваются в несколько раз по сравнению с методом полной взаимозаменяемости, но после изготовления детали сортируются на несколько групп в пределах более узких допусков. Сборку изделий производят из деталей одноименной группы.

Достоинство: широкие допуски в пределах данной группы.

Недостатки:

1. Ограниченная взаимозаменяемость
2. Необходимости создания запаса деталей в сборке цеха
3. Некоторое увеличение трудоемкости на рассортировку
4. Появление некомплектных деталей.
5. нельзя применять метод, если одни и те же детали одновременно обеспечивают несколько сборочных процессов.

4. Метод пригонки.

Применяется, как правило, в многозвеньевых РЦ, допуски на изготовление детали широкие, экономически выгодные. Заданная точность замыкающего звена достигается за счет изменения размера только у одного звена РЦ с помощью слесарной, или мех. обработки (рис.1)

Недостатки:

1. резкое увеличение трудоемкости на 40% и более по сравнению с методом полной взаимозаменяемости
2. требует высокой рабочей квалификации
3. в результате пригонки появляется стружка, которая может попасть в изделие и ухудшить качество.

Применяется в опытном и мелкосерийном производстве.

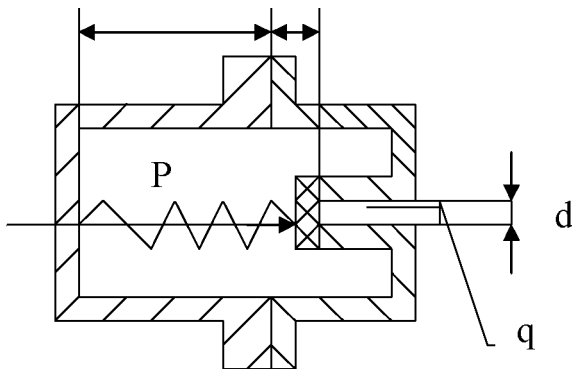
5. Метод регулирования компенсатором

Многозвенные РЦ, допуски на изготовление широкие и экономически выгодные – достоинство.

Заданная точность замыкающего звена, достигается за счет изменения размера или специального положения. Деталью называемой компенсатором! Метод получил широкое применение в авиатехнике.

Лекция -4

Расчет точности физического сборочного параметра (практическое занятие №2)



по ТТ $q_{откр} = 1 \pm 0,1$ Мпа
 $T_q = 0,2$ Мпа
 $W_q = ?$ $q_{откр}$ - давление открытия клапана
 $D_0 = 18 \pm 0,2$ мм
 $d = 8 \pm 0,2$ мм
 $G = 8 \cdot 10^{10} \pm 0,05 \cdot 10^5$ Па

$$d_n = 1,85 \pm 0,05 \text{ мм}$$

$$\lambda = 10^{+0,6}_{-0,3} \text{ мм}$$

$$i = 4 \pm 0,1 \text{ витка}$$

1. Найти функциональную связь между искомым физ.парам.и др. величинам на него $x=f(z_1, z_2, \dots, z_n)$

2. Определить величины полей рассеивания wz_1, wz_2, \dots, wz_n , если они неизвестны.

Tz_1, Tz_2, \dots, Tz_n (из чертежей, из справочника)

Тогда поле рассеивания будет равно :

$$W_x = \left| \frac{df}{dz_1} \right| W_{z_1} + \left| \frac{df}{dz_2} \right| W_{z_2} + \dots + \left| \frac{df}{dz_n} \right| W_{z_n}$$

Q-внешнее усилие дей-щей на клапан; $Q=P$

$$Q = \frac{\pi d^2}{4q} = 0,85 d^2 = P$$

$$1. q = \frac{P}{0,785 d^2} \longrightarrow q = f(p, d)$$

$$W_q = \left| \frac{df}{dP} \right| W_p + \left| \frac{df}{dd} \right| W_d$$

Обратимся к теории упругости:

$$P = \frac{LGd_n^4}{8D_0 i}$$

G-модуль упругости

dp – диаметр проволоки

D_0 -сред. диаметр пружины

λ – деформация пружины

i -кол-во рабочих витков пружины

L -деформация пружины .

$$P=f(L,G,d_n,D_0,i) \longrightarrow$$

$$W_P = \left| \frac{df}{dL} \right| W_L + \left| \frac{df}{dG} \right| W_G + \left| \frac{df}{dd_n} \right| W_{d_n} + \left| \frac{df}{dD_0} \right| W_{D_0} + \left| \frac{df}{di} \right| W_i$$

$$\frac{df}{dL} = \frac{Gd_n^4}{8D_0^3i} \cdot \frac{df}{dG} = \frac{Ld_n^4}{8D_0^3i} \cdot \frac{df}{dd_n} = \frac{4LGd_n^3}{8D_0^3i}$$

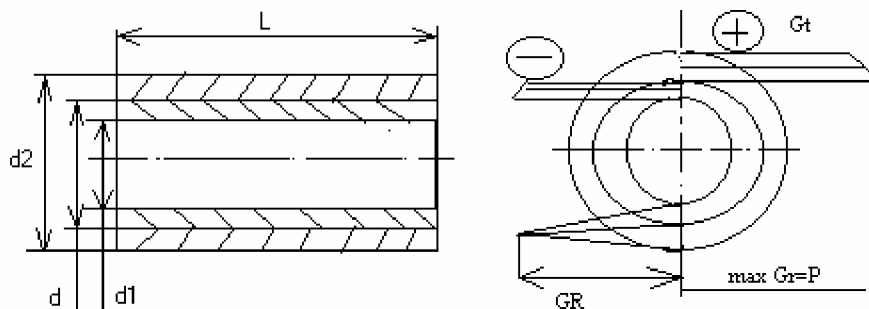
$$\frac{df}{dD_0} = -\frac{3Ld_n^4}{8D_0^4i} \cdot \frac{df}{di} = -\frac{LGd_n^4}{8D_0^3i^3}$$

$\frac{df}{dL}$	$\frac{df}{dG}$	$\frac{df}{dd_n}$	$\frac{df}{dD_0}$	$\frac{df}{di}$
$\left \frac{df}{dL} \right W_L$	$\left \frac{df}{dG} \right W_G$	$\left \frac{df}{dd_n} \right W_{d_n}$	$\left \frac{df}{dD_0} \right W_{D_0}$	$\left \frac{df}{di} \right W_i$

$$\frac{df}{dP} = \frac{1}{0785d^2}; \frac{df}{dd} = -\frac{2P}{0,785d^3}$$

СБОРКА СОЕДИНЕНИЯ С ГАРАНТИРУЮЩИМ НАТЯГОМ ПРЕССОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Такие соединения можно встретить при установке стальных и бронзовых втулок скользящих подшипников, внутренних колец шарико- и роликоподшипника, диски, оси, штифты, установленные с натягом.



$$\sigma_t = f_1(N) \quad \sigma_R = f_2(N) \quad \sigma_R = f_2(G_t)$$

$$N = d_b - d_0 > 0 \quad \sigma_t - \text{окружность напряжения}$$

σ_R - радиальная напряжения

$$P_{yo} = f(N, d, E_1, E_2, C_1, C_2) = \frac{N}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}$$

E_1, E_2 - модуль упругости охватываемой и охватывающей установки

C_1, C_2 – коэффициенты упругих свойств детали.

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2} - M_1 ; C_2 = \frac{1 + \left(\frac{d}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{d_2}\right)^2} - M_2$$

Коэффициент Пуассона для стали $M=0,3$

Требования предъявляемые к прессовым соединениям:

1. $F_{тр} \geq P_{ос}$, $M_{тр} \geq M_{кр}$

2. Прочность материала детали.

$$\sigma_{t < [\sigma]} \quad P_{1уд} < \max P_{1уд}$$

$$P_{2уд} < \max P_{2уд}$$

$$\max P_{1уд} = 0,58 \sigma_{1T} \left[1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2\right]$$

$$\max P_{2уд} = 0,58 \sigma_{2T} \left[1 - \left(\frac{d}{d_2}\right)^2\right]$$

σ_{1T} , σ_{2T} – пределы текучести для материала детали.

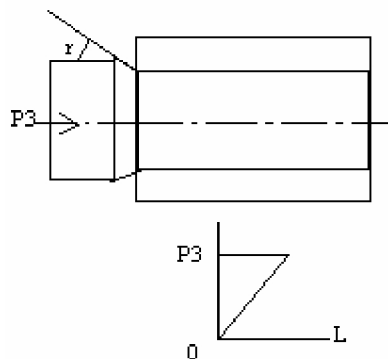
Практически второе требование выполняется за счет ограничения max величины натяга. Первое требование достигается за счёт выбора оптим. способа сборки соединения.

В производстве часто используется два способа сборки:

1. Механическая сборка (силовая запрессовка).

2. Тепловая сборка (с нагревом охватывающей и охлаждением охватываемой).

Механическая сборка или силовая запрессовка.



$$P_3 = F_{тр} = f_3 \pi d L P_{уд}$$

f_3 – коэффициент трения при запрессовке.

$P_{уд}$ – удельное напряжение на контактной поверхности.

f_3 - зависит от рода материала, вида гальванического покрытия, смазки.

Некоторые виды смазки: MoS_2 .

В процессе механической сборки различают 2 вида натяга:

1 – измеренный натяг, N измерений, которые определяются измерениями до сборки.

2 – действительный, после сборки соединения.

$$N_d = N_{изм} - 1,2(R_{z1} + R_{z2}) ; N_{изм} = 30 ; N_d = 30 - 1,2(10 + 10) = 6 \text{ мкм};$$

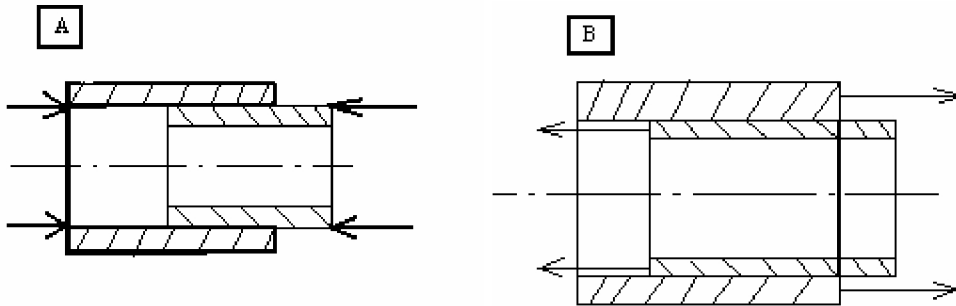
$$R_z = 6 \text{ мкм} ; N_d = 30 - 1,2(1,6 + 1,6) = 26 \text{ мкм} .$$

Силовая запрессовка может быть назначена при малой шероховатости поверхности сопрягаемой поверхности.

1. Угол заходного конуса $\gamma_{opt}=10^{\circ}-15^{\circ}$

2. Скорость запрессовки. Если скорость увеличивать, то силы требуется меньше. Появляется пласт деформации на поверхности детали, скорость не более 5 мм/с.

3. Схема приложения усилия:

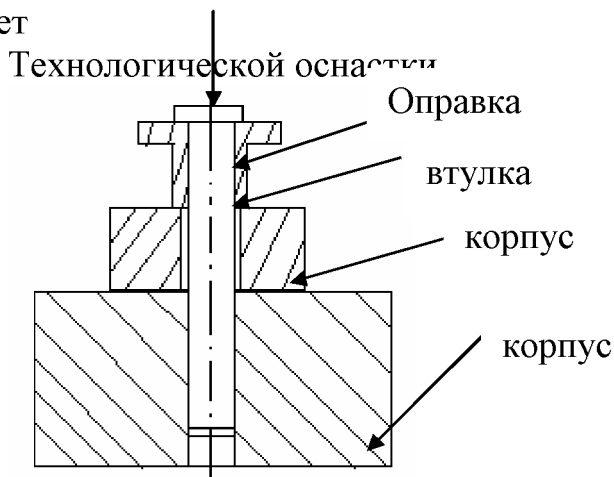


толкающее

тянущее

Силовая запрессовка может проводиться как в ручную, так и с помощью прессы ручного (винтовые, реечные 1000 кг), пневматические прессы (10–20 т).

Во всех случаях необходимо исключать перекосящиеся сопрягаемых деталей за счет



Тепловая сборка соединения

Применяется при больших натягах, при отсутствии прессового сборника, а также во всех случаях, когда натягом получают более качественные соединения

$$T_p^0 = T_0 \pm \frac{N_{max} + S}{\alpha d} \quad + \text{нагрев}, - \text{охлаждение.}$$

T_0 – температура цеха

N_{max} – максимум натяга по чертежу

S – зазор необходимый для свободной установки детали

α – коэффициент линейного расширения материала детали

d – диаметр. $T_{\phi} = (1,15 \div 1,3)T_p$

Для компенсации потерь тепла при транспортировке. $\Delta T_{\text{ф}}$ определяется из структуры материала. Структура материала может быть различна (аустенит, тростит).

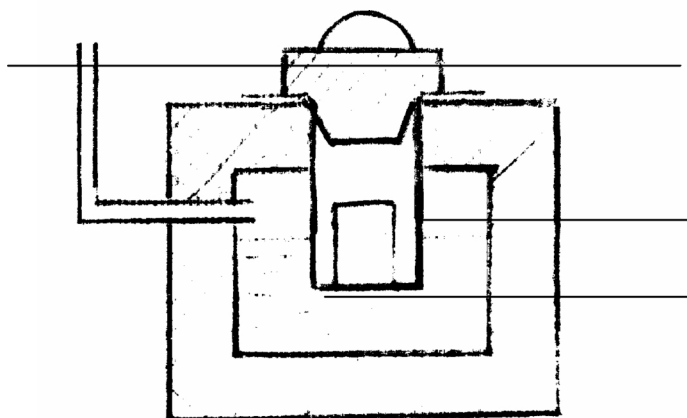
Или изменение твердости.

Нагрев осуществляется либо в жидкой, либо в газообразной среде.

