

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

*А. С. Горячев, И. М. Белоглазов, Д. Н. Лысенко*

# СБОРКА КЛЕПАНЫХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Утверждено  
редакционно-издательским  
советом института  
в качестве  
учебного пособия

Горячев А. С., Белоглазов Н. М., Лысенко Д. П. *Сборка клепаных узлов и агрегатов летательных аппаратов: Учебное пособие.* — Куйбышев: КуАИ, 1986. — 72 с.

Учебное пособие написано в соответствии с учебным планом и программой курса «Технология производства летательных аппаратов». Оно знакомит студента с объемом и содержанием проекта, требованиями, предъявляемыми к курсовому проекту, последовательностью разработки его разделов, глубиной проработки каждого из них, содержит справочный материал, необходимый для курсового проектирования.

Пособие предназначено для студентов, изучающих производство летательных аппаратов, дневной и вечерней формы обучения, а также может быть полезно для студентов-дипломников и слушателей ФПК.

Рецензенты: Е. Н. Борисов, Е. Н. Сирьгин

Под редакцией В. А. Барвинка

## *Предисловие*

---

Курсовому проектированию в вузах уделяется большое внимание, так как оно является важным этапом в деле подготовки молодых специалистов. В процессе курсового проектирования будущие инженеры-механики приобретают навыки практического применения знаний, полученных при изучении курса технологии производства летательных аппаратов, в частности, технологии клепально-сборочных работ, а также ряда других специальных дисциплин.

Разработка технологических процессов сборки клепаных узлов и агрегатов летательных аппаратов и проектирование для них технологической оснастки является самостоятельной творческой работой студента. Учебное пособие должно оказать ему помощь в решении этих задач, свести к минимуму непродуманные затраты времени, стимулировать творческий подход к выполнению проекта и проявлению максимума инициативы и самостоятельности. Кроме того, учебное пособие позволяет обеспечить единые методические требования, предъявляемые всеми преподавателями — руководителями проекта — к студентам, выполняющим курсовой проект.

# **1. ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

## **1.1. ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Основной целью проекта является выработка у студентов практических навыков самостоятельного решения частных инженерных задач в области разработки технологии сборки узлов и агрегатов летательных аппаратов и проектирования сборочной оснастки.

Курсовой проект выполняется в 10-м семестре, на вечернем факультете. — в 11-м семестре и должен, в известной мере, подытожить знания, полученные студентом при изучении ряда специальных дисциплин, подготовить его к преддипломной практике и работе над дипломным проектом. В процессе работы над курсовым проектом выявляется степень усвоения студентом части курса технологии производства летательных аппаратов, посвященной сборочно-клепальным процессам, а также таких дисциплин, как конструкция и расчет летательного аппарата (ЛА) на прочность, металловедение, экономика и организация производства. Выясняется способность студента применять творческие положения указанных дисциплин и сведения, полученные во время пребывания в сборочных цехах на 2-й технологической практике, для решения конкретных задач, предусмотренных заданием.

Студент должен уметь использовать современные достижения науки и техники в области сборочно-клепальных работ, обосновать техническую и экономическую целесообразность их применения в конкретных условиях, уметь грамотно выполнять необходимые технические и экономические расчеты, а также сборочные и деталировочные чертежи проектируемого приспособления, четко и логично формулировать свои мысли.

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

## *1.2. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ*

Задание на курсовой проект выдается руководителем проекта и утверждается заведующим кафедрой. Оно оформляется на бланке установленного образца. В нем указывается наименование и номер чертежа узла (агрегата), процесс сборки которого будет разрабатываться, годовая программа выпуска изделия, а также приспособление, которое должно быть спроектировано. К заданию прилагается сборочный чертеж объекта разработки. Объектами разработки являются узлы ЛА (крупные нервюры, лонжероны, шпангоуты, двери, люки), панели (технологические и съемные) и мелкие агрегаты (рули, элероны, щитки, закрылки, предкрылки, килли и др.). Отдельные положения задания могут быть уточнены руководителем курсового проекта в процессе разработки его студентом.

## *1.3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ*

Проект состоит из двух тесно связанных между собой частей: разработки технологического процесса сборки заданного изделия и проектирования необходимого для сборки приспособления (станселя). В первой части решаются следующие вопросы:

- изучение чертежей, анализ технологичности конструкции, техническое описание изделия и разработка схемы его членения;
- разработка схемы сборки и требований к поступающим на сборку деталям;

- техническое обоснование и разработка рабочего процесса сборки в двух вариантах, нормирование его, экономическое сравнение вариантов;

- оформление технологических карт;

- разработка циклового графика сборки (обязательна, если объектом сборки являются агрегаты или крупногабаритные, сложные и трудоемкие узлы и панели).

Вторая часть проекта предусматривает:

- разработку технических условий на проектируемое приспособление;

- выбор и обоснование метода базирования и разработку схемы увязки оснастки, проведение необходимых прочностных и точностных расчетов;

- разработку чертежей общих видов приспособления и отдельных его узлов.

