

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

*Белоглазов И.М., Щербатых В.В., Лысенко Ю.Д.*

# СБОРКА КЛЕПАНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Учебное пособие*

САМАРА 2004

**Белоглазов И.М., Щербатых В.В., Лысенко Ю.Д.** Сборка клепанных конструкций летательных аппаратов: Учеб. пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. – Самара, 2004, – 64 с.

**ISBN 5-7883-0331-1**

Учебное пособие написано в соответствии с учебным планом и программой курса “Технология производства летательных аппаратов”. Оно знакомит студента с объемом и содержанием курсового проекта по технологии клепально-сборочных процессов, требованиями, предъявляемыми к проекту, последовательностью разработки его разделов, глубиной проработки каждого из них, содержит необходимый справочный материал.

Пособие предназначено для студентов дневной и вечерней форм обучения, изучающих технологию производства летательных аппаратов и выполняющих курсовой проект.

Табл. 10, Ил. 12, Библиогр.: 13 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета

Под редакцией *В.А. Барвинка*

Рецензенты: В. Н. Антонюк, Н. Д. Проничев

**ISBN 5-7883-0331-1**

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет,  
2004

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Содержание курсового проекта.....</b>	<b>5</b>
1.1. Задание на курсовой проект.....	5
1.2. Организация работы над курсовым проектом.....	5
1.3. Состав проекта.....	6
<b>2. Конструктивно-технологический анализ объекта сборки...</b>	<b>7</b>
2.1. Описание конструкции объекта сборки.....	7
2.2. Разработка и описание схемы конструктивно-технологического членения объекта сборки.....	8
2.3. Анализ технологичности конструкции СЕ .....	8
<b>3. Разработка схемы сборки сборочной единицы и маршрутного технологического процесса сборки .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Анализ, обоснование и выбор методов базирования, применяемых в процессе сборки сборочной единицы .....</b>	<b>15</b>
<b>5. Разработка схемы обеспечения взаимозаменяемости.....</b>	<b>17</b>
<b>6. Разработка условий поставки деталей на сборку.....</b>	<b>22</b>
<b>7. Разработка ТЗ на проектирование сборочного приспособления .....</b>	<b>25</b>
<b>8. Разработка рабочего технологического процесса сборки...</b>	<b>27</b>
<b>9. Сравнение вариантов технологических процессов сборки..</b>	<b>29</b>
<b>10. Разработка циклового графика сборки.....</b>	<b>33</b>
<b>11. Проектирование сборочного приспособления.....</b>	<b>36</b>
11.1. Порядок проектирования СП.....	37
11.2. Расчет погрешности сборки и обоснование выбора основного метода базирования.....	39
11.3. Расчет каркаса СП на жесткость.....	49
11.4. Описание конструкции СП и техпроцесс его монтажа...	56
<b>12. Заключение к пояснительной записке.....</b>	<b>59</b>
<b>13. Оформление графической части проекта и расчетно-пояснительной записки. Защита проекта.....</b>	<b>60</b>
<b>Список использованных источников.....</b>	<b>62</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Курсовое проектирование является важным этапом в деле подготовки молодых специалистов. Целью курсового проектирования является формирование у студентов практических навыков анализа технологических проблем производства, выработки обоснованных решений, обеспечивающих эффективность процесса производства узлов и агрегатов летательных аппаратов. Используя знания, полученные при изучении теоретических разделов курса, ряда специальных и общинженерных дисциплин, студент в процессе курсового проектирования решает следующие задачи:

- конструктивно-технологического анализа объекта сборки;
- разработки вопросов обеспечения его взаимозаменяемости;
- обоснования и выбора метода базирования при проектировании приспособления для сборки и разработки технологии сборки;
- разработки вариантов технологических процессов сборки и их сравнения по экономической эффективности.

В процессе работы над курсовым проектом студент укрепляет полученные ранее навыки пользования нормативными материалами, специальной технической и справочной литературой, ЕСКД, ЕСТД.

Решение всего комплекса задач выполняется каждым студентом самостоятельно и применительно к заданному объекту должно соответствовать требованиям, изложенным в данном учебном пособии.

---

## **1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

### **1.1. Задание на курсовой проект**

Задание на курсовой проект выдается преподавателем-руководителем курсового проекта.

Оно должно соответствовать изучаемому разделу курса и формироваться, как правило, на основе материалов, собранных студентом на предприятии – базе производственной практики.

Наряду с общими правилами формирования задания, для студентов, ведущих научно-исследовательскую работу на кафедре, оно может быть сформировано с учетом решаемых ими научных задач.

Задание оформляется на бланке установленной формы. В нем указывается тема проекта, наименование и номер чертежа узла (агрегата), процесс сборки которого будет разрабатываться, годовая программа выпуска изделия, а также приспособление, которое должно быть спроектировано. В качестве приложения к заданию студенту может быть выдан чертеж объекта разработки или другие исходные материалы. Объектами разработки в проекте служат узлы и агрегаты летательных аппаратов.

### **1.2. Организация работы над курсовым проектом**

Работа над проектом должна быть организована так, чтобы студент с наименьшими затратами времени и в установленный срок в полном объеме выполнил полученное задание. Обеспечивается это в том числе систематическими консультациями, на которых руководитель помогает студенту находить правильные решения, подсказывает источники необходимой информации, но не ограничивает его инициативу и самостоятельность. Следует помнить, что работа над проектом строго по календарному плану гарантирует его своевременное качественное выполнение и успешную защиту. Существен-

ное значение для планомерной работы студента над проектом имеет систематический контроль руководителя за ходом выполнения разработок.

По его результатам руководитель проекта на консультациях определяет в соответствии с календарным планом объем выполненной работы и делает соответствующую отметку в журнале группы.

### 1.3. Состав проекта

Проект должен содержать следующие основные разделы:

- Описание объекта сборки – сборочной единицы (СЕ).
- Обоснование и разработка схемы его конструктивно-технологического членения.
  - Оценка технологичности объекта сборки.
  - Обоснование и разработка схемы сборки.
  - Анализ методов базирования деталей, применяемых в процессе сборки.
    - Разработка схемы поставки деталей на сборку.
    - Разработка схемы обеспечения взаимозаменяемости объекта сборки.
    - Расчет погрешности сборки и обоснование выбора основного метода базирования.
  - Разработка технического задания (ТЗ) на проектирование приспособления для сборки заданного объекта.
- Разработка расчетной схемы сборочного приспособления (СП).
  - Расчет на жесткость элементов каркаса СП.
  - Разработка конструктивных чертежей на приспособление для сборки заданного объекта.
  - Разработка комплекта технологической документации на сборку заданного объекта (маршрутного и операционного технологических процессов).
    - Экономический анализ и сравнение вариантов технологических процессов сборки (для студентов дневного отделения);
    - Заключение.
    - Список использованных источников.

---

## 2. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТА СБОРКИ

### 2.1 Описание конструкции объекта сборки

Описание объекта сборки направлено на подробный анализ изучаемой конструкции, должно составлять от 2 до 5 страниц текста и отвечать на следующие вопросы:

- назначение объекта сборки;
- связь с ответными частями конструкции летательного аппарата;
- габаритные размеры и форма поверхностей;
- требования к точности геометрии и разъемов;
- состав конструкции и возможные способы изготовления входящих в нее деталей;
- материалы, используемые для изготовления деталей;
- способы соединения деталей между собой;
- крепеж, используемый для соединения деталей в сборочную единицу (его количество, условное обозначение, материалы).

Тщательное изучение объекта производства позволит студенту выявить в конструкции такие ее части, которые на сборку объекта могут поставляться в предварительно собранном виде (в виде отдельных сборочных единиц), и определить те элементы конструкции, которые на сборку поставляются в виде отдельных деталей. Это поможет принятию обоснованного решения о степени расчленения конструкции, обеспечивающей максимальную производительность, экономическую эффективность и наилучшие условия сборки. Важное значение здесь имеет заданная в проекте программа выпуска изделий.

## 2.2. Разработка и описание схемы конструктивно-технологического членения объекта сборки

По результатам проработки конструкции выполняется схема конструктивно-технологического членения (1 лист формата А1) в одной из аксонометрических проекций.

Схема должна давать наглядное представление о составе конструкции, степени ее расчленения и взаимном расположении отдельных элементов (рис. 1). Она должна сопровождаться спецификацией, выполненной по ГОСТ 2.106-96.

Описание схемы конструктивно-технологического членения не должно повторять описание конструкции объекта сборки. В нем необходимо указать, на какие части расчленена анализируемая конструкция, чем обосновано принятое членение и какие преимущества оно обеспечивает. Объем этого раздела должен составлять от 0,5 до 2 страниц.

Подробное изучение конструкции объекта сборки и выполненная схема его конструктивно-технологического членения служат основой при анализе технологичности рассматриваемой конструкции.

## 2.3. Анализ технологичности конструкции СЕ

Технологичность конструкций летательных аппаратов оценивается по ряду количественных показателей, позволяющих сравнивать их как между собой, так и определять степень соответствия изделия условиям конкретного производства.

К их числу относят :

– коэффициент удельной трудоемкости изготовления сборочной единицы, определяемый выражением

$$K_{\text{уд.т}} = \frac{T_{\text{из}}}{G}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{из}}$  – трудоемкость изготовления (в н-ч);  $G$  – вес изделия (в кг).

Этот коэффициент является наиболее общим показателем, характеризующим совершенство конструкции сборочной единицы и технический уровень производства при сравнении двух и более анало-



гичных конструкций. Наряду с этим коэффициентом для конструкций летательных аппаратов важны такие показатели как:

– коэффициент преемственности, определяющий в конструкции долю деталей, заимствованных из ранее освоенных в производстве изделий:

$$K_{\text{пр}} = \frac{N_3}{N}, \quad (2)$$

где  $N_3$  – количество деталей (сборок), заимствованных из других изделий;  $N$  – количество деталей в сборочной единице;

– коэффициент повторяемости элементов конструкции, характеризующий долю однотипных деталей в ее составе:

$$K_{\text{пов}} = N_{\text{п}} / N, \quad (3)$$

где  $N_{\text{п}}$  – количество единообразных деталей;  $N$  – общее количество деталей;

– коэффициент панелирования:

$$K_{\text{пан}} = F_{\text{п}} / F, \quad (4)$$

где  $F_{\text{п}}$  – площадь панелей, выделенных в отдельные сборочные единицы;  $F$  – общая площадь анализируемой конструкции;

– коэффициент прессовой клепки, определяемый как

$$K_{\text{прес}} = N_{\text{прес}} / N, \quad (5)$$

определяющий в конструкции долю заклепок  $N_{\text{прес}}$ , расклепывание которых возможно с использованием клепальных прессов, по отношению к общему числу заклепок  $N$ .

К показателям, характеризующим технологичность конструкции, относят также коэффициенты использования в ней штампованных и литых деталей:

$$K_{\text{ш(л)}} = \frac{N_{\text{ш(л)}}}{N}. \quad (6)$$

Анализ коэффициентов, посредством которых оценивается технологичность, показывает, что с их увеличением, т. е. ростом техно-

логичности, снижается трудоемкость процесса изготовления изделий.

Наряду с количественной оценкой технологичности конструкции в основе рекомендаций по ее повышению могут использоваться и качественные характеристики. Для клепаных конструкций это:

- унификация конструктивных параметров (шагов заклепок, длин, типов) – чем их меньше, тем выше технологичность, поскольку унификация по этим параметрам облегчает механизацию сверлильно-клепальных работ и позволяет сократить количество технологической оснастки;

- расположение элементов конструкции сборочной единицы с шагом, кратным шагу заклепок, что позволяет широко использовать унифицированное клепальное оборудование;

- использование в конструкции СЕ деталей с открытыми профилями, что позволяет механизировать процесс выполнения соединений;

- использование в конструкции взаимозаменяемых деталей, что снижает трудоемкость в процессе сборки за счет устранения подготовочных работ.

