

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

---

Кафедра ремонта ЛА и АД  
А.Н.Ерошкин, С.К.Груздков

ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛА И АД

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
по выполнению лабораторных работ по дисциплине  
"Основы производства ЛА и АД"  
для студентов специальности 130300

Москва - 2005

Рецензент проф. Макин Ю.Н.  
Груздков С.К., Ерошкин А.Н.

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Основы производства ЛА и АД" для студентов специальности 130300 .-М.: МГТУ ГА, 2005 - 72 с.

Данные методические указания издаются в соответствии с учебной рабочей программой для студентов V курса специальности 130300 очного обучения.

Рассмотрены и одобрены на заседании кафедры Ремонт ЛА и АД  
протокол №                      и методического совета МФ              протокол №.

## Введение

Изучение дисциплины поможет будущему инженеру-механику по эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей правильно решать вопросы, связанные с обслуживанием и ремонтом авиационной техники, используя при этом производственный опыт авиационной промышленности.

Программой предусмотрены лекции, лабораторные работы и практические занятия. По учебному плану предусмотрена сдача зачета.

Изучение учебного материала целесообразно проводить по отдельным темам в определенной последовательности. Вначале необходимо ознакомиться с вопросами по теме, затем с основными терминами, понятиями и определениями. При изучении темы по рекомендуемой литературе следует вести конспект, что способствует лучшему усвоению материала курса и облегчает его повторение при подготовке к зачету. При подготовке к лабораторным работам и практическим занятиям необходимо ознакомиться с теоретическим материалом по рекомендуемым пособиям, порядком выполнения их, а затем проверить усвоенные знания по контрольным вопросам.

Материал курса может быть хорошо усвоен лишь в том случае, если его изучение будет проводиться регулярно в течение всего семестра.

## 1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Общие вопросы производства авиационной техники.

Производственный процесс. Составляющие производственного процесса: технологический, вспомогательный и обслуживающий процессы. Составляющие технологического процесса: технологическая операция, технологический переход, рабочий ход, установ, позиция. Типы производства: опытное, серийное, массовое. Виды производств: агрегатный принцип, технологический принцип, смешанный, многоцелевые, одноцелевые. Составляющие производственной структуры: цех, служба, производственный участок, рабочее место. Показатели производственного процесса: объем выпуска, производственная партия, программа выпуска, производственная мощность, производственный цикл, коэффициент закрепления операций, такт выпуска.

Техническая подготовка производства (ТПП). Составляющие ТПП: конструкторская подготовка производства, технологическая подготовка производства, организационно-производственная подготовка, Этапы ТПП, исходная информация для разработки технологического процесса. Этапы разработки технологического процесса. Классификация баз. Точность обработки.

Технологичность авиационной техники. Виды технологичности. Области обеспечения и проявления технологичности. Факторы, определяющие требования к технологичности. Виды оценки технологичности. Основные показатели технологичности. Дополнительные показатели технологичности.

Точность и взаимозаменяемость при изготовлении ЛА. Способы обеспечения точности и взаимозаменяемости: плазово-шаблонный, эталонно-

шаблонный, координатно-шаблонный, метод координатно-аналитической увязки.

Технический контроль. Средства контроля. Типы контролируемых признаков. Этапы технического контроля. Виды контроля. Способы контроля. Статистические методы управления качеством. Классификация неразрушающих методов контроля.

### 1.2. Изготовление деталей АТ.

Заготовительно-обработочные процессы. Подклассы: формообразование, придание физико-механических свойств. Группы процессов: литье, горячее деформирование, разделение полуфабриката и удаление излишнего материала, холодное деформирование, термическая и термохимическая обработка, образование покрытий. Подгруппа процессов и частные технологические процессы: гибка, обтяжка, вытяжка и т.д..

Изготовление деталей ЛА. Комплексная технологическая классификация процессов изготовления деталей ЛА (КТК).

Изготовление деталей АД: лопатки компрессора и турбины, диски, вал, камеры сгорания, корпусные детали, детали агрегатов. Контроль деталей АТ. Контроль деталей АД после изготовления.

### 1.3. Сборка, монтаж и испытание АТ.

Схемы сборки. Методы сборки. Способы базирования. Методы сборки, обеспечивающие заданную точность.

Сборка компрессора. Сборка турбины. Общая сборка. Статическая балансировка. Динамическая балансировка. Испытание авиационных двигателей. Сборка клепаных конструкций. Контроль заклепочных соединений. Способы герметизации и контроль ее качества. Сборка сварных узлов. Характерные дефекты процессов сварки и их контроль. Сборка конструкций с использованием комбинированных соединений. Контроль их качества.

Узловая сборка. Агрегатная сборка. Изготовление клееных обшивок, трехслойных конструкций и конструкций из неметаллов. Общая сборка. Монтажные работы. Контрольно-испытательные работы. Наземные испытания. Летные испытания.

## 2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

#### 1. Цель работы

Выработка практических навыков по применению инженерного анализа точности технологического процесса

#### 2. Протокол выполнения работы

- 2.1 Характеристика применяемого измерительного инструмента и схема обмена.
- 2.2 Определить поле рассеивания " $\omega$ "
- 2.3 Выбрать число разрядов " $k$ "
- 2.4 Определить цену разряда " $c$ "
- 2.5 Определить число измерений в каждом разряде " $n_{ki}$ "
- 2.6 Определить среднее арифметическое для каждого разряда " $X_{kcp}$ "
- 2.7 Построить практическую кривую
- 2.8 Определить среднее арифметическое " $X_{cp}$ " и среднее квадратическое отклонение " $\sigma$ " для всех исходных данных
- 2.9 Определить масштаб для кривой нормального распределения " $M_n$ "
- 2.10 Определить координаты точек для построения кривой нормального распределения
- 2.11 Построить теоретическую кривую
- 2.12 Определить расчетное поле " $\omega_p$ "
- 2.13 Определить систематическую погрешность " $\omega_{\Pi}$ "
- 2.14 Определить суммарную погрешность " $\omega_{\Sigma}$ "
- 2.15 Определить процент брака
- 2.16 Анализ и выводы.
- 2.17 Определить " $K_T, K_P(t), K_C(t), K_3(t)$ ".
- 2.18 Анализ и выводы.

### 3. Краткие сведения (2).

Поле рассеивания определяется  $W = X_{\max} - X_{\min}$ . Для удобства обработки статистических данных и построения кривой распределения величину размаха разделяют на разряды " $k$ " (интервалы).

Число разрядов должно быть увязано с количеством деталей  $N$ : при  $N = 50 \dots 100$   $K = 5 \dots 7$ . При  $N > 100$   $K = 7 \dots 11$ . Для определения среднего арифметического значения размера используется формула  $X_{cp} = \sum X_i \cdot n_i / N$ , а среднего квадратического отклонения -

$$\sigma = \sqrt{\sum (X_i - X_{cp})^2 \cdot n_i / N}$$

Практическая кривая распределения служит для первой приближенной оценки точности процесса, оценки чистоты эксперимента и правильности обработки результатов измерений, а также для решения вопроса о выборе теоретического закона для характеристики данного распределения.

Для определения поля рассеивания размеров используется формула  $W_p = 6\sigma$ . Систематическая погрешность определяется по формуле  $W_{\Pi} = 2 / X_{cp} - X_{бcp} /$ , где  $X_{бcp}$  - номинальная величина с учетом середины координаты поля допуска. Суммарная погрешность  $W_{\Sigma} = W_{\Pi} + W_p = 2 / X_{cp} - X_{бcp} / + 6\sigma$ .

По положению центра группирования в поле допуска, т. е. по абсолютной величине  $|X_{cp} - X_{бcp}|$  можно судить о качестве настройки станка или о соответствии размера инструмента заданному значению. Если суммарная погреш-

ность оказывается больше допуска на выполняемый размер, т.е. при  $W_{\Sigma} = W_{\Pi} + W_{\rho} > \delta$ , метод кривых распределения позволяет определить вероятный процент годных деталей или вероятный процент брака. При  $W_{\Sigma} > \delta$  часть площади под кривой выходит за пределы поля допуска, она будет соответствовать вероятному проценту брака, а остальная площадь – вероятному проценту годных деталей. Процент годных деталей можно определить по уравнению

$P\% \text{ год.дет.} = 2 * \Phi'(z) * 100$ . Практическая кривая распределения представляется в координатах  $X_i, n_i$ . Для увязки масштабов по оси ординат из условия равенства площадей под кривыми используется уравнение  $M_n = M_{\Sigma} * C * N / \sigma$ . Коэффициент точности –  $K_t = W_{\rho} / \delta$ , коэффициент мгновенного рассеяния

$K_p(\tau) = W(\tau) / \delta$ , где  $W(\tau)$  – поле рассеяния для данного момента времени.

Коэффициент смещения  $K_c = \Delta(\tau) / \delta$ , где  $\Delta(\tau) = |X_{cp}(\tau) - X_{бср}|$  – среднее значение отклонения контролируемого параметра относительно середины поля допуска в момент времени  $(\tau)$ ,  $X(\tau)$  – среднее арифметическое для данного момента времени. Коэффициент запаса точности –

$$K_z(\tau) = 0,5 - K_c(\tau) - 0,5 K_p(\tau).$$

#### 4. Вопросы (тесты).

ТЕМА150: ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.

1. Можно ли судить о качестве настройки станка или соответствии размерного инструмента заданному значению по величине:  $|X_{cp} - X_{бср}|$ ?

2. При  $W > \delta$  часть площади под кривой распределения, выходящей за пределы поля допуска, будет ли соответствовать вероятному проценту годных деталей?

3. Позволяет ли метод кривых распределения, определить вероятный процент годных деталей или вероятный процент брака?

4. Можно ли толщиномером МТ-41НЦ измерить толщину неферромагнитных покрытий на ферромагнитной основе?

5. Можно ли толщиномером МИП-10 измерить толщину хромового покрытия на стальных деталях?

6. Если  $K_t > 1$ , то можно ли говорить, что данный технологический процесс обеспечивает заданную точность?

7. "Измерение деталей анализируемой совокупности, вычисление характеристик распределения, построение практических кривых распределения, анализ кривых и характеристик распределения, выбор на этой основе теоретического закона распределения анализируемой совокупности".

Все ли этапы статистического метода точности ТП представлены выше?

8. При  $N = 50 \dots 100$   $K = 7 \dots 11$ ; при  $N \geq 100$   $K = 5 \dots 7$ ?

Правильно ли указано количество выбранных разрядов?

9. "Практическая кривая распределения служит для первой приближенной оценки точности процесса, оценки частоты эксперимента и правильности обработки результатов измерений, а так же для решения вопроса о выборе теоретического закона распределения". Верно ли это утверждение?

10. Если коэффициент запаса точности  $-0.5$ , получается отрицательным, то можно ли говорить о наличии запаса точности данного технологического процесса?

11. Коэффициент точности вычисляется по формуле:

1)  $K_T = W/\delta$     2)  $W = L(Y) * G$     3)  $W = \delta\sigma$     4)  $K_C(t) = \bar{\Delta t}/G$     5)  $K_C(t) = \Delta t/\delta?$

12. Уравнение для увязки масштабов:

1)  $M_H = M_3 * c * N / \sigma$     2)  $(t) = |\bar{X}(t) - X_{бср}|$     3)  $Z = \delta/2\sigma?$

13. По какой формуле вычисляют среднее квадратическое отклонение:

1)  $X_{ср} = \frac{X_1 * n_1 + X_2 * n_2 + \dots + X_K * n_K}{N}$     2)  $\sigma = \sqrt{\left( \frac{(X_i - X_{ср})^2 * n_i}{N} \right)}$

3)  $\omega_p = \delta\sigma$

14. Коэффициент запаса точности вычисляется по формуле:

1)  $K_C(t) = \bar{\Delta t}/\delta$     2)  $K_3(t) = 0,5 - K_C(t) - 0,5 * K_P(t)$     3)  $K_T = W/\delta?$

15. В каких координатах представляется практическая кривая распределения:

1)  $X_{ki}; n_{ki}$     2)  $X_i; \sigma$     3)  $\sigma; n_i/N$

16. Что можно отнести к элементам технологического процесса: 1) массовое производство, 2) технологический переход, 3) обслуживающий процесс?

17. Поле рассеивания определяется по формуле:

1)  $W = X_{max} - X_{min}$     2)  $W_p = 6\sigma$     3)  $W_n = 2|X_{ср} - X_{бср}|?$

18. Суммарная погрешность вычисляется по формуле:

а)  $P\% = (0.5 - \Phi'(Z)) * 100$     б)  $W_z = W_n + W_p$     в)  $W_z = 2 * |X_{ср} - X_{бср}| + 6\sigma?$

1) а, б    2) а, в    3) б, в

19. По какому уравнению можно определить " %" годных деталей:

1)  $P\% = 2 * \Phi'(z) * 100$     2)  $P\% = (0.5 - \Phi'(z)) * 100$  ?

20. Каким толщиномером можно определить толщину детали из неметаллов (органическое остекление)?

1) ЦНК-30    2) МИП-10    3) МТ-41НЦ    4) УТ-31МЦ    5) Здесь не указанным?

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АТ

### 1. Цель работы

Ознакомиться с вопросами проектирования технологических процессов изготовления деталей авиационной техники.

### 2. Протокол выполнения работы

Составить схемы изготовления деталей АТ и указать класс по КТК для деталей ЛА или типовую деталь по методу групповой обработки для деталей АД. Для деталей АД также разработать план контроля. Произвести выбор технологических баз. Разработать план обработки заданной детали.

### 3. Краткие сведения (1, 3)

Типизация технологических процессов заключается в классификации деталей и узлов по конструктивно-технологическим признакам (форме, размерам и т. д.) и разработке на этой основе, с учетом накопленного опыта для каждого типа деталей.

Метод групповой технологии основан на классификации. При этом выделяются такие группы деталей, для изготовления которых требуется один и тот же тип оборудования, общая (единая) технологическая оснастка и общая настройка станка. После выявления групп деталей разрабатываются групповые технологические процессы. Комплексная деталь представляет или характерную деталь, содержащую все элементы, присущие всем деталям группы, или создается искусственно. Комплексная технологическая классификация-типизация, которая базируется не только на классификации деталей, но и на унификации таких элементов технологического процесса, как виды обработки и последовательность их выполнения, оборудования, инструмент и оснастка и т. д. Автоматизированное проектирование технологических процессов складывается из разработки расчетной модели объекта, проектирования, формализации полученной информации, корректировки исходных данных и технологических процессов, а также формировании технологической документации.

Комплексная технологическая классификация изготовления деталей ЛА.

В комплексной технологической классификации (КТК) изготовления деталей ЛА общими, наиболее существенными признаками, связывающими полуфабрикат или заготовку с деталью и определяющими наиболее важный элемент технологического процесса изготовления детали - процесс формообразования, являются:

соответствие формы полуфабриката или заготовки (по контуру и сечениям) форме детали;

соответствие размеров и точности полуфабриката или заготовки по контуру и сечениям, размерам и точности детали;

соответствие класса шероховатости основных необрабатываемых поверхностей полуфабриката или заготовки классу шероховатости основных поверхностей детали.

Используя перечисленные геометрические признаки, все детали планера самолета и относящиеся к ним полуфабрикаты и заготовки можно разделить на пять комплексных классов (табл.1).

К первому классу относятся детали, изготавливаемые из стандартного сортамента полуфабриката, класс шероховатости основных (необрабатываемых) поверхностей которого соответствует классу шероховатости детали.

Геометрические параметры полуфабриката в данном случае по форме и размерам не соответствуют заданным контурам детали и не полностью соответствуют заданным ее сечениям.



Таблица 1

## Комплексная технологическая классификация деталей

Комплексный класс	Детали самолета	Соответств. геометрических параметров деталей и полуфабрикатов (заготовок)					Полуфабрикат или специальная заготовка
		По форме		по размеру		по чистоте основных по верхн.	
		контура	сеч.	контура	сеч.		
1.	Обшивки, нервюры, шпангоуты, стрингеры тяги, фермы и т.д.	2	3	2	3	4	Листы, профили профилированные плиты, трубы тонкостен.
2.	Штоки, валики, цилиндры, вилки, уши, рамы, шпангоуты и т.д.	3	2	3	2	2	Прутки, трубы толстостенные, поковки и неточные штамповки и отливки
3.	Монолитные панели, обшивки, полки и стеньки фасонные и переменного сечения и т.д.	2	2	2	2	3	Плиты и полосы плоские, катаные и прессованные
4.	Силовые узлы, шпангоуты, монолитные отсеки, полки лонжеронов, панели и т.д.	4	4	3	3	4	Точные штамповки, отливки и прессованные заготовки
5.	Диффузоры, конусы носки, наконечники законцовки крыльев и т.д.	4	4	4	4	4	Заготовки из композиционных материалов, пластмасс, керамики и др

Условные обозначения в табл.1: 4 - полное соответствие; 3 - неполное соответствие; 2 - несоответствие.

Процессы изготовления деталей этого класса обычно включают процессы раскроя полуфабриката на заготовки.

В силу того, что детали первого класса по форме не вписываются в заготовки, основным процессом их формообразования является деформирование (гибка, вытяжка, обтяжка и т.д.) (табл.2).

Ко второму классу относятся детали, изготавливаемые как из стандартного сортамента полуфабриката, так и из неточных заготовок. Полуфабрикаты и заготовки для деталей этого класса не полностью соответствуют по форме и размерам контуру, указанному в чертеже на деталь, и не соответст-

вуют по остальным геометрическим параметрам. При изготовлении деталей из стандартного полуфабриката в технологический процесс часто входит и процесс изготовления заготовки.

Таблица 2

Принципиальные схемы технологических процессов изготовления деталей из листов, профилированных плит, профилей и тонкостенных труб холодным деформированием



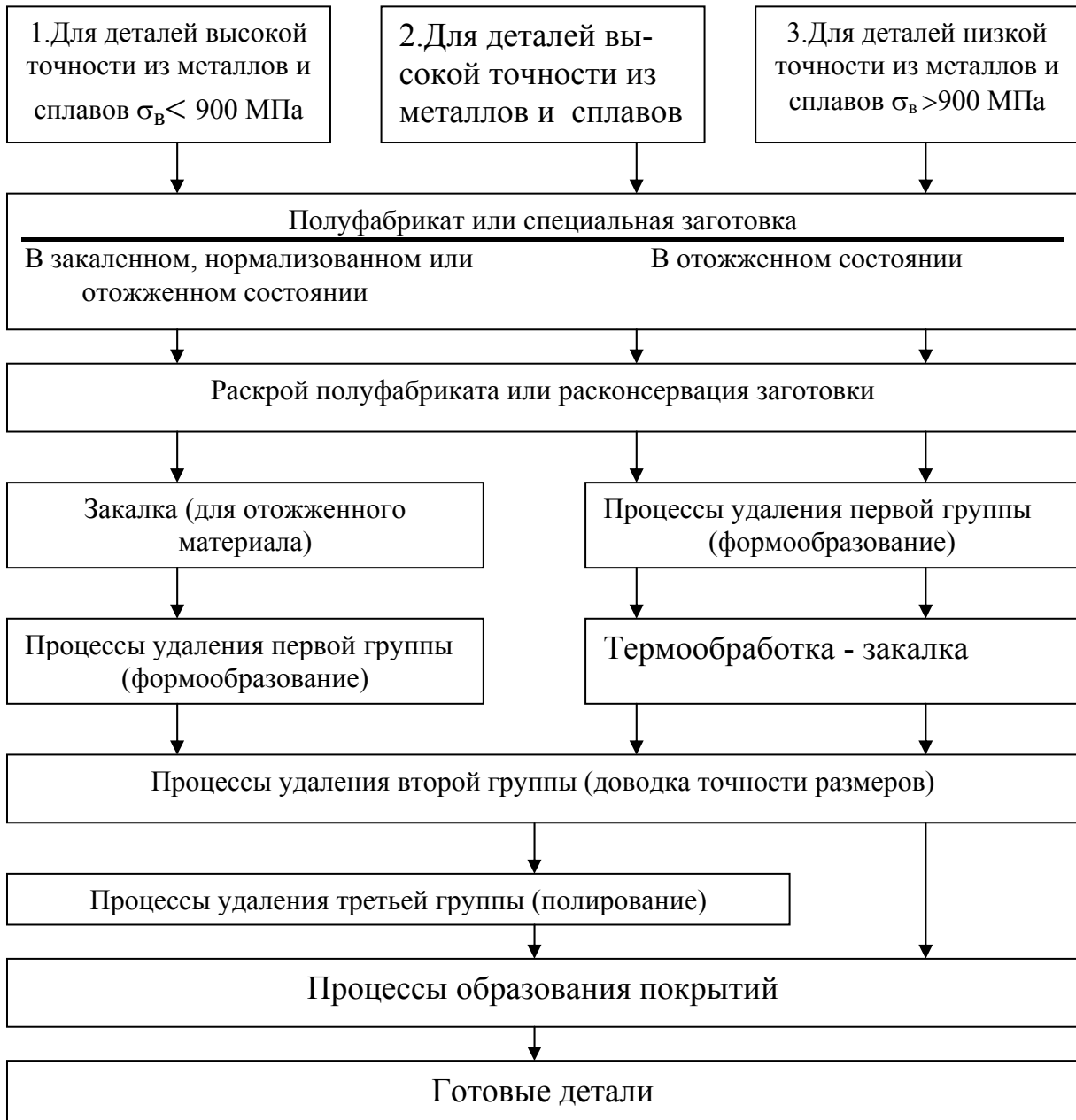
Детали второго класса полностью вписываются в заготовки, поэтому основным процессом их формообразования является удаление излишнего материала со всех поверхностей заготовки (табл. 3).