Жидкая более предпочтительная (минеральное масло), газовое (электронагревательные шкафы).

Если нагревать охватывающим невыгодно то применяют охлаждение охватываемой детали.

Охлаждение проводят в ваннах термостатах



дренажная трубка (-145°)

охладитель

деталь

1. CO_2 + спирт (-75°)

2. Жидкий воздух, кислород, азот (-145°)

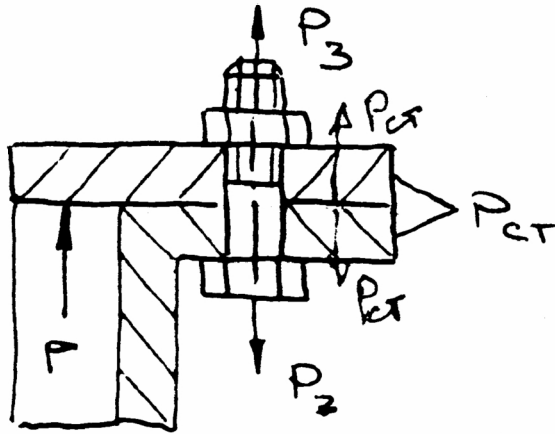
Дренажная трубка – для несоздания давления при испарении охладителя (необходимо по технике безопасности).

Л5 СБОРКА РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Технические требования

1.) Стык детали скрепляется при помощи различных соединений. Не должен расходиться под воздействием рабочей нагрузки.

2.) Стык подверженный действием давления газа должен быть герметичным.



3.) При наличии переменной нагрузки резьбовое соединение должно обладать достаточной выносливостью. Требование 1...3 достигается конструкторско-технологическим мероприятием. Важнейшим из которых: создание необходимого P_3 (усилие затяжки)

$$P_3 = ?$$

$$P = 0 \quad P > 0 \quad P_{CT} = P_3$$

$$P_\delta = P_3 + \chi P ; \quad \chi = \lambda_q / (\lambda_q + \lambda_v) ; \quad \lambda_q = L_q / E_q F_q ; \quad \lambda_v = L_v / E_v F_v$$

$$P_{CT} = P_\delta - P$$

$$P_{CT} = P_3 - P(1 - \chi)$$

$$P_{CT} \Rightarrow P_{CT(\min)} ; \quad P_{CT(\min)} = (0,8 \dots 1,8)P$$

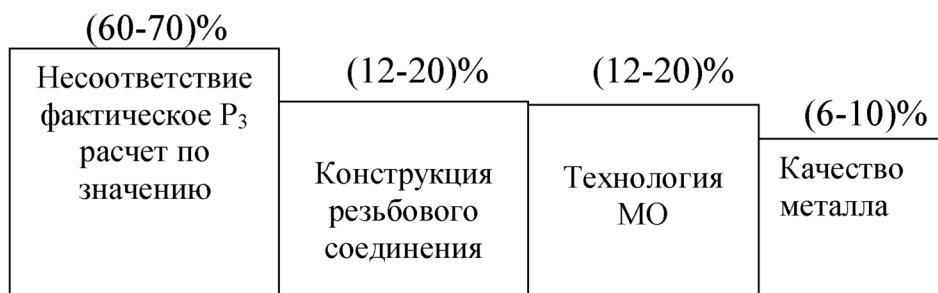
0,8 – стат-ское нагревание

1,8 – динамическое нагревание

$$P_3 = P_{CT(\min)} + P(1 - \chi)$$

Практика эксплуатации резьбовых соединений показывает, что усилие затяжки является одним из основных факторов обеспечивших надежность и достоверность резьбового соединения.

Диаграмма влияния различных факторов на надежность работы резьбового соединения



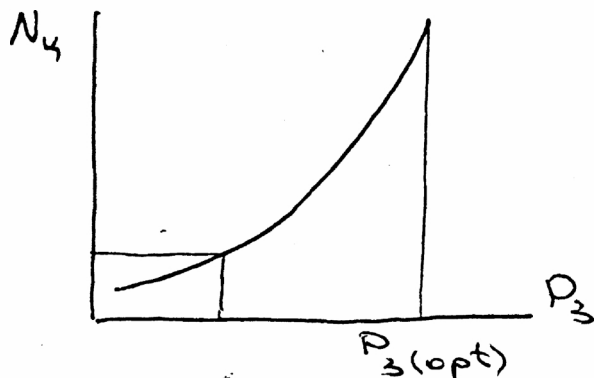


График зависимости усилий затяжки на долговечности работы резьбового соединения

Отсюда следует вывод что при стыковке резьбового соединения АД необходимо контролировать и обеспечить заданное значение усилия затяжки.

Среди косвенных методов (определение) и контроля усилия затяжки наибольшее применение получили:

1. Контроль P_3 по величине крутящего момента
2. Контроль P_3 по углу поворота гайки
3. Контроль P_3 по удлинению болта или шпильки

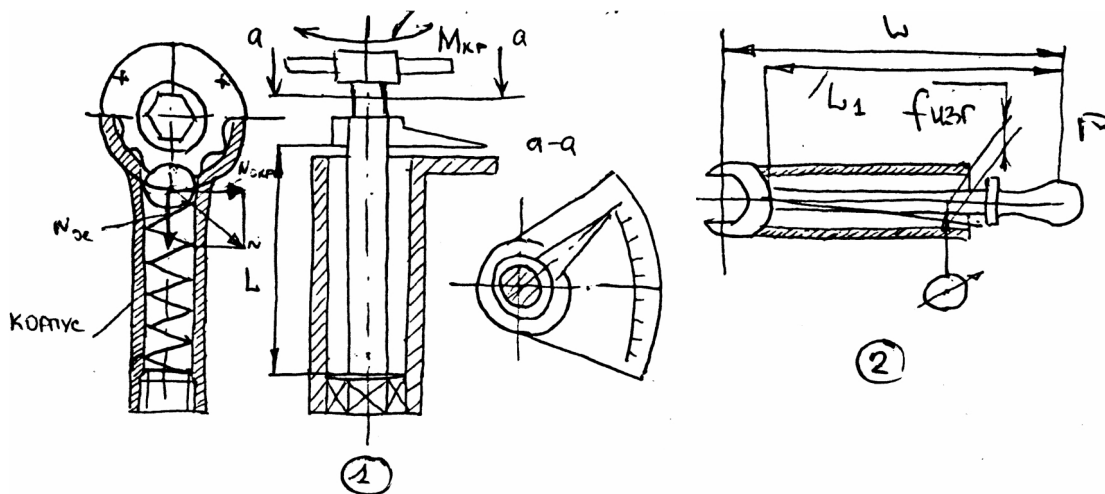
$$M_{кр} = f_1(P_3) ; \varphi_{зат} = f_2(P_3) ; \Delta l_6 = f_3(P_3)$$

Характеристику каждого метода контроля усилия затяжки рассмотреть по материалам лабораторной работы № 3 [4]

Схемы ключей для контроля крутящего момента при затяжке

При стыковке как правило используются две группы ключей:

- 1 – предельные ключи, которые автоматически выключаются при достижении заданного крутящего момента,
- 2 – динамометр ключи, которые непрерывно показывают величину прикладываемого к ключу момента.



1. Ключ с упругим стержнем испытывающий деформацию кручения

$$\varphi^{\circ}_{\text{упр}} = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_{\text{кр}} \cdot L}{G \cdot I_p}; \quad \boxed{\varphi^{\circ}_{\text{упр}} = K \cdot M_{\text{кр}}}$$

2. Ключ с упругим стержнем испытывающий деформацию изгиба

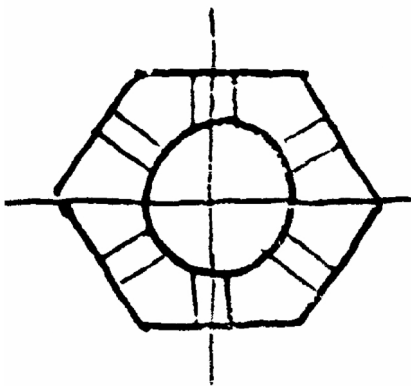
$$\boxed{f_{\text{изг}} = K_1 \cdot M_{\text{кр}}}$$

Предельные ключи более производительны, но менее точны по сравнению с динамометрами.

Кроме того предельные ключи нельзя использовать при определенных видах контрольных элементах.

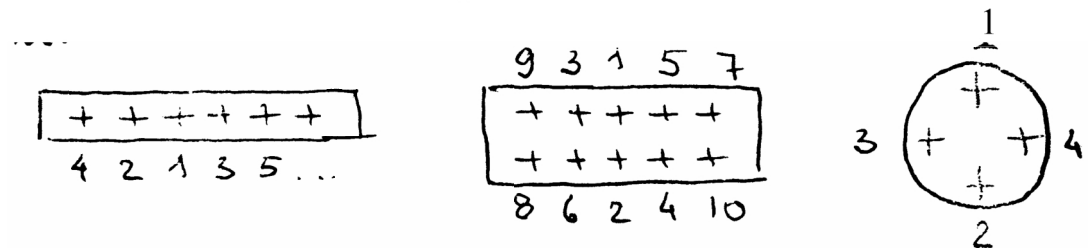
Например контровка шплинтом

$$M_{\text{кр}} = 5 + 0,5 \text{ кгс}$$



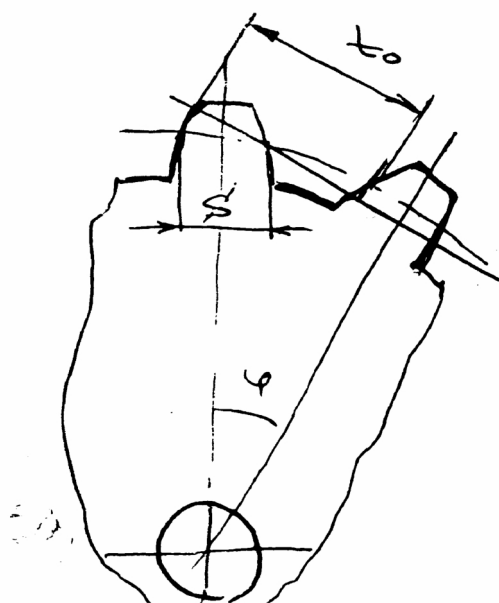
Схемы затяжки групповых резьбовых соединений

Для объяснения равномерности затяжки групповых резьбовых соединений и исключения коробления детали их следует затягивать в определенной последовательности согласно приведенных схем



зубчатой передачи должна быть наименьшей.

СБОРКА ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ



Технические требования

1. Обеспечивает плавность, безударность работы зубчатой передачи, т.е. отсутствие динамических нагрузок.
2. Обеспечивает равномерность распределения нагрузки по всей активной поверхности зуба.
3. Величина "мертвого" хода зацепления при реверсировании
4. Исключаются случаи заклинивания зубчатой передачи при всех изменениях режима работы.
5. Величина износа поверхности зубьев должна быть наименьшей.

Все перечисленные требования достигаются в основном за счет точности

изготовления самих зубчатых колес, а также точности сборки зубчатой передачи.

Анализ погрешности изготовления зубчатых колес и сборки передач

Погрешности изготовления

ω_ϕ – погрешность расположения зуба;

ω_s – погрешность по толщине зуба;

ω_f – погрешность профиля зуба;

ω_ξ – смещение оси дел. цилиндрических зубчатых колес относительно оси отверстия;

ω_β – перекос зуба.

Погрешности сборки

ω_{a_w} - погрешность межосевого расстояния;

ω_x – погрешность не параллельности осей валов;

ω_y – перекос осей валов;

ω_z – перекос оси дел. цилиндра зубчатого колеса относительно оси вала

$\omega_{\xi\Delta}$ - суммарное смещение оси дел. цилиндра зубчатого колеса относительно оси вращения вала.

При сборке контролируют три комплексных параметра, которые зависят от этих погрешностей:

1. Разность основных шагов двух зубчатых

Звено A_1 - это смещение оси дорожки качения наружного кольца подшипника относительно посадочной поверхности наружного кольца $\varnothing d_2$

A_2 - смещение оси внутренней поверхности ($\varnothing d_2$) относительно оси наружной поверхности ($\varnothing d_3$) для втулки

A_3 - половина величины радиального зазора в шарикоподшипнике

Эти три звена располагаются в опоре I ,но есть они и в опорах II, III, IV

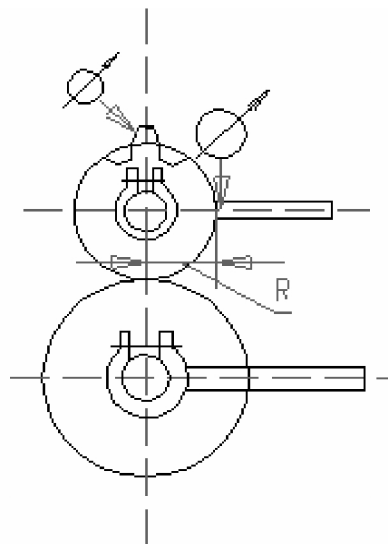
A_7 - расстояние между отверстиями в корпусе

A_{Δ} - замыкающее звено

$$(A_1+A_2+A_3+A_{11}+A_{13})L_2/L+(A_4+A_5+A_6+A_8+A_9+A_{10})L_1/L+A_7-A_{\Delta}=0$$

$$W_{a\Delta}=W_{a_{wk}}$$

Способы контроля бокового зазора



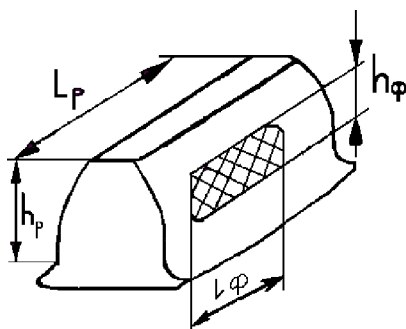
1) С помощью пластин наборного шупа. Если есть допуск и зуб колес

2) С помощью индикаторных часов.