По результатам проведенного анализа в проекте должен быть сделан вывод о технологичности объекта проработки по вышеназванным показателям и даны предложения по совершенствованию конструкции узла и входящих в него деталей, степени его членения и выбору входящих в сборочную единицу сборок более низкого порядка (подсборок). Это позволит в дальнейшем при разработке схем сборки (вариантов технологических процессов) учесть выявленные недостатки и оценить экономическую эффективность принимаемых технических решений.

---

### 3. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ СБОРКИ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ И МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

Разрабатываемая схема сборки должна быть подчинена основному правилу: подавать на общую сборку сборочные единицы (СЕ) с меньшим количеством элементарных деталей (Д) и больше максимально укомплектованных входящих в собираемое изделие сборочных единиц. Это правило позволяет упростить конструкцию приспособления для сборки и способствует сокращению сборочного цикла за счет расширения фронта работ, снижения трудоемкости обслуживания приспособления, возможности параллельного выполнения технологических операций, широкого использования современного, в том числе стационарного, технологического оборудования. Принципиально схемы сборки показывают последовательность соединения деталей в сборочные единицы (рис. 2). В них отражаются основные этапы сборки с указанием используемого в процессе стационарного технологического оборудования и оснащения. Это позволит в дальнейшем, при проработке вопросов организации производственного процесса, определить потребность в необходимой площади производственных помещений и решить ряд других задач технико-экономического анализа и подготовки производства.

В проекте схема сборки выполняется на листе формата А2÷А4 с соблюдением требований ГОСТ к оформлению блок-схем и сопровождается описанием в соответствующем разделе пояснительной записки.

В описании должна быть обоснована принятая схема сборки, показаны ее преимущества, изложена последовательность сборки узла по данной схеме, отражена степень готовности сборок младшего порядка, поступающих в сборочное приспособление, обосновано использование технологического оборудования и приведены его технические характеристики. Принятая схема сборки служит основанием для разработки *маршрутного технологического процесса* и анализа способов базирования деталей в процессе сборки.



Маршрутный технологический процесс сборки разрабатывается на основе принятой схемы сборки и отражает перечень технологических операций, выполняемых непрерывно на одном рабочем месте над определенным изделием. Наряду с перечнем технологических операций в нем указывается их содержание, используемое оборудование, инструмент, количество и квалификация исполнителей, трудоемкость.

Применительно к сборке объекта (рис. 1) по схеме (рис. 2) можно определить следующий перечень технологических операций:

005 Комплектовочная	}	Сборка правого узла навески стабилизатора
010 Сборочная		Сборка левого узла навески стабилизатора
015 Комплектовочная	}	Сборка верхней стенки нервюры
020 Сборочная		Сборка нижней стенки нервюры
025 Подготовительная	}	Сборка в стапеле торцевой нервюры кия
030 Комплектовочная		
035 Сборочная		
040 Контрольная		
045 Сверлильная		Сверление отверстий под болты и заклепки на радиально-сверлильном станке
050 Клепальная		Клепка СЕ на клепальном прессе
055 Доработочная		Устранение дефектов пресовой клепки и доработка СЕ
060 Контрольная		Контроль качества сборки торцевой нервюры кия.

Маршрутный технологический процесс оформляется на специальных бланках ф.13 по ГОСТ 3.1105-86 и входит в комплект технологических документов.

#### 4. АНАЛИЗ, ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР МЕТОДОВ БАЗИРОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ СБОРКИ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ

В процессах сборки узлов и агрегатов для ориентации и фиксации в пространстве соединяемых деталей используются различные методы базирования. Они отличаются как по используемым базам (поверхность приспособления или детали, линия разметки, ось отверстия) так и по обеспечиваемой точности установки деталей.

Выбор в курсовом проекте того или иного метода базирования осуществляется исходя из точности сборки заданной техническими требованиями на изделие и указанной в описании конструкции. Он ведется сравнением достижимой точности сборки с заданной, приведенной в табл. 1 [4], и оформляется в виде схемы базирования (рис. 3).

$$\text{Погрешность на одну сторону обвода } \delta_{\text{обв}} = \frac{1}{2} \Delta H_x.$$

Таблица 1

Сравнительная точность сборки при различных методах базирования

Методы базирования	$\Delta H_x$	$\delta_{\text{обв}}$
По наружной поверхности обшивки	$\pm 0,7$	$\pm 0,35$
По поверхности каркаса	$\pm 1$	$\pm 0,5$
По внутренней поверхности обшивки	$\pm 1,6$	$\pm 0,8$
По координатно-фиксирующим отверстиям	$\pm 2,2$	$\pm 1,1$
По сборочным отверстиям	$\pm 2,4$	$\pm 1,2$

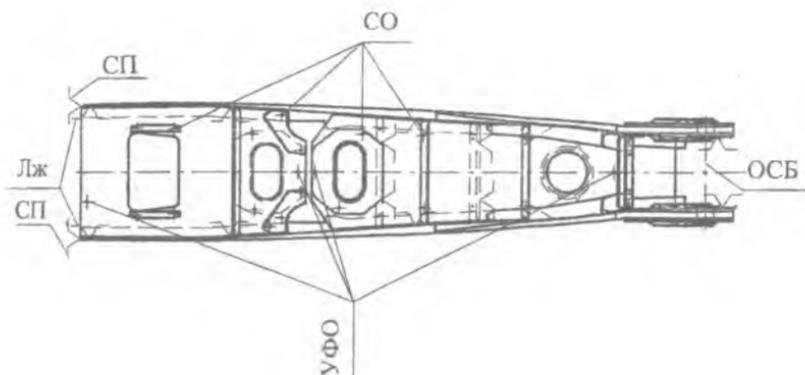


Рис. 3. Схема базирования элементов конструкции СЕ

В случае применения при сборке нескольких баз *основным* методом базирования считают тот, при котором формируется наружный обвод узла, отсека или агрегата. Для него в проекте выполняется расчет погрешности сборки. В обосновании назначенных методов базирования необходимо указать (для типовых деталей конструкции и деталей, формирующих наружный обвод) их достоинства и недостатки.

---

## 5. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Для летательных аппаратов, в конструкциях которых используются крупногабаритные детали малой жесткости, обеспечение взаимозаменяемости методами независимого (с использованием системы допусков и посадок) выполнения размеров, как правило, экономически нецелесообразно, поскольку достижение допустимых предельных отклонений требует существенного повышения качества на размер. В связи с этим в производстве летательных аппаратов широкое применение нашел метод зависимого (связанного) выполнения размеров, основанный на взаимной увязке контуров и площадей сопрягаемых деталей. Такая увязка может быть осуществлена графическими методами (вычерчиванием на плоском плазе контуров деталей либо объемных эталонов поверхности) – плазовая увязка или расчетом контура деталей с использованием ЭВМ (электронных вычислительных машин) – расчетная увязка.

В современной практике эти задачи часто решаются с использованием сочетания этих методов, а также широким привлечением современных графических систем твердотельного и параметрического моделирования.

Информация, полученная в результате такой увязки, преобразуется в управляющие программы для СЧПУ (станков с числовым программным управлением) и используется либо непосредственно для изготовления деталей летательного аппарата, либо для изготовления шаблонов и технологической оснастки, необходимой как для их изготовления, так и для сборки узлов и агрегатов. Очевидно, что перенос информации от первоисточника к изделию сопряжен с вне-

сением в нее погрешностей, количество которых зависит от числа этапов переноса, а величина – от вида погрешностей и закона их распределения на каждом этапе. Определить минимально необходимое количество этапов переноса информации от первоисточника к СЕ и на основе анализа внесенных по этапам погрешностей рассчитать погрешность сборки позволяет схема обеспечения взаимозаменяемости. При ее разработке следует руководствоваться рекомендациями, приведенными в работах [2, 8].

В проекте схема выполняется на листе формата А2 (рис. 4).

В схеме необходимо отразить методы увязки и переноса информации о геометрии деталей, при этом особое внимание следует уделить деталям, выходящим на теоретический контур или влияющим на его точность. Под увязкой двух реальных объектов (А – приспособление и В – деталь) понимают степень согласования их действительных геометрических параметров [2].

Точность увязки этих параметров характеризуется величиной погрешности увязки

$$C = (\delta_A - \delta_B), \quad (7)$$

где  $\delta_A$  – погрешность изготовления параметра – контура объекта А;  $\delta_B$  – погрешность изготовления параметра – контура объекта В; для контура сборочной единицы погрешность – это  $C_{\text{кон(пр-дет)}}$ .

Точность изготовления параметра, характеризуемая величиной погрешности  $\delta_A$  и  $\delta_B$ , и точность увязки  $C_{(A-B)}$  по-разному влияют на взаимозаменяемость изделия. К увязке предъявляются более высокие требования [2].

Схема обеспечения взаимозаменяемости определяет последовательность увязки и переноса погрешностей на каждом из этапов и дает возможность получить *структурную* схему увязки. Для рассматриваемого объекта зависимость от использованных средств переноса информации может иметь вид, приведенный на рис. 5.



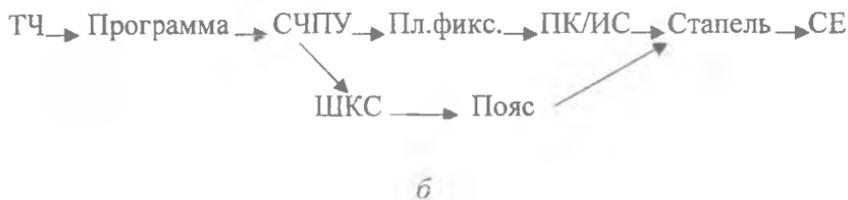
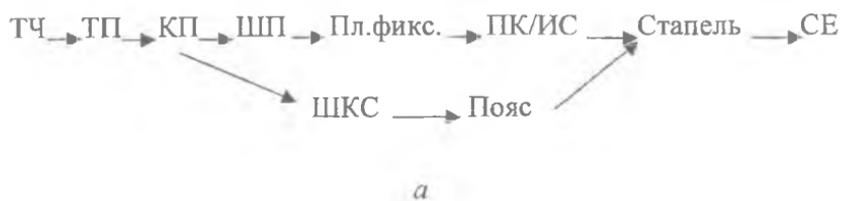


Рис. 5. Структурная схема взаимной увязки пояса нервиуры (СЕ) и сборочного приспособления (СП): *a* – при макетно-инструментальном методе увязки; *б* – при расчетно-плазовом методе увязки

Такая схема показывает количество связанных и несвязанных этапов в увязке двух объектов, определяющих погрешность сборочной единицы (СЕ) – контура ее деталей и фиксаторов сборочного приспособления. Качественную оценку принятых схем увязки выполняют, пользуясь коэффициентом связи, который, при условии, что все этапы переноса размеров равноценны, равен:

$$K = \frac{l}{N_A + N_B}, \quad (8)$$

где  $N_A = l + m$ ,  $N_B = l + n$ ;  $m$  и  $n$  – количество несвязанных этапов для каждого объекта;  $l$  – количество связанных этапов переноса форм и размеров.

Коэффициентом связи можно пользоваться и тогда, когда известна только последовательность и количество этапов, но неизвестны их точностные характеристики. Чем выше его значение, тем бо-

лее точную увязку обеспечивает принятая схема. Анализ формулы показывает, что для повышения качества увязки необходимо сокращать число несвязанных этапов переноса информации. Для количественной оценки, а также в тех случаях, когда влияние погрешностей на анализируемых этапах не одинаково, используют два других метода:

1) метод максимума-минимума – в условиях полной взаимозаменяемости;

2) теоретико-вероятностный метод – в условиях неполной взаимозаменяемости.

Теоретико-вероятностный метод расчета погрешностей учитывает рассеивание погрешностей действительных размеров при изготовлении деталей и сборке, а потому является более точным и рекомендуется для использования в курсовом проекте.