К третьему классу относятся детали, изготавливаемые из стандартного полуфабриката. Полуфабрикаты или заготовки соответствуют лишь классу чистоты основных поверхностей и не соответствуют по всем остальным геометрическим параметрам. В технологический процесс изготовления таких деталей, как правило, входят процессы раскроя полуфабриката на заготовки.

Детали третьего класса не вписываются в заготовки по форме и размерам контура, но вписываются по форме и размерам сечений.

Таблица 3

Принципиальные схемы технологических процессов изготовления деталей из полуфабрикатов и неточных заготовок удалением излишнего материала



Поэтому для их формообразования применяются и процессы удаления излишнего материала, и процессы деформирования, которые могут меняться местами. Если, например, излишний материал удаляется механическим фрезерованием, то процесс деформирования, как правило, следует за ним. Если же удаление излишнего материала производится размерным травлением, то процесс деформирования обычно предшествует ему (табл. 4).

Таблица 4

Принципиальные схемы технологических процессов изготовления деталей из листов, плоских плит и полос удалением излишнего материала и деформированием



К четвертому классу относятся детали, изготавливаемые из специальных точных заготовок, выполняемых штамповкой совместно с калибровкой, штамповкой с чеканкой, штамповкой из жидкого металла, точным литьем, горячим или холодным прессованием. Геометрические параметры таких заготовок не полностью соответствуют геометрическим параметрам деталей только по размерам контура и сечений. Все остальные геометрические параметры заготовки соответствуют заданным параметрам детали.

Поэтому в технологическом процессе изготовления деталей из таких заготовок процесс формообразования отсутствует, так как он входит в процесс изготовления заготовок. Основные поверхности заготовок обработке не подвергают. Остаются лишь процессы доводки - доработки по размерам контура и некоторые сечения (табл.5).

Таблица 5

Принципиальные схемы технологического процесса изготовления деталей из точных специальных заготовок удалением излишнего материала



К пятому классу относятся детали, изготавливаемые непосредственно из пластмасс или их композиций с различными наполнителями, а также из керамики и металлокерамики. Для изготовления этих деталей применяют такие процессы формообразования, которые в большинстве случаев устраняют последующую обработку.

#### Планы обработки деталей АД.

##### Рабочая лопатка компрессора.

1. Термообработка. 2. Обработка баз. 3. Обработка хвостовика. 4. Обработка пера. 5. Отрезка технологической бобышки. 6. Обработка торца пера. 7. Упрочнение. 8. Нанесение покрытий. 9. Окончательный контроль.

##### Сопловая лопатка.

1. Наружная обработка хвостовика. 2. Получение внутренних каналов. 3. Доводка пера. 4. Промывка. 5. Нанесение покрытий. 6. Сборка с дефлектором. 7. Окончательный контроль.

##### Рабочая лопатка турбины.

1. Обработка базовых поверхностей. 2. Предварительная обработка пера (фрезерование, ЭХО). 3. Окончательная обработка пера. 4. Травление пера. 5. Выявление дефектов. 6. Доводка пера. 7. Обработка хвостовика. 8. Отрезка технологической бобышки. 9. Обработка торца пера. 10. Нанесение покрытий. 11. Окончательный контроль.

##### Обработка дисков.

1. Подрезка торца заготовки. 2. Ультразвуковой контроль. 3. Обдирка заготовки кругом. 4. Термообработка. 5. Отрезка образцов для механических испытаний. 6. Получистовая обработка диска кругом. 7. Чистовая обточка диска кругом. 8. Полирование торцов. 9. Травление, промывка, выявление дефектов. 10. Сверление отверстия (либо нарезание пазов на торце). 11. Протягивание, контроль пазов в диске. 12. Протягивание и контроль пазов в обрабатываемом диске. 13. Слесарная обработка пазов. 14. Чистовая обточка посадочных поверхностей поясков ( для дисков компрессора с торцевыми шлицами) либо фрезерование выемок ( для дисков турбин). 15. Нарезание и контроль качества торцевых шлицов (для дисков компрессора). 16. Срезание одного торцевого шлица. 17. Отделка торцов и внутренних поверхностей. 18. Статическая балансировка. 19. Анодирование или оксидирование (для дисков компрессора). 20. Окончательный контроль.

##### Обработка вала.

1. Термообработка (нормализация). 2. Подрезка торцов и зацентровка. 3. Обтачивание под люнет. 4. Черновая обработка: сверление центрального отвер-

ствия, растачивание его, отрезка образца, точение наружных поверхностей, шлифование внутренних и наружных центрируемых поверхностей. 5. Защита нецементируемых поверхностей меднением. 6. Цементация. 7. Термообработка - закалка и отпуск. 8. Восстановление баз - правка и зачистка базовых фасок центрального отверстия, 9. Шлифование под люнет. 10. Чистовая обработка. 11. Окончательная обработка. 12. Балансировка вала. 13. Окончательный контроль.

#### Камера сгорания.

1. Раскрой заготовки. 2. Подготовка материала к вырубке или вырезке плоских заготовок. 3. Вырубка или вырезка плоских заготовок. 4. Подготовка плоских заготовок к вытяжке или гибке. 5. Формообразование. 6. Механическая обработка деталей перед сваркой. 7. Обработка отверстий, углублений. 8. Сборка деталей под сварку. 9. Прихватка. 10. Сварка. 11. Механическая обработка после сварки. 12. Нанесение покрытий. 13. Окончательный контроль.

#### Детали золотниковых и плунжерных пар.

1. Черновая обработка. 2. Чистовая обработка. 3. Термообработка. 4. Окончательная обработка. 5. Контроль. 6. Промывка. 7. Термообработка (старение). 8. Доводка рабочих поверхностей. 9. Промывка. 10. Пассивирование. 11. Окончательный контроль.

#### Контроль деталей АД.

##### Камера сгорания:

- внешний осмотр;
- проверка размеров измерительным инструментом;
- измерение толщины стенки приборами ультразвукового контроля;
- определение качества сварного шва методом рентгеновского, химического и магнитного анализа.

##### Вал:

- диаметры шеек валов проверяются скобками и микрометрами;
- диаметры отверстий пробками и индикаторами для внутреннего измерения;
- наружную резьбу проверяют скобами, кольцами и микрометрами;
- внутреннюю резьбу проверяют резьбовыми пробками.

##### Лопатки:

- выявление внутренних и внешних дефектов материала;
- проверка чистоты обработки;
- проверка размеров, формы профилей, спинки и корыта, а также расположения пера относительно замка;

- проверка массы и частоты собственных колебаний лопаток.

#### Плунжерные пары:

- контроль отверстий гильз;
- проверка диаметров отверстия и вала калибрами;
- проверка глубины отверстия от торца, перекосов осей цилиндрических поверхностей, биений и др. неточностей формы детали;
- измерение точно доведенных поверхностей головками с пружинной передачей по типу микрометра;
- измерение шероховатости поверхностей с помощью интерферометров;
- проверка на призматическом приспособлении биения и перпендикулярности торцов.

#### Диски:

- контролируются механическими, оптико-механическими и пневматическими контрольными средствами;
- елочные пазы проверяются на проекторе, инструментальном микроскопе и др. методами;
- углы между сторонами профиля и радиусы закруглений между зубьями проверяют на большом инструментальном микроскопе, а профиль паза - на проекторе с увеличением 50 : 1 ;
- ширина паза проверяется двумя роликами и предельным калибром; шаг между зубьями проверяется индикаторным прибором.

#### 4. Вопросы

#### ТЕМА 73: ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.

При изготовлении деталей ЛА используются планы обработки КТК: А-первый класс, В-второй класс, С-третий класс, Д- четвертый класс, Е-пятый класс.

Покажите ,какие из ниже перечисленных деталей :

- а) Нервюры из листовой заготовки ,  
 б) Нервюры из неточных штамповок ,  
 в) Монолитные панели из прессованных плит ,  
 -можно изготовить по соответствующим классам (для всех трех деталей):  
 1) А-а ,Д-б ,С-в                    2) В-а ,С-б ,Д-в  
 3) А-а ,В-б ,С-в                    4) С-а ,В-б ,А-в
- а) Стрингеры из листовой заготовки ,  
 б) Обшивки из катанных плит ,  
 в) Законцовки крыльев из композиционных материалов ,  
 -можно изготовить по соответствующим классам (для всех трех деталей):  
 1) В-а ,С-б ,Е-в , 2) С-а ,В-б ,Д-в, 3) А-а ,С-б ,Е-в
- а) Обшивки из катанных плит ,  
 б) Полки лонжеронов из точных штамповок ,



в) Фермы из тонкостенных труб ,

-можно изготовить по соответствующим классам (для всех трех деталей):

1) С-а ,Д-б ,А-в            2) С-а ,С-б ,В-в

3) Д-а ,Д-б ,Е-в            4) Д-а ,С-б ,В-в

4. а) Монолитные панели из прессованных полос ,

б) Вилки из неточных штамповок ,

в) Шпангоуты из точных штамповок ,

-можно изготовить по соответствующим классам (для всех трех деталей):

1) С-а ,В-б ,Д-в            2) А-а ,В-б ,С-в            3) А-а ,В-б ,Д-в            4) С-а ,Е-б ,Д-в

5. а) Силовые узлы из точных штамповок ,

б) Вилки из неточных штамповок ,

в) Монолитные панели из прессованных полос ,

-можно изготовить по соответствующим классам (для всех трех деталей):

1) Д-а ,В-б ,С-в            2) В-а ,Д-б ,С-в            3) С-а ,В-б ,Д-в

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ ЛОПАТОК ГТД

### 1. Цель работы

Целью работы является приобретение практических навыков по комплектованию дисков лопатками с обеспечением минимальной предварительной неуравновешенности, сборке и уравниванию ротора и исследованию возможности замены лопаток.

### 2. Протокол выполнения работы

2.1. Составить технологический процесс сборки ротора турбины ГТД.

2.2. Распределить лопатки по пазам диска.

2.3. Исследование возможности замены лопаток без последующей динамической балансировки.

2.3.1 Определить " $\Delta_1$ ", " $\Delta_2$ ", " $\Delta$ "

Для определения максимально возможной неуравновешенности  $\Delta$  можно использовать следующие способы ее определения: аналитический и графический.

Аналитический способ определения максимально возможной неуравновешенности.

В основу положен метод наименьших квадратов, т.е. определяются коэффициенты "а" и "b" уравнения линейной регрессии вида  $M_i = a + bP_i$ . Так,

$$b = \frac{n \sum P_i M_i - \sum P_i \sum M_i}{n \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2}, \quad a = \frac{\sum P_i^2 \sum M_i - \sum P_i \sum P_i M_i}{n \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2},$$

где n – количество лопаток в комплекте.

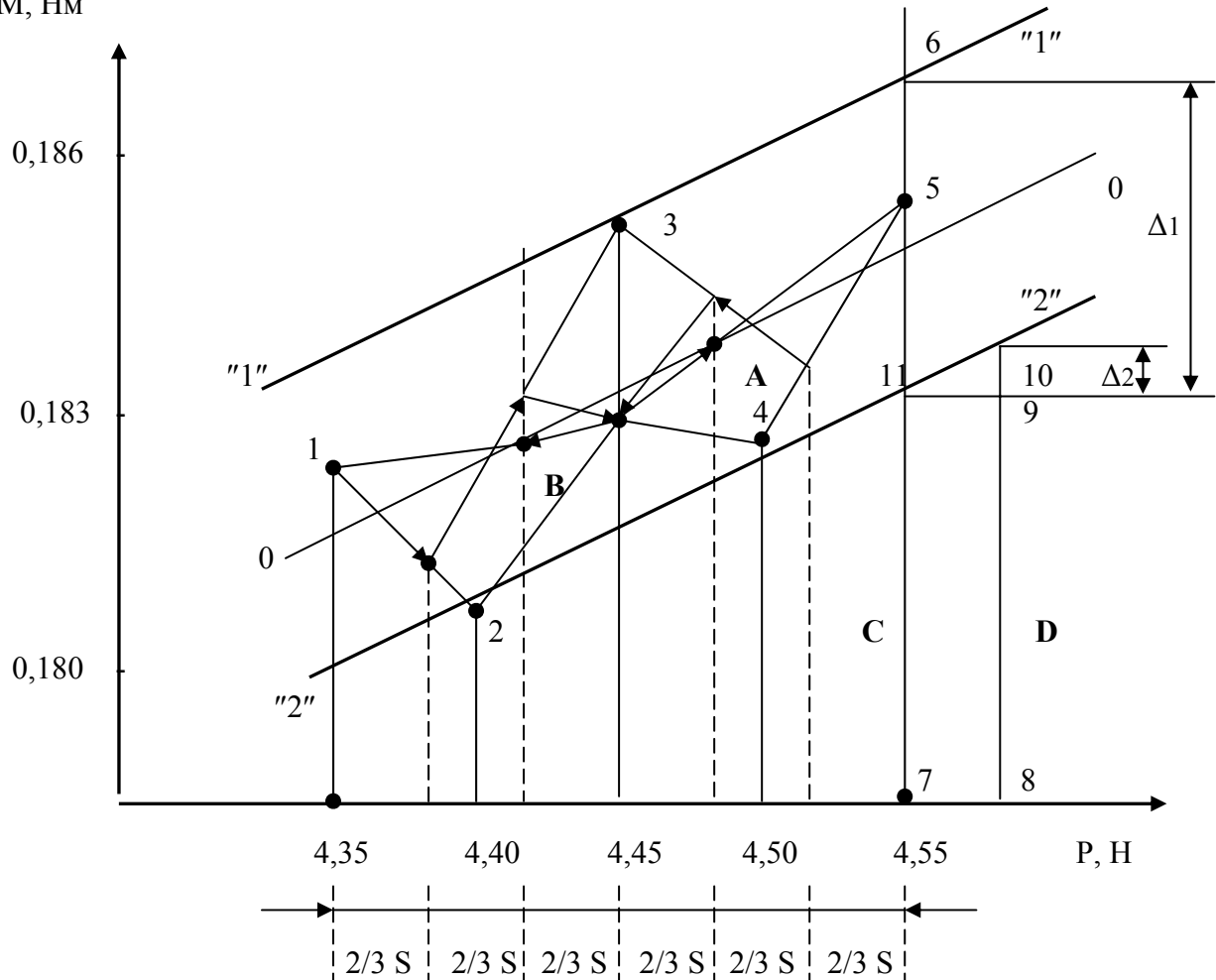
Для расчетов предлагается использовать одну из версий Excel (Excel 2000). При этом после определения коэффициентов регрессии определяются расчетные значения  $M_{ti}$  для каждой лопатки весом  $P_i$ , находятся разности  $\Delta M_i$  между  $M_i$  и  $M_{ti}$  и выявляются максимальные и минимальные значения  $\Delta M_i$ . Следовательно,  $\Delta_1 = |\Delta M_i \max| + |\Delta M_i \min|$ . Тогда  $\Delta_2 = b\Delta P$ , где  $\Delta P$  – точность под-

бора лопаток по весу. Зная  $\Delta_0$  (задается), можно вычислить величину максимальной неуравновешенности данного комплекта лопаток  $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_0$ .

Графический способ определения максимально возможной неуравновешенности.

На графике (рис.1) зависимости  $M$  от  $P$  наносятся пять точек соответствующих пяти лопаткам, у которых интервалы между значениями веса лопаток одинаковы ( $S$ ) (лопатки с номерами 28, 9, 51, 32, 2).

$M, \text{Нм}$



( $P_1 - P_2 = P_2 - P_3 = P_3 - P_4 = P_4 - P_5 = 0,05 \text{ Н}$ ;  $0,05 \text{ Н} \rightarrow 15 \text{ мм} = S$ ;  $2/3 S = 10 \text{ мм}$ )

Рис. 1 Зависимость весового момента  $M$  от веса лопаток  $P$

Точки 1 (лоп. 28) и 2 (лоп. 9) соединяем отрезком прямой. Двигаясь в сторону точки 2, проходим вдоль этого отрезка расстояние, соответствующее  $2/3 S$  и делаем отметку. Соединяем полученную точку с точкой 3 (лоп. 51), двигаясь в сторону точки 3, снова проходим расстояние соответствующее  $2/3 S$ , и делаем новую отметку. Повторяем эту процедуру до тех пор, пока не будет получена последняя точка. Эта последняя точка (A) лежит на наилучшей прямой, т.е. прямой наименьших квадратов. Теперь начинаем построение с другого конца и повторяем весь процесс, двигаясь в противоположном направлении от точки 5

(лоп.2) к точке 4 (лоп. 32). Находим вторую точку (В), проводим через точки А и В прямую соответствующей средней линии "0-0". Через крайнюю верхнюю и нижнюю точки проводятся прямые "1-1" и "2-2" параллельные средней линии "0-0". Для определения  $\Delta_1$  необходимо восстановить перпендикуляр  $\perp C$  через точку 5. Величина отрезка "6-11" соответствует величине  $\Delta_1$ . От точки "7" откладывается вправо величина  $\Delta P$  (точность подбора лопаток по весу) и из точки "8" восстанавливается перпендикуляр  $\perp D$  до пересечения с нижней линией "2-2". Величина отрезка "9,10" соответствует величине  $\Delta_2$ , следовательно,

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_0$$

2.3.2. Определить "F"

2.3.3. Определить режим работы ротора, сделать выводы

2.3.4. Определить " $\Delta^1$ "

2.3.5. Определить допуск на подбор лопаток без последующей динамической балансировки.

2.4. Анализ и выводы

### 3.Краткие сведения (4).

Сборка ротора турбины ГТД (трехдисковой с групповым болтовым соединением)

1. Внешний осмотр деталей, поступивших на сборку.

2. Подбор лопаток по тангенциальным люфтам.

3. Шлифование торцов лопаток.

4. Определение весового момента лопаток.

5. Распределение лопаток по пазам диска.

6. Запрессовка дисков первой и второй ступени и вала на пояски друг друга с постановкой между ними втулок для передачи крутящего момента.

7. Стягивание дисков и вала болтовыми соединениями.

8. Монтаж на вал лабиринтных колец, внутреннего кольца РК и их крепление гайкой. Контроль биений.

9. Динамическая балансировка (предварительная).

Под статически уравновешенным изделием понимается изделие, у которого центр тяжести лежит на оси вращения.

Под динамически уравновешенным изделием понимается изделие, у которого центр тяжести лежит на оси вращения и моменты относительно оси вращения равны нулю.

Уравновешивание производится следующими способами: установка дополнительного груза в легкое место, снятие металла с тяжелого места, путем перестановки лопаток и комбинированный.

Для получения уравновешенного ротора путем перестановки лопаток необходимо выполнить условие: разность весовых моментов переставляемых лопаток должна равняться величине неуравновешенности деленная на два и синус половинного угла между переставляемыми лопатками. Переставляемые лопатки

выбираются симметрично относительно перпендикуляра вектору неуравновешенности (с двух сторон от вектора неуравновешенности) и одна из лопаток, имеющая больший весовой момент, должна располагаться ближе к вектору неуравновешенности.

10. Установка третьей ступени.

11. Динамическая балансировка.

Исследование возможности замены лопаток в условиях эксплуатации без последующей динамической балансировки (графическим и аналитическим способами).

Величина максимально возможной неуравновешенности

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_0$$

где  $\Delta_1$  - разброс величины весового момента для данного комплекта, Нм;

$\Delta_2$  - максимально возможная неуравновешенность за счет неточного подбора лопаток по весу, который определяется на основании допуска на точность подбора лопаток по весу ( $\Delta P$ ), Нм;

$\Delta_0$  - максимальная неуравновешенность, допустимая при динамической балансировки данного ротора, Нм.

Максимально возможная центробежная сила, приложенная в плоскости дисбаланса

$$F_{оп} = \Delta (2 * 3,14 * n)^2 / g$$

где  $n$  – число оборотов ротора в сек.

Если  $R_{оп}$  – составляющая сила веса ротора на опору, то условие возможной замены лопаток выразится неравенством

$$F_{оп} \leq 0,35 R_{оп}$$

При не соблюдении неравенства возможен резонансный режим работы ротора, при котором происходит отрыв вала и удар его о подшипники. Ротор будет уравновешен, если в плоскости диска турбины неуравновешенность не превысит величины

$$\Delta' = 0,35 R_{оп} g / (2 * 3,14 * n)^2, \text{Нм}$$

Допуск на подбор лопаток по весовому моменту должен быть равен

$$\pm (\Delta' - \Delta_0) / 2, \text{Нм}$$

4. Вопросы (тесты)

ТЕМА 170: СБОРКА ГТД.