Одно колесо затормаживается от вращения, в зуб другого колеса упирается ножка индикаторных

часов и этому колесу придают качательное движение, если имеется доступ к ЗК

3) Для закрытых ЗК применяется метод с помощью специальных приспособлений (хомут с рычагом). Нижний рычаг неподвижен.



Контроль величины и расположения суммарного пятна контакта.

$$L_{\phi}/L_p 100 = (70 \dots 80)$$

$$H_{\phi}/H_p 100 = (70 \dots 80)$$

Для обеспечения равномерной нагрузки контролируется величина и расположение суммарного пятна контакта. Нормируется это пятно в процентах от номинальной площади, как по длине, так и по высоте.

Контролируется по отпечатку минеральной краски. В этом случае зубы ведущего колеса смазываются краской. Собирающаяся передача прокручивается несколько раз ведомое притормаживается. На ведомом колесе смотрится отпечаток краски.

Особенности сборки конических зубчатых передач рассмотреть по материалам лабораторной работы 4 (возможности регулировки БЗ, особенности расположения суммарного пятна контакта).

Л7 СБОРКА ОПОР С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ

Характерные дефекты подшипников качения и деталей подшипниковых опор.

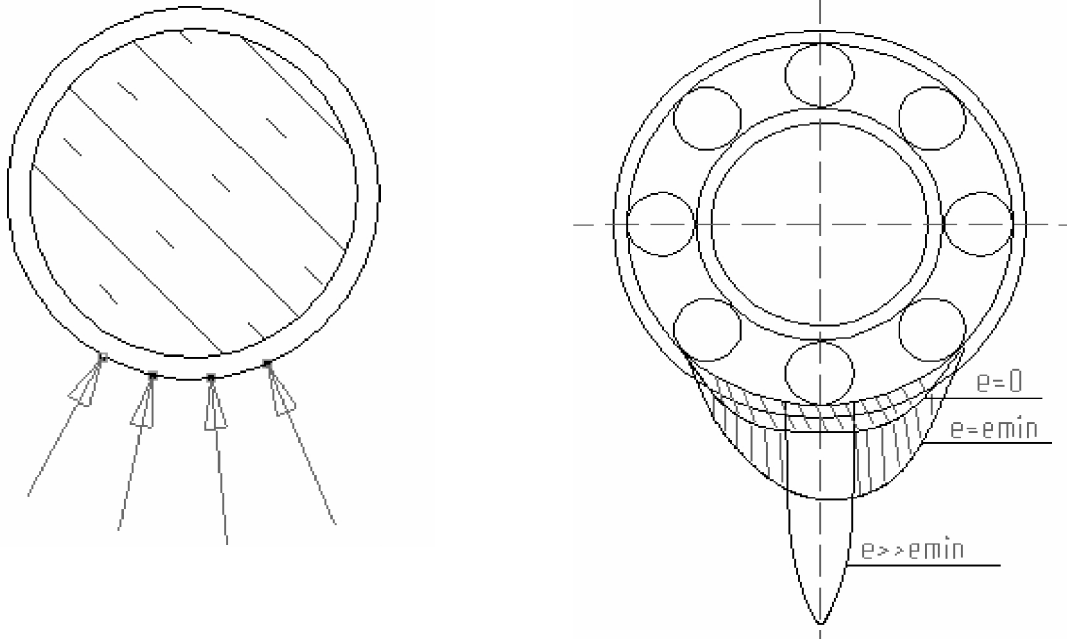
- 1 Наклеп на кольцевые задиры посадочных поверхностей вала
- 2 Перегрев и заклинивание подшипника при работе
- 3 Выкрашивание (шелушение) металла с поверхностью качения
- 4 Образование трещин в кольцах шарика, ролика, сепаратора
- 5 Форсированный износ рабочих поверхностей колец
- 6 Вмятины на поверхности качения
- 7 Появление коррозии на поверхности подшипника

Факторы определяющие посадку колец подшипника

Основными факторами, определяющими посадку колец подшипника являются:

- величина
- напряжение
- характер действия на подшипник нагрузок

Различают три вида нагружения колес:



1) местный 2) циркулярный 3) колебательное
 Внутреннее кольцо испытывает циркулярное нагружение,
 наружное - местное.

Циркулярное нагруженое кольцо
 устанавливается с гарантийным натягом.

Кольцо, испытывающее местное нагружение
 устанавливается с наибольшим зазором,
 который позволяет при работе подшипника
 несколько поворачиваться вокруг оси и менять
 искомый участок на новый.

Если кольца подшипника испытывают колебательный характер нагрузки
 (когда меняется и величина нагрузки и напряжение), то и внутренние и
 наружные кольца устанавливаются с натягом.

$$N_{\min} = 13RX/10^5(b-2r) \text{ мкм}$$

R - радиальная нагрузка
 B - ширина подшипника
 r - радиус закругления
 X - учитывает серию подшипника

2.8-для лёгкой серии 2.3- для средней серии 2.0- для тяжелой серии

На вал надето резиновое кольцо, если
 мы надавим снизу - сверху появится зазор
 и при обматывании мы имеем первый
 дефект.

$$N_{\max} = 11,4[\sigma]Xd/(2X-2)10^5 \text{ мкм}$$

[σ] - дополнительное напряжение на растяжение материала кольца

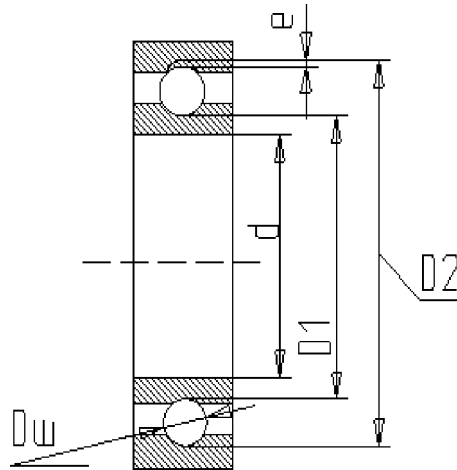
Радиальный зазор в подшипнике. Причины его изменения и способы контроля.

e - радиальный зазор в подшипнике

e_{\min} - назначается в следующих условиях:

- размещение слоя смазки между телами

качения и кольцами



обеспечение возможности перемещения кольца

- для компенсации погрешности

изготовления колец и сборки

$e_{\min} > 0$ - иначе подшипник работать не будет

При больших радиальных зазорах уменьшается число тел качения воспринимающих нагрузку: увеличивается вибрация - шум подшипника, увеличивается несоосность ротора и статора $e_{\max} \rightarrow e_{\max}$

Различают три вида радиальных зазоров:

- начальный
- посадочный
- рабочий

1) Начальный - радиальный зазор в состоянии поставки: $e_{\text{нач}} = D_2 - (D_1 + 2d_{\text{ш}})$

2) Посадочный - зазор после установки в корпус: $e_{\text{пос}} = e_{\text{нач}} - (\Delta D_1 + \Delta D_2)$

$\Delta D_1, \Delta D_2$ - величины упругих деформаций от натяга посадки

$\Delta D_1 = (0,55 \dots 0,6) N$, $\Delta D_2 = (0,65 \dots 0,7) N$

При больших значениях натягов: $\Delta D_1 - \Delta D_2 = e_{\min}$

(Дефект №2) $e_{\text{пос}} = 0$

Для предупреждения случаев, когда $e_{\text{пос}} < e_{\min}$ необходимо контролировать радиальный зазор после установки подшипника в опору.

Контроль ведется:

- 1) расчетный,
- 2) измерениями,

3) через осевое перемещение конца подшипника.

$$e_{oc} = (10 \dots 15) e_{рад}$$

3) Рабочий - при работе подшипника

$$e_{раб} = e_{пос} + \Delta e_k + \Delta e_T$$

Δe_k - увеличение радиального зазора в следствии контактной деформации под нагрузкой

Δe_T - изменение радиального зазора вследствие тепловых деформаций колец.

Допустимые погрешности формы и расположение посадочной поверхности вала и корпуса.

$$(d_{max} - d_{min}) + (D_{max} - D_{min}) \leq 0,5T_d$$

При определении посадок колец одновременно контролируют формы и расположения посадочных поверхностей. К погрешностям формы относятся:

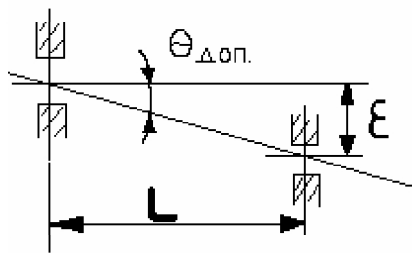
- конусообразность
- овальность

К погрешности расположения относятся:

- не перпендикулярность упорного бурта к оси посадочной поверхности

- не соосность двух посадочных поверхности вала или корпуса.

$$C = 0,0005 \dots 0,01 \text{ при } d=80 \dots 200 \text{ мм}$$



$e_{доп}$ - рассчитываем по L и $\Theta_{доп}$

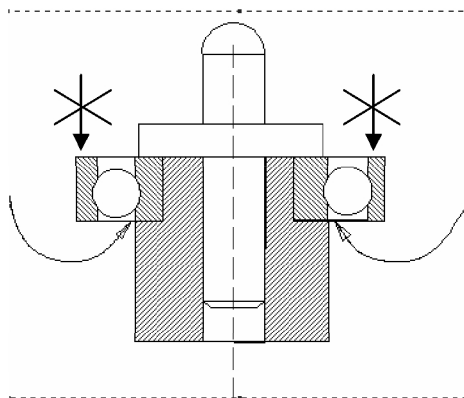
Технические параметры сборки опоры

Включают в себя операции :

- 1 Расконсервация подшипника
- 2 Промывка подшипника
- 3 Временная консервация подшипника
- 4 Установка подшипника на вал и корпус
- 5 Контроль качества сборки опор

От поставщика подшипник поступает в густой смазке, которая растворяется, и минеральном масле. Промывка осуществляется в бензине в нескольких ваннах (черновая, чистовая ...). После промывки - консервация. Подшипник опускают в ванну с бензином и (5% масла) на пять часов.

Монтаж колёс осуществляется при малых натягах в холодном состоянии - производится в ручную, при больших натягах производят тепловую посадку. Должны быть приняты меры исключаящие перекося подшипника относительно вала.



Не допускаются перегрузки через

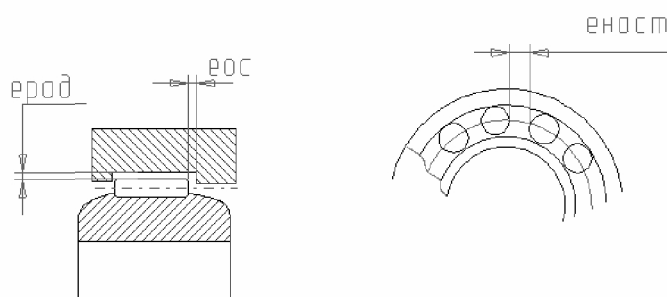
Тела вращения (дефект б)

Контролируется посадочный радиальный

Зазор и лёгкость вращения от руки – оно должно быть плавным свободным без особых торможений.

Сборка игольчатых подшипников.

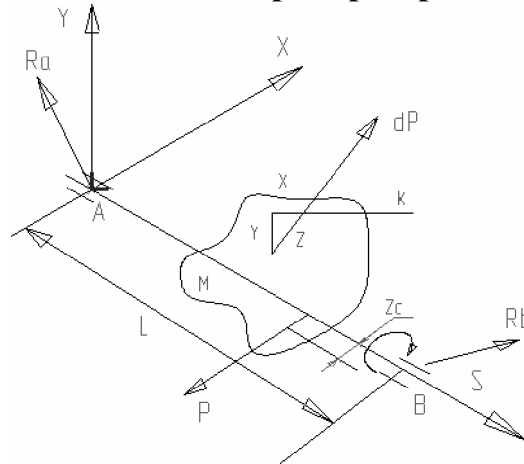
При сборке игольчатых подшипников контролируются три параметра зазоров: $e_{рад}$, $e_{ос}$, $e_{наст}$



Л 8 БАЛАНСИРОВКА РОТОРОВ

Балансировка является эффективным техническим средством устранения вибраций.

Условие уравновешенности ротора произвольной формы



Ротор М вращается относительно точек А и В. В м К – элементарный куб элементарной массой dm . На неё будет действовать элементарная центральная сила $dP = \omega^2 z dm$. При этом появляются силы p в опорах возникают реакции R_a и R_b . Полная реакция :

$$R_d = \omega^2 / L \int z s dm = \omega^2 / L (\int x s dm + \int y s dm) = 0$$

$$\text{-----}$$

$$I_{xs} \quad I_{ys}$$

Если $R_b = 0$, то $I_{xs} = 0, I_{ys} = 0$ АВ → П

$R_a = 0$, то $I_{xs} = 0, z_c = 0$ АВ = ГЦОИ

$R_a = 0, R_b = 0, P = 0$

Р-равнодействующая всех центробежных сил инерции:

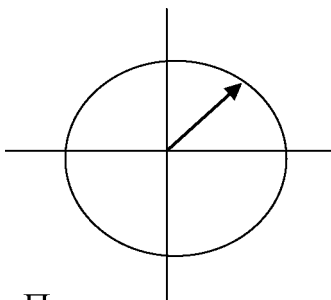
$$P = \omega^2 \int z dm = 0 \rightarrow \int z dm = 0 \rightarrow z_c = 0$$

Чтобы ротор произвольной формы был уравновешен необходимо, чтобы ГЦОИ и ось вращения совпадали.

Понятие о дисбалансе ротора. Причины возникновения дисбаланса.

Если в роторе есть одна несимметричная точка m_i - то в нём будет дисбаланс.

Дисбаланс - это векторная величина равная произведению неуравновешенной массы на радиус вектор. $D_\Sigma = \sum D_i = \sum m_i r_i$



Причины возникновения дисбаланса:

1) Погрешности получения заготовок, неодинаковая плотность металла в объёме детали

2) Погрешности механической обработки детали. Вызывают несимметричность, радиальные и торцевые биения не параллельны

3) Погрешность сборки: перекосы детали при неравномерной затяжке, перекосы при запрессовке детали .