Работа заканчивается составлением расчетно-пояснительной записки к проекту. Содержание отдельных частей (разделов) проекта и ориентировочный объем работ по их выполнению приведены в табл. I,

## Содержание курсового проекта

№ п/п	Содержание разделов проекта	Ориентировочный объем работ			
		% от полного объема	% этапа работы	графический (формат 24), Л	текстовый (формат 11), стр.
<i>1. Разработка технологического процесса сборки</i>					
	Краткое описание объекта сборки	2			1—2
	Анализ технологичности конструкции и предложения по ее повышению	2	1 этап		1—2
	Разработка схемы членения	5		1	
	Разработка схемы сборки	4	25	0,5	1—2
	Разработка рабочего технологического процесса сборки в двух вариантах	10			3—4
	Разработка условий на постановку узлов и деталей	2			1—2
	Нормирование технологического процесса	5			2—3
	Сравнение вариантов технологического процесса и их технико-экономический анализ	10	2 этап		2—4
	Разработка циклового графика сборки	5	25	0,5	1—2
	Оформление технологич. процесса сборки на картах установленного образца	5			7—9
	<b>Всего по разделу 1</b>	<b>50</b>		<b>1,5—2,0</b>	<b>20—30</b>
<i>2. Проектирование сборочного приспособления</i>					
	Разработка технич. условий на проектируемое приспособление	2	3 этап		1—2
	Выбор и обоснование метода базирования и разработка схемы увязки оснастки	8	30	0,5	3—4
	Разработка конструктивной схемы сборочного приспособления и оформление чертежей	20		2—2,5	

Содержание разделов проекта	Ориентировочный объем работ			
	% от полного объема	% этапа работы	графический (формат 24), Л	текстовый (формат 11), стр.
Расчет элементов сборочного приспособления на жесткость и прочность	4	4 этап		1—2
Расчет точности сборки	4	10		3—4
Описание конструкции сборочного приспособления и методов его монтажа	2			2—3
Всего по разделу 2	40		2,5—3,0	10—15
3. Составление расчетно-пояснительной записки	10			
Всего по проекту	100		4—5	30—45

Студент обязан организовать свою работу так, чтобы с наименьшими затратами времени и труда в установленный срок разработать проект. Следует помнить, что работа строго по календарному плану гарантирует своевременное качественное выполнение задания.

Непосредственное руководство работой студента над проектом осуществляет руководитель курсового проекта. Руководство проектом не должно иметь характер «натаскивания» и превращаться в репетиторство и мелочную опеку. Руководитель помогает студенту находить правильные решения, подсказывает неточности необходимой информации, но не ограничивает его инициативу и самостоятельность. Существенное значение для планирования работы студента над проектом имеет систематический контроль за ходом выполнения разработок. Руководитель проекта на консультациях определяет в соответствии с календарным планом объем выполненной работы. Эти данные фиксируются в групповом журнале для сообщения в деканат.

Как видно из табл. 1, в состав курсового проекта входит графическая и текстовая документация. При оформлении этих документов необходимо проводить кодировку, отражающую их содержание в соответствии с методическими рекомендациями кафедры ПЛА /26/.

## **2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ**

---

### **2.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Исходными данными для проектирования технологических процессов сборки являются рабочие чертежи узла (агрегата), технические условия на их изготовление, программа выпуска. *Рабочие чертежи* включают общий вид узла, секции или агрегата, необходимые сечения и стыковые элементы. *Технические условия на изготовление объекта* состоят из сведений о точности, степени сборочной законченности, возможных отклонениях от чертежа, требованиях контроля, испытаниях, защите от коррозии и других. *Производственная программа* оказывает влияние на характер технологического членения агрегатов самолета, схему и методы сборки, глубину разработки рабочей технологии, степень механизации производственных процессов, их оснащенность специальным оборудованием и сборочной оснасткой, а также на организационные формы производственного процесса.

На производстве к исходным данным относятся также директивные технологические материалы. Директивные технологические материалы разрабатывают в ОКБ в период проектирования и изготовления опытного образца нового летательного аппарата (ЛА), они являются основой для подготовки производства. Директивные технологические материалы содержат схемы конструктивных и технологических разъемов, схемы увязки штамповочной и сборочной оснастки, схемы сборки агрегатов, перечень средств, обеспечивающих взаимозаменяемость узлов, панелей, агрегатов и их секций, перечень и краткие характеристики новых технологических процессов, подлежащих освоению, ведомости специального оборудования, графики подготовки и освоения нового ЛА в серийном производстве.

### **2.2. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И АНАЛИЗ ЕЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ**

Изучение конструкции объекта сборки предусматривает детальное рассмотрение узла, панели или агрегата и входящих деталей, их конструктивных связей с другими сопрягаемыми сбороч-



ными единицами, анализ технических условий по точности и другим характеристикам для выбора оптимальной схемы и методов сборки. При рассмотрении деталей, входящих в сборочную единицу, необходимо обратить внимание на материал, техническую обработку и защитные покрытия деталей.