---

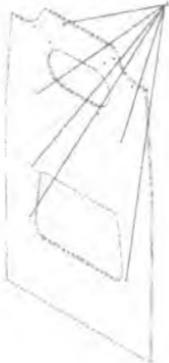
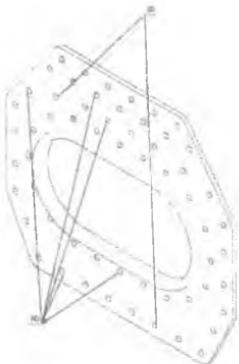
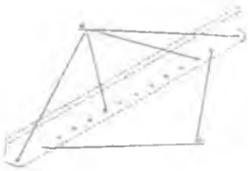
## 6. РАЗРАБОТКА УСЛОВИЙ ПОСТАВКИ ДЕТАЛЕЙ НА СБОРКУ

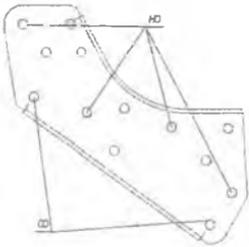
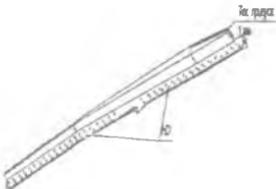
Схема сборки, маршрутный технологический процесс определяют основные этапы сборки (СЕ) узла или агрегата планера. До разработки рабочего технологического процесса они позволяют, с учетом используемых методов базирования и конструкции СП, определить тот комплекс требований к деталям, который обеспечит их собираемость по данной схеме с заданными показателями качества (точностью сборки) и трудоемкости.

В проекте студент разрабатывает карту поставки для 4...5 деталей – типовых представителей, входящих в состав конструкции СЕ, и оформляет в виде табл.2.

После разработки условий на поставку деталей, входящих в СЕ, необходимо привести обоснование принятых технических решений, т. е. указать причины, по которым установлен диаметр отверстий и их количество, отличающиеся от чертежа, чем вызвано назначение технологического припуска и его величины и т.п. Пояснения приводятся текстом в разделе пояснительной записки применительно к каждой из приведенных в схеме деталей.

## Карта поставки деталей на сборку

№ п/п	Эскиз детали	Наименование	№ чертежа	Условия поставки
1		Стенка	103 ПК03.3108.00.003 803СХ	Поставлять по чертежу с СО и УФО согласно эскизу
2		Окантовка	103 ПК03.3108.00.013 803СХ	Поставлять по чертежу с СО и НО согласно эскизу
3		Профиль	103ПК03.3108.00.011.803Х	Поставлять по чертежу с СО и НО согласно эскизу

4		Косынка	103ПК03.3108.00.010СХ	Поставлять по чертежу с СО и НО согласно эскизу
5		Пояс	103 ПК03.31080.00.001 803СХ	Поставлять по чертежу с НО и тех. припуском согласно эскизу

---

## 7. РАЗРАБОТКА ТЗ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Техническое задание на проектирование должно содержать комплекс требований к сборочному приспособлению, выполнение которых обеспечит применительно к конкретному изделию, наиболее полное соответствие его назначению.

Таким образом, конструкция сборочного приспособления должна соответствовать конструкции собираемого изделия (СЕ) и обеспечивать:

- точность сборки и взаимозаменяемость в пределах требований чертежа на изделие (СЕ);
- совмещение конструктивных и технологических баз;
- заданное положение собираемого изделия в процессе сборки и выемки изделия из СП;
- достаточную жесткость каркаса СП;
- порядок закладки узлов деталей в СП в соответствии с принятой схемой сборки;
- возможность использования средств увязки, необходимых для монтажа СП (шаблонов, эталонов, калибров разъемов и т.п.);
- механизацию процесса сборки и обслуживания СП;
- максимальное использование нормализованных деталей и узлов;
- использование ограниченного сортамента материалов;
- безопасную эксплуатацию СП;
- окраску в соответствии с действующими нормативами.

Исходя из общих требований к СП, изложенных в ТЗ, необходимыми при проектировании исходными документами являются:

- рабочие чертежи собираемого изделия, технические условия (ТУ) и производственные инструкции (ПИ) на его изготовление;
- схемы конструктивно-технологического членения и сборки изделия;
- ТЗ на проектирование СП
- каталог типовых конструктивных схем СП;
- каталоги стандартных и нормализованных узлов и деталей СП.

## 8. РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

Разработка технологического процесса сборки СЕ выполняется в курсовом проекте под указанную в задании годовую программу выпуска изделий N. Он формируется на основе ранее разработанной схемы сборки и маршрутного технологического процесса с учетом принятых методов базирования, конструктивных особенностей спроектированного СП и условий поставки деталей на сборку. Разработанный технологический процесс должен обеспечивать  $C_{\min}$  – минимальную технологическую себестоимость выпускаемых изделий (СЕ). Для того, чтобы решить эту задачу, разрабатывается несколько вариантов рабочего технологического процесса (в курсовом проекте два) и по результатам их сравнения выбирается тот, который удовлетворяет критерию  $C_{\min}$  при заданной N. Сравнимые в курсовом проекте варианты представляют собой базовый – изученный студентом на производстве в период практики и разработанный в ходе курсового проектирования.

Для этого маршрутные технологические процессы в каждом из вариантов представляются в виде табл. 3, в которой указано содержание работ по операциям ТП – технологического процесса с указанием трудоемкости T и разряда работ R.

Для одной из операций разработанного технологического процесса заполняется операционная технологическая карта (ГОСТ 3-1407-86, ф. 2).

Выполненное при ее заполнении нормирование ТП и полученная трудоемкость должны быть внесены в соответствующую строку таблицы.

Сравниваемые варианты технологических процессов

Базовый				Разработанный			
№ операции	Наименование (содержание)	T	R	№ операции	Наименование (содержание)	T	R

Сравнение вариантов технологических процессов выполняется в соответствии с методикой, изложенной в [6].

## 9. СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ

Для выбора оптимального технологического процесса проводится экономическое сравнение возможных его вариантов, Сравнение ведется по технологической себестоимости, т.е. ее изменяющимся статьям. При практических расчетах обычно ограничиваются включением в технологическую себестоимость только:

расходов на заработную плату производственным рабочим  $Z_{\text{пр}}$ ;  
расходов на эксплуатацию оборудования и его амортизацию  $O$ ;  
расходов на эксплуатацию приспособления  $\Pi$  и инструмента  $I$ .

В простейшем случае технологическая себестоимость может быть выражена следующей формулой:

$$C_{\text{т}} = Z_{\text{пр}} + O + \Pi + I. \quad (9)$$

Все расходы, определяющие технологическую себестоимость, могут быть разделены на две группы:

Текущие – относящиеся к одному изделию и возрастающие с увеличением программы выпуска. Сюда относят затраты на заработную плату основным рабочим  $Z_{\text{пр}}$  и единовременные – связанные с постановкой изделия на производство, т.е. затраты на универсальное оборудование и инструмент, которые могут быть отнесены ко всей программе выпуска изделий.

Ко второй группе относят расходы на специальную оснастку (оборудование, приспособления и инструмент).

Обозначив расходы первой группы через  $A$ , а второй через  $B$  и годовую программу через  $N$  выразим технологическую себестоимость одного изделия:

$$C = A + \frac{B}{N}, \quad (10)$$

а технологическая себестоимость или суммарные расходы на годовую программу выпуска изделий

$$C_{\text{т.год}} = AN + B. \quad (11)$$

Порядок расчетов при сравнении вариантов по технологической себестоимости следующий:

1. Рассчитываются затраты по каждой составляющей технологической себестоимости для сравниваемых вариантов.

– Определяются текущие затраты на одно изделие по каждому варианту технологического процесса:

$$A = Z_{\text{пр}} + O_y + P_y + I_y, \quad (12)$$

где  $O_y; P_y; I_y$  – затраты на универсальное оборудование, приспособление и инструмент. К такому оборудованию относят то, что используется не только для данной СЕ, например: клепальный пресс, верстак, дрель. Очевидно, что в состав себестоимости СЕ входят не затраты на приобретение этого вида оборудования, а только амортизационные отчисления за время его эксплуатации.

Расходы на заработную плату производственных рабочих состоят из заработка по тарифной сетке и начисления по соцстраху. Они могут быть определены по формуле

$$Z_{\text{пр}} = C_p + T_{\text{шт.к}} \cdot \eta, \quad (13)$$

где  $C_p$  – тарифная ставка,  $T_{\text{шт.к}}$  – штучно-калькуляционное время берется из технологического процесса выполнения данной операции;  $\eta$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату и начисления в фонд соцстраха.

Тарифная ставка  $C_p$  определяется по действующим тарифным сеткам в соответствии с разрядом работы, штучно-калькуляционное время определяется нормированием времени выполнения операций

по разработанному технологическому процессу. Коэффициент  $\eta$ , учитывающий дополнительную заработную плату (оплата отпусков, начисления по соцстраху и пр.), принимают равным от 1,13 до 1,18.

Определяются единовременные затраты для каждого варианта:

$$\frac{B}{N} = O_c + P_c + I_c, \quad (14)$$

где  $O_c; P_c; I_c$  – затраты на спецоборудование, приспособления и инструменты.

Стоимость оборудования  $C_{об}$  определяется по каталогам оборудования.

Сверлильно-клепальное оборудование является оборудованием, на котором изготавливается целая группа сборочных узлов, поэтому при определении расходов по эксплуатации оборудования и его амортизации, связанных с изготовлением данного узла СЕ, необходимо общие годовые расходы умножить на коэффициент  $K_3$ , характеризующий долю фонда годового времени. Работа оборудования для изготовления данного узла определяется по формуле:

$$O_y = K_0 K_3, \quad (15)$$

где

$$K_3 = \frac{T_{шт.к} N}{\Phi_0 K}, \quad (16)$$

где  $\Phi_0$  – годовой фонд времени работы оборудования;  $K$  – коэффициент загрузки оборудования, для мелкосерийного производства он равен 0,7.

2. Определяется технологическая себестоимость одного изделия для каждого варианта.

3. По результатам расчета строится график  $C_T = f(N)$  (рис. 6).

4. Построив график  $C_T = f(N)$  определяют оптимальный вариант технологического процесса для данного масштаба производства.

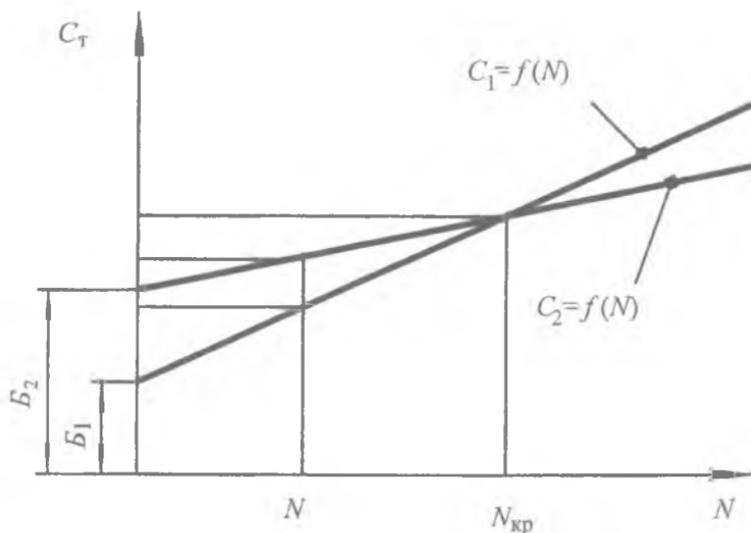


Рис. 6. Сравнение вариантов технологических процессов по себестоимости

В рассматриваемом примере для годовой программы выпуска изделий, равной  $N$ , первый вариант более эффективен по технологической себестоимости. Если заданная программа окажется выше  $N_{кр}$ , более эффективным будет второй вариант технологического процесса.