1. Какую из схем сборки вы рекомендовали бы использовать:

1): а) подбор лопаток по тангенциальному люфту; б) расположение в произвольном порядке по пазам диска; в) шлифование торцов лопаток по наружному диаметру ротора.

2): а) расположение по пазам диска а произвольном порядке; б) шлифование торцов лопаток по наружному диаметру ротора; в) подбор лопаток по тангенциальному люфту .

3): а) шлифование торцов лопаток по наружному диаметру ротора; б) подбор лопаток по тангенциальным люфтам ; в) расположение лопаток по пазам диска .

2. После подбора лопаток по люфтам их располагают по пазам диска :

1) в произвольном порядке                      2) по весовому моменту

3. При расстановке лопаток в пазы диска турбины лопатки устанавливаются :

1) первая в первый паз, вторая в противоположный паз

2) первая в первый паз, вторая - в соседний

4. "Δ"-это:

1) разброс величины весового момента, 2) максимально возможная неуравновешенность,

3) максимальная неуравновешенность, допустимая при динамической балансировке данного ротора.

5. Для определения допуска на подбор лопаток по весовому моменту пользуются формулой :

$$1) \pm \frac{\Delta' - \Delta_0}{2} ; \quad 2) F = \frac{\Delta}{\dot{g}} * \left( \frac{\pi}{30} \right)^2$$

6. Определить допуск на подбор лопаток по весовому моменту, если:

$$\Delta_0 = 20^{-4} * 10 \text{ н*м}, \quad \Delta' = 40^{-4} * 10 \text{ н*м}, \quad \Delta_1 = 30^{-4} * 10 \text{ н*м}$$

1)  $\pm 5 * 10^{-4} \text{ н*м}$ , 2)  $\pm 10 * 10^{-4} \text{ н*м}$ , 3)  $\pm 15 * 10^{-4} \text{ н*м}$ , 4)  $\pm 25 * 10^{-4} \text{ н*м}$

7. Достаточно ли исходных данных для определения величины максимально возможной неуравновешенности, если заданы : "Δ<sub>0</sub>" и "Δ<sub>2</sub>" ?

8. Для определения "Δ<sub>2</sub>" нужно ли знать величину точности подбора лопаток по весу ?

9. Определить величину максимально возможной неуравновешенности, если:

$$\Delta_1 = 10 * 10^{-4} \text{ н*м}, \quad \Delta_2 = 5 * 10^{-4} \text{ н*м}, \quad \Delta_0 = 15 * 10^{-4} \text{ н*м}$$

1)  $\Delta = 35 * 10^{-4} \text{ н*м}$ ,      2)  $\Delta = 30 * 10^{-4} \text{ н*м}$ ,      3)  $\Delta = 25 * 10^{-4} \text{ н*м}$

10. Дано значение : F<sub>оп</sub> = 15000н, R<sub>оп</sub> = 10000н. В каком режиме работает турбина? 1) резонансном      2) нерезонансном

11. Предусмотрено ли схемой сборки подбор лопаток по тангенциальным люфтам ?

12. Оказывает ли влияние на неуравновешенность тангенциальный люфт лопаток ?

13. Можно ли комплектовать диски лопатками по весовому моменту ?

14. Можно ли комплектовать диски лопатками по весу ? ( для данного диска )

15. Проводится ли шлифование торцов лопаток по наружному диаметру ротора?

16. Проводится ли статическая балансировка укомплектованных дисков турбины ?

17. Предусмотрен ли схемой сборки подбор лопаток по радиальным люфтам ?

18. Правильно ли записана величина максимально возможной неуравновешенности:

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_0 ?$$

19 Соответствует ли данное условие "  $F_{оп} \geq 0.35 * P_{оп}$  " динамическому уравновешиванию ротора ?

20 Правильно ли записана формула определения максимальной центробежной силы, приложенной в плоскости дисбаланса, если размерность  $n=1/\text{сек}$ :

$$F = \frac{\Delta}{q} * \left( \frac{\pi n}{30} \right)^2 ?$$

## СБОРКА АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

### 1. Цель работы

Углубление и закрепление практических навыков по вопросам сборки конструкций авиационной техники.

### 2. Протокол выполнения работы

2.1 Определить суммарную погрешность при сборке по соответствующему методу или способу базирования при сборке в сборочном приспособлении и сделать соответствующие выводы о точности сборки.

2.2 Разработать структурную схему сборки агрегата (наименование агрегата, последовательность сборки и спецификация, указать метод сборки и способ базирования)

2.3 Разработать процесс сборки авиационной конструкции.

2.4 Произвести расчеты

### 3. Краткие сведения (1, 5, 9).

Сборка представляет собой совокупность технологических операций по установке деталей в сборочное положение и соединению их в узлы, панели, агрегаты и самолет в целом.

Последовательность выполнения сборочных операций во многом зависит от конструкции, габаритных размеров и жесткости собираемых деталей.

Существует несколько методов сборки, отличающихся видом применяемого при сборке инструмента, сборочных приспособлений и оборудования. Наибольшее распространение из них получили: сборка по базовой детали, по разметке, по сборочным отверстиям и сборка с применением специальных сборочных приспособлений.

Сборка по базовой детали (рис.104. (9)) - процесс, при котором одну из деталей принимают за базовую и к ней в определенной последовательности присоединяют другие детали, входящие в собираемый узел. Этот метод применяется при сборке изделий из жестких деталей, сохраняющих под действием собственного веса свои форму и размеры. При этом входящие в изделие детали разделяют на

несколько сборочных групп, каждую из которых собирают по базовой детали, входящей в данную группу.

Сборка по разметке (рис.105.(9)) - процесс, при котором взаимное положение деталей, входящих в узел, определяют непосредственно измерением расстояний между ними и по рискам, нанесенным на деталях при разметке.

Сборка по СО (сборочным отверстиям) (рис.106. (9)) - процесс, при котором взаимное положение собираемых деталей определяется положением имеющихся на них сборочных отверстий. При базировании по СО собираемые детали совмещают друг с другом и на период соединения деталей в сборочные отверстия вставляют фиксаторы.

Так, при сборке с образованием обводов агрегата размер внешнего обвода  $H_{\Sigma} = \delta_1 + H_1 + H_2 + H_3 + \delta_2$  где  $\delta_1, \delta_2$  - номинальная толщина обшивки. Погрешность размера по внешнему обводу определяется по формуле  $\Delta H_{\Sigma} = \Delta \delta_1 + \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta \delta_2 + 4\Delta Z + C_1$  Здесь  $H_1, H_2, H_3$  - размеры, определяющие положение сборочных отверстий в деталях;  $\Delta H_1, \Delta H_2, \Delta H_3, \Delta \delta_1, \Delta \delta_2$  - погрешности размеров  $H_1, H_2, H_3, \delta_1, \delta_2$ ;  $\Delta Z$  - зазор между диаметром сборочного отверстия  $d$  и диаметром фиксатора  $d_{\Phi}$ ;  $C_1$  - погрешность размера вследствие деформации и пружинения. При сборке в сборочных приспособлениях можно использовать различные способы базирования: базирование по каркасу, по внутренней стороне обшивки, по внешней стороне обшивки, по координатно-фиксирующим отверстиям (КФО), по отверстиям под стыковые болты (ОСБ) (рис. 107...111 (9)).

При сборке в приспособлении с базой поверхность каркаса погрешность внешнего обвода определяется формулой  $\Delta H_{\Sigma} = \Delta H_{\Sigma k} + \Delta \delta_1 + \Delta \delta_2 + C_1$  где  $\Delta H_{\Sigma k}$  - погрешность номинального размера каркаса;

$\Delta \delta_1, \Delta \delta_2$  - погрешность номинальной толщины обшивок (панелей):

$C_1$  - погрешность, учитывающая деформации после сборки вследствие пружинения и изменения температуры.

Когда обшивка присоединяется к каркасу при помощи клея или припоя, погрешность внешнего обвода определяется следующей формулой

$$\Delta H_{\Sigma} = \Delta H_{\Sigma k} + \Delta \delta_k + \Delta \delta_1 + \Delta \delta_k' + \Delta \delta_2 + C_1$$

Где  $\Delta \delta_k, \Delta \delta_k'$  - погрешности по толщине слоя клея (припоя).

Погрешность размера при базировании по внутренней поверхности обшивки определяется по формуле

$$\Delta H_{\Sigma} = \Delta H_{\Sigma \pi} + \Delta \delta_1 + \Delta \delta_2 + (\Delta H_{\Sigma \alpha}' + \Delta H_{\Sigma \alpha}'') + C_1$$

где  $\Delta H_{\Sigma \pi}$  погрешность размера приспособления  $\Delta H_{\Sigma \alpha}', \Delta H_{\Sigma \alpha}''$  - погрешности отклонения собираемого изделия от обвода приспособления.

При базировании по внешней поверхности обшивки  $\Delta H_{\Sigma} = \Delta H_{\Sigma \pi} - \Delta H_{\Sigma o} + C_1$  и по КФО  $\Delta H_{\Sigma} = \Delta \delta_1 + \Delta H_1 + \Delta H_{\Sigma k \text{фо}, \pi} + \Delta H_2 + \Delta \delta_2 + 4Z + C_1$

где  $\Delta H_1, \Delta H_2$  - погрешность размера между обводом каркаса и координатно-фиксирующими отверстиями;

$\Delta N_{\text{кфо,л}}$ -погрешность размера между координатно-фиксирующими отверстиями в вилках сборочного приспособления ;

$\Delta Z$ - погрешность зазора при установке фиксаторов в отверстия.

#### 4. Вопросы (тесты).

### ТЕМА 180: СБОРКА АТ

1. Можно ли процессы сборки отнести к технологическим процессам?
2. Что из ниже перечисленных можно отнести к методам сборки?  
1) сборка по КФО. 2) сборка по внутренней стороне обшивки. 3) сборка по каркасу
3. Какая из ниже перечисленных формул определения погрешности используется при сборке по СО:
  - 1)  $\Delta N_x = \Delta b_1 + \Delta N_1 + \Delta_{\text{д}N_2} + \Delta_{\text{д}N_3} + \Delta_{\text{д}b_2} + 4 * \Delta Z + C_i$
  - 2)  $\Delta N_x = \Delta N_{\text{п}} + \Delta b_1 + \Delta b_2 + (\Delta N' + \Delta N''_c) + C_i$
  - 3)  $\Delta N_x = \Delta b_1 + \Delta N_1 + \Delta N_{\text{кфоп}} + \Delta_{\text{д}N_2} + \Delta b_2 + 4 \Delta Z + C_i$  ?
4. Процесс при котором взаимное расположение деталей, входящих в узел, определяется непосредственно измерением расстояния между ними и по рискам. Данное определение соответствует какому методу?
  - 1) сборка по базовой детали, 2) сборка по разметке,
  - 3) сборка по СО, 4) сборка в сборочных приспособлениях.
5. Для обеспечения заданной точности применяются следующие методы: полной взаимозаменяемости, подбора, компенсации, регулировки. Все ли методы перечислены?
6. Для допуска  $\pm 0.2$   $\Delta = 0$  - координата середины поля допуска?
7. Для допуска  $+ 0.1$   $\underline{b} = 0.1$ ?
8. Для допуска  $+0.1$   $\underline{b} = 0.2$ ?  
 $+0.3$
9. Для допуска  $+0.3$   $\Delta = 0.2$ ?  
 $+0.1$
10. Для допуска  $+0.4$   $\Delta = 0.2$ ?
11. Для допуска  $-0.2$   $\Delta = -0.1$ ?
12. Правильно ли записана формула определения  $V''_{\Sigma \text{max}} = V_{\Sigma} + \Delta_{\Sigma} + \delta_{\Sigma}$  ?
13. Правильно ли записана формула определения  

$$V''_{\text{max}} = \sum_{i=1}^m V_i \text{max} - \sum_{i=1}^{n-1} V_i \text{max} \quad ?$$
14. Правильно ли дано определение сборки по СО - процесс при котором взаимное расположение собираемых деталей определяется положением имеющихся на них сборочных отверстий.
15. Для допуска  $-0.2$   $\underline{b} = -0.2$ ?  
 $-0.6$
16. Правильно ли записана формула определения координат середины поля допуска замыкающего звена?  

$$\Delta = \sum_{i=1}^m \Delta_i - \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_i$$



17. Для допуска  $-0.2$   $\underline{\delta} = -0.55$  ?  
 $-0.6$

18. Формула  $V_{\Sigma} + \Delta_{\Sigma} + \delta_{\Sigma}$  позволяет определить:

- 1) максимальное значение замыкающего звена
- 2) минимальное значение замыкающего звена?

## РЕГУЛИРОВКА И МОНТАЖ АВТОМАТА ПЕРЕКОСА ВЕРТОЛЕТА

### 1. Цель работы

Приобретение практических навыков по регулировке, монтажу узлов и контролю последовательности, полноты и качества выполнения заключительного этапа технологического процесса.

### 2. Протокол выполнения работы.

2.1 Определить неточность квадранта и отклонение от горизонтальной плоскости установочной плиты.

2.2 Произвести регулировку автомата перекоса в соответствии с технологическим процессом (табл. 6). Заполнить технологическую карту.

Таблица 6

Технологический процесс регулировки автомата перекоса

№ п/п	Наименование переходов	Применяемое оборудование, инструменты и т.д.

2.3 Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

### 3. Краткие сведения (6).

Для измерения углов и установки поверхностей изделий используется квадрант оптический КО-30. Проверка квадранта производится в определенной последовательности. В правильно отрегулированном квадрante его показания (оба) должны быть равны по своим абсолютным значениям и различны по знакам. Если показания квадранта по абсолютным значениям неравны, что указывает на неточность квадранта, то полусумма обоих показаний с учетом их знаков и будет искомой ошибкой ( неточностью ) квадранта. Полуразность обоих показаний есть отклонение плоскости, на которой выверяется квадрант ,от горизонтальной плоскости.

Пример: первый отсчет  $+1^{\circ}20'$  ; второй отсчет  $-1^{\circ}14'$

$$\text{Неточность квадранта} - \lambda = (1^{\circ}20' + (-1^{\circ}14')) / 2 = +3'$$

Отклонение горизонтальной опорной плоскости

$$\gamma = (1^{\circ}20' - (-1^{\circ}14')) / 2 = +1^{\circ}17'$$

### 4. Вопросы (тесты).

## ТЕМА 190: РЕГУЛИРОВКА И МОНТАЖ АВТОМАТА ПЕРЕКОСА ВЕРТОЛЕТА

## 1. Основная задача автомата перекоса:

1. Изменение величины и направления равнодействующей сил давления и трения на поверхности лопастей НВ путём соответствующего изменения угла скоса потока.

2. Изменение величины и направления равнодействующей аэродинамических сил НВ (тяги НВ) путём соответствующего изменения углов установки лопастей.

3. Изменение величины и направления силы аэродинамического сопротивления лопастей НВ путём соответствующего изменения величины индуктивного сопротивления лопастей НВ.

4. Перераспределение перепада давлений на верхней и нижней поверхностях лопасти НВ путём пропорционального изменения крейсерского шага лопастей.

2. Изменение равнодействующей сил давления и трения на поверхности лопастей НВ по величине осуществляется следующим образом:

1. Одновременное изменение углов установки у всех трёх лопастей на одну и ту же величину (общий шаг).

2. Последовательное изменение углов установки у всех трёх лопастей на одну и ту же величину.

3. Изменение углов установки каждой из лопастей в зависимости от величины её окружной скорости.

4. Перераспределение перепада давлений на нижней и верхней сторонах лопастей путём изменения циклического шага лопастей.

3. Изменение равнодействующей сил давления и трения на поверхности лопастей НВ по направлению осуществляется следующим образом:

1. Одновременное изменение углов установки у всех трёх лопастей на одну и ту же величину (общий шаг).

2. Последовательное изменение углов установки у всех трёх лопастей на одну и ту же величину.

3. Изменение углов установки каждой из лопастей в зависимости от величины её окружной скорости.

4. Циклическое (периодическое) изменение углов установки у всех трёх лопастей (циклический шаг).

4. При движении рычага "шаг - газ" вверх - вниз изменяется:

1. Циклический шаг лопастей.

2. Общий шаг лопастей.

3. Окружной шаг лопастей.

4. Крейсерский шаг лопастей.

5. При воздействии на ручку управления вертолётном (вперёд, назад, вправо, влево) изменяется:

1. Крейсерский шаг лопастей.

2. Общий шаг лопастей.

3. Циклический шаг лопастей.

4. Окружной шаг лопастей.

6. Разработчиком автомата перекоса является:

1. Миль М.Л.
  2. Камов А.М.
  3. Братухин И.А.
  4. Юрьев Б.Н.
  5. Котельников А.К.
  6. Гроховский Е.Т.
7. Принцип управления автоматом перекося.
1. Механический.
  2. Автоматический.
  3. Аэродинамический.
  4. Принудительный.
8. Способ управления автоматом перекося.
1. Педалями из кабины пилота.
  2. Ручкой управления из кабины пилота.
  3. Тумблерами на приборной доске в кабине пилота.
  4. Встроенной автоматической системой управления.
9. Управление взлётом и посадкой вертолётa.
1. Изменение циклического шага лопастей перемещением ручки управления на себя - от себя и одновременное увеличение или уменьшение оборотов двигателя.
  2. Изменение крейсерского шага лопастей перемещением ручки управления вправо - влево и одновременное увеличение или уменьшение оборотов двигателя.
  3. Изменение общего шага лопастей перемещением ручки шаг-газ и одновременное увеличение или уменьшение оборотов двигателя.
  4. Изменение окружного шага лопастей перемещением ручки шаг-газ и одновременное увеличение или уменьшение оборотов двигателя.
10. Изменение направления горизонтального полёта происходит при выполнении следующих действий:
1. Воздействие на ручку управления вертолётom.
  2. Воздействие на ручку шаг - газ.
  3. Воздействие на педали управления вертолётom.
  4. Одновременное воздействие на ручку управления вертолётom и ручку шаг - газ.
11. Применяемая для автомата перекося смазка:
1. ЦИАТИМ - 19.
  2. МЛ - 20.
  3. ЦИАТИМ - 201.
  4. НС - 15.
12. Точность установки плиты на столе в горизонтальном положении:
1.  $\pm 1.1$  градуса.
  2.  $\pm 0.5$  градуса.
  3.  $\pm 2.5$  градуса.
  4.  $\pm 2.0$  градуса.
13. При смазке тяги поворота лопастей смазывается:
1. Внутренняя полость тяги.
  2. Наружная полость тяги.
  3. Внутренняя и наружная полости тяги.
  4. Смазка тяг поворота лопастей производится только при выполнении капитального ремонта вертолётa.
14. Контроль болтовых соединений производится с целью:
1. Предотвращение чрезмерного завинчивания соединения.
  2. Предотвращение развинчивания соединения.
  3. Предотвращение завинчивания и развинчивания соединения.
15. При смазке пальца поводка смазывается:

1. Внутренняя полость пальца.
  2. Наружная полость пальца.
  3. Внутренняя и наружная полости пальца.
  4. Смазка пальца поводка производится только при выполнении капитального ремонта вертолѐта.
16. При смазке противообледенительного коллектора маслом МС-20 смазывается:
1. Внутренняя кромка коллектора.
  2. Наружная кромка коллектора.
  3. Внутренняя и наружная кромки коллектора.
17. Палец тяги поворота лопастей смазывается следующим типом смазки:
1. МС-20.
  2. НС-20.
  3. ЦИАТИМ-201.
  4. ЦИАТИМ-19.
18. При углах наклона тарелки автомата перекоса +4 градуса 20 минут зазор между тарелкой и головкой механизма должен быть не менее:
1. 1.5 мм.
  2. 0.8 мм.
  3. 4.0 мм.
  4. 3.0 мм.
- 19 Все риски и надписи на детали автомата перекоса наносятся:
1. Карандашом.
  2. Смываемой краской.
  3. Острым режущим предметом.
  4. Тушью.
- 20 Назначение пакета пружин, устанавливаемого на ползуне:
1. Уменьшение нагрузки на главный редуктор.
  2. Уменьшение нагрузки на промежуточный редуктор.
  3. Уменьшение нагрузки на ручку шаг - газ.
  4. Уменьшение нагрузки на ручку управления.

## РЕГУЛИРОВКА ХВОСТОВОГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА

### 1. Цель работы

Приобретение практических навыков по выполнению контроля и регулировки геометрических параметров хвостового винта вертолѐта (10).

### 2. Протокол выполнения работы

2.1 Произвести регулировку хвостового винта вертолѐта в соответствии с ТП.

2.2 Заполнить технологическую (табл. 7) и контрольную (табл. 8) карты.

Таблица 7

Контроль и регулировка хвостового винта

№ п/п	Наименование переходов	Применяемое оборудование, инструменты и т.д.

Величины замеряемых параметров при сборке хвостового винта

№ п/п	Наименование замеряемых величин	Допустимые значения замеряемых величин	Фактические значения замеряемых величин	Заключение

2.3 Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

3. Вопросы (тесты).