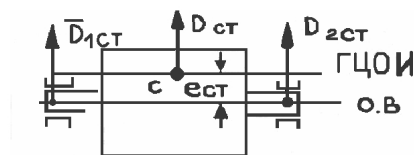
В роторе несколько десятков **D**.

Виды неуравновешенности ротора.

Наличие множества дисбалансов в собранном роторе приводит к тому, что ГЦОИ не совпадает с осью вращения. В зависимости от характера несовпадения этих осей различают:

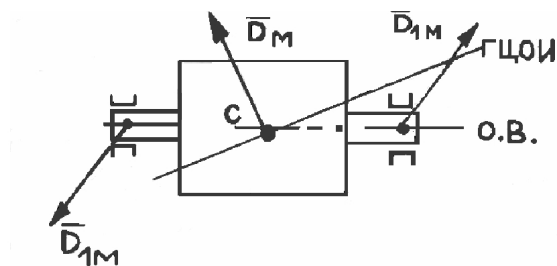
- статистическую
 - динамическую
 - моментную
- неуравновешенность роторов

Статистическая неуравновешенность роторов:



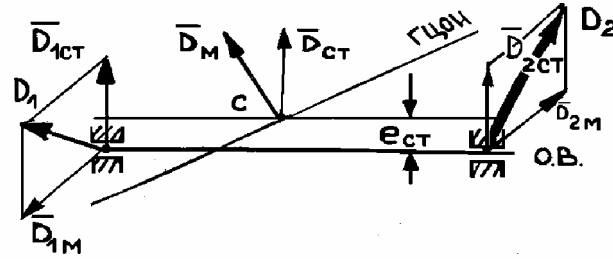
$$D_{1ст} = D_{2ст} \quad \alpha_1 = \alpha_2$$

Моментная неуравновешенность роторов:



$$D_{м1} = D_{м2} \quad \alpha_1 = \alpha_2 + 180^\circ$$

Динамическая неуравновешенность роторов:



Есть совокупность статистической и моментной неуравновешенности.
 $D_1 \neq D_2$ $\alpha_1 \neq \alpha_2$

Понятие о балансировке ротора. Виды балансировки ротора.

Под балансировкой ротора понимается приближенное определение величины и углового положения вектора дисбаланса и уменьшение этого дисбаланса до допустимых норм за счёт корректировки масс ротора.

В соответствии с видами неуравновешенности могут быть :

- статистическая
- моментная
- динамическая балансировки

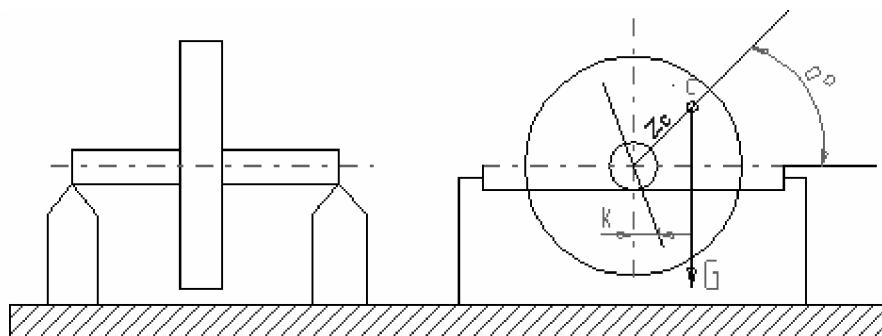
В производстве часто ограничиваются двумя видами балансировки: либо статистическая, либо динамическая

Статистическая балансировка.

Проводится двумя способами :

- 1) С использованием гравитационных сил
- 2) С использованием центробежных сил инерции

1) Статистическая балансировка по первому способу может быть произведена на станке типа “призмы”



Горизонтальность линеек 0,02/1000, поверхность очень гладкая

$$M_{вр} = G z_c \cos \alpha$$

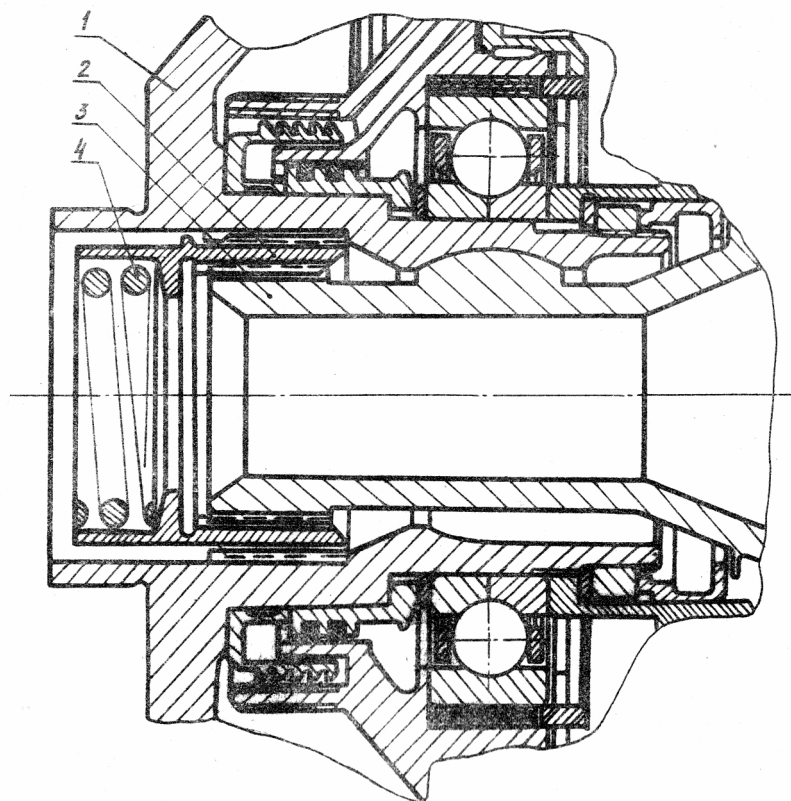
Постепенно наклепывая пластилин, делаем ротор уравновешенным - взвешиваем и умножаем на радиус вектор, получаем величину дисбаланса.

Если величина недопустима, то приворачиваем пластину, приклеиваем, просверливаем или выфрезеровываем. Оценим точность балансировки. На ротор действует трение качения.

Пропуск 48-53

Перечислить ТТ на посадки сопряжения детали и методы достижения заданной точности.

1. Перечислить ТТ по точности расположения поверхностей (радиальные, торцевые биения и т. д.). Указать метод достижения заданной точности.
2. Перечислить остальные ТТ для геометрических параметров не вошедшие в пункты 5-6. Метод достижения заданной точности.
3. Перечислить ТТ на физические параметры и методы достижения заданной точности.
4. Дать сводный перечень поверхности РК подлежащих обработке в процессе сборки.



1 – диск X-й ступени компрессора; 2 – втулка шлицевая;
3 – вал ротора турбины; 4 – пружина.

Соединение роторов турбины и компрессора

Технические требования на сборку

1. Обеспечить заданные посадки в соединениях рабочих колес, а также рабочих колес с валами
2. Обеспечить заданное усилие затяжки и равномерности усилия болтов крепления РК
3. Обеспечить заданную точность радиального расположения поверхности 1,2,3 относительно конструкционных баз ротора
4. Обеспечить заданные диаметральные размеры D_{L_i} на базовой координате торца ротора
5. Произвести динамическую балансировку ротора с заданной точностью.

Основные операции:

1. Сборка ротора из отдельных РК
2. Механическая обработка поверхности 1,2,3 ротора
3. Динамическая балансировка ротора

Операция 1. Сборка ротора из РК

В этой операции контролируются посадки в соединениях РК. Метод достижения точности – неполная взаимозаменяемость. Затем производится последовательная сборка в вертикальном положении. Усилие затяжки болтов крепления РК контролируются по крутящему моменту. Для таких роторов конструктор назначает требования по проведению обжатия РК усилием –

$$Q_{\text{ОБЖ}} = 2P_3 \text{ (с помощью гидравлического прессы)}$$

После обжатия производится затяжка и контроль усилия затяжки часто проводится по удлинению болта.

Операция 2. Механическая обработка поверхности ротора

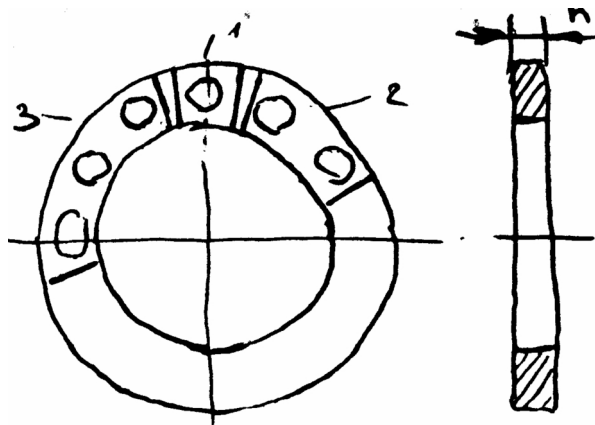
Обрабатываются поверхности 1,2,3. Эта операция проводится на токарных крупногабаритных станках. Выверяется точность установки ротора – зажимают так, чтобы биение было 0,01 мм (4-х кулачковые). Для обработки поверхности 1 лопатки перевязывают резиновым жгутом в несколько рядов и назначают мягкие режимы резания.

При обработке поверхности 1 одновременно выполняются требования достижения заданных диаметральных размеров D_{L_i} на координате L_i

Операция 3. Динамическая балансировка ротора

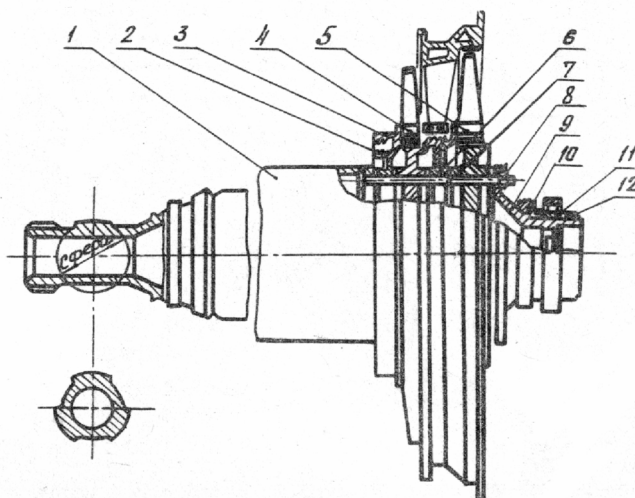
Динамическая балансировка проводится на станках с измерительной электрической частью.

Компенсация дисбаланса производится за счет установки дополнительных грузиков (балансировочных сегментов) на болты крепления РК



$h = 1...3$ мм – точная копия фланцев РК. В зависимости дисбалансов балансировщик вырезает из кольца и ставит под болт на РК.

Сборка ротора турбины



1 - вал ротора; 2,3 - кольца лабиринтные; 4 - рабочее колесо I ст.; 5 - рабочее колесо II ст.;
6 - диск промежуточный; 7 - болт; 8 - гайка; 9 - цапфа ротора;
10 - кодыдержатель; 11 - роликоподшипник; 12-гайка.

Ротор состоит из переднего и заднего вала РК.

Конструкторскими базами являются внутренние кольца роликоподшипников.

Состоит из лабиринтной втулки, внутреннего кольца, роликоподшипника, гайки.

В фланцы переднего вала ввернута шпилька.

Технические требования

1. Обеспечить заданные посадки в соединениях рабочих колес валов, лабиринтных втулок и внутренних колец роликоподшипника.

2. Обеспечить заданный натяг в соединении резьбовой шпильки с фланцем переднего вала.

3. Обеспечить заданное усилие затяжки гаек крепления внутренних колец роликоподшипника.

4. Обеспечить заданное усилие затяжки и равномерности усилия затяжки гаек РК.

5. Обеспечить заданную точность радиального расположения поверхности диаметра d относительно конструкторских баз.

6. Произвести динамическую балансировку ротора с заданной точностью.

Основные операции ТП сборки:

1. Сборка переднего и заднего вала
2. Сборка ротора турбины
3. Динамическая балансировка ротора

Операция 1. Сборка переднего и заднего вала

При сборке переднего и заднего вала контролируются посадки в соединениях лабиринтных втулок и колец роликоподшипника с валами – методом неполной взаимозаменяемости.

... заднего натяга по резьбе шпильки методом групповой взаимозаменяемости.

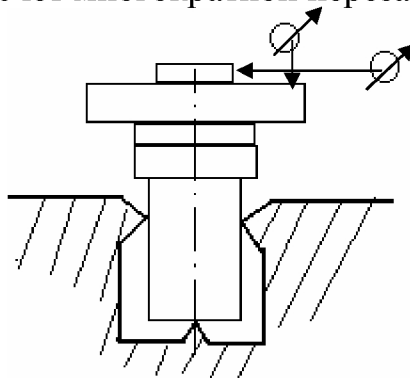
Произвести установку резьб шпилек во фланец вала. Для облегчения установки шпилек фланец вала нагревается до температуры 80-100°C, а шпильки охлаждаются в жидком азоте. Установить латунные втулки и колец РП методом тепловой посадки, а также затяжка гаек креплением внутренних колец $M_{зат}$ 100-300 кгм. Контроль усилия затяжки по крутящему моменту (ключ с приводом).

Операция 2. Сборка ротора турбины

При сборке ротора производится последняя установка РК на передний вал Т.

Затем ставится задний вал и затягивается на гайки креплением РК .

Операция проводится в вертикальном положении вала с помощью специального приспособления .Правильность установки РК контролируется проверкой торцового и радиального биения. Усилие затяжки гаек контролируется ,как правило , по удлиннению шпилек.Равномерность усилия затяжки обеспечивается за счет многократной перезатяжки гаек по схеме.



Динамическая балансировка ротора.