## 10. РАЗРАБОТКА ЦИКЛОВОГО ГРАФИКА СБОРКИ

Цикловой график сборки служит исходным документом, позволяющим организовать производственный процесс с учетом программы выпуска изделий, определить необходимое для этого количество технологического оборудования и сборочных приспособлений, численность производственных рабочих.

Он разрабатывается, основываясь на технологическом процессе сборки заданной СЕ, когда известна трудоемкость каждой из технологических операций и количество одновременно работающих над ее выполнением. В этом случае цикловое время выполнения этой операции определяется по формуле:

$$Ц_0 = \frac{T_0}{n \cdot K}, \quad (17)$$

где  $T_0$  – трудоемкость технологической операции (берется из технологического процесса);  $n$  – количество исполнителей (берется из технологического процесса);  $K$  – коэффициент переработки норм (рекомендуется в пределах от 1.05 до 1.15)

Для последовательного цикла сборки изделия (СЕ) цикловое время равно:

$$Ц = \sum_{i=1}^n T_{oi} \quad (18)$$

В цикловом графике сборки приводится краткий перечень выполняемых операций (заданий), указывается их трудоемкость, а также количество одновременно работающих на выполнении каждой операции (задании).

Таблица 4

## Цикловой график сборки торцевой нервюры кила

№ задания	№ операции	Наименование операции (краткое содержание)	Трудоемкость, чел-ч	Количество рабочих	Цикловое время, ч	I смена									
						1	2	3	4	5	6	7	8		
1	005	Комплектовочная Подготовить детали для сборки узлов навески стабилизатора	0,466	2	0,233	■									
	010	Сборочная Собрать узлы навески стабилизатора на Т.Б.	1,2	2	0,6	■									
	015	Комплектовочная Подобрать детали для сборки стенок торцевой нервюры кила	0,5	2	0,25		■								
	020	Сборочная Собрать стенки п. 1, 2 на Т.Б.	1,4	2	0,7		■								
	025	Подготовительная Подготовить стاپель сборки Т.Н. кила (проверить комплектность и функционирование)	0,166	2	0,083			■							
2	030	Комплектовочная Подготовить узлы и детали поз. для сборки в стاپеле	0,2	2	0,1			■							
	035	Сборочная Установить узлы и детали Т.Н. в стاپеле на фиксаторы и Т.Б.	0,8	2	0,4			■							
	040	Контрольная Проверить правильность сборки Т.Н. кила в стاپеле на соответствие чертежу.	0,25	2	0,125				■						
3	045	Сверлильная Просверлить и разделить отверстия под болты и заклепки. Установить болты.	2,3	2	1,15				■						
4	050	Клепальная Вставить заклепки и проклепать на прессе	0,42	2	0,21				■						
5	055	Доработочная Устранить дефекты прессовой клепки	0,15	2	0,075				■						
	060	Контрольная Проверить качество сборки торцевой нервюры кила								■					
			$T_{\Sigma} =$ 7.852		$\Sigma =$ 3.926										

$\Sigma = 4 \text{ ч}$

При разработке циклового графика следует особое внимание обратить на правильную компоновку сменных заданий. Операции желательно компоновать так, чтобы цикловое время их выполнения было кратно одной смене. Если этого сделать не удастся, необходимо использовать известные методы синхронизации технологических процессов (укрупнение или разделение технологических операций, изменение числа исполнителей и коэффициента  $K$ ). Определив сменные задания, количество одновременно работающих на каждом задании (на графике отмечается соответствующим количеством параллельных линий) и цикловое время их выполнения, строят графики работ по сменам (табл. 4).

В рассматриваемом примере количество одновременно работающих на каждой операции два человека (обеспечивающих взаимопомощь при выполнении работ, а установленный коэффициент переработки норм  $K = 1$ ). Полученное при этом цикловое время  $C = 3,926$  часа. Принято  $C = 4$ , что свидетельствует о возможности сборки двух изделий в смену при принятых условиях производства.

Цикловой график характеризует длительность процесса сборки узла или агрегата и является важным документом для планирования всех работ в цехе, а также исходным документом при разработке графиков поточной сборки в крупносерийном производстве.

## 11. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Сборочное приспособление – устройство, предназначенное для обеспечения заданной точности и взаимозаменяемости собираемого изделия, высокой производительности и удобства выполнения сборочных работ. Выполнение требований, определяемых назначением сборочного приспособления, достигается за счет использования в его конструкции следующих групп конструктивных элементов: базово-фиксирующих – БФЭ, несущих – НЭ, установочных – УЭ, зажимных (стопорных) – ЗЭ, вспомогательных – ВЭ.

Базово-фиксирующие элементы (БФЭ) сборочных приспособлений непосредственно соприкасаются с базами: отверстиями (фиксатор оси), плоскостями (плита разъема) и аэродинамическими или эквидистантными обводами (рубильник, ложемент) собираемых в приспособлении элементов: узла, панели, секции и т.д.

Они определяют их взаимное расположение относительно конструктивных осей изделия. Изготовление базовых элементов, их увязка с точками навески, разделка или координация последних требуют повышенной точности, так как определяют параметры изготовления изделия в целом.

Несущие элементы (НЭ) образуют каркас сборочного приспособления. От степени жесткости каркаса зависит точность и постоянство положения в нем всех узлов как приспособления, так и изделия. Элементы каркаса приспособления не имеют непосредственного контакта с элементами конструкции собираемых изделий, что делает их более независимыми от сборочных единиц по размерам, геометрическим формам, точности изготовления и создает основу для их унификации и стандартизации.

Установочные элементы (УЭ), являясь связующим звеном между фиксирующими и несущими элементами, служат базами для установки фиксаторов контура, плоскости или точки. Поэтому разделка посадочных мест для установки базовых элементов производится, как правило, по восьмому качеству точности, а монтаж установочных элементов производится с применением специальных средств (инструментальный стенд (ИС), оптическая или лазерная система), обеспечивающих высокую точность.

Зажимные элементы (ЗЭ) служат для поджатия элементов сборочной единицы к базовым элементам приспособлений и друг к другу.

Вспомогательные элементы (ВЭ) сборочных приспособлений предназначены для создания безопасных условий работы в стапеле и повышения производительности труда.

К ним относятся средства:

механизации клепально-сборочных работ, подъема и передвижения элементов приспособления, обслуживания рабочих мест – рабочие площадки, помосты, лестницы, стремянки, стеллажи;

контроля правильности выполнения обводов и разъемов.

Системы энергоснабжения: электрические, пневматические, гидравлические.

Использование перечисленных элементов структуры сборочного приспособления и выполнение рабочих чертежей СП ведется на основе *технического задания* на проектирование (ТЗ).

### 11.1. Порядок проектирования СП

Проектирование сборочных приспособлений ведется, как правило, в три этапа:

1. Разработка эскизного проекта и расчетной схемы СП.
2. Выполнение общих видов рабочих чертежей.
3. Детализация рабочих чертежей.

В курсовом проекте сборочное приспособление разрабатывается в объеме рабочих чертежей общего вида (2 листа формата А1) и ведется в следующем порядке:

– в соответствии с принятой схемой базирования (рис. 3) определяется положение в пространстве основных конструктивных осей собираемого изделия (СЕ). Таким образом определяется положение изделия в процессе сборки (оно должно соответствовать требованиям ТЗ);

– относительно принятого положения – основных конструктивных осей изделия штрихпунктирной линией наносится его контур и контуры базируемых в приспособлении узлов и деталей;

– выполняется расчет погрешности сборки и по его результатам определяется вид базовых поверхностей – тип фиксатора (ложемент, рубильник и т.п.), количество и шаг размещения прижимов (если для данного метода базирования они необходимы);

– на основе полученных результатов выполняют компоновку общего вида рабочего чертежа СП, определяя габариты фиксаторов, материалы для их изготовления и массу каждого из них. Аналогичным образом размещают все фиксаторы, предусмотренные схемой базирования, определяя массу для съемных частей СП;

– полученная компоновка используется в качестве расчетной схемы СП, в которой масса СЕ представляется в виде распределенной нагрузки;

– по полученной расчетной схеме (компоновке общего вида СП) выбирается наиболее близкая из типовых расчетных схем (рис.5, рис. 8), на основе которой определяется необходимая жесткость сечения, тип и сортамент профиля, используемого для проектируемого каркаса СП;

– спроектировав каркас СП, на нем размещают установочные элементы (УЭ), обеспечивающие связь всех БФЭ с каркасом приспособления, выбирая их тип и размеры по каталогам и нормальям;

– по каталогам и нормальям подбирается тип опорных элементов каркаса и они вносятся в общую компоновку СП;

– полученный общий вид рабочего чертежа СП дополняется необходимыми сечениями и выносными элементами, раскрывающими конструкцию СП, взаимодействие ее частей, базирование и удержание в заданном положении узлов и деталей собираемого изделия.

Рабочий чертеж СП оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и стандарта предприятия.

## 11.2. Расчет погрешности сборки и обоснование выбора основного метода базирования

Требования к точности аэродинамических обводов агрегатов летательных аппаратов определяются условиями их эксплуатации. Они назначаются конструктором таким образом, чтобы летательный аппарат соответствовал предъявляемым к нему тактико-техническим требованиям. В производстве эти требования могут быть выполнены в пределах допустимых отклонений, которые определяются нормативно-технической документацией на изделие. Это могут быть технические условия на изделие (ТУ), производственные инструкции (ПИ) или технические требования чертежа.

С ними студент знакомится на предприятии – базе практики при изучении процессов узловой и агрегатной сборки и при изучении рабочих чертежей объекта сборки, выданных ему в качестве задания на курсовой проект. В тех случаях, когда такая информация для конкретного изделия недоступна, в качестве технических требований к агрегату следует воспользоваться статистическими данными, приведенными в табл.5.

Таблица 5

Допустимые отклонения контура сборочной единицы от теоретического

Агрегаты	Части агрегатов	Отклонения от теоретического контура $\delta_{\text{ТУ}}$ (мм)
Фюзеляж	Носовая часть	$\pm 2,0$
	Средняя и хвостовая части	$\pm 3,0$
Крыло	Передняя часть 30...40% хорды	$\pm 1,0$
Стабилизатор	То же	$\pm 1,0$
Киль	Центральная и хвостовая части	$\pm 2,0$
Мотогондолы	Передняя часть 20% хорды	$\pm 1,0$
	Задняя часть	$\pm 2,0$
Блоков (отсеков) ЛА	Для всех зон	$\pm 2,5$

Рассчитать погрешность сборки агрегатов летательных аппаратов в производстве по заданным допускам на отдельные этапы переноса размеров, т.е. решить прямую задачу согласования размеров между собой и выбрать способ сборки (базирования), удовлетворяющий требованиям по точности обводов, можно методами теории размерных цепей. Определить возможность применения того или иного метода сборки можно, сравнивая погрешность сборки с допуском на агрегат, узел. В нормативно-технической документации допуски на контур  $\delta_{\text{ТУ}}$  предусмотрены только для агрегатов. Для узлов, определяющих контур агрегата, он рассчитывается из выражения  $\delta_{\text{уз}} = \delta_{\text{ТУ}} - C_{\text{пр(агр-уз)}}$ . В связи с тем, что в курсовом проекте заданием (объектом проработки) являются узлы и агрегаты, для сборки которых необходимо сборочное приспособление, расчет погрешностей сборки агрегатов и узлов будет рассмотрен применительно к такой сборке.