ТЕМА 191: РЕГУЛИРОВКА ХВОСТОВОГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА

1. Назначение РВ.

1. Парирование момента инерции НВ и управление вертолётном по тангажу.

2. Парирование момента крена вертолётном и управление по реверсу тяги НВ вертолётном.

3. Парирование реактивного момента НВ и путевое управление вертолётном.

2. Условия работы РВ.

1. Работает в условиях кривой обдувки, при этом скорость потока, набегающего на каждую лопасть, и силы, действующие на нее, изменяются в течение одного оборота РВ.

2. Работает в условиях кривой обдувки, при этом скорость потока, набегающего на каждую лопасть, и силы, действующие на нее, не изменяются в течение одного оборота РВ.

3. Привод РВ.

1. РВ приводится во вращение промежуточным редуктором верхних створок грузового отсека через многоступенчатую зубчатую передачу, возвратно - поступательный коническо-цилиндрический редуктор и хвостовую подшипниковую передачу с клёпаным валом, а при отключенном двигателе - через объединённый редуктор РВ и НВ с обратной зубчатой передачей и коническую трансмиссию левого вала НВ с обратной связью.

2. РВ приводится во вращение двигателем вертолётном через главный вал, верхний редуктор и хвостовую трансмиссию, а при отключенном двигателе - от НВ через верхний редуктор и хвостовую трансмиссию.

4. Управление РВ.

1. Переключение углов установки лопастей винта производится механически из кабины пилотов ручными педалями, кинематически связанными с лопастями РВ.

2. Переключение углов установки лопастей РВ производится механически из кабины лётчиков ножными педалями, кинематически связанными со штоком хвостового редуктора.

5. Причины разрушения, появления трещин основного материала оковок или щёк лопасти.

1. Износ при воздействии абразивных частиц, кислотнo-щелочных сред, выполнении резких, нескоординированных разворотов.

2. Отсутствие слоя защитной смазки по всей поверхности лопасти, неправильный выбор радиуса закругления передней кромки при ремонте.

3. Усталость материала, неправильный подбор материала, нарушение технологического процесса обработки, нарушение правил эксплуатации (удары посторонними предметами).

4. Неправильный выбор зазора между пластинчатыми элементами противообледенительной системы циклического действия и передней кромкой лопасти.

6. Причины деформации или изменения веса лопасти.

1. Отсутствие слоя защитной смазки по всей поверхности лопасти, неправильный выбор радиуса закругления задней кромки при ремонте.

2. Непреднамеренная перекраска лопасти в запрещенный, с точки зрения условий хранения, тип краски.

3. Воздействие частых нескоординированных разворотов при попадании в стаю птиц и ударов самих птиц.

4. Воздействие атмосферы и солнечной радиации (разбухание, усыхание, коробление древесины), нарушение технологического процесса обработки, удары посторонними предметами.

7. Причины появления люфта в стакане или щеках лопасти.

1. Нарушение момента затяжки, несоблюдение размеров резьбы, усыхание древесины.

2. Непреднамеренная перекраска лопасти краской, которая способствует проникновению влаги при хранении.

8. Причины срыва оковок лопасти.

1. Резкое маневрирование в брющем полёте с большой скоростью.

2. Неправильная установка угла скоса РВ при ремонте.

3. Нарушение технологического процесса крепления оковок, механические удары посторонними предмета. Воздействие атмосферы и солнечной радиации на древесину.

9. Причины появления износа, задиров медного покрытия корпуса РВ.

1. Перекос при установке поводка, несоблюдение технологического процесса обработки, нарушение периодичности смазки, попадание абразивных частиц.

2. Неточная фиксация направляющего поводка главной тяги РВ, выполнение ремонта в условиях повышенной влажности или температуры, нанесение неровного слоя защитного покрытия.

10. Причины заедания в корпусе поводка.

1. Неправильный режим смазки, непериодичное выполнение ТО, нарушение технологии сборки.

2. Нарушение условий хранения, консервации и расконсервации, перегрев при воздействии высокой температуры.

3. Воздействие атмосферы и солнечной радиации, нарушение технологического процесса обработки, удары посторонними предметами.

4. Перекос при установке, износ или задиры медного покрытия корпуса, нарушение моментов затяжки шаровых соединений.

11. Причины износа хромового покрытия щёк скобы.

1. Несоблюдение размеров резьбы, усыхание древесины.

2. Перекос при установке поводка, несоблюдение технологического процесса обработки, нарушение периодичности смазки, перегрев.

3. Нарушение момента затяжки, несоблюдение периодичности замены смазки, попадание абразивных частиц.

4. Воздействие атмосферы и солнечной радиации, удары посторонними предметами.

12. Причины появления трещин по пазу или рабочей поверхности стакана.

1. Несоблюдение требований затяжки упорной гайки, отсутствие смазки.

2. Перезатяжка при сборке, нарушение технологического процесса обработки.

13. Причины заедания в скобе стакана.

1. Перекос при установке поводка, несоблюдение технологического процесса обработки, нарушение периодичности смазки, попадание абразивных частиц.

2. Нарушение условий консервации, хранения и расконсервации, длительное воздействие теплового излучения.

3. Несоблюдение требований затяжки упорной гайки, отсутствие смазки.

4. Механические повреждения, абразивное воздействие атмосферы или рабочих сред.

14. Причины появления заедания, износа, наклёпа тяг и шаровых колец.

1. Нарушение момента затяжки, несоблюдение размеров резьбы, усыхание древесины.

2. Нарушение момента затяжки накладной гайки, нарушение требований притирки деталей, несоблюдение периодичности смазки, попадание абразивных частиц.

15. Причины появления трещин в местах установки болтового кронштейна.

1. Перекос при установке, износ или задиры медного покрытия корпуса, нарушение моментов затяжки шаровых соединений.

2. Перезатяжка при сборке, нарушение технологического процесса обработки.

16. Причины появления трещин и деформаций в накладных гайках.

1. Ошибочный расчёт при определении толщины кромок, перезатяжка при сборке.

2. Воздействие атмосферы и солнечной радиации (разбухание, усыхание, коробление древесины), нарушение технологического процесса обработки, удары посторонними предметами.

17. Причины разрушения, появления трещин, износа шариковых и роликовых подшипников.

1. Неправильная установка подкосов левого заднего вала при проведении профилактических послеремонтных работ.

2. Ошибочный расчёт, перезатяжка при сборке, несоблюдение периодичности смазки.

18. Причины появления трещин у головок, срыва граней под ключ, срыва резьбы болтов, гаек крепления.

1. Перезатяжка, несоблюдение процесса обработки, использование неисправного инструмента, механические повреждения, перекос при сборке.

2. Воздействие атмосферы, солнечной радиации, механические повреждения, изменение веса или деформации лопастей.

19. Причины появления забоин, царапин, рисок, коррозии, нарушения антикоррозийного покрытия всех деталей.

1. Несоблюдение периодичности проверки регулировки, моментов затяжки, величин люфтов.

2. Механические повреждения, абразивное воздействие, воздействие атмосферы или рабочих сред.

20. Причины разрегулировки РВ в сборе.

1. Перекос при установке, износ или задиры медного покрытия корпуса, нарушение моментов затяжки шаровых соединений.

2. Несоблюдение периодичности проверки регулировки, моментов затяжки, величин люфтов

## СБОРКА И ИСПЫТАНИЕ ФОРСУНОК

1.Цель работы.

Работа проводится с целью закрепления теоретического материала по изготовлению форсунок и ознакомления с типовым оборудованием, предназначенного для испытания форсунок.

2.Протокол выполнения.

2.1.Разработать схему сборки форсунки.

2.2.Произвести испытание форсунки и заполнить протокол испытания.

Таблица 9

Протокол испытаний форсунки

Параметры испытания	Регистрируемые Параметры			Расчетные параметры			Параметры по ТУ	
							I конт	I+II конт
Пропускная способность	V, мм			G, л/мин			0,347...	6,02...
	t, с						0,373 л/мин	6,09 л/мин
Неравномерность распыла	$g_{max}, \text{см}^3$			S,%			не более 23%	не более 17%
	$g_{min}, \text{см}^3$							
Угол распыла, °	I пол	$\alpha_{лев}$		$\alpha^{\circ}_i$				
		$\alpha_{прав}$						
	II пол	$\alpha_{лев}$		$\alpha^{\circ}_{II}$				
		$\alpha_{прав}$						
$\alpha$			$\alpha_{ср}$			$84^{\circ} \pm 4^{\circ}$	$87^{\circ} \pm 4^{\circ}$	
Герметичность	Герметичность						Негерметичность не допускается	

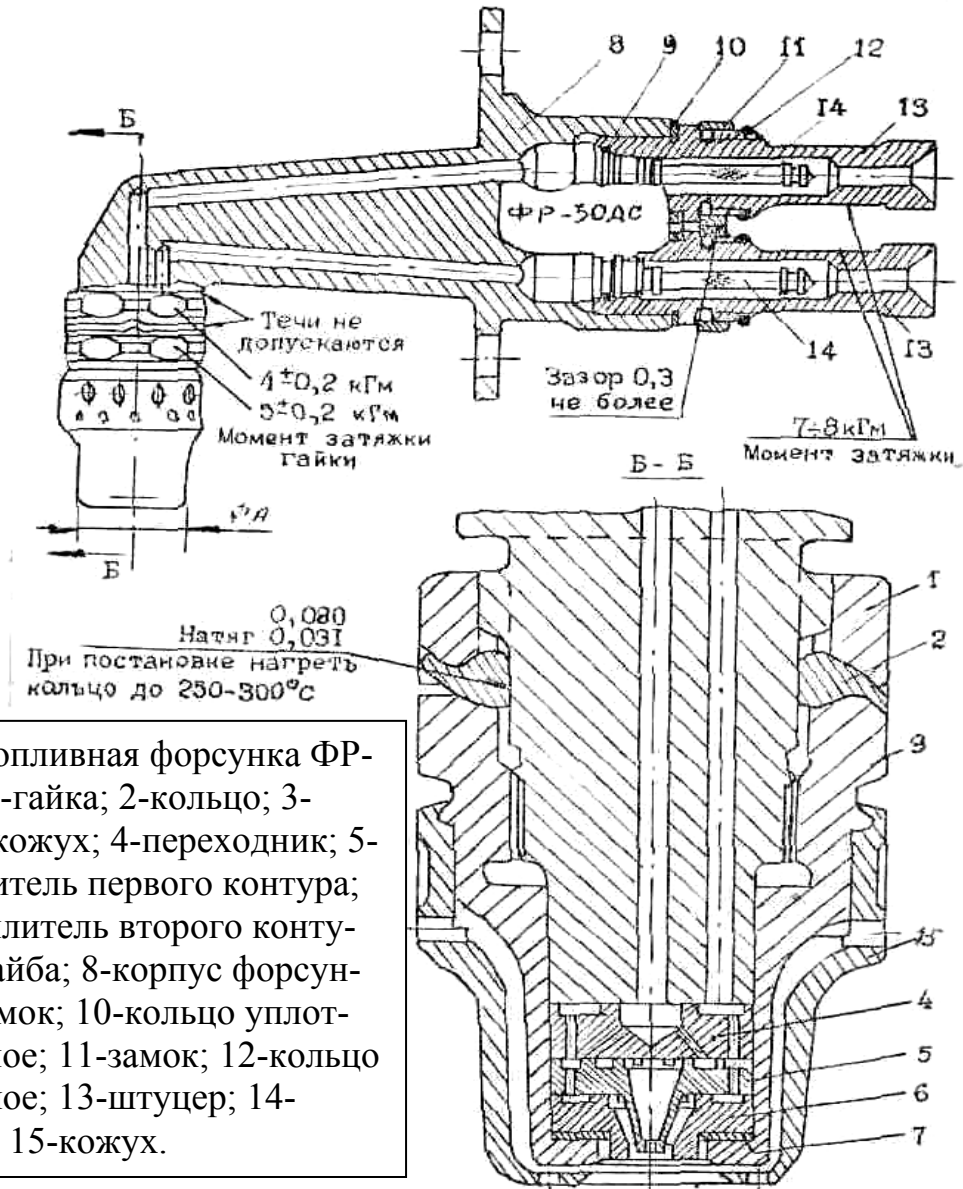


2.3. Проанализировать результаты испытания, сделать выводы и дать рекомендации по исправлению выявленных недостатков.

3. Краткие сведения (12).

### Топливная форсунка ФР – 30ДС

Топливная форсунка (рис.2) – центробежная, двухконтурная, двухсопловая состоит из следующих основных узлов и деталей: корпуса-8, двух штуцеров-13 с фильтрами-14, переходника-4, распылителя-5,6 первого и второго контуров, стакана-3 с приваренным к нему кожухом-15, деталей крепления и уплотнения.



Корпус-8 форсунки теплоизолированный, изготовлен из стали 38ХА, имеющий головку для крепления пакета распылителя, два гнезда для штуцеров подвода топлива и фланец для крепления форсунки к фланцу диффузора камеры

сгорания. В корпусе просверлены два канала, канал первого и второго контуров, по которым подводится топливо к распылителям.

В подводящих штуцерах-13 топливных каналов контуров размещены два сетчатых фильтра-14, предохраняющих форсунку от засорения. Контровка фильтров осуществляется пружинными замками-11. Резьбовые соединения штуцеров с корпусом форсунки уплотняются медными кольцами-10. Для устранения отворачивания во время работы на штуцеры ставятся шлицевые замки-9, которые фиксируются на штуцерах с помощью пружинных колец-12.

На головке корпуса форсунки крепится пакет распылителя, включающий в себя следующие детали: распылитель-5 первого контура, состоящий из завихрительной камеры и сопла; распылитель-6 второго контура, состоящий из завихрительной камеры и сопла; переходник-4, обеспечивающий распределение топлива от корпуса форсунки к распылителям. Распылитель первого контура изготовлен из стали ХВГ, цилиндрический участок завихрительной камеры хромирован. Распылитель второго контура изготовлен из стали Х12М. Переходник с косыми отверстиями изготовлен из стали ШХ15, торцевая поверхность его, прилегающая к распылителю первого контура, хромирована гальваническим способом.

Детали пакета распылителя центрируются взаимно и относительно корпуса форсунки посредством стакана-3. Стакан-3 и приваренный к нему кожух-15 выполнены из стали 13Х14ВФРА. На кожухе-15 для предотвращения перегрева передней стенки предусмотрены обратный конус и шестнадцать продувочных отверстий диаметром 1 мм.

Для герметичности и компенсации суммарной непараллельности распылителей, на переходник корпуса и стакана устанавливается медное кольцо-10. Герметичность в резьбовом соединении достигается зажатием между уплотнительной шайбой-1 и стаканом-3 медного кольца-2, которое одновременно выполняет функцию контровки.

Для предотвращения коксообразования на торцах сопел форсунок предусмотрен обдув их воздухом, который из диффузора через отверстия кожуха по каналам поступает в жаровую трубу и обдувает сопла.

Топливо под давлением проходит фильтры, каналы в корпусе форсунки, отверстия в переходнике и через тангенциальные пазы распылителей первого и второго контуров поступает в завихрительные камеры, где под действием центробежных сил приобретает закрутку, выходя через сопла в виде полого конуса, и распыляется.

Первый контур форсунки работает начиная с запуска двигателя при давлении топлива, достаточном для получения хорошего качества распыла на всех режимах; второй контур форсунки вступает в работу при достижении давления топлива в первом контуре не менее 1,4 МПа и далее работает совместно с первым контуром.

## Разборка топливных форсунок

Разборка форсунок производится в специальном приспособлении в следующей последовательности. Снять стопорное кольцо-12 и замки-11 со штуцеров форсунки. Установить и закрепить форсунку в приспособлении. Вывернуть штуцер-13 из корпуса форсунки и снять уплотнительные кольца-10. Вынуть из штуцеров замки-9 и вывернуть фильтры-14. Расконтрить уплотнительную гайку-1 и стакан-кожух-3 и свернуть стакан-кожух. Выпрессовать пакет сопловых деталей из стакана-кожуха. Для обеспечения выпрессовки сопловых деталей допускается погружать стакан-кожух в трансформаторное масло, нагретое до температуры  $T=40...60^{\circ}\text{C}$  выдержкой 10...15 мин. Снять уплотнительное кольцо-2 и свернуть гайку-1. Снять корпус форсунки с приспособления. Промытые корпуса (комплектно) укладываются в сортовики и отправляются на дефектацию.

### Сборка форсунок

Непосредственно перед сборкой детали форсунки промываются в чистом бензине, тщательно осматриваются на предмет выявления забоин, заусенцев, ризок, коррозии. После осмотра корпус форсунки прополаскивается в смеси бензина Б-70с 6...10% масла МС-20 или МК-22 и устанавливается в специальное приспособление для сборки. Сборка осуществляется в обратной последовательности разборки. После сборки форсунки укладываются в чистый сортовик и комплектом направляются на испытания.

### Испытание форсунок.

Испытание форсунок производится на стенде (рис.3, 4). В процессе испытания ведется протокол. Стенд обеспечивает контроль форсунок по следующим параметрам: замер производительности, замер неравномерности распыла по 12 секторам, замер угла конуса распыла и проверка герметичности (внешней).

Проверка производительности по первому контуру. Форсунка устанавливается в гнездо для проверки на производительность и неравномерность распыла и закрепляется зажимом. Подсоединяются к форсунке выходные шланги стенда. Открыть вентили (2,5,22) и клапан (24). Остальные вентили закрыть. Перевести рукоятку (23) вправо. Открыть краны слива (37 и 38). Включить электродвигатель, пролить систему в течение 2 минут. Перевести рукоятку (23) в положение «неравномерность». При этом стрелка секундомера должна находиться в нулевом положении. Вентилем (22) создать давление в системе 2 Мпа. Давление наблюдать по манометру (4). Перевести рычаг (23) в положение «производительность». При этом начинается заполнение мерного бачка (35) и включается секундомер. По истечению некоторого времени при появлении керосина в мерной колбе (смотреть через окно 16) перевести рычаг (23) в положение «неравномерность». Открыть вентиль (22) и закрыть – (5). Зарегистрировать показания уровня  $V$  в мм и секундомера (8)  $t$  в сек. По формуле :  $G=0,06*V/t$  , где

0,06-переводной коэффициент,  $G$  в л/мин- производительность, определить производительность. Производительность должна быть в пределах: 0,350...0,370 л/мин. Если производительность меньше 0,350 л/мин., разрешается увеличение глубины тангенциальных пазов растиркой (оправка и притир). Если пропускная способность больше 0,370 л/мин., разрешается притирка торца со стороны пазов в пределах допуска на размер (изменение глубины двух тангенциальных пазов на 0,01 мм дает соответственно увеличение или уменьшение производительности на 20 см<sup>3</sup>/мин).

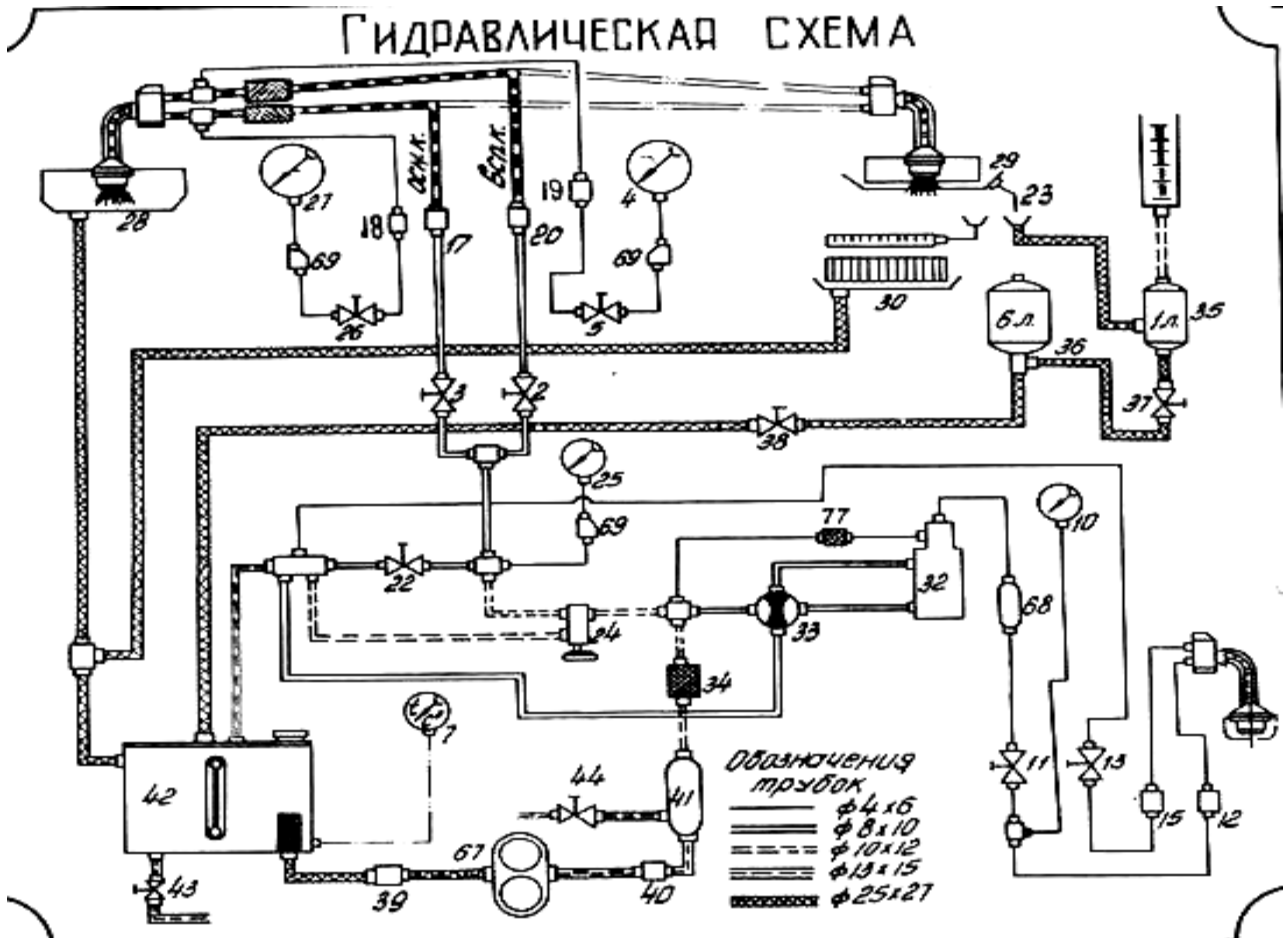


Рис.3 Гидравлическая схема стенда.