Динамическая балансировка ротора производится аналогично ротора К . Компенсация дисбалансировки проводится за счет удаления металла поверхности первого и последнего диска , либо за счет установки балансирующих грузиков .

Л 11 СБОРКА КОМПРЕССОРА И ТУРБИНЫ

1.Сборка компрессора.

Технические требования на сборку:

- 1.Обеспечить необходимую соосность опор в корпусе компрессора.
- 2.Обеспечить комплекс зазоров.

А – радиальный зазор концов лопаток и внутренней уплотненной поверхностью статора .

Б – радиальный зазор в уплотнениях РК

В – передний осевой зазор

Г – задний осевой зазор

Д – радиальный зазор в уплотнении подшипниковых спор

3. Обеспечить заданную точность взаимного расположения торцов внутреннего и наружного кольца ролика подшипника

4.Если опора компрессора размещается в одном и том же узле с опорой турбины , то необходимо проверить соосность переднего подшипника относительно оси вращения ротора компрессора.

Способы контроля и обеспечения заданных технических требований

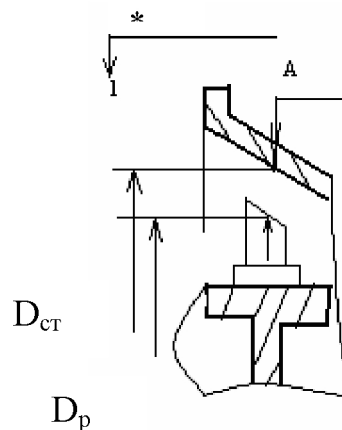
1.Соосность опор в корпусе К проверяется специальной операцией, которая называется “контроль соосности опор”.Способ контроля соосности опор

описан в лабю работе №7 и №8.

2.Радиальный зазор А может быть проконтролирован 2-мя способами:

1)Аналитически (расчетный).

2)Способ непосредственного измерения.

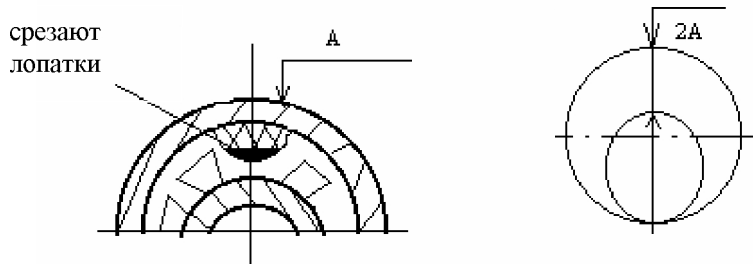


Измеряются размеры: $D_{ст}, D_p$, производится расчет:

$A = \text{Расчет зазоров по паспортным данным}$ занимает 5-10 мин.

2 способ. При способе непосредственного измерения. Один из вариантов: на уплотненную поверхность статора в 8-12 точках по окружности наносят

кусочки специальной массы (типа пластилина), проводят предварительную сборку компрессора и поворачивают ротор на некоторый угол, далее K разбирается толщина деформированных отпечатков специальной массы.



1 не учитывает погрешность смещения осей ротора и статора и может применяться в случае когда величина несоосности очень мала, либо заранее она проконтролирована. Другой способ контроля радиального зазора описан в лаб. работе №7 (самостоятельно).

*Радиальный зазор B может быть проконтролирован, либо аналитическим способом, аналогично A , либо с помощью щупов, при последовательной установке половин статора K .

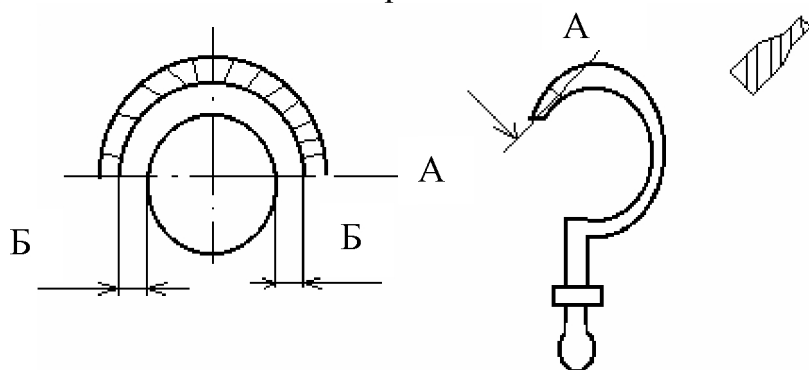


рис №1

*Осевые зазоры B и Γ контролируются с помощью серпообразных щупов в процессе установки статора K .

*Радиальный зазор D часто контролируют путем измерения растворов сопрягаемых деталей.

Для выявления погрешности несоосности лабиринтной втулки относительно

оси отверстия под подшипник проверяют дополнительно соосность лабиринтной втулки относительно посадочной оси поверхности.

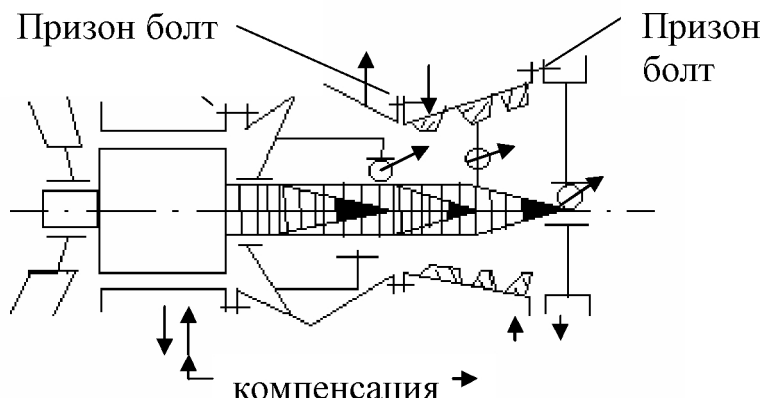
3. Взаимное смещение торцов внутреннего и наружного кольца роликоподшипников контролируется путем измерения линейных растворов L, B, C (рис №2).

$L = B + C$ заключение торца внутреннего и наружного кольца роликоподшипника совпадают.

$L \geq B + C$ изменим величину регулировочного кольца РК и добиваемся

$L \leq B + C$ нужного размера.

4. Соосность переднего подшипника турбины относительно оси вращения ротора К производится в соответствии со схемой:



Необходимой соосности добиваются радиальным смещением корпуса КС относительно корпуса К.В 8 или 12 точек фланца совместно обрабатывают отверстия и устанавливают призон болты.

2. Сборка турбины

Технические требования на сборку:

1. Обеспечить заданную точность радиально расположенных уплотнениях поверхностей статора относительно оси вращения ротора К.
2. Обеспечить соосность подшипников второй опоры турбины относительно оси вращения ротора.
3. Если вал Т соединяется с валом К с помощью шлиц, то после затяжки болта крепление должно быть обеспечено взаимное осевое смещение валов по шлицам.
4. Обеспечить комплекс зазоров А, Б, В, Г, Д. Название зазоров смотри К.
5. Обеспечить заданную точность взаимного расположения внутреннего и наружного кольца роликоподшипника.
6. Обеспечить заданное усилие и равномерное усиление затяжки гаек крепления РК и ротора.

Способы контроля и обеспечения заданных технических требований.

1. Требования обеспечиваются путем установки на вал индикатора.
2. Требование обеспечивается аналогично 1.
3. Осевое смещение осевого вала Т относительно вала К контролируют с помощью индикатора часов, когда затянуты болты стяжкой.
4. Радиальные зазоры А и Б контролируются наборным щупом в процессе последовательной установки РК и СА (посмотреть в лаб. №8)
Радиальный зазор Д контролируется аналогично К.

5. Взаимное осевое смещение торцев внутренних и наружного кольца роликоподшипника контролируется аналогично К.

6. Заданное усилие затяжки и равномерность усиления затяжки гаек производится аналогично сборке ротора турбины.

Л 12 СБОРКА РЕДУКТОРА ВИНТОВ

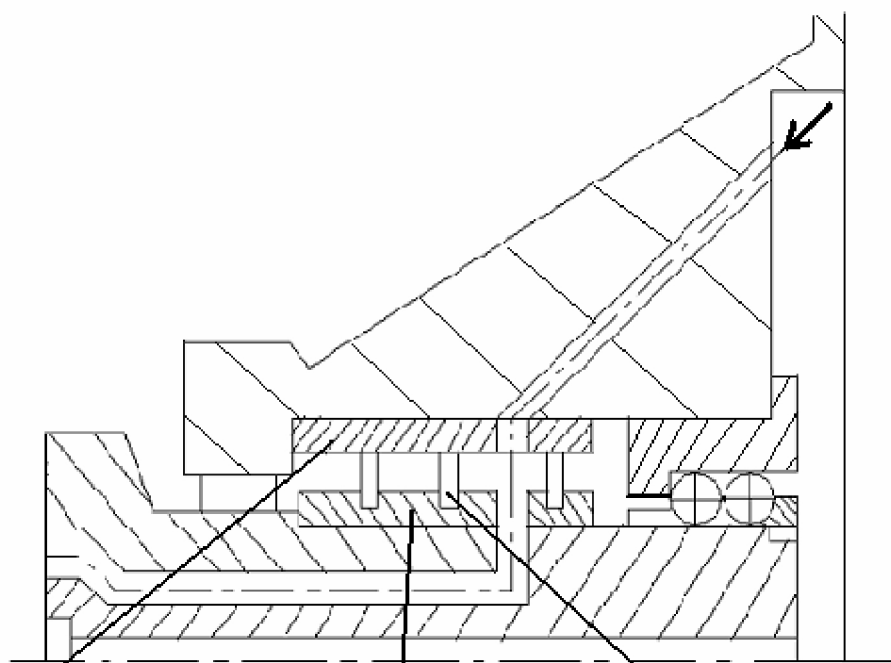
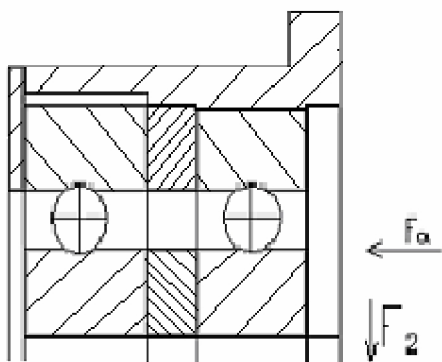
Редуктор включает:

- 1 – конус редуктора с проводами.
- 2 – планетарный редуктор.
- 3 – носок редуктора.

Сборка носка редуктора

Носок – силовой элемент воспринимающий тягу, вес винта и другие нагрузки появляющиеся в процессе состоит из двух частей: корпус носка и вала винта. Вал опирается на опоры: шариковой и роликовой

- 1) Для поворота лопастей необходимо масло



маслораспределительная втулка

кольцедержатель

металлический уплотнитель втулки

Масло попадает в корпус носка, потом в масло распределительную втулку, далее через кольцеводержатель.
Автоматический регулятор поворота винта-необходимо чистое масло.

2) осевая нагрузка $F_a=10000$ кг с

радиальная нагрузка $F_k=300$ кг с

Левый подшипник ставится с зазором ($F_k=0\%$)

Правый подшипник ($F_k=100\%$) за счет наличия задора на насадке

Левый подшипник ($F_a=50-60\%$), правый ($F_a=40-50\%$)

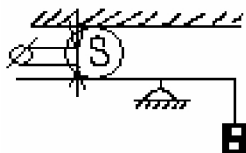
Технические требования на сборку:

1. Обеспечить чистоту масляных каналов в корпусе носка редуктора, в вале винта и в трубопроводах. (Для надежной работы автоматического регулятора винтов)
2. Обеспечить заданную насадку в соединениях маслораспределительной втулки, кольца держателя втулки и наружного колец шарико- и роликоподшипников.
3. Обеспечить качество работы кольцевых контактных уплотнений.
4. Обеспечить герметичность соединений насадок под избыточным давлением.
5. Обеспечить заданное распределение нагрузки между подшипниками блока.