Погрешность сборки  $\delta_{\text{сб}} = \delta_{\text{пр}} + \delta_{\text{баз}} + \delta_{\text{проч}}$  определяется погрешностью носителя размеров – приспособления  $\delta_{\text{пр}}$ , погрешностью базирования  $\delta_{\text{баз}} = C_{\text{кон(пр-дет)}}$ , т.е. погрешностью взаимной увязки базируемой детали и приспособления, прочими погрешностями  $\delta_{\text{проч}} = \delta_{\text{кл}} + \delta_f + \delta_t$ , такими как погрешность от поводок и смещений, вызванных, например, образованием заклепочных соединений –  $\delta_{\text{кл}}$ , прогибами приспособления в процессе сборки  $\delta_f$  и другими, не зависящими от метода сборки причинами, например изменением температуры  $\delta_t$ . Статистический учет погрешностей  $\delta_{\text{проч}}$  показывает, что они составляют около 40 % от погрешности сборки –  $\delta_{\text{проч}} = 0,4\delta_{\text{сб}}$ , а наличие прижимов в сборочном приспособлении позволяет значительно снизить погрешность взаимной увязки контуров приспособления и базируемой детали  $\delta_{\text{баз}} = C_{\text{кон(пр-дет)}} \times K_{\text{приж}}$ . Тогда погрешность сборки с базированием по *внешней поверхности* (обшивки) можно определить как:

$$0,6\delta_{\text{сб}} = \delta_{\text{пр}} + C_{\text{кон(пр-дет)}} \times K_{\text{приж}}. \quad (19)$$

Для сборки с базированием обшивки на *технологический каркас* (внутреннюю поверхность) в расчетную формулу добавляется по-

грешность толщины базируемой обшивки  $\delta_S = 0.1$  (мм), определяющей контур СЕ. В этом случае формула имеет вид:

$$0,6\delta_{сб} = \delta_{пр} + C_{кон(пр-дет)} \times K_{приж} + \delta_S, \quad (19)$$

где  $K_{приж}$  – коэффициент прижима, характеризующий компенсацию погрешностей (зазоров), вызванных несоответствием (погрешностью взаимной увязки) контура детали и фиксатора приспособления.

Его расчетная величина может быть определена из выражения

$$K_{приж.расч} = \frac{0,6\delta_{уз} - \delta_{пр} - \delta_S}{C_{(пр-дет)}}. \quad (21)$$

По вычисленному значению  $K_{приж}$  из табл. 6 выбираем  $K_{приж} \leq K_{приж.расч}$ , соответствующее ему количество прижимов и шаг их размещения в процентах от длины базируемой детали. Это значение  $K_{приж}$  используется для расчета погрешности сборки  $\delta_{сб}$ .

Таблица 6

Выбор $K_{приж}$		
Количество прижимов	$\ell_{пр} / \ell_{дет}$	$K_{приж}$
3	0,5	0,6
4	0,33	0,5
5	0,25	0,25
7	0,18	0,20
8	0,15	0,10

При использовании методов сборки, в которых погрешность взаимной увязки базового и базируемого объектов не компенсируется за счет прижимов, расчетные формулы определения погрешности сборки имеют вид:

для сборки с базированием по каркасу [8], когда допускается правка сопрягаемых деталей

$$0,6\delta_{сб} = \delta_{пр} + C_{кон(пр-дет)} \times K_{правки} + \delta_S, \quad (22)$$

где  $K_{правки} = 0,5$ ;

для сборки с базированием по КФО

$$0,6\delta_{сб} = \delta_{пр} + C_{кон(дет-кфо)} + \delta_S + \delta_{фикс}, \quad (23)$$

где  $\delta_{фикс} = \pm 0,1$  мм – погрешность фиксации.

Очевидно, что приемлемым для сборки узла или агрегата будет тот метод сборки, для которого выполняется условие:  $\delta_{сб} \leq \delta_{уз}$ ;  $\delta_{сб} \leq \delta_{ту}$  соответственно.

Для расчета погрешности сборки теоретико-вероятностным методом необходимо определить координату центра группирования погрешностей замыкающего звена  $Z$  как  $\Sigma$  всех составляющих этапов переноса погрешностей размеров при изготовлении объекта (например СП – объект “А” или детали – объект “Б”) по формуле

$$\Delta_Z = \sum_{i=1}^n (A_i \Delta_i + A_i \delta_i \alpha_i) \quad (24)$$

и среднеквадратичное отклонение погрешностей от центра группирования – дисперсию по формуле

$$\delta_Z = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2 K_i^2 \delta_i^2}, \quad (25)$$

где  $\Delta_i = \frac{BO_i + HO_i}{2}$  – координата середины поля допуска составляющего звена;  $\delta_i = \frac{BO_i - HO_i}{2}$  – половина поля допуска составляющего звена;  $BO_i$  – верхнее и  $HO_i$  – нижнее предельные отклонения на каждом этапе переноса размера;  $\alpha_i$  – коэффициент относительной асимметрии разделения составляющего звена;  $K_i$  – коэффициент относительного рассеивания размера составляющего звена в случае нормального распределения (по закону Гаусса),  $\alpha_i$  и  $K_i$  соответственно равны 0 и 1.

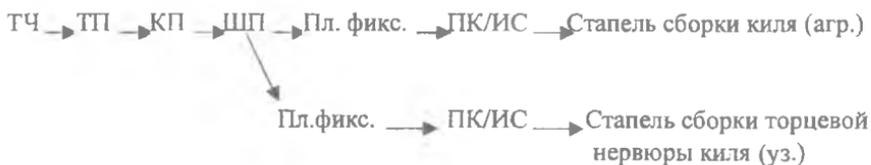
Значения наиболее часто используемых в процессе этапов переноса размеров и соответствующих им коэффициентов приведены в табл. 7.

Характерные погрешности различных этапов изготовления оснастки

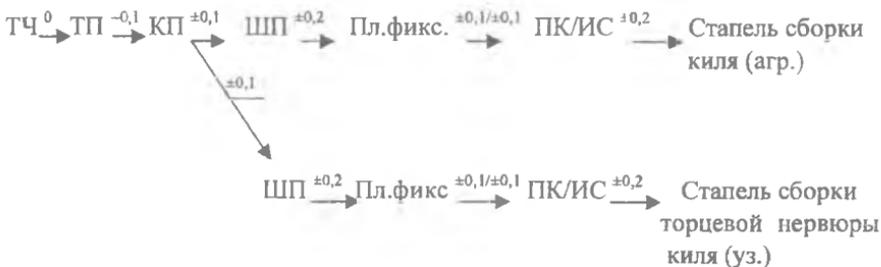
Обозначение этапа	Технический процесс или метод переноса размера	Отклонение контура, мм	Отклонение между осями отверстий, мм	$\alpha_i$	$K_i$
1	2	3	4	5	6
ТП-КП	Расчерчивание	0; -0,1	$\pm 0,05$	0	1,0
КП-ОК	Фотопечать	$\pm 0,1$	$\pm 0,05$	0	1,0
ОК-ШК	Припиловка	0; -0,15	$\pm 0,1$	0,5	1,4
ШК-ШВК	То же	0; +0,15	$\pm 0,1$	0,5	1,4
ШК-ШРД	—“—	+0,1; 0	$\pm 0,1$	0,5	1,4
ШРД-ШФ	—“—	0; -0,5	$\pm 0,1$	0,5	1,4
ШФ-деталь	Фрезерование	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	0	1,0
ШК-ШОК	Припиловка	+0,2; 0	$\pm 0,15$	0,5	1,4
КП-ШМФ	То же	+0,1; 0	$\pm 0,15$	0,5	1,4
ШМФ-рубильник	—“—	$\pm 0,2$	—	0,5	1,4
Рубильник-ПК	Слепок	$\pm 0,1$	—	0,5	1,4
ШВК-формблок	Припиловка	$\pm 0,2$	$\pm 0,15$	0,5	1,4
КП-ШКС	То же	0; -0,2	$\pm 0,15$	0,5	1,4
ШКС-КШКС	—“—	$\pm 0,2$ ; 0	—	0,5	1,4
КШКС-МП	—“—	-0,2; 0	$\pm 0,15$	0,5	1,4
ШОК-болванка	Пригонка	+0,2; 0	$\pm 0,35$	0,5	1,4
ПК-приспособл.	Фиксация штырями	$\pm 0,1$	$\pm 0,02$	0	1,0
ИС-приспособл.	То же	$\pm 0,1$	$\pm 0,02$	0	1,0
МЗ-приспособл.	Фиксаторы, штыри	$\pm 0,1$ ; 0	$\pm 0,1$	0	1,0
Формблок-деталь	Штамповка резиной	+0,3; 0	—	0	1,0
Болванка-деталь	—	+1,5; +0,5	—	0,2	1,1
ШОК-деталь	Сверление	—	$\pm 0,2$	0	1,0
ШКС-штамп	Пригонка	+0,3; 0	$\pm 0,1$	0,5	1,4
Штамп-деталь	Штамповка	$\pm 0,2$ ; 0	—	0,2	1,1
МП-КЭ	Слепок	+0,1; 0	$\pm 0,1$	0	1,0
КЭ-МЭ	То же	0; -0,1	$\pm 0,1$	0	1,0
ШК-ШГП	Припиловка	$\pm 0,2$	—	0,5	1,4
ШГП-пуансон	То же	$\pm 0,2$	—	0,5	1,4
Пуансон-деталь	Гибка на ППР	+0,5; 0	—	0,2	1,2
Кондуктор-деталь	Сверление	—	$\pm 0,05$	0	1,0
СЧПУ-шаблон	Мех. обработка	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	0	1,0
СЧПУ-рубильник	То же	$\pm 0,15$	—	0	1,0
ШКС-копир	Припиловка	+0,2; 0	—	0,5	—
Копир-обшивка	Штамповка-гибка	+1,5; 0,5	—	0,2	1,1
ШВК-макетный шпангоут	Припиловка	$\pm 0,2$	$\pm 0,01$	0,5	1,4
ПК-макетный шпангоут	Разметка отверстий	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	0,5	1,4

В соответствии с изложенной методикой определим погрешность сборки прорабатываемого объекта – торцевой нервюры киля. Основным методом базирования, основываясь на статистических данных о погрешностях сборки (см. табл. 5), примем базирование по технологическому каркасу. Исходя из того, что торцевая нервюра киля является узлом соответствующего агрегата, определим долю допустимой погрешности при ее сборке, позволяющую собрать агрегат с отклонениями контура от теоретического, не превосходящими допуск по ТУ.

Для этого в соотношении  $\delta_{уз} = \delta_{ТУ} - C_{пр(агр-уз)}$  из табл. 5 подставим значение  $\delta_{ТУ} = \pm 2$  и погрешность взаимной увязки приспособлений для сборки агрегата: киля и узла – торцевой нервюры киля –  $C_{пр(агр-уз)}$ . Определить ее можно, построив структурную схему увязки (переноса размеров) на сборочное приспособление. Для рассматриваемого объекта сборки используем верхнюю ветвь одной из структурных схем увязки, приведенных на рис. 5.



Расставив над стрелками переноса размеров погрешности, соответствующие каждому этапу из табл. 7, получим:



Погрешности переноса размеров для несвязанных этапов занесены в табл. 8 с соответствующими им коэффициентами.

Пример расчета погрешностей

№ п/п	Обозначение	Технологический процесс	Отклонение, мм	$\delta_i$ , мм	$A_i$	$\Delta_i$ , мм	$\alpha_i$	$K_i$	$\Delta_i - A_i$ , мм	$A_i \delta_i \alpha_i$ , мм	$A_i^2 \delta_i^2 K_i^2$ , мм <sup>2</sup>
1	КП-ШП	припиловка	+0.1;0	-0.05	1	0.05	0.5	1.4	0.05	0.025	0.0049
2	ШП-Пл/ф	-//-	±0.2	0.2	1	0	0.5	1.4	0	0	0.0784
3	ПК-Пр.	фиксация	±0.1	0.1	1	0	0.	1	0	0	0.01
4	ИС-Пр.	фиксация	±0.1	0.1	1	0	0.	1	0	0	0.01
5	КП-ШП	припиловка	+0.1;0	-0.05	1	0.05	0.5	1.4	0.05	0.025	0.0049
6	ШП-Пл/ф	-//-	±0.2	0.2	1	0	0.5	1.4	0	0	0.0784
7	ПК-Пр.	фиксация	±0.1	0.1	1	0	0.	1	0	0	0.01
8	ИС-Пр.	фиксация	±0.1	0.1	1	0	0.	1	0	0	0.01
								$\Sigma =$	0.1	0.05	0.1968

Из формулы  $\Delta_Z = \sum_{i=1}^n (A_i \Delta_i + A_i \delta_i \alpha_i)$  по данным табл. 7 определим координату центра группирования погрешности увязки сборочных приспособлений  $\Delta_Z = 0,1 + 0,05 = 0,15$  мм.