2, 3- соответственно вентили первого и второго контуров; 4- манометр 0...1,6 МПа; 5- вентиль запорный; 10- манометр 0...40 МПа; 11- вентиль запорный; 12, 15- штуцеры; 22- вентиль регулировочный; 24- регулировочный клапан; 25, 27- манометры 0...6 МПа; 26- вентиль; 28- камера замера угла конуса; 29- камера замера неравномерности распыла; 30- поддон; 32- мультипликатор; 33- кран мультипликатора; 34- фильтр ФГ- 11; 35, 36- мерные бачки; 37, 38- краны слива; 39, 40- соответственно заборный и выходной штуцеры; 42- расходный бак; 43, 44- вентили слива; 67- насос; 68- расширительный бачок; 69- дроссель.

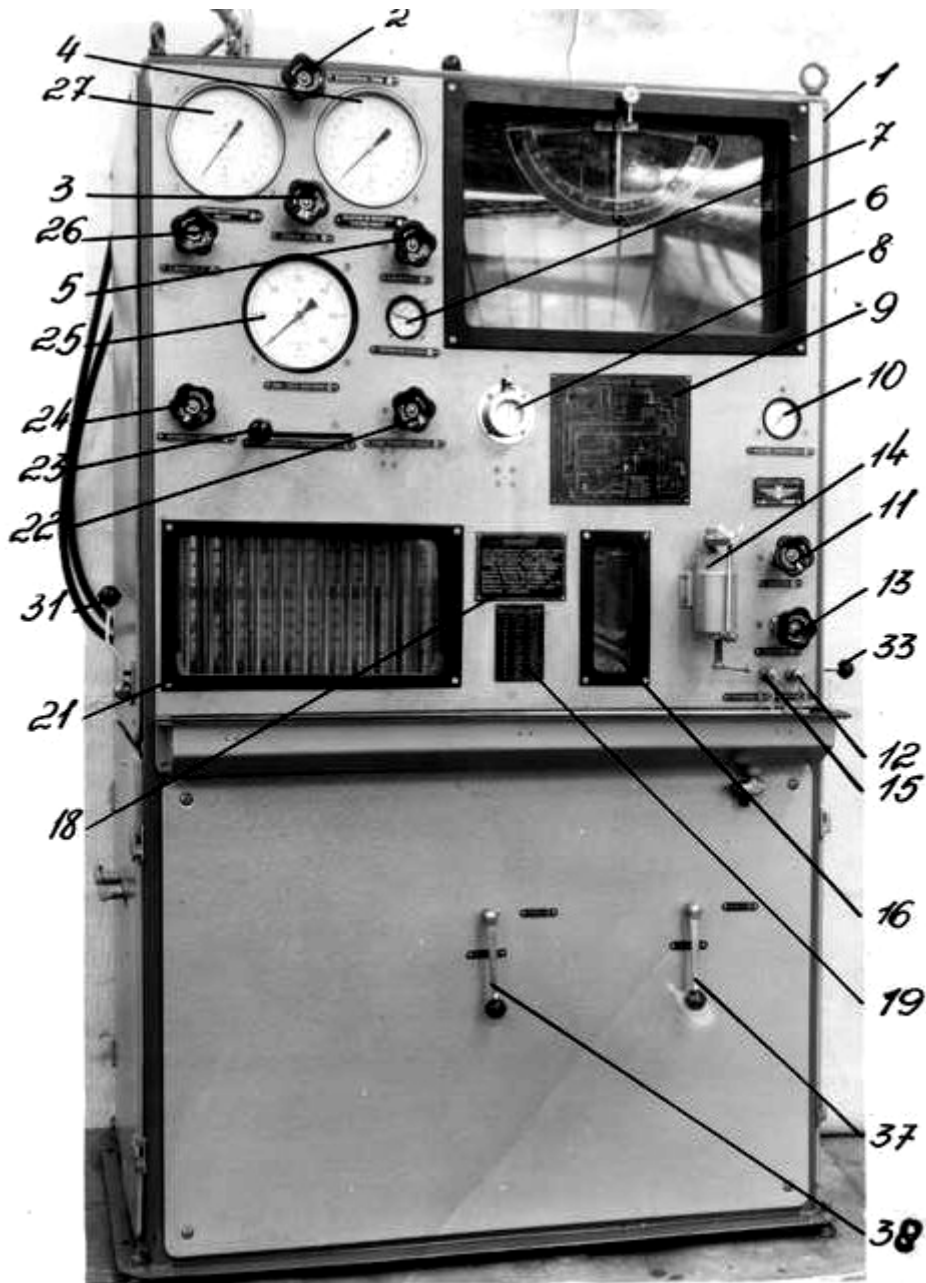


Рис.4 Общий вид стенда.

1-каркас; 2,3, 5, 11,13,22,26- вентили; 4, 10, 25, 27- манометры; 6- окно камеры замера угла конуса; 7- термометр; 8- секундомер; 12,15- штуцера; 14- приспособление для установки форсунки при испытании на герметичность; 16- окно мензурки замера производительности; 37, 38- рукоятки кранов слива керосина из мерных емкостей; 21- окно блока мензурок замера неравномерности распыла; 23- рычаг “производительность”, ”неравномерность”; 24- клапан ГА – 198; 31- рукоятка блока мензурок.

Проверка производительности первого и второго контуров. Открыть вентиль (3) и (26) . Вентилем (22) и клапаном (24) создать давление 20 и контролиро-

вать по манометру (27). Перевести рычаг (23) в положение «производительность». При этом начинается заполнение мерных бачков (36 и 35) и включается секундомер. При появлении керосина (смотреть через окно 16) перевести рычаг (23) в положение «неравномерность». Открыть клапан (24) и вентиль (22). Закрыть вентиль (26). Зарегистрировать показания уровня и секундомера. По полученным результатам определить производительность. Открыть кран слива (38). Производительность должна быть в пределах от 5,695 до 6,145 л/мин. Все форсунки по производительности разбиваются на три группы. Форсунки внутри группы разбиваются на комплекты по 12 форсунок в каждом. Для второй группы – 6,025...6,085 л/мин. Если производительность меньше, разрешается увеличение глубины тангенциальных пазов распылителя второго контура растиркой. Если больше - подгонку производить за счет притирки торца распылителя второго контура со стороны пазов в пределах допуска. Изменение глубины шести тангенциальных пазов на 0,01 мм дает соответственно уменьшение или увеличение производительности на 30 см<sup>3</sup>/мин.

Проверка неравномерности распыла первого контура. Закрыть вентиль (3). Перевести рычаг (23) в положение «производительность», вентилем создать давление и контролировать его по манометру (25). Повернуть рукоятку (31), слить керосин и установить блок мензурок (21) в вертикальное положение. Перевести рычаг (23) в положение «неравномерность». Наблюдать в окне (21) за наполнением мензурок керосином. Когда наибольшее наполнение в какой-либо из 12 мензурок достигнет уровня 100 см<sup>3</sup> – перевести рычаг (23) в положение «производительность». Открыть кран (22), зарегистрировать неравномерность распыла и по формуле определить  $S = (g_{\max} - g_{\min}) * 100\% / g_{\max}$ , где  $g_{\max}$  и  $g_{\min}$  - соответственно максимальное и минимальное наполнение топливом мерных емкостей. Неравномерность допускается не более 22%. Если неравномерность распределения топлива по секторам более 22%, подгонка производится за счет полировки поверхностей распылителя первого контура микронной шкуркой с последующей промывкой головки форсунки бензином. Рукояткой (31) слить керосин из блока мензурок.

Проверка неравномерности распыла первого и второго контура. Открыть вентиль (3). Вентилем (23) и клапаном (24) создать давление. Установить блок мензурок в вертикальное положение. Перевести рычаг (23) в положение «неравномерность» и наблюдать в окне (21) за наполнением мензурок керосином. При наполнении – перевести рычаг (23) в положение «производительность». Открыть вентиль (22) и клапан (24). Выключить электродвигатель. Зарегистрировать и рассчитать неравномерность распыла. Слить керосин из блока мензурок. Неравномерность распыла должна быть не более 15%, если больше, то производится подгонка полировкой поверхности у распылителей первого и второго контуров или за счет разворота распылителей относительно друг друга.

Проверка угла конуса распыла первого контура. Переставить форсунку на второе посадочное место и закрепить зажимом. Закрыть вентиль (2), включить электродвигатель. Вентилем создать давление. Поворачивая головку оси лепе-

стка, подвести лепесток к струе керосина. Замерить угол конуса. При этом рукоятка изменения положения форсунки должна быть в одном из крайних положениях. Перевести рукоятку в другое крайнее положение, повторить замер угла конуса распыла. Зарегистрировать показания. Открыть вентиль (22). На первом контуре угол должен быть в пределах  $84^{\circ} \pm 4^{\circ}$ . Исправлять струйность притиркой центрального отверстия распылителя.

Проверка угла конуса распыла первого и второго контуров. Открыть полностью вентиль (3). Вентилем (22) и клапаном (24) создать давление. Поворачивая головку оси лепестка, подвести лепесток к струе керосина. Замерить угол конуса. При этом рукоятка изменения положения форсунки должна быть в одном из крайних положений. Перевести рукоятку в другое крайнее положение, повторить замер угла конуса распыла. Зарегистрировать показания. Открыть вентиль (22) и клапан (24). Выключить электродвигатель. Снять форсунку. На первом и втором контурах угол распыла должен быть в пределах  $87^{\circ} \pm 4^{\circ}$ .

Проверка герметичности форсунки. Форсунка монтируется на специальное гнездо установки, подсоединяются к штуцерам первого и второго контуров трубки подвода топлива. Включить электродвигатель, вентилем (22) создать давление по манометру (25). Последовательно устанавливается давление 3,5, 10 МПа с выдержкой по 30 с. на каждом режиме, затем стравливается до 2 МПа и в течение 6...10 с. повышается до 10 МПа. Данный переход повторяется три раза. Закрыть вентиль (11). Проверить герметичность форсунки (внешнюю). Выключить электродвигатель. Открыть краны (11, 13), вентили (2, 3). Снять форсунку. Зарегистрировать результаты испытания. В паспорт форсунки заносится: пропускная способность первого и второго контуров; углы распыла; процент неравномерности распыла; номер группы форсунки; проверяется комплектность форсунок по углу распыла. После выполнения всех работ производится консервация форсунки.

#### 4. Контрольные вопросы.

1. Какие повреждения выявляются внешним осмотром на деталях форсунки.
2. Какой метод сборки применяется при сборке форсунки.
3. Последовательность сборки форсунки.
4. По каким параметрам контролируется форсунка.
5. Последовательность действий при испытании форсунок на соответствующие параметры.
6. Последовательность ТП консервации форсунок.
7. Принципиальная схема стенда для испытания форсунок.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1. Задание. Произвести расчет коэффициентов технологичности, дать сравнительную (качественную) характеристику проектируемого изделия от-

носителем базового варианта. Вначале осуществляется расчет параметров для базового варианта, который выбирается по предпоследней цифре шифра, а затем для проектируемого варианта по последней цифре шифра. Исходные данные представлены в таблице 10.

## 2. Протокол выполнения лабораторной работы.

2.1 Вычисляются соответствующие относительные коэффициенты технологичности.

2.2 Определяются комплексные показатели технологичности.

2.3 Анализируются полученные значения и делаются выводы.

2.4. Дается качественная оценка технологичности заданным деталям.

## 3. Краткие сведения (8).

### Основные и дополнительные показатели технологичности конструкции

В соответствии с действующими ГОСТами количественные показатели технологичности разделяются на две группы: основные и дополнительные. К основным показателям относятся абсолютные значения трудоемкости  $T_p$  и технологической себестоимости  $C_{tp}$  изготовления изделия и показатели уровней технологичности:

- по трудоемкости

$$K_T = T_p / T_{пб}; \quad (1)$$

- по технологической себестоимости

$$K_{ст} = C_{tp} / C_{тб}, \quad (2)$$

где  $T_{пб}$  - ожидаемая трудоемкость изготовления базового изделия;

$C_{тб}$  - ожидаемая технологическая себестоимость базового изделия.

К дополнительным показателям технологичности относится целый ряд частных и комплексных, абсолютных и относительных показателей, оценивающих конструкцию как с экономической, так и технической стороны.

Дополнительные производственные показатели по трудоемкости:

1. Удельная трудоемкость изготовления изделия

$$t_p = T_p / P \quad (3)$$

где  $P$  - параметр изделия.

Для самолетостроения наиболее употребительным для данного случая параметром является масса самолета, планера, агрегата (в зависимости от того, к чему относится  $T_p$  и  $t_p$ ). Тогда  $t_p$  будет выражать трудовые затраты на единицу массы конструкции (чел.ч/[кг]).

2. Относительная трудоемкость заготовительных работ

$$t_{зр} = T_{зр} / T_p \quad (4)$$

где  $T_{зр}$  - сумма трудоемкостей процессов изготовления всех заготовок.

3. Относительная трудоемкость вида технологических процессов  $t_{вт}$  (механической обработки, штамповки, сварки и др.)

$$t_{вт} = T_{вт} / T_p \quad (5)$$



## Расчет коэффициентов технологичности

Показатели	В а р и а н т ы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N <sub>yc</sub>	35	40	35	70	10	35	40	45	15	65
N <sub>cc</sub>	40	50	45	60	60	60	45	55	50	30
N <sub>c</sub>	100	150	120	160	170	120	150	140	160	130
N <sub>д</sub>	80000	300000	110000	500000	290000	130000	90000	200000	300000	600000
N <sub>уд</sub>	48000	120000	44000	200000	130000	240000	64000	140000	140000	250000
N <sub>сд</sub>	32000	180000	60000	300000	240000	290000	50000	160000	250000	400000
F <sub>п, м<sup>2</sup></sub>	186	50	24	45	100	24	150	60	90	80
F, м <sup>2</sup>	260	110	45	51	119	51	210	120	120	100
A <sub>ср</sub>	10	9	12	8	11	13	9	10	8	11
N <sub>пк</sub>	807000	880000	35000	478000	100000	478000	700000	800000	120000	120000
N <sub>о</sub>	1420000	1000000	74000	781000	190000	1000000	1200000	1200000	180000	200000
K <sub>тоб</sub> <sup>1)</sup>	0,95	0,94	0,97	0,92	0,91	0,94	0,93	0,9	0,96	0,9
K <sub>тк</sub> <sup>2)</sup>	0,98	0,93	0,96	0,94	0,92	0,96	0,97	0,95	0,92	0,98
K <sub>тбс</sub> <sup>3)</sup>	0,8	0,87	0,81	0,83	0,86	0,8	0,79	0,87	0,82	0,87
Коэффициенты экономической эквивалентности (соответственно)										
K <sub>этоб</sub>	0,2	0,23	0,25	0,21	0,24	0,25	0,25	0,22	0,2	0,21
K <sub>этк</sub>	0,65	0,64	0,67	0,62	0,63	0,62	0,6	0,66	0,68	0,67
K <sub>этбс</sub>	Выбираются самостоятельно (с учетом требований фор 20)									

Примечания: <sup>1)</sup> – технологичность обшивки; <sup>2)</sup> - технологичность каркаса; <sup>3)</sup> - технологичность бортовых систем;  
<sup>4)</sup> - форма таблицы для качественного анализа (при выполнении заданий №1 и №3):

Показатели Варианты	.....	.....	.....
	Базовая конструкция (ТП)		
	Проектируемая конструкция (ТП)		

где  $T_{вт}$  - трудоемкость данного вида технологических процессов изготовления деталей или сборки. Этот показатель характеризует доленое участие различных видов работ в изготовлении самолета.

Дополнительные производственные показатели по себестоимости:

1. Удельная себестоимость

$$C_{п} = C_{п}/P \quad (6)$$

где  $C_{п}$  - полная себестоимость изготовления изделия;

$P$  - параметр изделия. В частности, им может быть масса изделия, и тогда  $C_{п}$  будет выражать стоимость изготовления единицы массы изделия.

2. Удельная техническая себестоимость

$$C_{тпн} = C_{тпн}/P \quad (7)$$

Дополнительные показатели по унификации, применяемым материалам и другим признакам:

1. Коэффициенты унификации и стандартизации сборочных единиц изделия

$$R_{уc} = N_{уc}/N_c, \quad R_{сc} = N_{сc}/N_c \quad (8)$$

где  $N_{уc}$ ,  $N_{сc}$  - количество унифицированных и стандартных сборочных единиц;  $N_c$  - общее число сборочных единиц.

2. Коэффициент унификации и стандартизации деталей изделий

$$K_{уд} = N_{уд}/N_d, \quad R_{сд} = N_{сд}/N_d, \quad (9)$$

где  $N_{уд}$ ,  $N_{сд}$  - число унифицированных и стандартных деталей;

$N_d$  - общее число деталей.

3. Коэффициенты унификации (стандартизации) конструкции:

$$K_y = \frac{N_{уc} + N_{уд}}{N_c + N_d}, \quad R = \frac{N_{сc} + N_{сд}}{N_c + N_d} \quad (10)$$

4. Коэффициенты применения типовых технологических процессов

$$K_{тп} = N_{тп}/N_{п}, \quad (11)$$

где  $N_{тп}$  - число типовых технологических процессов;

$N_{п}$  - общее число технологических процессов.

5. Коэффициент использования материалов

$$K_{им} = M_{п}/M_{з} \quad (12)$$

где  $M_{п}$  - масса изделия;

$M_{з}$  - сумма масс заготовок.

6. Коэффициент точности обработки

$$K_{точ} = 1 - 1/A_{ср} \quad (13)$$

где  $A_{ср}$  - средний класс точности обработки.

7. Коэффициент повторяемости элементов конструкции

$$K_{пов} = N_n/N_k \quad (14)$$

где  $N_n$  - общее количество наименований составных частей конструкции;

$N_k$  - общее количество составных частей конструкции.

### Специфические показатели технологичности.

Перечисленные дополнительные показатели являются общемашиностроительными. Кроме них в самолетостроительной промышленности применяются специфические показатели технологичности:

1. Коэффициент панелирования

$$K_{пн} = F_{п}/F_{пл} \quad (15)$$

где  $F_{п}$  - сумма площадей панелей, выделенных в отдельные сборочные единицы;

$F_{пл}$  - площадь поверхности планера.

2. Коэффициент прессовой клепки

$$K_{пк} = N_{пк}/N_{о} , \quad (16)$$

где  $N_{пк}$  - количество заклепок, раклепывание которых возможно на специальных клепальных прессах;

$N_{о}$  - общее количество заклепок на планере.

Важная роль отводится отработке технологичности бортовых систем. Здесь применяются следующие показатели:

1. Коэффициент панелирования бортовых систем

$$K_{пс} = N_{пс}/N_{с} , \quad (17)$$

где  $N_{пс}$  - число блоков и агрегатов монтируемых предварительно на панелях;

$N_{с}$  - общее число блоков и агрегатов бортовых систем.

2. Коэффициент монтажа коммуникаций в агрегатах

$$K_{м} = N_{мк}/N_{к} , \quad (18)$$

где  $N_{мк}$  - число коммуникаций, проходящих через агрегат и имеющих конструктивные разъемы по стыкам агрегата;

$N_{к}$  - общее число коммуникаций, проходящих через агрегат.

Коэффициент  $K_{пс}$  характеризует возможность монтажа основных элементов бортовых систем на панелях вне агрегатов планера, что способствует расширению фронта работ и сокращению цикла монтажных работ. Коэффициент  $K_{м}$  показывает возможность монтажа коммуникаций в агрегатах планера до их стыковки и соединения.