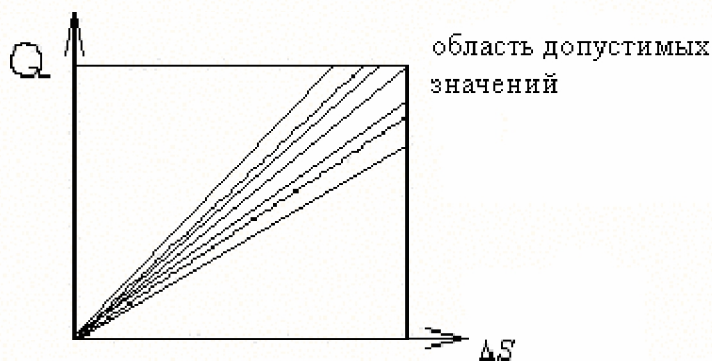
Способы контроля и обеспечения заданных ТТ

1. Чистота масляных каналов в корпусе носка и вала достигается за счет введения специальной операции, которая называется «прокачка каналов горячим маслом». В этом случае каждый канал прокачивается маслом $t=78^{\circ}\text{C}$, $r=0,2-0,3$ МПа в течение 3-5 минут. После прокачки производится контроль, когда все выходящие из канала масло пропускается через каждый фильтр. Но фильтры не должны быть загрязненными и не должны содержать других частиц, если чистота не достигнута, то производится повторная прокачка (до 10 раз). После каждый канал промывается с помощью бензина.
2. Посадки в соединениях детали контролируются путем непосредственного измерения размеров детали. Метод достижения - неполная взаимозаменяемость.
3. Качество кольцевых контактных уплотнителей проверяется по нескольким параметрам:

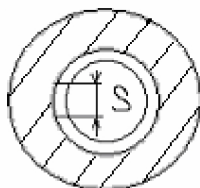
1. Проверка на упругость



$$\Delta S = S_0 - S$$

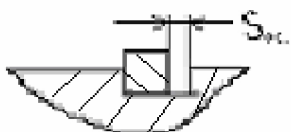


2. Проверка величины зазора в стыке в рабочем состоянии



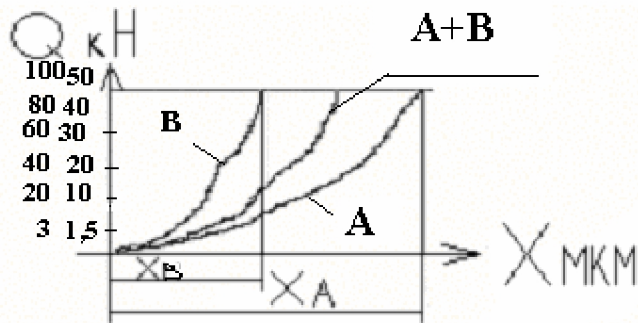
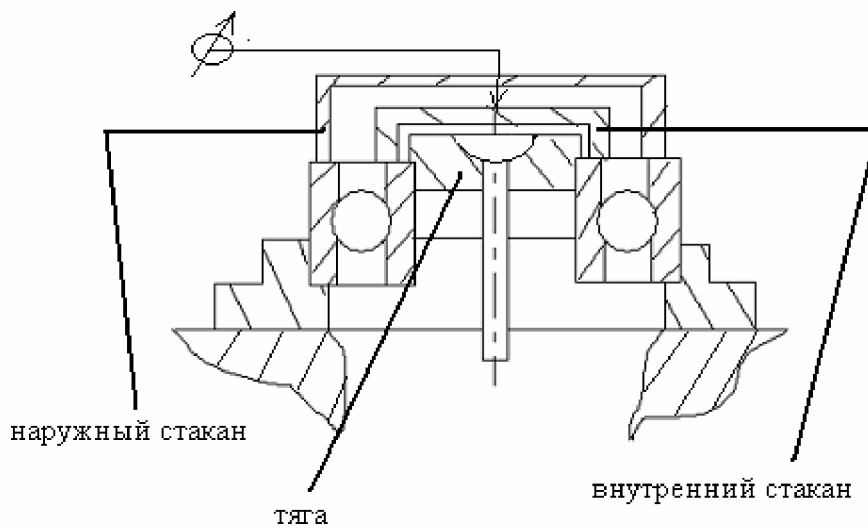
3. Проверка формы кольца на примыкание его к рабочей поверхности маслораспределительной втулки (на прилегание проверяют по световым щелям)

4. Проверка осевого зазора между торцом канавки и торцом кольца контршупом.

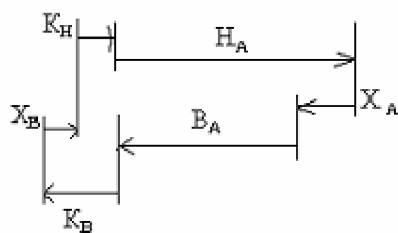
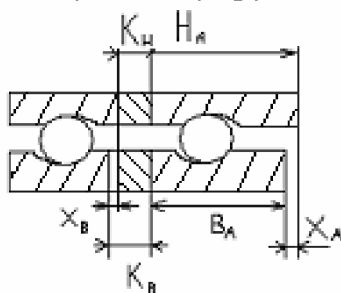


5. Контроль измерения утечки масла после окончания сборки носка.

4. Герметичность соединений трубопровода и других деталей проверяется методом опрессовки: создается давление $1.25 P_{раб.}$, после опрессовочной выдержки смотрят на отсутствие капельной течи
5. Распределение осевой нагрузки между подшипниками блока производится за счет выполнения нескольких операций:
 - 1) Определение величины упруго-осевого смещения колец подшипника под нагрузкой производится на специальном приспособлении.



2) Определение толщины дистанционных колец между подшипниками с учетом упругих деформаций. Производится на базе расчета РЦ.



$$K_H + H_A - X_A - B_A - K_B + X_B = 0$$

$$K_B = K_H + (H_A - B_A) + (X_B - X_A)$$

K_H -измеряем и вводим $PЦ$, H_A, B_A -измеряется

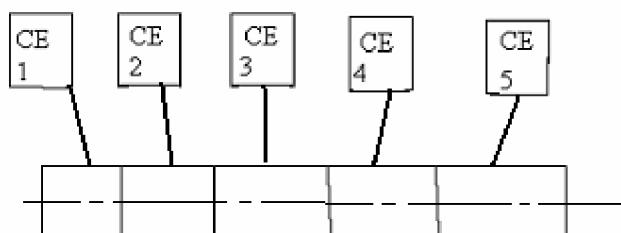
X_A, X_B -из графика находим размер K_B и шлифуем на размер K

3) Контрольная проверка.

Собирают блок подшипников с подобранными дистанционными кольцами и укладывают на приспособлении создают удвоенную нагрузку. Кривая должна находиться в промежутке между А и Б (красным).

Лекция №13

Особенности общей сборки авиадвигателей



- Целью общей сборки:
1. компоновка всех СЕ в единое целое
 2. Затем установить агрегаты на АД
 3. Установить на АД трубопроводы
 4. Монтаж электрического оборудования

Технические требования на сборки

1. Обеспечить заданную точность базирования всех основных сборочных единиц с целью достижения необходимой соосности роторов и концентрических уплотнений поверхности.
2. Обеспечить заданную точность усилия затяжки и равномерное усиление затяжки резьб соединений крепежных корпусов всех СЕ.
3. Обеспечить заданную точность пространственного расположения всех стыковочных (присоединенных) элементов гидрогазовых систем относительно базовой системы координат АД.
4. Обеспечить отсутствие технологических напряжений в трубопроводе гидрогазовых систем при монтаже трубопровода.
5. Обеспечить герметичность соединений трубопроводов ГГ систем.
6. Обеспечить качество монтажа эл. оборудования.

Основные сборочные операции:

1. Последовательная установка всех СЕ на базовую СЕ.
2. Монтаж на двигатель агрегатов и обеспечения заданной точности расположенных стыковых элементов.
3. Монтаж трубопроводов ГГ систем.
4. Контроль герметичности трубопроводов ГГ систем.

5. Монтаж эл. оборудования.

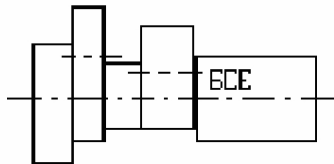
Операция №1

За БСЕ принимается такая база, которая содержит фиксирующий упорный радиальный шарикоподшипник для роторов.

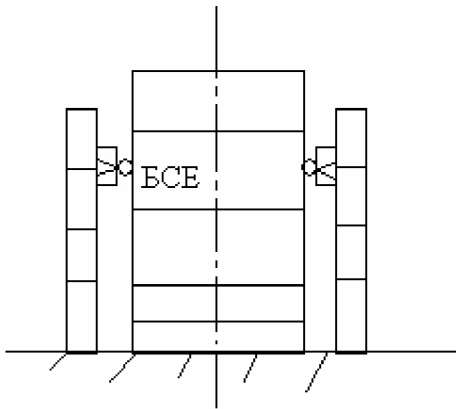
Точность базирования при стыковке основных СЕ зависит во многом от положения оси БСЕ при общей сборке.

Различают:

1. Когда ось БСЕ горизонтально



2. Когда ось БСЕ вертикально



При действии силы тяжести возникает большая несоосность роторов и не concentricность уплотнительных поверхностей.

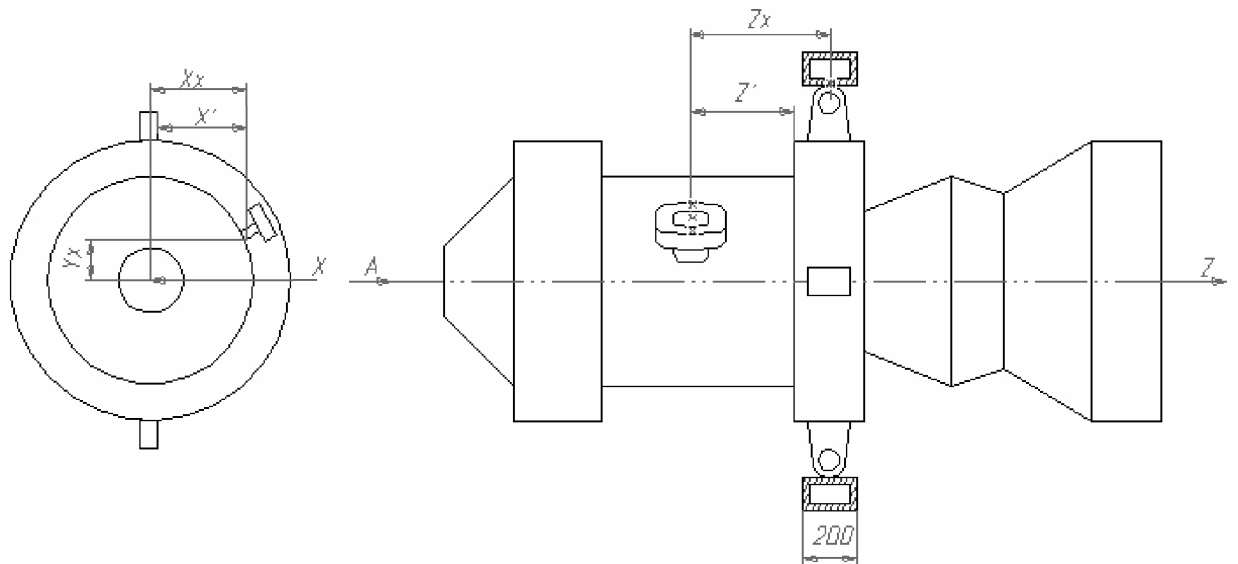
Достоинство: простота сборки и простота технологического оборудования.

Недостаток: большая несоосность.

Для повышения точного базирования сборку ведут по второму варианту с вертикальной осью.

Для контроля точности базирования дополнительно производится измерение радиальных мен. поверхности уплотнения элементов статора – как это было рассмотрено в сборке К и Т

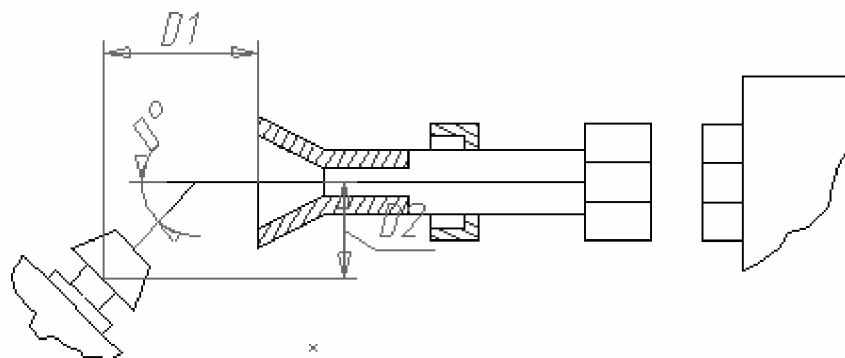
Недостаток: сборочные площадки подъемного оборудования (высота цеха 12 метров); поворот двигателя необходимо устройство для поворота АД.



Операция № 2: Каждая система АД имеет несколько агрегатов: топливный, обледенения, масляный, САР и т.д.

Для материализации осей XYZ используется технологическая оснастка – технологическое кольцо – имитатор подмоторной рамы самолета..

Операция №3: если погрешности вышли за рамки допуска, необходимы действия (мероприятия):

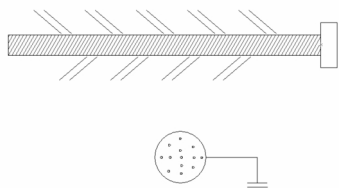


- 1 индивидуальный подбор трубопровода;
- 2 подгибка трубопроводов.

Величина подгибки ограничивает нормами конструкторской документации – проводят ТО.

Операция №4: выполняется с помощью жидкости или газов. Давление увеличивается на 25% выше, чем рабочее, температура остается такой же как и рабочая и определяется по капельной течи.

Операция №5:



1 Проводимость цепей с помощью ласточки или пистора.

2 Сократив изоляции электрических цепей.

Переборка двигателей

После разборки делают промывку АД и производят осмотр состояния деталей:

- 1 Визуальный осмотр (Лупа, микроскоп).
- 2 Микрометрический обмер и сравнение с размерами перед сборкой.
- 3 Контроль состояния двигателей на отсутствие трещин.

Результаты этого контроля записываются (всех видов) в соответствующие документы, которые в дальнейшем обрабатываются и выносятся решение о вторичной сборке двигателя. Если аварийное состояние (лопаток, дисков) – то заменяют детали и снова собирают двигатель и испытывают его и т.д.

Проектирование ТП сборки

Под проектированием понимают нахождение элементарного технологического решения в виде состава и последовательности выполнения технологических операций а также средств технологического оснащения.

Проектирования ТП может проводится как традиционным ручным способом, так и АПр, кроме того результат проектирования единичных ТП и типовых ТП.

При ручном проектировании ТП информация об изделии представляется в виде графической или в цифровом или алфавитно-цифровом видах.

При АПр ТП вся информация об изделии или СЕ должна быть представлена в виде математических моделей, которые могут делится на две группы:

- 1 Математические модели о структуре изделия.
- 2 Математические модели о конструктивно-технологических свойствах изделия.

В настоящее время разработано несколько систем АПр ТП. При сборке изделий наиболее известной системой является система ИСТРА. В этой системе все конструктивно-технологические свойства изделия принято именовать *контуром*. Под контуром понимается признак, характеристика, параметр. Все конструктивно-технические свойства – контуры, можно разделить на две группы:

- 1 Группа свойств, характеризующих механическую связь элементов.

2 Группа свойств, характеризующих пространственную взаимосвязь элементов.