Дисперсию погрешности взаимной увязки определим по формуле

$$\delta_z = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2 K_i^2 \delta_i^2}; \quad \delta_z = \pm \sqrt{0,1968} = \pm 0,4436,$$

$$BO = \Delta_Z + \delta_Z = 0,15 + 0,4436 = 0,5936 \text{ мм.}$$

$$HO = \Delta_Z - \delta_Z = 0,15 - 0,4436 = -0,2936.$$

Допустимая погрешность взаимной увязки приспособлений

$$C_{\text{пр(агр-уз)}} = \begin{matrix} +0.5936 \\ -0.2936 \end{matrix}$$

Тогда допустимая погрешность изготовления торцевой нервюры будет:

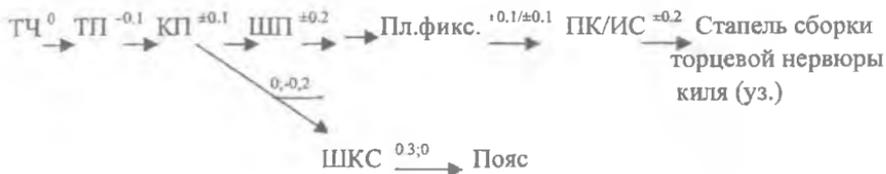
$$\delta_{\text{уз}} = \delta_{\text{ТУ}} - C_{\text{пр(агр-уз)}} = \pm 2 - \begin{matrix} +0.5936 & +1.406 \\ -0.2936 & -1.706 \end{matrix} =$$

Погрешность сборки  $SE$  определяется при базировании на *технологический каркас* по формуле (19):

$$0,6\delta_{\text{сб}} = \delta_{\text{пр}} + C_{\text{кон(пр-дет)}} \times K_{\text{приж}} + \delta_{\text{S}}$$

Для того чтобы рассчитать погрешность сборки  $\delta_{\text{сб}}$ , необходимо разработать структурную схему взаимной увязки СП (для сборки узла) и детали, определяющей контур обвода  $SE$  ( в данном случае торцевой нервюры кия).

Структурная схема должна иметь общую схему обеспечения взаимозаменяемости с той, что использовалась при расчете допустимой погрешности сборки узла. Поэтому (для рассматриваемого объекта) используем принятую ранее структурную схему рис.5, а.



Анализ структурной схемы показывает, что *погрешность изготовления приспособления* для сборки зависит от погрешностей переноса размеров на всех этапах, как связанных с изготовлением базированной детали (пояса), так и не связанных. Погрешность же взаимной увязки приспособление – деталь зависит только от несвязанных этапов переноса размеров. В соответствии с полученной структурной схемой заполним табл. 9.

Пример расчета погрешности

№ п/п	Обозначение	Технологический процесс	Отклонение, мм	$\delta_i$ , мм	$A_i$	$\Delta_i$ , мм	$\alpha_i$	$K_i$	$\Delta_i - A_i$ , мм	$A_i \delta_i$ , мм	$A_i^2 \delta_i^2 K_i^2$ , мм <sup>2</sup>
1	ТП-КП	расчерчивание	0;-0.1	0.05	1	-0.05	0	1	-0.05	0	0.0025
1	КП-ШП	припиловка	+0.1;0	-0.05	1	0.05	0.5	1.4	0.05	0.025	0.0049
2	ШП-Пл/ф	припиловка	$\pm 0.2$	0.2	1	0	0.5	1.4	0	0	0.0784
3	ПК-Пр.	фиксация	$\pm 0.1$	0.1	1	0	0.	1	0	0	0.01
4	ИС-Пр.	фиксация	$\pm 0.1$	0.1	1	0	0.	1	0	0	0.01
								$\Sigma =$	0	0.025	0.1058
5	КП-ШКС	припиловка	0;-0,2	0.1	1	-0.1	0.2	1.1	-0.01	-0.02	0.0121
6	ШКС-деталь	пригонка	+0.3;0	0.15	1	0.15	0.5	1.4	0.15	0.075	0.0441
								$\Sigma =$	0.05	0.055	0.0562

В соответствии с изложенной выше методикой центр группирования погрешностей при изготовлении приспособления будет равен

$$\Delta_Z = \sum_{i=1}^n (A_i \Delta_i + A_i \delta_i \alpha_i) = 0 + 0.025 = 0.025 \text{ мм};$$

дисперсия в этом случае будет равна

$$\delta_z = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2 K_i^2 \delta_i^2} = \pm 0.325 \text{ мм};$$

Погрешность изготовления приспособления

$$\delta_{\text{пр}} = (0.025 \pm 0.325) = \begin{matrix} \text{ВО}+0.35 \\ \text{НО}-0.3. \end{matrix}$$

Погрешность взаимной увязки приспособления и детали вычисляется при суммировании несвязанных этапов переноса размеров на деталь и приспособление в донном случае этапов со строк 2...6 табл. 9.

Центр группирования погрешностей при изготовлении приспособления будет равен

$$\Delta_Z = \sum_{i=1}^n (A_i \Delta_i + A_i \delta_i \alpha_i) = 0.05 + 0.055 = 0.105 \text{ мм,}$$

дисперсия в этом случае будет равна

$$\delta_Z = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2 K_i^2 \delta_i^2} = \pm 0.393,$$

погрешность взаимной увязки будет равна

$$C_{\text{кон(пр-дет)}} = 0.105 \pm (0.393),$$

$$K_{\text{приж. расч}} \leq \frac{0.6\delta_{\text{уз}} - \delta_{\text{пр}} - \delta_S}{C_{\text{(пр-дет)}}} \leq \frac{0.6 \times 1.406 - 0.35 - 0.1}{0.498} = 0.78.$$

Из табл. 6 выбираем ближайшее меньшее значение  $K_{\text{приж}} = 0.6$ .

Подставив это значение в формулу (10), определяем погрешность сборки  $\delta_{\text{сб}}$ :

$$\begin{aligned} \delta_{\text{сб}} &= \frac{\delta_{\text{пр}} + C_{\text{кон(пр-дет)}} \times K_{\text{приж}} + \delta_S}{0.6} = \\ &= \frac{(0.025 \pm 0.325) + (0.105 \pm 0.393) \cdot 0.6 + 0.1}{0.6} = 0.31 \pm 0.93. \end{aligned}$$

Таким образом, в процессе сборки с базированием по технологическому каркасу отклонения контура торцевой нервюры киля не должны превысить следующих значений:

$$\text{ВО} = \Delta_Z + \delta_Z = 0.31 + 0.93 = 1.24 \text{ мм.}$$

$$\text{НО} = \Delta_Z - \delta_Z = 0.31 - 0.93 = -0.62 \text{ мм.}$$

Из сравнения полученных значений с допустимыми отклонениями для узла  $\delta_{\text{уз}} = \begin{matrix} +1.406 \\ -1.706 \end{matrix}$  ясно, что погрешность сборки меньше до-

пустимой, необходимой для обеспечения требуемой точности сборки агрегата. Следовательно, применение сборки с базированием по технологическому каркасу можно считать обоснованным. По коэффициенту прижима  $K_{\text{приж}} = 0.6$  из табл. 6 принимаем количество

прижимов на базисуемой длине детали равным трем, а отношение расстояния между ними к длине детали  $l_{\text{фикс}} / l_{\text{дет}} = 0.5$ , т.е. прижимы должны располагаться по концам и середине базисуемой детали. Таким образом, метод базирования для каждого из элементов собираемой конструкции влияет не только на точность сборки, но и определяет конструкцию сборочного приспособления, т.е. наличие, вид и расположение фиксаторов и прижимов.

### 11.3. Расчет каркаса СП на жесткость

После определения необходимого количества фиксаторов и прижимов в сборочном приспособлении и оформления его компоновки, т.е. определения типа каркаса (балка, рама), расстояния между фиксаторами на несущих элементах и расстояния между опорами разрабатывается расчетная схема СП.

Применительно к рассмотренному в качестве примера объекту сборки она может иметь вид, изображенный на рис. 7.

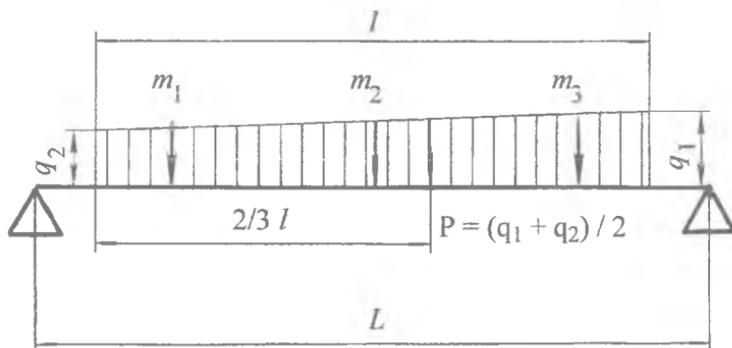


Рис. 7. Расчетная схема СП балочного типа

По полученной расчетной схеме, из типовых расчетных схем конструкции СП выбирается наиболее близкая по приложенной переменной нагрузке и виду заделки (рис. 8).

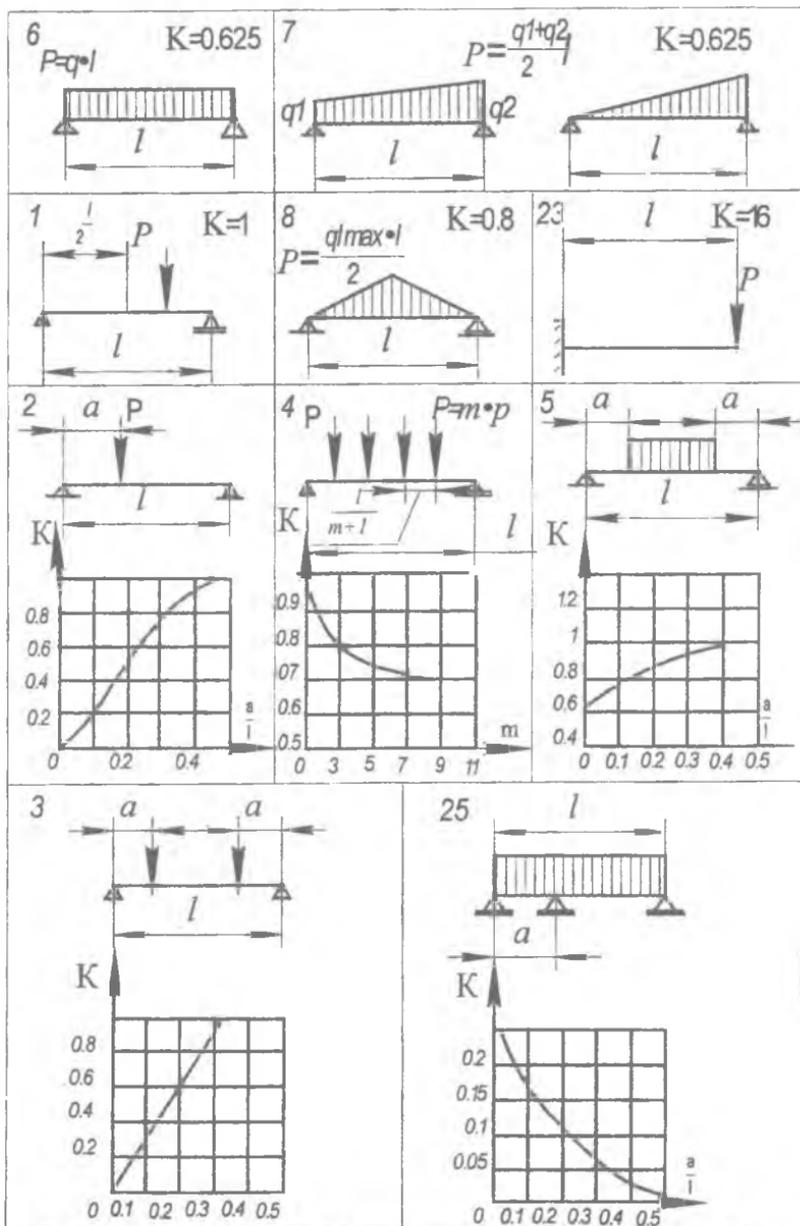


Рис. 8. Расчетные схемы и коэффициенты к расчету балок ступеней (схемы пронумерованы в соответствии с РТМ [13])