Отдельные показатели технологичности могут быть сведены в комплексные показатели, которые характеризуют не отдельные признаки технологичности, а определенную группу признаков. При расчете комплексных показателей учитывается различие экономической эффективности частных показателей:

$$K = \frac{K_1K_{1э} + K_2K_{2э} + \dots + K_nK_{нэ}}{K_{1э} + K_{2э} + \dots + K_{нэ}} \quad (19)$$

где  $K$  - комплексный показатель технологичности;

$K_i$  - частный показатель технологичности;

$K_{iэ}$  - коэффициент экономической эквивалентности (весомости) частного  $i$ -го показателя.

Коэффициенты экономической эквивалентности принимаются из условия:

$$\sum_1^n K_{iЭ} = 1, \text{ т.е. } K_{1Э} = 1 - \sum_1^{n-1} K_{iЭ} \quad (20)$$

#### 4. Вопросы

##### ТЕМА 8 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1. Дайте определение технологичности АТ
2. Виды технологичности АТ
3. Факторы, влияющие на технологичность АТ
4. Какие существуют оценки технологичности?
5. Приведите пример качественной оценки технологичности
6. На каких стадиях изготовления АТ реализуются наиболее весомые решения по обеспечению технологичности?
7. Виды количественной оценки технологичности
8. Приведите пример абсолютной оценки технологичности
9. Приведите пример относительной оценки технологичности
10. На какие группы разделяются количественные показатели технологичности
11. Приведите пример основного показателя технологичности
12. Приведите пример дополнительного показателя технологичности
13. Напишите формулу определения коэффициента точности обработки
14. Приведите пример специфического показателя технологичности
15. Напишите формулу комплексного показателя технологичности
16. Исходя из каких условий выбираются коэффициенты экономической эквивалентности?
17. Каковы оптимальные значения коэффициента панелирования и чем это вызвано?
18. Требования технологичности для обеспечения сборки производительными способами
19. Требования технологичности для облегчения монтажных работ
20. Взаимосвязь технологичности, надежности, ресурса и т.д.

#### 3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

##### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАВИСИМЫХ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ И ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ АТ.

1. Задание.
  - 1.1 Разработать схему изготовления детали ЛА с указанием плазов, шаблонов, технологической оснастки, технологического оборудования и т. д.

1.2 Разработать эскиз шаблона для заданной детали.

1.3 Проанализировать точность изготовления детали.

2. Краткие сведения (7).

Сущность плазово-шаблонного метода состоит в использовании единой системы жестких носителей форм и размеров взаимно сопрягаемых элементов конструкции для изготовления и геометрической увязки их между собой. В основе этой единой системы лежит теоретический плаз агрегата самолета.

Теоретическим плазом называется чертеж агрегата, выполненный в натуральную величину относительно координат осей ( плаз совмещенных сечений, вид в плане).

Конструктивный плаз - копия теоретического плаза, выполненная на винипрозе с конструктивной проработкой.

Шаблон контрольно-контурный (ШКК)- предназначен для:

конструктивной и геометрической увязки деталей, расположенных в плоскости данного узла; изготовления и увязки шаблонов, необходимых для изготовления приспособлений; изготовления и увязки узлового комплекта шаблонов, необходимого для изготовления деталей, составляющих данный узел.

Шаблон развертки детали (ШРД) - изготовление вырезных и вырубных штампов, шаблонов фрезерования (ШФ).

Шаблон внутреннего контура (ШВК) - изготовление форм блоков, пуансонов и оправок для формовки, гибки.

Шаблон обрезки контура (ШОК) - обрезка, сверление и контроль формы сложных листовых и профильных деталей.

Шаблон монтажно-фиксирующий (ШМФ) - изготовление элементов и монтаж сборочных приспособлений.

Шаблон контура (ШК) - изготовление и увязка шаблонов ШРД, ШОК, ШВК, ШМФ и других приспособлений для контроля деталей.

Шаблон контура сечения (ШКС) - изготовление и контроль деталей, фасонных оправок для обтяжки и штамповки гипсомодели.

Под малкой понимают величину угла  $M$  отклонения от нормали к плоскости стенки.

Эталонно-шаблонный метод используется при изготовлении самолетов легкого и среднего типа. При изготовлении деталей и сборочных приспособлений используется эталон поверхности.

Координатно-шаблонный метод предназначен для изготовления самолетов среднего и тяжелого тип. Детали изготавливают с использованием ПШМ, а для изготовления сборочных приспособлений используются плаз-кондукторы и инструментальный стенд.

Метод координатно-аналитической увязки (МКАУ) предполагает применение ЭВМ, графопостроителей, станков с ЧПУ, системы координатно-фиксирующих отверстий (КФО) и лазерно-центрирующих измерительных систем (ЛЦИС).

### 3.Контрольные вопросы

#### ТЕМА 10 ЗАВИСИМЫЕ МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛА

1. Что понимается под точностью геометрических размеров?
2. Допуск на ступеньки агрегатов при их стыковки.
3. Допускаемый зазор при стыковке обшивок и панелей.
4. Как проверяется правильность расположения в пространстве агрегатов планера?
5. Назовите группы (укрупнено) конструкции ЛА, при изготовлении которых используются зависимые методы.
6. Существенные особенности ПШМ.
7. В чем существенное отличие независимых и зависимых методов изготовления?
8. Основные разновидности зависимых методов изготовления ЛА.
9. Сущность ПШМ, ЭШМ, КШМ, МКАУ.
10. Какие бывают плазмы?
11. Как изготавливается конструктивный плазм?
12. Благодаря чему реализуется при ПШМ идея единства баз деталей, узлов и агрегатов ЛА.
13. Назовите группы шаблонов по назначению.
14. Дайте определение ШРД, ШВК, ШК, ШКС, ШП и т.д.
15. Какая информация наносится на шаблоны ?
16. Расшифруйте Б24Р5В М 10 .
17. Дайте определение малки.
18. Что обозначает РФ П, БО, СО, НО, ИО и т.д. ?
19. Для чего предназначен плазм-кондуктор, инструментальный стенд?
20. Как изготавливается сборочное приспособление при ЭШМ, КШМ?
21. Что представлено на рис. ...альбома иллюстраций?

#### РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

1. Задание. Расчет ожидаемой точности сборки  
 Схема размерной цепи представлена на рис.5. Значения соответствующих звеньев (Р) размерной цепи выбираются по таблицам 11 и 12. Из таблицы 11 выбираются номинальные значения звеньев по предпоследней цифре шифра, из таблицы 12 – отклонение значений звеньев по последней цифре шифра. Заданный конструктором зазор 3...5 мм. Необходимо произвести расчет зазора по предельным отклонениям и вероятностным методами. Сделать соответствующие выводы по обоснованности выбора величины зазора. Если полученные значения величины зазора не соответствуют заданным, то необхо-

димом решить задачу по правильному выбору размеров соответствующих звеньев.

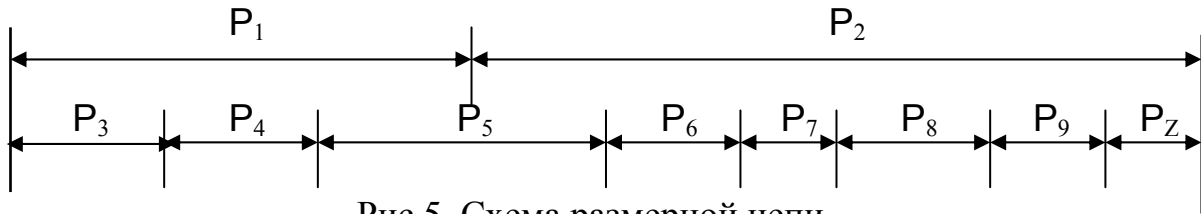


Рис.5 Схема размерной цепи.

## 2. Краткие сведения

Различают два основных метода расчета допуска замыкающего звена: по предельным отклонениям звеньев цепи и теоретико-вероятностный.

Расчет по предельным отклонениям.

Номинальный размер зазора (рис. 5) определяется по формуле

$$P_{ZНОМ} = \sum^B P_{iНОМ} - \sum^H P_{iНОМ} = (P_{1НОМ} + P_{2НОМ}) -$$

$$- (P_{3НОМ} + P_{4НОМ} + P_{5НОМ} + P_{6НОМ} + P_{7НОМ} + P_{8НОМ} + P_{9НОМ})$$

При пользовании методом предполагается, что верхние и нижние звенья выполнены с наименее выгодными предельными значениями.

Тогда замыкающее звено получает также предельные значения. Так, для рассматриваемой цепи они равны

$$P_{Zmax} = (P_{1max} + P_{2max}) - (P_{3min} + P_{4min} + P_{5min} + P_{6min} +$$

$$+ P_{7min} + P_{8min} + P_{9min})$$

$$P_{Zmin} = (P_{1min} + P_{2min}) - (P_{3max} + P_{4max} + P_{5max} + P_{6max} +$$

$$+ P_{7max} + P_{8max} + P_{9max})$$

Так как разность предельных значений представляет собой допуск, то, вычитая, получим

$$\delta_Z = P_{Zmax} - P_{Zmin}$$

Расчет на основе теории вероятностей учитывает, что процессы обработки и комплектования деталей при сборке по природе своей - вероятностные, а значения получающихся при этом размеров - случайные.

В отличие от расчета по предельным отклонениям при вероятностном методе оперируют не номинальными значениями размеров и их отклонениями (допусками), а средними значениями размеров и рассеянием их отклонений.

В основу вероятностного метода расчета замыкающих звеньев положены теоремы о правилах суммирования случайных величин:

а) алгебраическое суммирование величин, характеризующих центры группирования отклонений (или координат средин полей допусков);

б) квадратичное суммирование величин, характеризующих рассеяние отклонений (или половин размеров полей допусков).

Таблица 11

## Номинальные значения звеньев размерной цепи, мм

Номер варианта (по предпоследней цифре)	Номер звена размерной цепи								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	120	128	60	122	10,5	23,5	10	30,3	0,1
2	100	148	23	152	30	10	40	10,3	0,5
3	80	168	48	127	15,5	18,2	10	25,3	0,3
4	140	108	28	147	10	30	35	5,3	0,4
5	160	88	43	323	20,5	13,2	15	20,3	0,2
6	90	158	33	142	25,5	3,2	35	5,3	0,1
7	170	78	38	137,5	25	10	20,2	15	0,9
8	110	138	23,5	147,5	42,5	8	40	2	0,8
9	130	118	33	142	30,2	3,2	25	10,3	0,7
0	150	98	51	124	15,5	28,2	5	30,3	0,6



Таблица 12

## Отклонение значений звеньев

Номер варианта (по последней цифре)	Номер звена размерной цепи								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$\pm 0,2$	+0,09	-0,04	+0,1	-0,048	$\pm 0,1$	-0,28	+0,15	0,1...0,3
2	$\pm 0,3$	+0,08	-0,06	+0,3	-0,024	$\pm 0,2$	-0,24	$\pm 0,2$	0,2...0,4
3	$\pm 0,06$	$\pm 0,04$	+0,2	-0,038	$\pm 0,15$	-0,3	$\pm 0,17$	-0,06	0,15...0,2
4	$\pm 0,4$	-0,07	+0,028	$\pm 0,20$	-0,26	$\pm 0,18$	$\pm 0,15$	+0,08	0,5...0,7
5	-0,08	$\pm 0,5$	-0,05	+0,15	-0,068	$\pm 0,25$	-0,34	$\pm 0,24$	0,1...0,2
6	+0,09	$\pm 0,2$	$\pm 0,15$	-0,28	$\pm 0,1$	-0,048	+0,1	-0,04	0,3...0,6
7	+0,08	$\pm 0,3$	$\pm 0,2$	-0,24	$\pm 0,2$	-0,024	+0,3	-0,06	0,4...0,5
8	$\pm 0,4$	+0,06	$\pm 0,17$	-0,3	-0,06	$\pm 0,15$	-0,038	+0,2	0,7...0,9
9	-0,07	$\pm 0,4$	-0,26	$\pm 0,20$	$\pm 0,18$	$\pm 0,15$	+0,08	+0,028	0,15...0,3
0	$\pm 0,05$	-0,08	$\pm 0,24$	-0,34	$\pm 0,25$	-0,068	+0,15	-0,05	0,2...0,3

Принимая во внимание теоремы о суммировании, для распределения по закону Гаусса координата середины поля допуска замыкающего звена  $Dz$  равна алгебраической сумме середины полей допусков составляющих звеньев:

$$Dz = (D1 + D2) - (D3 + D4 + D5 + D6 + D7 + D8 + D9),$$

а половина поля допуска  $\delta Z$  - квадратичной сумме половин полей допусков составляющих звеньев:

$$\delta Z = \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (\delta_i/2)^2}$$

Тогда:  $P'z_{\max} = Pz_{\text{ном}} + Dz + \delta z$ ;  $P'z_{\min} = Pz_{\text{ном}} + Dz - \delta z$ ;

$$\delta'z = P'z_{\max} - P'z_{\min}$$

#### 4. ТЕРМИНЫ, ПОНЯТИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ.

##### Общие вопросы производства авиационной техники.

Технология самолетостроения - область технологии машиностроения как науки о сущности процессов производства самолетов, о взаимной связи этих процессов и закономерности их развития.

##### 4.1. Производственный, технологический процессы.

Производственный процесс предприятия - сложный комплекс первичных процессов. основных, вспомогательных и обслуживающих подразделений предприятия, обеспечивающих своевременный выпуск заданной продукции.

Производственная структура - состав цехов и служб предприятия с указанием связей между ними.

Цех - совокупность производственных участков.

Производственный участок - группа рабочих мест, организованных по принципам: предметному, технологическому или смешанному.

Рабочее место - элементарная единица структуры предприятия, где размещены исполнители работы, обслуживаемое технологическое оборудование и предметы труда.

Технологический процесс - часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства.

Технологическая операция - законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Технологический переход - законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством при меняемом инструменте и поверхностях, обрабатываемых или соединяемых при сборке.

Рабочий ход - законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением форм, размеров, чистоты поверхностей или свойств заготовки.

Установ - часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

Позиция - фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

Виды операций: черновые, чистовые, окончательные, отделочные.

Концентрация и дифференциация операций.

#### 4.2. Характеристика производства.

Тип производства - классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции.

Объем выпуска - количество изделий определенных наименований, типоразмеров и исполнений, изготавливаемых предприятием или его подразделением в течение планируемого периода времени.

Единичное производство - производство, характеризующееся малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается.

Опытное производство - производство образцов изделий для проведения исследовательских работ или разработки конструкторской и технологической документации для установившегося производства.

Серийное производство - производство, характеризующееся изготовлением изделий периодически повторяющимися партиями.

Производственная партия - предметы труда одного наименования и типоразмера, запускаемые в обработку в течение определенного интервала времени, при одном и том же подготовительно-заключительном времени на операцию.

Определение минимального размера партии деталей производится по формуле:

$$K_d = T_{пз}/A * T_{шт},$$

где  $K_d$  – количество деталей в партии,

$T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время на переналадку станка,

$A$  - коэффициент, учитывающий потери времени – 0,05,

$T_{шт}$  – штучное время на выполнение операций.

$$П = Нг/Кд,$$

где  $П$  - количество переналадок,

$Нг$  - годовая программа выпуска деталей.

Программа выпуска - установленный для данного предприятия перечень изготавливаемых изделий с указанием объема выпуска по каждому наименованию на планируемый период времени.

Производственная мощность - расчетный максимально возможный в определенных условиях объем выпуска изделий в единицу времени.

Производственный цикл - интервал от начала до окончания производственного процесса изготовления изделия.  $Ц = P * t$ .

Коэффициент закрепления операции (КЗО) - отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.

$$КЗО = O/P,$$

где  $O$  - число операций,

$P$  - число рабочих мест.

(при КЗО – 1...10 – крупносерийное производство, 10...20 – среднесерийное производство, 20...40 – мелкосерийное производство)

Такт выпуска - интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения,  $t = \Phi / Нг$ , где  $\Phi$ -фонд времени за год.

Вид производства - классификационная категория производства, выделяемая по признаку применяемого метода изготовления изделия.

Специализация производства - ограничение номенклатуры изготавливаемых изделий, близких по назначению и конструкции, или ограничение номенклатуры процессов, применяемых для изготовления изделий различных по назначению и конструкции.

Кооперирование производства - регламентированное использование производственной мощности нескольких предприятий или подразделений предприятия для участия в изготовлении определенных изделий.

Массовое производство - производство, характеризуемое большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного времени; на каждом рабочем месте выполняется только одна непрерывно повторяющаяся операция.

Поточное производство - производство, характеризуемое расположением средств технологического оснащения в последовательности выполнения операций технологического процесса и определенным интервалом выпуска изделий.

Деталью называется элементарная часть изделия, изготовленная из целого куска металла.

Узлом или сборочной единицей называется конструкция, полученная соединением между собой нескольких деталей.

Агрегат является законченной в конструктивном и технологическом отношении частью изделия.

Изделие - предмет производства, подлежащий изготовлению на данном предприятии.

#### Точность обработки.

Под точностью обработки понимается степень соответствия геометрических параметров реальной детали номинально заданным.

Различают: точность размеров, точность формы поверхностей, точность взаимного расположения поверхностей.

Заданная точность регламентируется допустимыми отклонениями от номинальных размеров, формы или теоретически точного взаимного расположения поверхностей.

Действительная точность характеризуется действительными геометрическими параметрами по отношению к номинальным значениям.

Ожидаемая точность может быть представлена при проектировании технологического процесса на основании учета причин, вызывающих погрешности обработки.

Достижимая точность - точность, которая достигается, не считаясь с себестоимостью обработки, создавая особо благоприятные условия, необычные для данного производства.

Под экономической точностью принимают такую точность, которая при минимальной себестоимости достигается в нормальных производственных условиях при нормальных затратах времени.

Пути повышения точности: повышение точности изготовления заготовок с равномерным припуском на обработку; повышение жесткости упругой системы СПИД; управление упругими перемещениями системы СПИД.

### 4.3 Технологическая подготовка производства.

Технологическая подготовка производства включает в себя в качестве основных этапов конструкторскую, организационно-производственную и технологическую подготовку.

Конструкторская подготовка имеет своей целью разработку конструкции изделия и создание чертежей общей сборки изделия с оформлением соответствующих спецификации и другой конструкторской документации.

Организационно-производственная подготовка включает календарное планирование производственного процесса изготовления в установленные сроки и в заданном объеме выпуска.

Технологическая подготовка производства (ТПП) - это совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность

предприятия к выпуску изделий заданного уровня качества при установленных сроках, объема выпуска и затратах.

Основными функциями ТПП являются: обеспечение технологичности конструкции изделия, разработка технологических процессов, проектирование и изготовление средств технологического оснащения.

Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) - система организации и управления ТПП, регламентированная государственными стандартами.

#### Основное содержание работ по ТПП:

Техническое задание - установление требований к разрабатываемому изделию по показателям технологичности;

техническое предложение - проведение анализа организационного и технического уровня;

эскизный проект - разработка плана мероприятий по повышению технического уровня;

технический проект - определение номенклатуры технологических процессов по видам производства, определение и размещение заказа на производство по кооперации заготовок деталей, сборочных единиц (узлов), агрегатов, технологической оснастки,

рабочая документация - разработка технологических процессов, разработка средств технологического оснащения, разработка документации на специальное технологическое оборудование, оснастку, средства контроля и испытания, механизацию и автоматизацию производственных процессов, расчет плановой трудоемкости изготовления изделий;

изготовление изделия - переналадка технологической оснастки, внедрение разработанных технологических процессов и отладка всего технологического комплекса, оценка и аттестация уровня производства.

Основные ТЭП совершенства технологического процесса: качество продукции, уровень производительности труда, механизация и автоматизация, себестоимость продукции, условия труда, степень соответствия передовым формам организации производства, трудоемкость и цикл подготовки производства, мобильность.

Исходная информация для разработки технологического процесса (ТП): базовая, руководящая и справочная.

Базовая: конструкторская документация, программа выпуска.

Руководящая: отраслевые стандарты, документация на ТП, технико-экономическая информация, производственные инструкции, технические нормы и документация по технике безопасности и промышленной санитарии.

Справочная: описание перспективных методов изготовления, каталоги, справочники, альбомы, методические материалы.

Основные этапы разработки технологических процессов: анализ исходных данных, выбор действующего ТП, выбор заготовки и методов ее изготовления, выбор технологических баз, составление технологического маршрута

обработки, разработка технологических операций, нормирование технологического процесса, определение требований техники безопасности, расчет экономической эффективности процесса, оформление технологических процессов.

Базированием называют предание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Базой называется поверхность или выполняющее ту же функцию сочетания поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

Конструкторской называется база, определяющая положение детали или сборочной единицы в изделии.

Технологической называется база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта.

Измерительная база используется для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

Сборочными называются базы, определяющие положение детали в приспособлении относительно других деталей при сборке.