Математические модели, выражающие структуру изделия

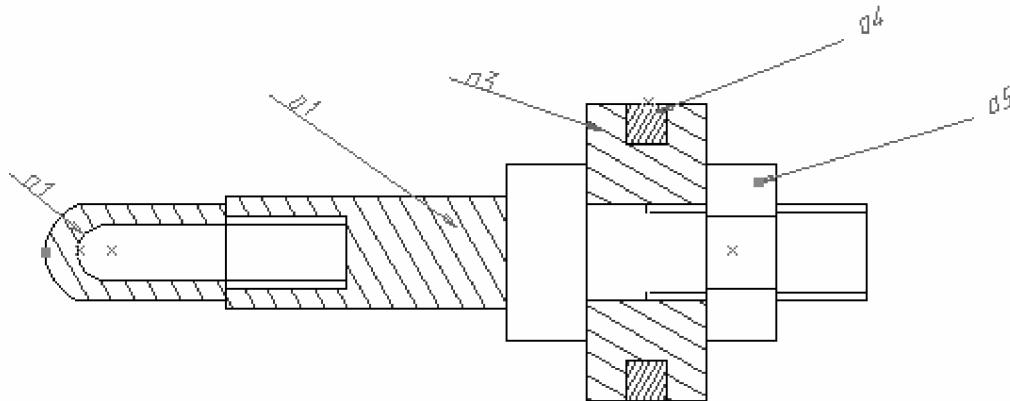
В 9ВМ можно представить:

- 1 В виде графы;
- 2 В виде множества.

$A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ – I схема

a_1 – наконечник

a_2 – шток.



.....

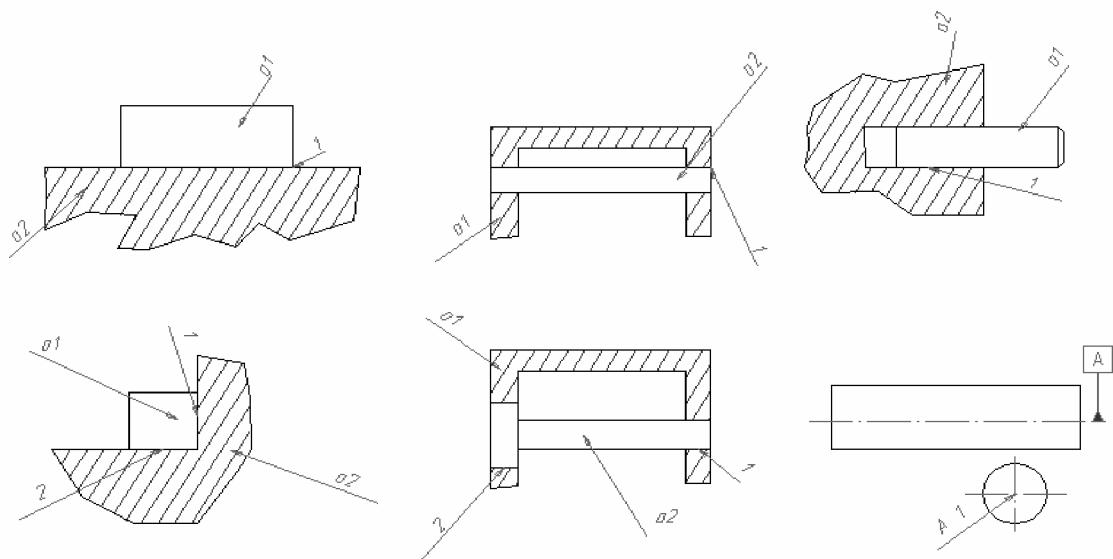
Контур сопряжения – взаимосвязь между собой.

Контур сопряжения может быть выражен двумя способами:

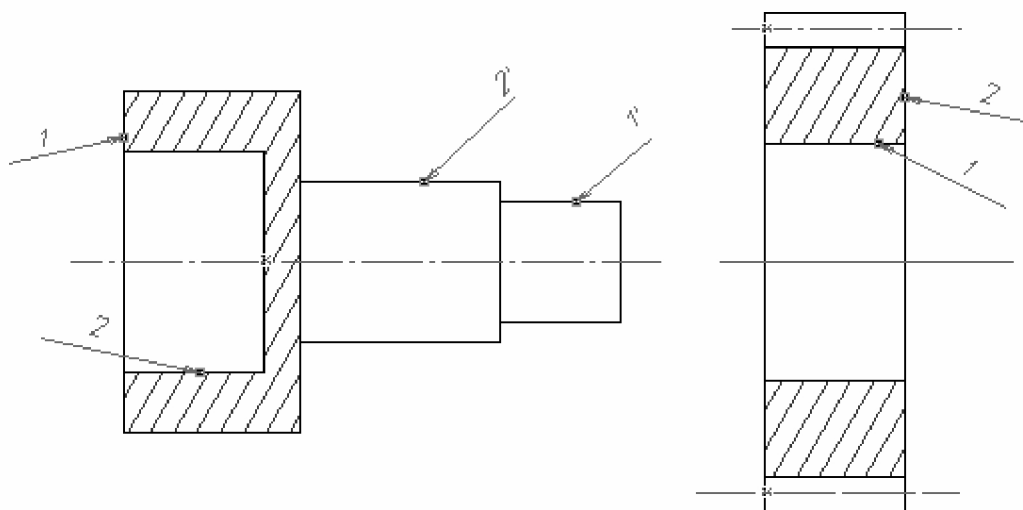
Граф. сопряжений	В виде матрицы																																				
	<table border="1" style="border-collapse: collapse; margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 5px;">a_1</td> <td style="padding: 5px;">a_2</td> <td style="padding: 5px;">a_3</td> <td style="padding: 5px;">a_4</td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="padding: 5px;">a_1</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="padding: 5px;">a_2</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="padding: 5px;">a_3</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="padding: 5px;">a_4</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="padding: 5px;">a_4</td> </tr> </table>	a_1	a_2	a_3	a_4				1	0	0	0	a_1			1	0	1	a_2				1	0	a_3					0	a_4						a_4
a_1	a_2	a_3	a_4																																		
	1	0	0	0	a_1																																
		1	0	1	a_2																																
			1	0	a_3																																
				0	a_4																																
					a_4																																

Контур базирования – положение любой детали в СЕ достигается за счет базирования.

База – это если поверхность или сочетание поверхности, линия или точка, используемая при базировании и обеспечивающая окрестности положения детали.



Сборочные базы могут быть как явные (в виде поверхности) так и скрытые (в виде линии, точки, скрытой плоскости).



Базирование детали при сборке можно выделить в виде определенных точек, площадок базирования и показать с помощью схем. Такие схемы базирования были в металлообработке.

Сборочные базы могут быть разделены: на конструктивные и технологические базы. Конструктивные базы могут делиться на основные КБ и вспомогательные КБ.

При составлении математических моделей базирования может быть выражено несколькими вариантами:

- 1 Направленный график базирования.
- 2 Представление состава сборочных баз.

Лекция №15

- 3) Наличие базы для какой-либо детали, ограниченное перемещение этой детали в одном или нескольких направлениях. В связи с этим математическая модель может быть представлена в виде

единичных векторов базирования $B^{\alpha}_{K(j)}$ -базирование катой детали относительно j-ой детали в направлении α

$B^{\alpha}_{K(j)} = 1$ -база существует; $= 0$ в противном случае.

Всего существует 12 единичных векторов

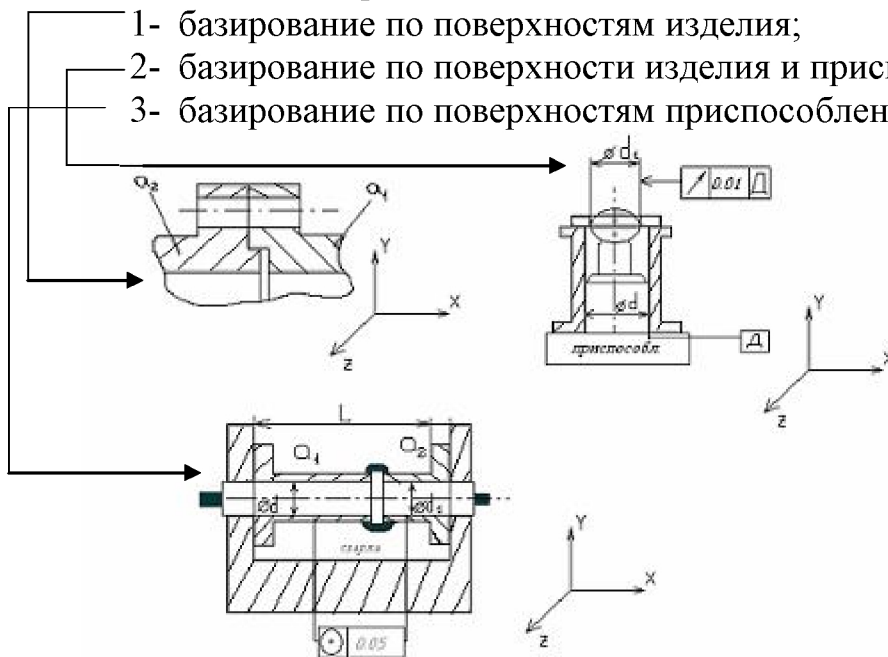
$$B^{\pm X}_{K(j)}, \dots, B^{\pm Z}_{K(j)}, \dots, B^{\pm X_0}_{K(j)}, \dots, B^{\pm Z_0}_{K(j)}$$

X -вдоль

X₀ -вокруг

При проектировании ТП базирование деталей может проводиться по трем возможным вариантам.

- 1- базирование по поверхностям изделия;
- 2- базирование по поверхности изделия и приспособления
- 3- базирование по поверхностям приспособления.



Для 2-го и 3-го варианта в графе базирования должно быть учтено одно или несколько приспособлений.

3. Контур связности

Контур связности характеризует наличие или отсутствие системы взаимных ограничений перемещения элементов изделия. Анализ КС производится следующим образом: в начале выявляются кратчайшие замкнутые цепи ограничений взаимных перемещений, если в этих цепях

входит одинаковые детали (одни и те же) тогда и все изделия обладают свойством связности.

$$(\underbrace{a_1, a_2}_{\leftarrow}, \underbrace{a_2, a_3, a_5}_{\leftarrow}, \underbrace{a_3, a_4}_{\leftarrow})$$

данное изделие обладает КС

4.Контур вида соединений
стр.24 (5)

2 Группа

К ней относится:

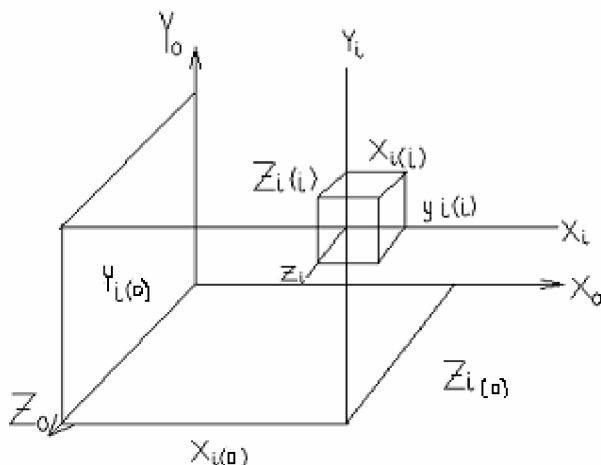
1) контур формы и расположения элементов изделия

Любой элемент изделия характеризуется формой поверхности, а также ее положение относительно базовой системы координат. В математических моделях форма элементов изделия может быть выражена в виде математических уравнений, линий, поверхностей.

Расположение элементов изделия обычно моделируется с помощью системы координат.

Относительно базовой системы координат:

В ряде случаев используется упрощенная схема математических моделей для формы и расположения элементов изделия.



2) контур возможных движений элементов изделий

Этот контур математически моделируется уравнениями траекторий движений. Вторым методом моделирования этого контура является

единичный вектор типа: $D_{K(j)}^\alpha$

$$D_{K(j)}^{\pm X}, \dots, D_{K(j)}^{\pm Z}, D_{K(j)}^{\pm X_0}, \dots, D_{K(j)}^{\pm Z_0}.$$

$D_{K(j)}^\alpha = 1$ - возможность движения существует
 $= 0$ - не существует

$B_{K(j)}^\alpha = 1 \quad D_{K(j)}^\alpha = 0$ и наоборот

3) контур ограничений доступа

В процессе сборки изделия, или СЕ производится перемещение одного элемента изделия относительно других элементов изделия. Эти движения возможны, если ранее установленные детали не ограничивают такие перемещения.

В математических моделях способность или возможность установки детали без ограничения может быть выражена следующим образом:

$W_{(a_k)} = 0$ – нет ограничения доступа

Если доступ ограничен, то указывается деталь, которая этот доступ ограничивает в виде множества: $W_{(a_k)} = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$

$W(a_1) = 0; W(a_2) = 0; W(a_3) = \{a_5\}; W(a_4) = 0; W(a_5) = 0$

4) контур размерных связей

При сборке изделия колебания размеров отдельных элементов изделия оказывает влияние на положение других элементов изделия и, стало быть, на величины сборочных параметров. Поэтому расположение элементов изделия, или же величины сборочных параметров можно определить с помощью РЦ, которые характеризуют размерные связи.

Для АПр ТП РЦ моделируется в виде графов размерных связей.

Последовательность проектирования ТП сборки

Проектирование ТП включает в себя следующие этапы:

- 1) формирование принцип схемы сборки изделия
- 2) формирование маршрута ТП сборки
- 3) произведения сборочных технологических операции
- 4) технико-экономические расчеты, формирование участка сборочного цеха. (Кафедра организаций производства)

Проектирование индивидуальных ТП

На первом этапе производства производится формирование принципиальной схемы сборки, выполняемая в следующей последовательности:

- 1) анализ конструктивно-технологических свойств (контуров изделия)
- 2) составляются возможные схемы членения изделия на составные части
- 3) анализ схем сопряжения, базирования и выбор оптимальной схемы базирования.

- 4) Анализ элементов изделия, препятствующий доступу при установке каждого элемента изделия.
- 5) Формирование последовательности установки и выбор оптимального варианта
- 6) Построение (окончательной) принципиальной схемы.