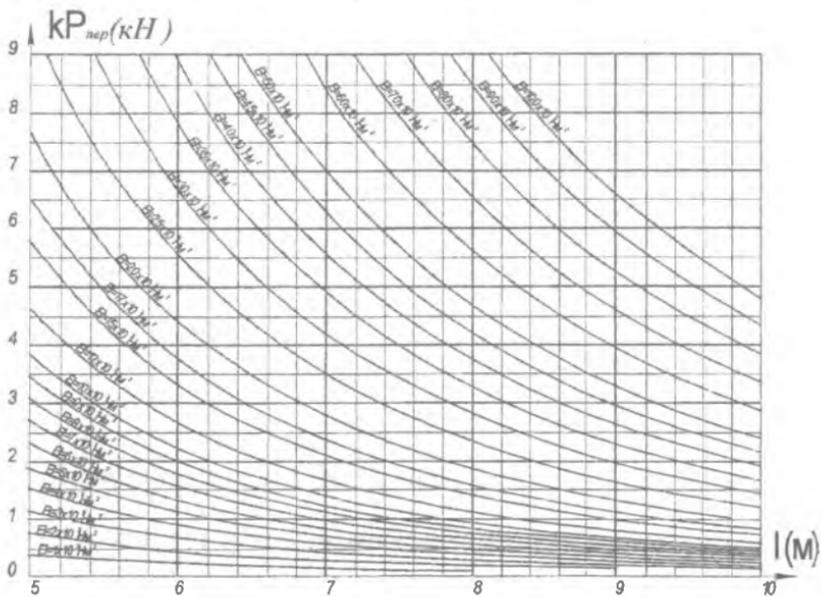
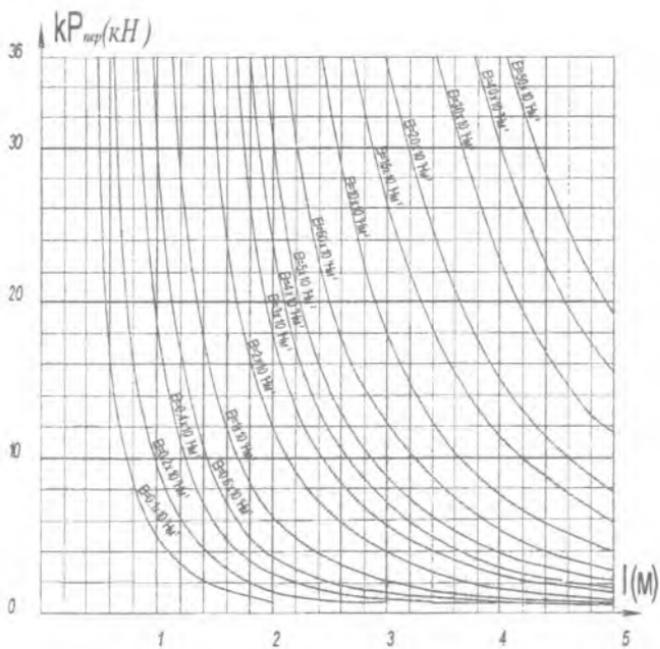


Рис. 9. Графики для подбора сечения балок различной длины  $L$

Задавшись допустимой величиной прогиба балки  $f = 0.1\text{мм}$  при известном для принятой конструкции расстоянии между опорами  $L$  и точками приложения сосредоточенных и распределенных нагрузок, а так же величиной переменной нагрузки  $P_{\text{пер}} = (P + m_1 + m_2 + \dots m_N)$ , рассчитываем необходимую жесткость сечения  $EI$  несущего элемента каркаса-балки по формуле

$$f = \frac{KP_{\text{пер}}L^3}{EI} \quad (26)$$

Значение коэффициента “ $K$ ” выбирается из данных, приведенных для случая нагружения ближайшего к расчетной схеме рис. 8.

Необходимую жесткость сечения можно определить и по графикам рис. 9 при вычисленном значении  $KP_{\text{пер}}$  и известной длине  $L$ .

Выбрав необходимую жесткость сечения профиля несущего элемента, подбирают его тип и линейные размеры для балок, получаемых из швеллеров типа 1; 2 (см.табл.10) или профилей другого сортамента, например, труб. В конструкции может быть использован профиль, жесткость сечения которого  $EI \geq EI_{\text{расч}}$ .

Заменив в расчетной формуле (26) значение  $EI$  на табличное, определяют действительный прогиб балки  $f$ .

Для варианта *рамной* конструкции СП (рис. 10) определить жесткость сечения профиля, необходимого для изготовления НЭ, можно, рассчитав предварительно значение  $\chi$  по формуле

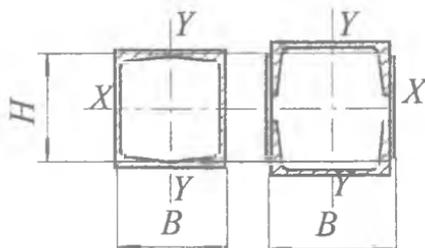
$$\chi = \frac{EI_1 h}{EI_2 l} \quad (27)$$

Полагая, что все части рамы изготовлены из профилей одного сортамента, можно принять, в первом приближении, значение  $\chi = \frac{h}{l}$ . Тогда значение коэффициента “ $K$ ” можно определить по графикам (рис. 11), соответствующим принятой расчетной схеме.

## Рекомендуемые сечения балок

Тип I

Тип II



Тип балок	№ сечения							
		1	2	3	4	5	6	7
I	№ швеллера	12	140	16а	18а	20а	24а	27
	H, мм	120	140	160	180	200	240	270
	B, мм	104	124	136	148	160	190	190
	$EI_x \cdot 10^7 \text{Н/м}^2$	0.13	0.23	0.35	0.50	0.70	1.34	1.75
	$EI_y \cdot 10^7 \text{Н/м}^2$	0.09	0.16	0.22	0.30	0.40	0.74	0.83
	q, кГ/м	20.9	26.7	30.6	34.9	39.6	51.7	55.3
	№ швеллера	20а	24а	24а	24а	30	30	30
II	H, мм	250	250	300	350	300	350	400
	B, мм	220	260	260	260	320	320	320
	$EI_x \cdot 10^7 \text{Н/м}^2$	1,48	1,77	2,82	4,19	3,59	5,00	6,95
	$EI_y \cdot 10^7 \text{Н/м}^2$	1,67	2,72	3,05	3,37	5,06	5,57	6,07
	q, кГ/м	72,5	84,6	92,4	100,0	104,5	112,2	120,0

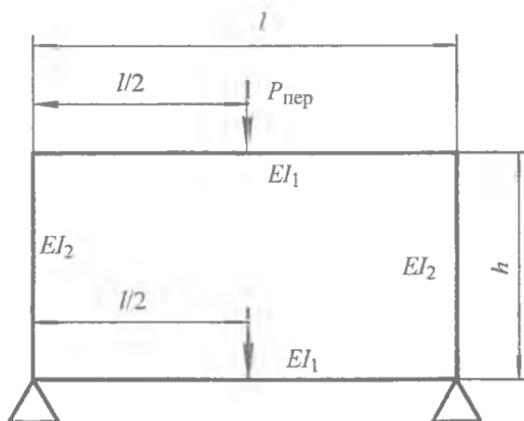


Рис. 10. Расчетная схема СП рамного типа

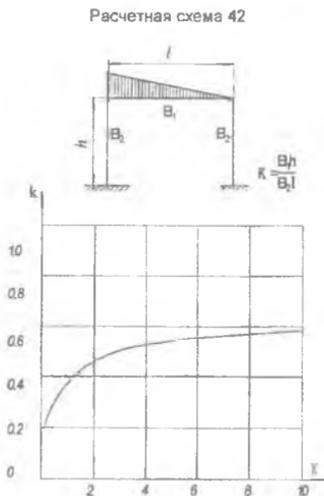
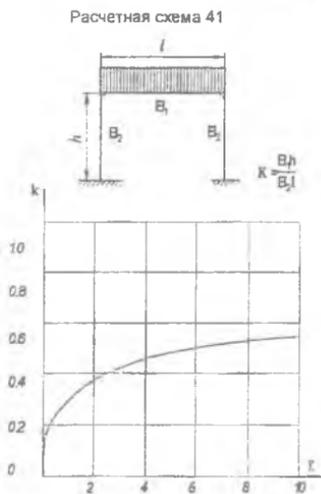
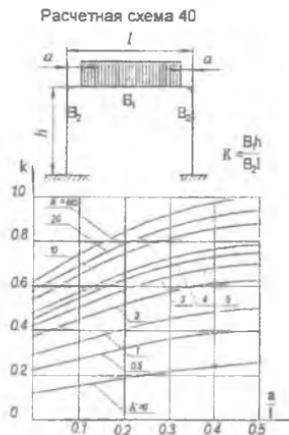
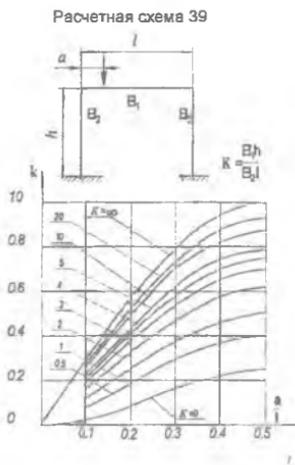
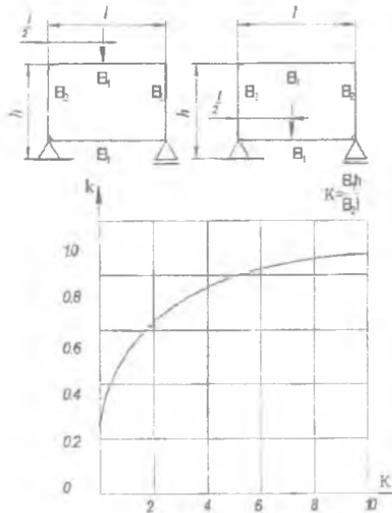
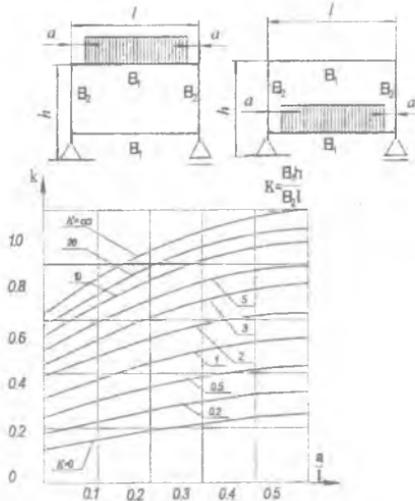


Рис. 11. Расчетные схемы и коэффициенты к расчету рам

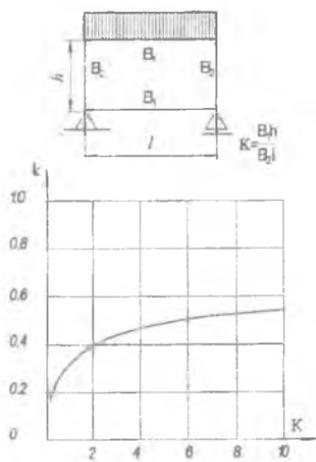
Расчетная схема 43



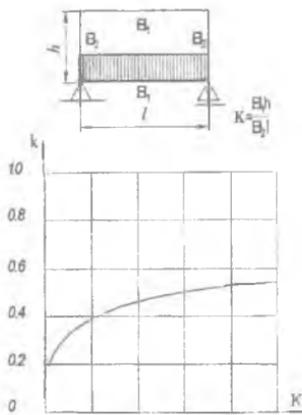
Расчетная схема 44



Расчетная схема 45



Расчетная схема 46



стапелей (схемы пронумерованы в соответствии с РТМ [13]).