Технический маршрут - последовательность прохождения заготовки, детали или сборочной единицы по цехам и производственным участкам.

Расцеховка - разработка межцеховых технологических маршрутов для всех составных частей изделия.

Рекомендуемая последовательность операций: каждая последующая операция, переход или проход должны уменьшать погрешности предшествующей и улучшать качество поверхности после предыдущей обработки, обработку детали нужно начинать с той поверхности, которая будет служить установочной базой для последующих операций; обработка поверхностей должна идти в последовательности, обратной степени точности их обработки; окончательную обработку наиболее точных поверхностей относят к конечным операциям; те операции, при которых выявляется наибольший процент брака заготовок следует производить вначале; обработку необходимо вести с минимальным числом установок; т.е. с каждой установки обрабатывать наибольшее число поверхностей; сверление отверстий, нарезание резьб и т.д. следует относить к концу технологического процесса за исключением тех случаев, когда отверстия служат базами для установки при последующих операциях.

В системе ЕСТД предусмотрено: маршрутная карта (МК), карта эскизов (КЭ), технологическая инструкция (ТИ), комплектовочная карта (КК), ведомость расцеховки (ВР), ведомость материалов (ВМ), ведомость деталей к типовому ТП, карта технологического процесса (КТП), карта типового технологического процесса (КТТП), операционная карта (ОК), операционная карта типовая (ОКТ), ведомость операций (ВО).

#### Технологичность конструкции.

Технологичность конструкции - совокупность свойств конструкции изделия, в возможности оптимизации затрат труда, средств, материалов и времени

при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте конструкций того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества и принятых условиях изготовления, эксплуатации и ремонта.

Виды технологичности определяется признаками, характеризующими область проявления технологичности конструкции изделия: производственная, эксплуатационная.

Вид изделия определяет главные конструктивные и технологические признаки, обуславливающие требования к технологичности конструкций.

Объем и тип производства определяют степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов и специализацию всего производства.

Вид оценки характеризует метод сравнения конструктивных решений и обоснованность выбора оптимального варианта конструкции изделия

Экономическая эффективность:  $\mathcal{E} = C_{\text{пол}}/C_{\text{зат}}$ ,

где  $C_{\text{пол}}$  - средства, полученные за весь срок эксплуатации самолета;

$C_{\text{зат}}$  - суммарные затраты на самолет.

Производительность труда:  $\Pi = 1/T_{\text{и}}$ ,

где  $T_{\text{и}}$  - трудоемкость изготовления изделия.

Эффективность капитальных вложений:

$(C_{\text{ти1}} - C_{\text{ти2}}) * T_{\text{год}}$

$$K_{\text{эф}} = \frac{(C_{\text{ти1}} - C_{\text{ти2}}) * T_{\text{год}}}{K_2 - K_1}$$

где  $C_{\text{ти1}}$ ,  $C_{\text{ти2}}$  - технологические себестоимости изделий (сравниваемые варианты);

$K_1$ ,  $K_2$  - капитальные вложения;

$T_{\text{год}}$  - годовая программа.

#### Изготовление деталей ЛА и АД.

##### 4.4. Заготовительно-обработочные процессы.

Они включают два подкласса; формообразование (литье, горячее деформирование, разделение полуфабриката и удаление излишнего материала, холодное деформирование) и придание физико-механических свойств (термическая и термохимическая обработка, образование покрытий).

Процессы холодного деформирования: формование, объемное деформирование, деформирование поверхностных слоев.

К гибке относят все процессы формообразования деталей, основанные на упруго-пластическом изгибе, под действием внешних нагрузок листовой, профильной или трубчатой заготовок.

Обтяжка состоит в том, что заготовка, зажатая по концам, зажимами обтягивается до полного прилегания ее к жесткому пуансону, и в ней создаются напряжения растяжения, превосходящие предел текучести.



Вытяжка - процесс преобразования плоской заготовки из листового материала в полую деталь.

Формовка резиной - процесс с использованием изгиба, растяжения и небольшой доли посадки.

Процесс выдавливания без утонения заключается в местном пластическом изгибе вращающейся заготовки давилником, который вручную или механически перемещается в плоскости оси вращения оправки.

Выдавливание с утонением - процесс формирования детали за счет уменьшения исходной толщины вращающейся плоской или пространственной заготовки без изменения ее наружного диаметра.

Редуцирование - процесс изменения формы заготовки путем последовательного обжатия матрицей.

Для процессов осадки, высадки, калибровки, объемной формовки, холодного прессования характерно трехосное сжатие заготовки при ее формоизменении.

Накатывание резьбы - процесс пластического деформирования заготовки специальным инструментом, на котором воспроизведен профиль резьбы.

Деформирование поверхностных слоев - обкатывание и раскатывание роликами и шариками, дорнирование, обжатие кромок, виброударное упрочнение, обкатка дробью и т. д.

Группа процессов разделения полуфабриката и удаления излишнего материала включает следующие подгруппы: механические (резка ножницами и штампами, обработка резанием), электрические (электроконтактная обработка, электроэрозионная обработка), электрохимические (анодно-механическая обработка, анодно-гидравлическая обработка, электрохимическая обработка (полирование), акустические, лучевые, химические, термические.

Процесс резки включает: изгиб заготовки под действием пары сил, приложенных к режущим кромкам; внедрение режущих промок в материал полуфабриката вследствие смятия; отделение одной части полуфабриката другой в результате образования микротрещин, направленных по поверхности скольжения.

Оптимальный зазор  $z$  близок к 8...10% толщины материала для металлических и к 3...5% для неметаллических полуфабрикатов.

Карты раскроя для вырезки штампами - документ, фиксирующий расположения контуров вырезаемых деталей на листе.

#### 4.5. Комплексная технологическая классификация изготовления деталей.

1. Обшивки, нервюры, шпангоуты, стрингеры, тяги, фермы и т.д. изготавливаются из заготовок (листы, профили, профилированные плиты, трубы тонкостенные).

2. Штоки, валики, цилиндры, вилки, рамы, шпангоуты и т.д.- (прутки, трубы толстостенные, поковки и неточные штамповки и отливки).

3. Монолитные панели, обшивки, полки и стенки фасонные и переменного сечения и т.д. - (плиты и полосы плоские, катаные и прессованные).

4. Силовые узлы, шпангоуты, монолитные отсеки, полки, лонжероны и т.д. - (точные штамповки, отливки и прессованные заготовки).

5. Носки, наконечники, законцовки крыльев и т.д. - (заготовки из композиционных материалов)

#### Характеристика процессов удаления излишнего материала.

1. Процессы первой группы, изменяющие форму, размеры, точность и чистоту поверхностей заготовки и определяющие положение этих поверхностей относительно конструктивной базы.

Для этих процессов характерно жесткое крепление и заготовки, и инструмента к соответствующим частям оборудования.

К таким процессам относятся точение, сверление, фрезерование, шлифование в патронах и т.п., при этом точность обработки определяется настройкой и жесткостью системы станок, приспособление, инструмент, деталь (СПИД).

2. Процессы, изменяющие форму, размеры, точность и чистоту поверхности заготовки, но не определяющие их положение относительно конструктивной базы. Для этих процессов характерно плавающее крепление заготовки или инструмента к соответствующим частям оборудования. Например, бесцентровое шлифование, накатывание резьбы, протягивание поверхностей заготовки - плавающее крепление заготовки. К процессам с плавающим креплением инструмента могут быть отнесены хонингование, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы плашками и метчиками и т.п. В технологической последовательности процессы второй группы следуют за процессами первой группы. Точность определяется точностью первой группы.

3. Процессы, изменяющие только степень чистоты поверхностей заготовки – ручное, механическое полирование, суперфиниширование, обкатка поверхностей роликами, полирование и т.п.

#### Сборка, монтаж и испытания

##### 4.6. Общие вопросы сборки, виды сборки.

Объект сборки: узловая, агрегатная и общая.

Стадия сборки: предварительная, промежуточная, окончательная.

Последовательность сборки: последовательная, параллельная, смешанная;

Механизация и автоматизация сборки: ручная, механизированная, автоматизированная, автоматическая.

Сборка изделия, при которой сборочные операции выполняются одна за другой – последовательная сборка, а при которой сборочные работы выполняются одновременно – параллельная сборка.

Сборочные работы включают установку деталей в сборочное положение, соединение, их в узлы и агрегаты.

Монтажные работы включают установку на планере двигателей, приборов, систем управления и различного рода специального оборудования.

Методы сборки и способы базирования.

Метод образования соединения: клепаное, сварное, клееное, паяное, резьбовое, клиновое, шпоночное, шлицевое, штифтовое, шплинтовое, фланцевое, шарнирное, пресовое, развальцованное, контактное, термоусаживаемое, пружинное, сшивное, комбинированное. Виды соединений - разъемное, неразъемное, подвижное, неподвижное.

Методы сборки, обеспечивающие заданную точность: полная взаимозаменяемость, неполная взаимозаменяемость, с подбором, регулирование с компенсатором, пригонки.

#### 4.7. Сборка с применением заклепочных соединений.

Способы ударной клепки: прямой и обратный.

Операции процесса клепки: образование отверстия; доводка отверстия; образование гнезда под головки потайных заклепок; вставка заклепки; образование замыкающей головки заклепки (методы образования замыкающей головки: ударный, пресовый, раскаткой); снятие лишнего материала; контроль.

##### Контроль заклепочного соединения

Операционный контроль: правильность установки деталей в сборочное приспособление; расположение отверстий в соответствии с чертежом; диаметр, форма и качество поверхности под заклепки; калибр - заклепка в зенкованном гнезде (выступание не более  $0...+0.05$  мм); овальность зенкованных гнезд до 0.2 мм; механические повреждения допускаются глубиной не более толщины лакирующего слоя, но не более чем у 5% заклепок в шве.

Окончательный контроль: выступание закладных головок относительно поверхности детали / 10% /; форма и размеры замыкающей головки / 10% /; общее состояние поверхности; зазор между склепываемыми деталями; волнистость и вмятины; общие обводы агрегата.

Методы герметизации: поверхностная, внутришовная, комбинированная.

#### 4.8. Содержание типовых операций сварки.

Сварка – процесс образования неразъемного соединения материалов путем их местного оплавления и деформирования.

Подготовка поверхности кромок деталей - разметка, механическая обработка, зачистка, контроль; обезжиривание поверхности деталей кромок - протирка раствором, промывание в горячей воде, сушка, контроль; сборка и прихватка деталей в приспособлении - установка в приспособление прихватка, правка, контроль; доработка узла после прихватки - устранение прижогов, правка, контроль; сварка узла - подбор режима сварки, образование шва за

несколько проходов; правка длинных швов в процессе сварки, контроль; правка деталей и узла после сварки - рихтовка, контроль; термообработка узла после сварки; механическая и химическая очистка; контроль и нанесение покрытий.

#### 4.9. Изготовление клеевых обшивок

Изготовление обшивок: раскрой обшивки (фрезерный станок РФП); формообразование обшивок (оборудование: РО-3М; РО-630; ГЛП-1000); обрезка по контуру, вырезка люков и сверление БО (фрезерный станок: СРП, СФПУ-12). Изготовление комплектующих изделий - дублеров, окантовок: раскрой деталей (раскройное оборудование); формообразование деталей (формообразующее оборудование); предварительная сборка (сборочное приспособление); разборка и подготовка поверхности деталей; химическая обработка; анодирование обшивок; промывка и сушка деталей; нанесение грунта (установка УНГ-1); отверждение грунта; прикатка клеевых пленок (станок СПК-5). Окончательная сборка: склеивание; установка вакуумешка и вакуумирование; загрузка приспособления в автоклав (автоклав АЭ 1,8-6 ; АЭ 2,5-10); отверждение клея; выемка и очистка от подтеков клея; контроль качества склеивания (установка УКИ-7); нанесение защитного покрытия; сушка защитного покрытия

#### 4.10. Изготовление сотового заполнителя

Изготовление сотового заполнителя из пенопласта: прессовый, беспрессовый и комбинированный методы.

Изготовление пакета сотового заполнителя из металла (растяжением): обезжиривание фольги (установка УОФ-2); нанесение и подсушка клеевых полос (автомат АСП-1000); склеивание пакета (установка УСП-70); резка пакета на заготовки (станок АС-80-3); фрезерование заготовок (РФК-1, Фп-7М); растяжение заготовок (станок РСУ-2-400, РСУ-3); раскрой заполнителя по шаблону; фрезерование заполнителя (станок ФП).

Изготовление обшивок и деталей каркаса: раскрой обшивки; формообразование обшивки; предварительная сборка и подгонка.

Подготовка сотового заполнителя: обезжиривание сотового заполнителя (установка УОП-3); нанесение клеевых композиций на торцы сотов (пульверизатор).

Подготовка обшивки и деталей каркаса: обезжиривание и анодирование обшивок и деталей каркаса (ВА-1); нанесение защитного грунта (установка УНГ-1); прикатка клеевых пленок к обшивкам (станок СПК-5).

Склеивание: окончательная сборка; вакуумирование и нагрев (автоклав АЭ 1,8-6; АЭ 2,5-10); выемка и очистка; герметизация; контроль качества склеивания (УКН-4П, УКН-5П).

Сотовый заполнитель из металла изготавливают также наращиванием.

## Сборка АД

### 4.11. Контроль сборочных параметров

Контроль соосности.

Контролю соосности подвергаются гнезда подшипников роторов двигателей и агрегатов, а также гнезда подшипников других систем ГТД.

Необходимость проведения этой операции диктуется тем что несоосность, выходящая за пределы допуска, влечет за собой неравномерный износ подшипников, вибрации и т. д.

Соосность контролируется следующими способами: жесткими калибрами; индикаторными приспособлениями; оптическим методом; пневматическим методом.

В оптическом методе контроля соосности находят применение два случая: первый, чаще применяемый, когда контролю подвергается несколько отверстий, позволяет с большей точностью измерить линейные смещения осей; второй от применения оптического метода отличается тем что проверяются как линейные, так и угловых смещения осей отверстий, при этом используются две оптические трубы - визирная и коллиматор.

Пневматический контроль основан на измерении расхода воздуха при прохождении его через щели переменного сечения.

Центровка сборочных единиц

В ряде изделий имеются нежесткие сборочные единицы, изготовленные из листового материала (например: камеры сгорания и т. д.) с внутренними полостями переменного сечения. При сборке подобных изделий часто требуется обеспечить заданное взаимное положение осей относительно сборочных базовых поверхностей, что непосредственно связано с обеспечением важных газодинамических характеристик изделия. Комплекс операций (включая сборочные, контрольные и механические), направленных на решение этой задачи, принято называть **ЦЕНТРОВКОЙ**.

Известны способы, позволяющие проводить центровку сборочных единиц с учетом погрешности их формы: комплексный (расчетно-механический), автоматический, оптико-механический.

Оптико-механический способ основан на самоцентрировании системы радиально расположенных пружин, связанных с некруглым контуром.

Контроль герметичности.

Применяют следующие методы контроля герметичности: керосином, сжатым воздухом, течеискателями, химическими реагентами, рентгеном.

При контроле сжатым воздухом регистрация течей ведется: с помощью аквариума, обмыливанием, по падению давления.

## 5. ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ К АЛЬБОМУ ИЛЛЮСТРАЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛА И АД»

### Общие вопросы производства (стр. 3...13)

- Рис. 1 Структурные составляющие технологии.
- Рис. 2 Этапы изготовления самолета.
- Рис. 3 Календарный срок жизни самолета.
- Рис. 4 Структура технологического процесса.
- Рис. 5 Структурная схема технической подготовки производства авиационной техники.
- Рис. 6 Варианты изготовления вильчатого болта.
- Рис. 7 Схема базирования на последовательных стадиях изготовления вильчатого болта. При обработке поверхностей заготовки за установочную базу принимается необработанная поверхность прутка О. После обработки поверхностей деталь отрезается от прутка и для обтачивания головки болта закрепляется по поверхности 3, которая и будет чистой установочной базой вместе с упорной поверхностью п-п. При фрезировании вилки и сверления отверстия для соблюдения единства и постоянства баз в качестве основной установочной базы следует выбрать поверхность 3 и п-п, от которой заданы размеры А и В. При этом погрешность размера А будет равна лишь ошибке настройки фрезерного станка. Если же за установочную базу выбрать поверхности 2 и т-т, то в размерную цепь вносится погрешность базисного размера Г, что снижает точность обработки.
- Рис. 8 Классификация баз.
- Рис. 9 Блок-схема автоматизации разработки технологических процессов.
- Рис. 10 Схема передачи информации о качестве изделий.  
А, Б, 1, 2, 3, 4 –каналы обратной связи
- Рис. 11 Структурные составляющие технологичности.

### Обеспечение точности при изготовлении ЛА (стр. 14...35).

- Рис. 12 Влияние погрешности взаимной увязки отдельных элементов конструкции на плавность поверхности крыла.
- Рис. 13 Независимый метод изготовления деталей ЛА.
- Рис. 14 Зависимый метод изготовления деталей ЛА.
- Рис. 15 Основные плоскости и координатные оси, принимаемые при вычерчивании на плазе контуров планера самолета.
- Рис. 16 Плазы теоретические.
- Рис. 17 Плаз совмещенных сечений фюзеляжа.
- Рис. 18 Монтажная схема плаза.
- Рис. 19 Шаблон контрольно-контурный (ШКК).
- Рис. 20 Шаблон развертки детали (ШРД).

- Рис. 21 Шаблон контура (ШК).
- Рис. 22 Схема изготовления детали ЛА при формовании резиной.
- Рис. 23 Схема построения контуров различных шаблонов.
- Рис. 24 Взаимосвязь шаблонов.
- Рис. 25 Шаблоны контуров сечений (ШКС).
- Рис. 26 Шаблоны группового раскроя (ШГР).
- Рис. 27 Производственные шаблоны.
- Рис. 28 Схема переноса размеров при плазово-шаблонном методе.
- Рис. 29 Эталон поверхности.
- Рис. 30 Универсальный стенд для изготовления обтяжных пуансонов.
- Рис. 31 Изготовление обтяжного пуансона из пескоклеевой массы по слепку, снятому с макета поверхности (а) и готовый пуансон (б).
- Рис. 32 Схема эталонно-шаблонного метода.
- Рис. 33 Увязка шаблонов в пространстве.
- Рис. 34 Заливка вилки цементом.
- Рис. 35 Схема изготовления обвода рубильника по макету поверхности.
- Рис. 36 Установка втулки в корпусе рубильника.
- Рис. 37 Плаз-кондуктор.
- Рис. 38 Инструментальный стенд.
- Рис. 39 Схема координатно-шаблонного метода.
- Рис. 40 Схема отстыковки двух калибров разъема (крыла и центроплана).
- Рис. 41 Схема увязки размеров оснастки при независимом изготовлении ЛА (метод координатно-аналитической увязки - МКАУ).

#### Изготовление деталей ЛА (стр.36...48)

- Рис. 42 Схемы процесса резки роликовыми ножницами (1 – нож, 2 – разрезаемый полуфабрикат,  $A = 7 \dots 14$  - угол захвата,  $D = (30 \dots 70)$  б – диаметр ножей,  $n = (0,2 \dots 0,35)$  б – величина захода ножей).
- Рис. 43 Раскрой листового материала фрезерованием: а – на вертикально-фрезерном станке; б – на радиально – фрезерном станке; в – пример групповой карты раскроя.  
1 – фреза, 2 – копирное кольцо, 3 – шаблон, 4 – пакет листов или карточек, 5 – подкладка, 6 – палец.
- Рис. 44 Гибка обшивки.
- Рис. 45 Гибка профиля. 1 – стол, 2 – крепление цилиндра, 3 – цилиндр поворота платформы, 4, 8 – поворотная платформа, 5,7 – цилиндр растяжения, 6,9 – цанговый зажим, 10 – сменная оправка.
- Рис. 46 Обтяжка обшивки.
- Рис. 47 Гидравлический пресс для штамповки деталей резиной.
- Рис. 48 Вытяжка. 1 – матрица, 2 – зажим, 3 – пуансон, 4 – заготовка листовая.
- Рис. 49 Пресс глубокой вытяжки. 1 – матрица, 2 – стол, 3 – пуансон, 4 – подвижная часть пресса.

Рис. 50 Схема процесса вытяжки деталей эластичной матрицей. а,б,в – последовательные этапы вытяжки листовой заготовки, г – график зависимости, 1 – листовая заготовка, 2 - основание установки, 3 – пуансон, 4 – матрица, 5 – диафрагма, 6 – рабочее тело, 7 – трубопровод, 8 – готовая деталь.

Рис. 51 Обтяжка.

Рис. 52 Выдавливание. 1 – оправка, 2 – заготовка листовая, 3 – вращающийся прижим, 4 – давилник, 5 – готовая деталь.

Рис. 53 Выколотка. 1, 3 – пуансон, 2 – заготовка листовая.

Рис. 54 Высокоскоростная штамповка: а – схема процесса формования с использованием энергии взрывчатых веществ, б – схема электрогидравлического метода формования, г – схемы процессов формования импульсным электромагнитным полем.