Лекция 16

- При составлении схемы, определяющей структуру изделия должны учитываться

- 1) Большое количество конструктивно-технологических единиц или модулей (если это не возможно).

- 2) Большие элементы СЕ, которые собираются самостоятельно, независимо друг от друга.

- 3) В каждой выделенной СЕ отсутствовали детали, препятствовавшие установке соседних СЕ.

- 4) Возможности назначения технических требований, определяющих качество СЕ.

- 5) Желательно, чтобы СЕ включала однотипные соединения которые используют одно и то же оборудование.

- 6) Возможности использования однотипных ТП на СЕ.

- При определении схем базирования желательно, чтобы в СЕ было как можно больше соединений, использующих в качестве базовой поверхности самого изделия.

- Выявление детали, препятствующей доступу.

- Формирование этапов принципиальной силы сборки:

- При формировании вариантов принципиальных схем основным фактором являются схемы базирования и таблица детали (или управление) препятствующей доступу для установки очередных деталей.

- Формирование нескольких вариантов принципиальных схем сборки.

После производится их оптимизация по критерию эффективности и другим критериям.

- Формирование маршрута ТП.

Маршрут ТП может быть сформирован на трех уровнях:

1-й ур: Уровень этапов ТП;

2-й ур: Уровень операций ТП;

3-й ур: Уровень переходов ТП.

I Преобразования на первом уровне включает три этапа:

- 1). Этап подготовки операций;

- 2). Этап сборочных операций;

- 3). Этап контрольных операций.

II Преобразования в ТП на втором уровне операций является наиболее сложным элементом преобразования. Такое преобразование ведется на базе сформулированной принципиальной схемы сборки.

При АПр ТП используются:

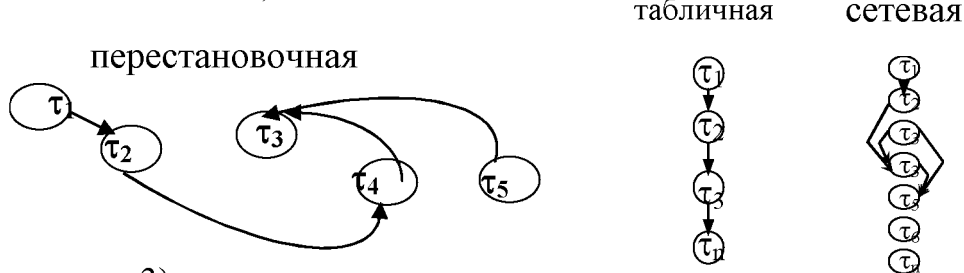
I Закономерности преобразования ТП.

II Модели сборки отдельных СЕ

Используются три модели сборки:

1)табличная модель (используется в тех случаях, когда последовательность выполнения операции соответствует единственному варианту).

2)сетевая модель (когда логично использовать несколько вариантов выполнения ТП)



3) перестановочная модель.

III Происходящие ТП процессы на уровнях переходов производится также с помощью:

- Табличных моделей
- Сетевых моделей
- Перестановочных моделей.

Главным недостатком проектирования автоматизированных индивидуальных ТП является большая трудоемкость в определении исходных данных и составлении математических моделей. Этот недостаток может быть значительно уменьшен если при применении конструктором изделия будет сформирован одновременно компьютерный образ изделия.

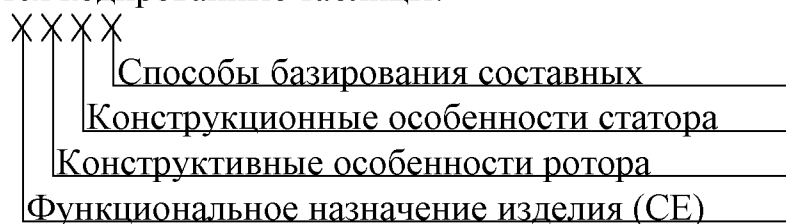
Для сокращения трудоемкости АПр более часто прибегают к проектированию типовых ТП.

В этом случае используется такой принцип, что конструкции однотипных изделий похожих друг на друга, то в этом случае на группу однотипных изделий логично разработать типовой ТП или группу ТП типовых.

При применении типовых ТП величины информации об изделии делятся на две категории – количественные и качественные.

Количественная информация включает такие данные: длина, площадь, радиальное и торцевое биение, количество деталей с СЕ и т.д. ввод такой информации не представляет затруднения.

Качественная информация в этом случае вводится в виде кодов для чего заранее составляются кодированные таблицы:



Кроме этих кодов используют коды на типовые детали:

- 01- Корпусы;
- 02- Валы;
- 03- Зубчатые колеса
-
- 27-Винты
-

В блок условно-постоянной информации включают следующие сведения:

1. Сводный перечень технологических операций составляющихся заранее на группу типовых изделий (или СЕ). Туда включают все операции, которые могут иметь место для изделия данной группы.

Этот перечень имеет форму таблицы:

Шифр Операции	Наименование операции	Инструмент	Шифр професс.	Разряд рабочего
3005	Установка изделия на стенд	Набор № 12	1415	4

2. Таблицы типовых последовательностей:

Шифр вариантов	Вариант последовательности
1	A ₀₁ , A ₀₂ , A ₀₃ A ₁₅
2	A ₀₁ , A ₀₂ , A ₀₆ A ₁₅

3. Перечень сборочного оборудования:

Модель оборудования	Технические характеристики			
	Стоимость	Гр. ремонтных служб	Площадь	Расход электроэнергии

4. перечень форм для расчета штучной нормы времени: $T = \eta \Phi_1^{K_1} \dots \Phi_n^{K_n}$

Определяется в виде аппроксимирующих функций

$\Phi_1 \dots \Phi_n$ – факторы, влияющие на трудоемкость;

$K_1 \dots K_n$ – показатели степеней;

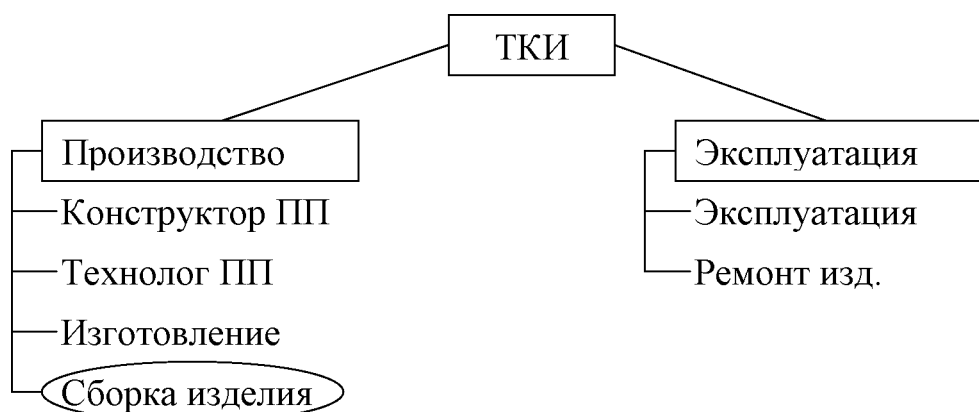
η - коэффициент аппроксимации.

Для группы СЕ, относящихся к одному семейству ввод искомым данных можно проводить методом тестирования.

Технологичность конструкции изделия в сборке (ТКИ)

В настоящее время ТКИ является одной из важнейших эксплуатационных характеристик двигателя.

Под технологичностью конструкций понимается совокупность свойств конструкции, обеспечивающей оптимальные затраты труда при



конструкционной подготовке производства, ТПП, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия.

Технологичность конструкции – не является постоянной характеристикой изделий. Совокупность требований в ТКИ зависит от следующих факторов:

- назначение изделий;
- масштаб производства;
- тип производства.

Для оценки технологичности конструкции разработаны ГОСТы. Анализ ТК занимается конструктор проектировщик и технолог.

Виды оценки технологичности конструкции

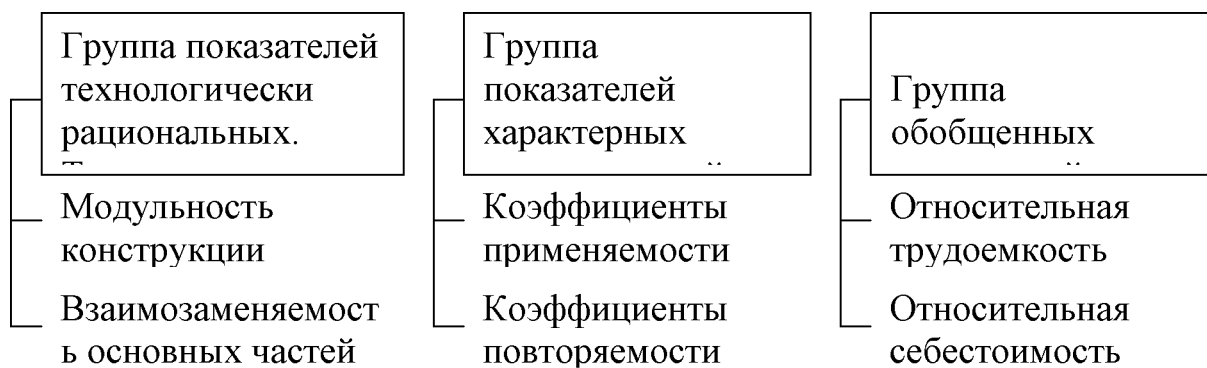
При анализе конструкции на технологичность применяются два вида оценки:

- количественная оценка ТКИ;
- качественная оценка ТКИ.

Количественная оценка ТКИ выражается в численных значениях, которые характеризуют степень выполнения требований ТК. Такая оценка может быть получена только при сравнении проектного изделия с изделием принятым за базовое.

Количественная оценка ТКИ может проводится по следующим направлениям:

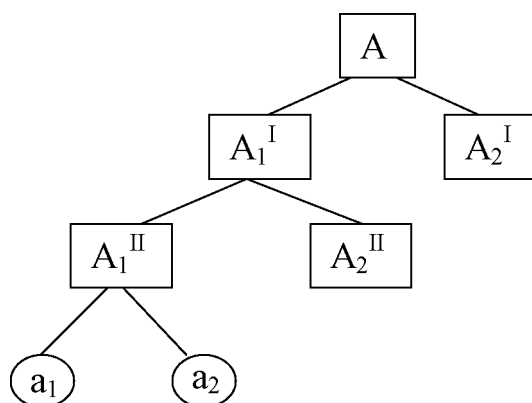
Количественная оценка ТКИ



Уровень технологичности по какому-либо критерию определяется по следующей зависимости: $V_i = \frac{K_{\text{проектн. изд}}}{K_{\text{базов. изд}}}$; $V_{\text{мод}} = \frac{0,5}{0,4} = 1,25$. $V_i \geq 1$ - считается

технологичная конструкция.

Модульность конструкции. Для определения модульности конструкции составляется схема деления изделия на составные части.



При анализе учитываются следующие рекомендации:

1. Чтобы в конструкции изделия было как можно больше конструкций технологических СЕ.

2. В конструкции изделия была базовая составляющая часть на основе которой формируется все изделие.

Базовая СЕ должна обладать достаточной целостностью,

прочностью, иметь соответствующие конструкционные элементы для установления ее на сборочном стенде, должна иметь качественные поверхности для использования их в качестве измерителя сборочных баз.

Конструкция каждой выделенной СЕ не должна требовать предварительной сборки и разборки данной СЕ.

Взаимозаменяемость составных частей осуществляется путем анализа размерных связей. Этот анализ делится на два этапа:

1. Функциональный размер анализируемых (РА).
2. Технологический размерный анализ.

При функциональных РА устанавливается взаимосвязь между эксплуатационными характеристиками и сборочными характеристиками.

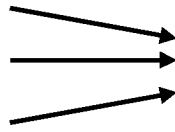
При технологическом РА устанавливается взаимосвязь между допусками на сборочных параметр и допусками на р-ры отдельных деталей входящих в СЕ.

При этом должны быть выполнены следующие рекомендации:

1. допуски на р-ры детали в СЕ должны быть увязаны и согласованы с допусками на сбор параметры.

2. допуски на р-ры отдельных деталей входящих в СЕ должны учитывать как трудоемкость изменения отдельных деталей так и трудоемкость сборки.

Наиболее приемлемыми достаточно точными сборочными параметрами являются:

- полная
 - неполная
 - групповая
- 
- взаимозаменяемость

Методы пригонки обычно могут быть применены в тех случаях, если он является единственным возможным методом.

Коэффициент применяемости. В числе коэффициентов применяемости используются коэффициенты стандартизации СЕ и деталей, коэффициенты СЕ и деталей.

Коэффициенты повторяемости. Количество одинаковых СЕ и деталей установленных на двигатель.

Качественная оценка ТКИ

Применяется на всех этапах проектирования двигателя. В этом случае используется визуальная оценка конструкции по основе опыта изготовителя (конструктора или технолога) или же на основе соответствия тем требованиям и рекомендациям, которые устанавливаются для конкретных изделий по типу, причем здесь даются следующие типы оценки:

- «хорошо» - «плохо»;
- «допустимо» - «недопустимо»;
- «рационально» - «иррационально»;
- «технологично» - «нетехнологично».

Рекомендация для качественной оценки:

1. Конструкция изделия должна исключать случаи произвольной установки деталей, нарушающих строение изделия.

2. Конструкции изделия и отдельных его соединений должны обеспечивать путь доступа при проведении сборочных и регулирующих работ.

3. Если в конструкции изделия имеются составные части (агрегаты) ресурс которых ниже, чем основного изделия, то должна быть обеспечена их замена без дополнительной разборки двигателя.

4. Если в конструкции изделия имеются составные части, масса которых больше 16 кг, то должны быть предусмотрены конструкционные элементы для возможности крепления грузоподъемных средств при подъеме и транспортировке.

5. Конструкция изделия должна предусматривать возможность автоматизации сборочных работ.

6. Конструкция изделия должна обеспечивать возможность разборки соединений при переборках двигателей.