Выбор сечения НЭ каркаса при известном коэффициенте “К” и схеме нагружения выполняется по той же формуле и методике подбора профиля, что и в случае расчета балки. Результаты расчета оформляются соответствующим разделом в пояснительной записке со ссылками на использованные источники – справочную и техническую литературу.

После выполнения необходимых расчетов оформляются рабочие чертежи общего вида СП (рис. 12) на двух листах ф.А1 с соблюдением масштаба и требований ЕСКД. В чертежах конструкции СП должны быть показаны все сечения, позволяющие судить о способе реализации принятых методов базирования, показаны посадки в соединениях элементов конструкции СП, изложены технические требования к СП. В них необходимо указать технологические средства увязки, средства монтажа СП, способы закрепления съемных частей конструкции стапеля, покрытия и т.п. Они должны отражать разделы, связанные с обеспечением требований, изложенных в ТЗ на проектирование СП.

К чертежу должна быть выполнена листовая спецификация, заполненная в соответствии с ГОСТ 2.106-96.

#### **11.4. Описание конструкции СП и технологический процесс его монтажа**

В пояснительной записке должно быть дано подробное описание конструктивной схемы предлагаемого СП, назначения и принципа взаимодействия его конструктивных элементов, стандартных и нормализованных узлов и деталей, способов переноса информации и используемых для этого носителей (эталонов, калибров разъемов, шаблонов), устройств, обеспечивающих закрепление их в приспособлении, и т.п. Следует привести анализ полноты удовлетворения требованиям ТЗ на проектирование СП.

Технологический процесс монтажа сборочных приспособлений определяется их конструкцией, габаритами, схемой обеспечения взаимозаменяемости, т.е. средствами увязки, предусмотренными для каждого приспособления, и средствами монтажа, необходимыми при

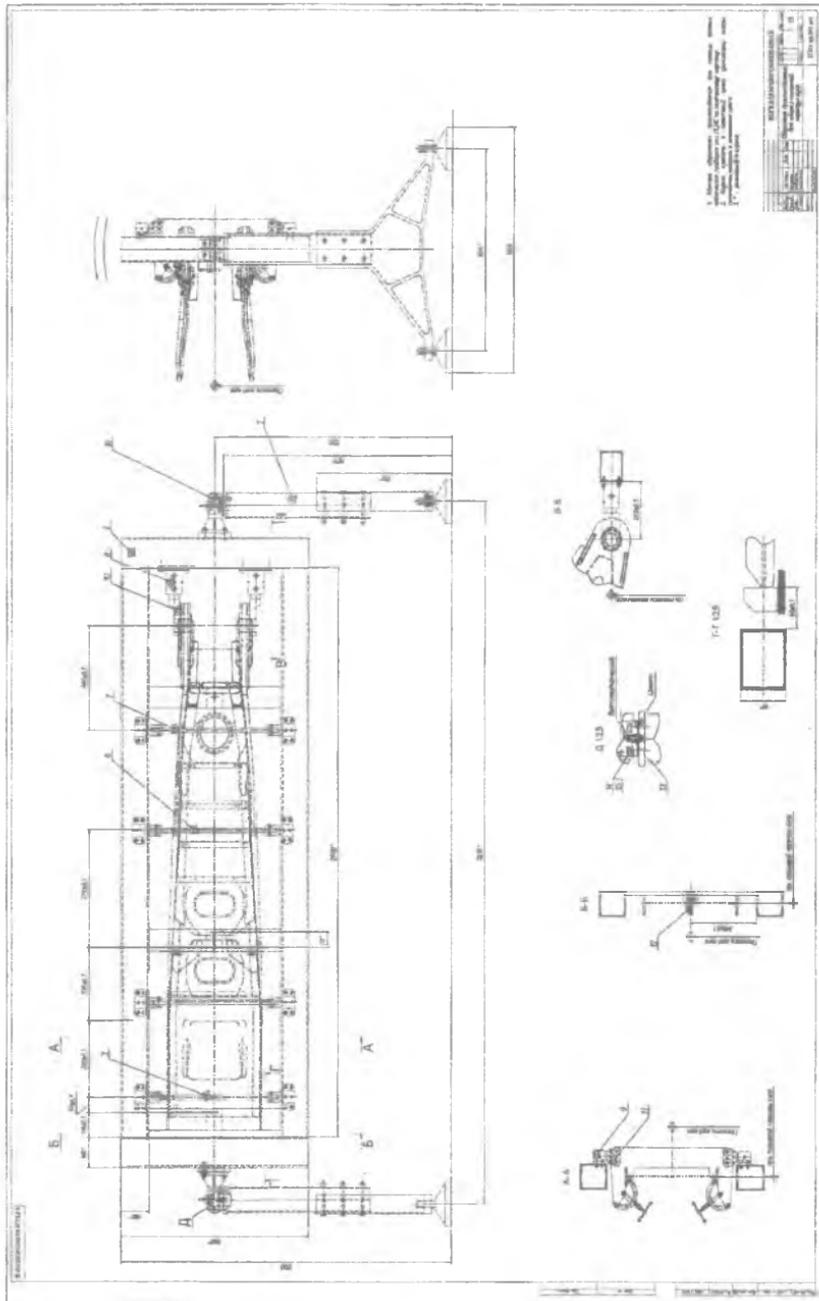


Рис. 12. Чертеж сборочного приспособления

этом. В общем случае технологический процесс монтажа предполагает выполнение следующих видов работ:

- разметка места установки СП в соответствии с технологической планировкой цеха (и подготовку фундамента под колонны СП для тяжелых сборочных приспособлений);
- установка несущих элементов НЭ сборочного приспособления СП;
- выполнение монтажа установочных элементов СП (при эталонно-шаблонном методе монтажа СП);
- установка фиксаторов и прижимов СП;
- монтаж средств механизации и автоматизации работ;
- проверка правильности монтажа и работоспособности СП;
- выполнение окраски и маркировки СП;
- выполнение монтажа энергосистем и орг. оснастки.

В курсовом проекте разработка технологического процесса монтажа СП выполняется без заполнения комплекта бланков рабочего технологического процесса, указывается только последовательность и содержание технологических операций в тексте пояснительной записки.

---

## 12. ЗАКЛЮЧЕНИЕ К ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКЕ

Этот раздел пояснительной записки подводит итог проделанной работе. В нем в краткой форме (объем не более 0.5-1 с.) студент излагает выводы по результатам проведенного анализа объекта производства, разработанных процессов и их технологического оснащения, отмечая как достоинства, так и недостатки принятых решений. В том числе следует отразить особенности в организации производственного процесса, путей повышения его экономической эффективности и свои рекомендации по этим вопросам.

### **13. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА И РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ. ЗАЩИТА ПРОЕКТА**

Оформление всех графических и текстовых документов, выполненных в курсовом проекте, должно соответствовать стандартам ЕСКД и действующим нормативным документам [9-12].

Расчетно-пояснительная записка должна содержать необходимые пояснения и расчеты по всем разделам курсового проекта в последовательности их выполнения, при этом быть достаточно краткой (25...30 с.).

Следует применять общепринятые в научно-технической литературе термины, обозначения и сокращения.

Пояснения и расчеты сопровождаются эскизами, графиками и другими видами иллюстраций и должны иметь порядковые номера, в тексте на них даются ссылки. Расчеты выполняются по формулам подстановкой в них числовых данных и приведением окончательного результата.

Записка представляется на подпись руководителю проекта.

После подписания руководителем всех чертежей, технологических карт и пояснительной записки выполненный проект защищается в комиссии в установленном порядке в сроки, определенные учебным планом.

Защита курсового проекта, как правило, проводится в комиссии, состоящей из двух преподавателей кафедры (один из которых – руководитель проекта). По ознакомлении комиссии с представленными материалами (чертежами и пояснительной запиской) студент делает

краткий доклад (5...10 мин), в котором формулирует задачи проекта, характеризует объект производства и его особенности, излагает содержание выполненных работ, основные выводы и рекомендации, полученные в результате разработки.

Затем члены комиссии задают студенту вопросы по существу выполненной работы и связанных с нею разделов курса технологии производства ЛА. По результатам доклада и ответов на вопросы с учетом глубины и качества проработки темы и планомерности работы над проектом комиссия оценивает выполненную студентом работу с выставлением соответствующей оценки в ведомости и зачетной книжке.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Абибов А.Л.* и др. Технология самолетостроения: Учебник. – М.: Машиностроение, 1962. 551 с.
2. *Бабушкин А.И.* Методы сборки самолетных конструкций. – М.: Машиностроение, 1985. 248 с.
3. *Бойцов В.В.* и др. Сборочные и монтажные работы. – М.: Оборонгиз, 1959. 476 с.
4. *Григорьев В.П., Ганиханов Ш.Ф.* Приспособления для сборки узлов и агрегатов самолетов и вертолетов. — М.: Машиностроение, 1977. 138 с.
5. *Григорьев В.П.* Сборка клепаных агрегатов самолетов и вертолетов; – М.: Машиностроение, 1975. 344 с.
6. *Никольский А.А.* Экономическое обоснование выбора оптимального варианта технологического процесса. — МАТИ, 1959. 84 с.
7. Технология производства летательных аппаратов/Под ред. проф. *В.Г. Кононенко.* – Киев : Вища школа, 1974. 222 с.
8. *Кучер П.Н., Боборыкин Ю.А.* Расчет точности увязки оснастки и точности изготовления самолетных конструкций: Учебное пособие.- Харьков: ХАИ, 1973. 36с.
9. СТП СГАУ 6.1.4-97. Общие требования к оформлению учебных текстовых документов: Метод. указания. – Самара, 1997.
10. *Рудман М.Д.* Оформление конструкторской и технологической документации при выполнении студентами самостоятельных работ: Метод. указания. — Куйбышев: КуАИ, 1982. 45 с.
11. Кодирование конструкторской и технологической документации: Метод. указания к выполнению самост. работ/ Сост. *М.Д. Рудман.* – Самара: СГАУ, 1993. 45 с.
12. ГОСТ 3.1407-86. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки. – М.: Изд-во стандартов, 1987. 27 с.
13. *Разумихин М.И.* и др. Расчет на прочность сборочной и контрольной оснастки. – Куйбышев: КуАИ, 1962. – 150 с.

Учебное издание

*Белоглазов Игорь Михайлович  
Щербатых Вячеслав Васильевич  
Лысенко Юрий Дмитриевич*

**СБОРКА КЛЕПАНЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

*Учебное пособие*

Редактор Н. С. Купринова

Компьютерная верстка Т. Е. Половнева

Подписано в печать 16.06.2005 г. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 3,7. Усл. кр.-отт. 3,8. Уч.-изд.л. 4,0.

Тираж 150 экз. Заказ 6 . Арт. С-2/2004.

Самарский государственный аэрокосмический  
университет им. академика С. П. Королева.  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

РИО Самарского государственного  
аэрокосмического университета.  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.