Рис. 55 Схема изготовления остекления. 1 – заготовка, 2 – лампы, 3 – трубка, 4 – уплотнительные прокладки, 5 – штуцер, 6 – крышка.

Рис. 56 Формовка деталей из неметаллов. а – вакуумированием, б - в пресс-камерах, в – в автоклавах и гидроклавах.

Рис. 57 Литейная выжимная машина для литья панелей.

Рис. 58 Схема технологического процесса литья методом выжимания.

#### Изготовление деталей АД (стр.49...65)

Рис. 59 Схема изготовления заготовки лопатки.

Рис. 60 Схема изготовления лопатки.

Рис. 61 Обработка лопаток.

Рис. 62 Обработка корыта лопатки.

Рис. 63 Обработка по копиру. 1 – копир, 2 – эталон поверхности, 3 – формообразующая заготовка, 4 – инструмент, 6,7 – электродвигатель, 8 – редуктор.

Рис.64 Схема протяжки елочного профиля замка лопатки турбин. а – схема резания за один проход, б – схема резания ( предварительно и окончательно ), в – схема резания ( предварительно ) и профильная ( окончательно ), г – схема протягивания елочного замка: 1,2,3 – проходы.

Рис. 65 Схема протяжки замка типа ” Ласточкин хвост”.

Рис. 66 Схема обработки замка рабочей лопатки компрессора на автоматической линии АЛ-1. 1 – фрезерование торцов замка, 2 – фрезерование подошвы замка, 3 – фрезерование боковых сторон замка, 4 – протягивание замка, 5 – фрезерование двух лысок, 6 – окончательное фрезерование торцов замка, 7 – фрезерование паза в замке, 8 – фрезерование фасок на прорезе замка, 9 – скругление кромок.

Рис. 67 Обработка пера лопатки холодным деформированием (вальцевание).

Рис. 68 Заготовка вала.

Рис. 69 Изготовление заготовки вала.

Рис. 70 Обработка заготовки вала.

Рис. 71 Протягивание пазов в диске на горизонтально-протяжном станке.

Рис. 72 Изготовление отверстия в вале.



Рис. 73 Обработка зубьев шестерни.

Рис. 74 Протяжка.

Рис. 75 Геометрические параметры замка лопатки.

Рис. 76 Многомерный индикаторный прибор для контроля толщины замка по средней линии. 1,2,3,4,10,11 – элементы установки, 5,9 – контактные пластины, 6,8 – рычаги фиксации контактных пластин, 7 – лопатка.

Рис. 77 Проектор для контроля пера лопаток.

Рис. 78 Контроль геометрии пера лопатки. 1 – лопатка, 2 – датчики, 3,4,6 – электронные устройства, 5 – исполнительные механизмы.

Рис. 79 Контроль геометрических параметров вала.

Рис. 80 Блок-схема установки для контроля частоты собственных колебаний лопаток. 1 – электромагнитный вибратор, 2 – катушка возбуждения, 3 – генератор звуковых колебаний, 4 – усилитель, 5 – лопатка, 6 – осциллограф, 7 – емкостной датчик, 8 – усилитель.

Рис. 81 Контроль пазов диска. а – толщина полочки, б – ширина по роликам.

Рис. 82 Контроль пазов диска (шага). а – шаг пазов, б – шаг полочек.

Рис. 83 Контроль пазов диска.

Рис. 84 Контроль внутреннего диаметра длинномерных деталей.

Рис. 85 Контроль радиального биения.

Рис. 86 Контроль качества зацепления по “краске”.

Рис. 87 Активный контроль геометрических параметров детали при ее изготовлении.

Рис. 88 Контроль геометрических параметров камеры сгорания.

#### Сборка и испытание АД (стр.66...78)

Рис. 89 Контроль соосности.

Рис. 90 Контроль зазора “б-образным” щупом.

Рис. 91 Контроль зазора в труднодоступном месте.

Рис. 92 Контроль проходного сечения соплового аппарата.

Рис. 93 Контроль зазоров.

Рис. 94 К определению усилий затяжки болтового соединения.

Рис. 95 Контроль усилий затяжки. а – схема контроля удлинения болта, б – контроль с помощью тарированного штифта, в – контроль с помощью тарированной шайбы.

Рис. 96 Схема статического уравнивания. 1 – груз, 2 – ротор, 3 – балансировочные ножи, 4 – регулируемые опоры.

Рис. 97 Схема балансировочной машины. 1 – постоянные магниты, 2 – катушки, 3 – тяги, 4 – стробоскопическая лампа, 5,8 – подвижные опоры, 6 – ременная передача, 7 – ротор, 9 – гальванометр, 10,11 – выключатели.

Рис. 98 Сборка ротора компрессора ГТД.

Рис. 99 Сборка камеры сгорания.

Рис. 100 Технологическая схема сборки ТРДД.

Рис. 101 Схема устройства для глушения шума на всасывании и на выходе.

Рис. 102 Схема проточной месдозы.

Рис. 103 Схема испытания двигателя.

### Сборка ЛА (стр.79...97)

Рис. 104 Силовой цилиндр и схема его сборки по базовой детали. а – эскиз цилиндра, б – схема сборки. 1 – шток, 2 – крышка цилиндра, 3 – поршень, 4 – шайба, 5 – гайка, 6 – цилиндр, 7,8 – штуцер, 9 – шланг.

Рис. 105 Лючок и его сборка по разметке. а – лючек, б, в – способ сборки разметкой, г – способ фотокопирование.

1 – петля, 2 – диск, 3 – замок, 4 – струбцина.

Рис. 106 Образование обводов каркаса при базировании по СО. 1,3 – профили, 2 – стенка, 4 – фиксатор (болт), 5 – обшивка.

Рис. 107 Схемы базирования по поверхности каркаса. а – панель с элементами продольного набора устанавливается на каркас и прижимается силами П – П к его поверхности; б – на каркас устанавливается обшивка; в – на каркас устанавливается монолитная панель; г – присоединение обшивки к каркасу при помощи клея или припоя. 1 – обшивка (панель) до установки на каркас, 2 – обшивка (панель), установленная на каркас, 3 – каркас, 4 – элементы приспособления, прижимающие обшивку к каркасу.

Рис. 108 Базирование по внутренней поверхности обшивки. 1 – рубильник, 2 – шпангоут, 3 – фиксация каркаса в сборочном приспособлении, 4 – компенсатор, 5 – заклепка (болт), 6 – балка приспособления.

Рис. 109 Схемы базирования по внешней поверхности обшивки. а – листовая конструкция, б – конструкция из монолитных панелей, в – конструкция с само-вспенивающимся наполнителем.

1 – обшивка (панель), 2 – компенсатор, 3 – каркас, 4 – рубильники приспособления, 5 – соединяющий элемент (болт, заклепка, клей), 6 – стрингер.

Рис. 110 Базирование по КФО. 1 – шпангоут, 2 – вилка, 3 – фиксатор, 4 – накладка, 5 – панель, 6 – лента.

Рис. 111 Базирование деталей по ОСБ. а – базирующие болты вставляются в отверстия стыковой гребенки и отверстия стапельной плиты, б – при помощи фиксаторов, в – специальных ответных стыковых узлов.

1 – стыковой узел (гребенка), 2 – обшивка, 3 – элементы каркаса изделия, 4 – базовые поверхности приспособления, 5 – каркас сборочного приспособления.

Рис. 112 Заклепка с сердечником.

Рис. 113 Заклепка с сердечником.

Рис. 114 Заклепка с высоким сопротивлением срезу.

Рис. 115 Стержневая высокопрочная заклепка.

Рис. 116 Болт-заклепка.

Рис. 117 Клепка стержнями узлов и панелей на прессе с ЧПУ.

Рис. 118 Клепка рив-болтом.

Рис. 119 Операции процесса клепки. а – образование отверстия, б – образование гнезда под головку потайной заклепки, в – вставка заклепки в отверстие, г – об-

разование замыкающей головки, д – снятие излишнего материала, е – контроль заклепки.

Рис. 120 Методы клепки.

Рис. 121 Клепальные прессы.

Рис. 122 Пресс для автоматической клепки.

Рис. 123 Контроль заклепочных соединений.

Рис. 124 Контроль герметичности.

Рис. 125 Течеискатель.

Рис. 126 Контроль герметичности фюзеляжа. 1 – влагоотделитель, 2 – химический влагоотделитель, 3 – индикатор влажности, 4 – фильтры, 5 – вариометр, 6 – предохранительный клапан, 7 – часы, 8 – сигнализаторы давления, 9 – предохранительный сигнальный клапан, 10 – самописец давления, 11 – кран, 12 – автоматический сигнализатор давления, 13 – акустический течеискатель.

Рис. 127 Схемы изготовления сотового заполнителя из металла (растяжением и наращиванием).

Рис. 128 Трехслойная конструкция с заполнителем из пенопласта. 1 – основание, 2 – ограничительная стенка, 3 – крышка, 4 – плита, 5 – плоские нагревательные элементы, 6 – трубчатые нагревательные элементы, 7 – трубка, 8 – прокладка из асбеста, 9 – каркас руля.

Рис. 129 Схема электрической сварочной машины для точечной электросварки. 1 и 2 – электроды, 3 – система управления электродом, 4 и 5 – кулачки, 6 – привод синхронизатора, 7 – прерыватель тока, 8 – трансформатор, 9 – свариваемые детали, 10 – педаль управления.

Рис. 130 Разновидности методов намотки.

Рис. 131 Схема пропитки под давлением.

Рис. 132 Монтажные зазоры в элементах тяговых устройств. 1 – тяга, 2 – головка заклепки, 3 – ролик, 4 – качалка, 5 – ухо качалки.

Рис. 133 Схема замера усилий трений в системе управления рулем направления.

Рис. 134 Схема приспособления для проверки соосности тяг.

Рис. 135 Схема двигателя ПС 90А.

Рис. 136 Схема стыковки агрегатов планера самолетов ИЛ - 86.

## 6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- Часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства называется:

- Производство, характеризуемое изготовлением изделий периодически повторяющимися партиями, называется:

- Классификационная категория производства, выделяемая по признаку применяемого метода изготовления изделия, называется:

- Все ли виды точности обработки приведены ниже: точность размеров, точность формы поверхностей, точность взаимного расположения поверхностей?

- Перечислите виды операций.

- Предметы труда одного наименования и типоразмера, запускаемые в обработку в течение определенного интервала времени, при одном и том же подготовительно-заключительном времени на операцию называется:

- Регламентированное использование производственной мощности нескольких предприятий или подразделений предприятия для участия в изготовлении определенных изделий называется:

- Совокупность производственных участков называется:

- Шаблон ... предназначен для:

конструктивной и геометрической увязки деталей, расположенных в плоскости данного узла; изготовление и увязка узлового комплекта шаблонов необходимого для изготовления деталей, составляющих данный узел.

Какой из шаблонов соответствует данному определению?

- Продолжите перечисление групп технологических процессов, входящих в подкласс формообразования: разделение и удаление излишнего материала, холодное деформирование, горячее деформирование и ...

- Определение "...местный пластический изгиб вращающейся заготовки давилником, который вручную или механически перемещается в плоскости оси вращения оправки..." соответствует определению какого частного ТП холодного деформирования?

- Для какого класса КТК характерно использование как процессов разделения и удаления излишнего материала, так и процессов холодного деформирования?

- По какому классу КТК изготавливаются детали из неметаллов?

- Какому классу КТК соответствует ниже приведенная схема ТП: "... , раскрой, ... , термообработка, деформирование, размерное травление и т.д. "?

- Можно ли нервюру, получаемую из листовой заготовки, изготовить по второму классу КТК ?

- Какой детали соответствует данная схема технологического процесса (изготовления деталей из листов, профилированных плит, профилей и тонкостенных труб холодным деформированием):

- Для деталей из упрочняемых термообработкой материалов (30ХГСА),

- Полуфабрикат ,

- Раскрой полуфабриката на заготовки ,

- Доработка-правка ,

- Деформирование (формообразование) ,

- Термообработка-закалка ,

- Доработка-доводка формы и размеров ,

- Процессы образования покрытий ,

- Готовые детали.

- Все ли приведенные группы технологических процессов, входящих в подкласс формообразования, перечислены ниже :

- Литье, - Горячее деформирование .

- Относится ли упруго-пластический изгиб под действием внешних нагрузок листовой, профильной или трубчатой заготовки к процессу гибки ?
- Для какого способа базирования расчет погрешности производится по следующей формуле  $\Delta H = \Delta H_k + \Delta b_1 + \Delta b_2 + C_i$  ?
- Что можно проконтролировать данными способами:
  - а) комплексный (расчетно-механический);
  - б) автоматический;
  - в) оптико-механический ?
- Какой метод уравновешенности рекомендуется применять, когда происходит смещение центра тяжести, т.е. при неуравновешенности сил ?
- Методы сборки ЛА: по разметке, в сборочных приспособлениях по сборочным отверстиям. Какой метод здесь не указан?
- Какая из операций сборки клепкой здесь не указана:
  - образование отверстия;
  - доводка отверстия;
  - образование гнезда под головку заклепки;
  - вставка заклепки;
  - образование замыкающей головки;
  - снятие излишнего материала?
- Перечислите методы образования замыкающей головки заклепки?
- Перечислите основные способы изготовления сотового заполнителя из металла.
- Какой метод уравновешивания применятся, когда происходит смещение центра тяжести?
- Определить тип производства (мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное), если число операций - 660, количество рабочих мест - 80.
- Определите количество переналадок оборудования, если подготовительно-заключительное время - 300 штучное время на выполнения операций - 60 годовая программа выпуска - 50 (коэффициенты потери времени условно примем за единицу).
- Определите производственный цикл, если количество рабочих мест – 6, годовая программа - 50, календарный отрезок времени – 500.
- Определите комплексный показатель технологичности, если их частные показатели равны:  $K_1 = 0,7$ ;  $K_2 = 0,6$ ;  $K_3 = 0,8$ , и соответственно коэффициенты экономической весомости равны  $K_{1э} = 0,4$ ;  $K_{2э} = 0,3$ ;  $K_{3э} = 0,3$
- Определите коэффициент запаса точности, если  $\omega = 0,22$ ,  $\delta = 0,2$   $K_c(t) = 0,1$ ,  $K_p(t) = 0,7$
- Определите координату середины поля допуска, если допуск  $+0,3$   
 $-0,2$
- Определите разность весовых моментов переставляемых лопаток (противоположно лежащих) для устранения неуравновешенности, равной 6 Нм.

- Определите неточность квадранта (в градусах), если 1-й отсчет - +2 град., 2-й отсчет - -1 град.

- Какие документы относятся к базовой исходной информации для разработки технологического процесса [А], а какие к справочной [В]:

а. Конструкторская документация; б. Каталоги; в. Паспорта.

1. [А]- а,б; [В]- в;
2. [А]- б; [В]- а,в;
3. [А]- а; [В]- б,в;
4. Другому сочетанию.

- Ключевые слова "...преобразование плоской заготовки из листового материала в полуу деталь..." соответствуют определению:

1.Гибки; 2.Обтяжки; 3.Выдавливанию; 4.Здесь не указанному.

- Приведенный ниже план обработки:

а.Черновая обработка;	ж.Термообработка;
б.Чистовая обработка;	з.Доводка рабочих поверхностей;
в.Термообработка;	и.Промывка;
г.Окончательная обработка;	к.Пассивирование;
д.Контроль;	л.Окончательный контроль;
е.Промывка;	

- соответствует обработке какой детали:

1.Лопатка компрессора; 2.Диск; 3.Нет правильного ответа.

- Состав цехов и служб предприятия с указанием связи между ними - называется: 1.Производственным процессом; 2.Производственной структурой; 3.Технологическим процессом; 4.Нет правильного ответа.

- Какие частные технологические процессы можно отнести к процессу формования: 1.Выдавливание с утонением; 2.Гибка; 3.Дорнирование; 4.Правильный ответ отсутствует.

- Приведенный ниже план обработки:

наружная обработка хвостовика; получение внутренних каналов; доводка пера; промывка; нанесение покрытий; сборка с дефлектором; окончательный контроль, соответствует обработке какой детали?

1.Лопатка компрессора; 2.Рабочая лопатка турбины;  
3.Сопловая лопатка турбины; 4.Нет правильного ответа.

- Ключевые слова "...процесс при котором взаимное расположение собираемых деталей определяется положением имеющихся на них сборочных отверстий..." - можно отнести к определению сборки:

1.По координатно-фиксирующим отверстиям; 2.По разметке; 3.По СО;  
4.При сборке в приспособлении; 5.Нет правильного ответа.

- Динамическая неуравновешенность составляет 0.2 Н\*м. Угол между переставляемыми лопатками (лежащими симметрично перпендикулярно к неуравновешенности) составляет 60 градусов. Какие пары лопаток необходимо переставить, чтобы устранить неуравновешенность?

1. 2.86 и 2.76; 2. 2.86 и 2.66; 3. 2.86 и 2.46; 4. Нет правильного ответа.

## Рекомендуемая литература.

N П/п	Авторы	Наименование, издательство, год издания
1	2	3
		Основная литература:
1	Макин Ю.Н. и др.	Основы производства ЛА и АД. Конспект лекций.-М.: РИО МГТУГА, 1996.- 88с.
		Учебно-методическая литература:
2	Ерошкин А.Н.	Исследование точности технологического процесса. МУ.-М.: РИО МГТУГА, 1996.- 24с.
3	Ерошкин А.Н.	Проектирование ТП изготовления деталей с применением ЭВМ. МУ.- М.: РИО МИИ ГА, 1990-40с.
4	Ерошкин А.Н. и др.	Сборка и уравнивание роторов ГТД. МУ.- М.: РИО МИИ ГА, 1991.- 20с.
5	Ерошкин А.Н. и др.	Сборка авиационных конструкций. МУ.-М.:РИО МИИ ГА, 1991.- 24с.
6	Кручинский Г.А.	Регулировка и монтаж автомата перекоса вертолета. МР.- РИО МИИ ГА, 1986.- 40с.
7	Ерошкин А.Н.	Основы производства ЛА и АД. МР к практическим занятиям.-М.: РИО МГТУГА,1995.-64с.
8	Ерошкин А.Н.	Технологичность авиационных конструкций.МР. -М.: РИО МИИ ГА, 1994.- 16с.
9	Ерошкин А.Н.	Альбом иллюстраций по дисциплине "Основы производства ЛА и АД". - М.: РИО МГТУГА,1996.- 96с.
10	Кручинский Г.А.	Ремонт и регулировка хвостового винта вертолета. – М.: РИО МИИ ГА, 1986. – 32 с.
11	Ерошкин А.Н.	Пособие по ИД Основы производства и ремонта ЛА и АД.- М.: РИО МГТУГА, 2000 – 48 с.
12	Персонов М.З.	Ремонт и испытание рабочих топливных форсунок двигателей. М. РИО МИИ ГА. 1986.
		Дополнительная литература:
13	Абибов А.Л.и др.	Технология самолетостроения.- М.: Машиностроение, 1982.- 661с.
14	Сулима А.М. и др.	Основы технологии производства ВРД.- М.: Машиностроение, 1993.- 310с.
15	Никитин А.Н., Се- ребренников Г.З.	Технология сборки и автоматизация производства ВРД.- М.: Ма- шиностроение, 1992.- 368с.
16	Белянин Н.П	Производство широкофюзеляжных самолетов.- М.: Машиностроение, 1978.- 360с.

1	2	3
		Специальная литература:
17	Барвинок В.А. и др	Основы технологии производства летательных аппаратов. -М.: Машиностроение,1995.-400с.
18		Сборочные, монтажные и испытательные процессы в производстве летательных аппаратов.Под ред.В.А.Барвинка.- М.:Машиностроение,1996.-576с.
19		Современные технологические процессы сборки планера самолета. Под ред.Ю.Л.Иванова.-М.:Машиностроение,1999.-304с.
20		Современные технологии авиастроения. Под ред. А.Г.Братухина и Ю.Л.Иванова.-М.:Машиностроение,1999.-832с.
21	Сулима А.М. и др..	Основы технологии производства газотурбинных двигателей.- М.:Машиностроение, 1996.-480с.
22		Штамповка, сварка, пайка и термообработка титана и его сплавов в авиастроении/Коллектив авторов.-М.:Машиностроение,1997.-600с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ .....	4
Исследование точности технологических процессов изготовления деталей АТ .....	4
Проектирование технологического процесса изготовления деталей АТ ...	7
Исследование возможности замены лопаток ГТД в условиях эксплуатации .....	17
Сборка авиационных конструкций .....	22
Монтаж и регулировка автомата перекося .....	25
Регулировка хвостового винта вертолета .....	28
Сборка и испытание форсунок.....	32
Исследование технологичности авиационных конструкций .....	39
3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	44
Исследование возможности применения зависимых методов обеспечения точности и взаимозаменяемости при изготовлении АТ.....	44
Расчет размерных цепей .....	46
4. ТЕРМИНЫ, ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	50
5. ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ К АЛЬБОМУ ИЛЛЮСТРАЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛА И АД» .....	62
6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ .....	67
Литература.....	71