*Технологичными* принято считать такие конструкции, которые при обеспечении конструктивных и эксплуатационных качеств изделия, заложенных в его проекте, позволяют в условиях современного серийного производства достичь меньших затрат в период запуска, освоения и серийного производства нового изделия за счет механизации и автоматизации технологических процессов обработки деталей и сборки узлов, панелей, секций или агрегатов и минимальной длительности производственного цикла. Технологичность конструкции является, таким образом, важнейшей характеристикой степени совершенства изделия. Технологичность конструкции летательного аппарата определяется геометрической формой деталей, узлов и агрегатов, точностью изготовления сборочных единиц, конструкцией стыковых элементов, способами соединения деталей, узлов, секций и агрегатов между собой, материалами заготовок, точностью изготовления деталей, степенью применения нормализованных деталей и другими параметрами.

Конструкция сборочных единиц должна обеспечить возможность максимальной механизации и автоматизации сборочно-клепальных работ. Это возможно в случае, если узлы или панели имеют свободные подходы с обеих сторон к местам клепки, форма и размеры панелей соответствуют техническим характеристикам высокопроизводительного сверлильно-клепального оборудования, элементы каркаса имеют открытые профили и удобный подход для инструментов клепальных прессов и автоматов, шаг заклепок, их размеры, марки материалов заклепок минимально разнообразны. Стрингеры на плоских панелях и панелях одинарной кривизны необходимо располагать параллельно друг другу. Поперечные элементы жесткости на панелях также надо располагать параллельно друг другу, и расстояния между ними, как и между стрингерами, должны быть кратными шагу заклепок. В пакетах из разнородных материалов листы или профили из более прочного материала нельзя располагать между листами или профилями меньшей прочности, т. к. при сверлении будут «разбиты» — увеличены отверстия.

Следует ограничить применение двусторонней потайной клепки, поскольку она на 12—15% более трудоемкая, и для расклепывания таких заклепок требуется вдвое большее усилие. Следует также избегать потайной клепки со штамповкой лунок, лучше применять зенковку и потайные заклепки с меньшим размером закладной головки. В каркасных узлах не рекомен-

дуются применять заклепки с выступающими головками, а в смешанных пакетах — заклепки из алюминиевых сплавов. В конструкциях узлов и агрегатов должно быть меньше разнообразие марок материалов, большое количество монолитных деталей и узлов, полученных прогрессивными технологическими процессами: штамповкой, прессованием, литьем с минимальными припусками на обработку. Простота конструктивных форм деталей облегчает изготовление оснастки обрабатывающих цехов, сокращает ее номенклатуру и количество, снижает трудоемкость и себестоимость ее изготовления.

Чтобы разработать в дальнейшем схему членения и схему сборки, необходимо тщательно разобраться в конструкции, форме, размерах, материалах всех входящих в сборочную единицу деталей, следует изучить все вошедшие в конструкцию узла нормы (заклепки, их типы, марки, размеры, количество, болты, гайки, шайбы, шпильки и др.), установить характер посадки болтов (чтобы решить вопрос о точности и технологии получения отверстий в сопрягаемых деталях). Технологичность конструкции на производстве оценивают сначала качественно, а затем количественно посредством системы показателей согласно ГОСТ 14.201-73 «Общие правила обработки конструкции изделия на технологичность» (ЕСТПП 1975 г., с. 96).

При разработке технологического процесса сборки клепаных конструкций необходимо иметь в виду, что если принять трудоемкость сборки узла (панели) при сверлении отверстий дрелями и кленки пневмомолотками за 100%, то при сверлении отверстий на сверлильно-зенковальных установках (СЗУ) и кленке на прессах для одиночной кленки трудоемкость сборки составляет 48%, при применении СЗУ и клепальных прессов для групповой кленки—23%, а при применении сверлильно-клепальных автоматов трудоемкость составит всего 10%.

Отработка конструкции изделия на технологичность производится на всех стадиях разработки изделия при техническом оснащении производства и изготовлении изделия. Качественная оценка технологичности при сравнении вариантов конструкции в процессе проектирования изделия осуществляется на основе опыта разработчиков, предшествует количественной оценке и определяет ее целесообразность. Количественная оценка технологичности конструкции изделия выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требованиям технологичности конструкции. Величина количественных показателей определяется на основе статистических данных по изделиям-представителям с целью отработки на их основе базовых показателей, задаваемых разработчикам соответствующими министерствами или ведомствами. Номенклатура показателей должна быть минимально необходимой и может

изменяться с увеличением информации о конструкции и технологии ее производства. Количественные (относительные) показатели технологичности конструкций изделий принято рассматривать отдельно для деталей и для сборочных единиц. При анализе технологичности конструкций деталей анализируют: коэффициент использования материала (КИМ), т. е. отношение веса обработанной детали к весу затраченного материала; коэффициент точности обработки; коэффициент шероховатости поверхности; коэффициент стандартизации деталей; относительную трудоемкость изготовления и др. При оценке технологичности сборочных единиц анализируются следующие количественные показатели технологичности: коэффициент компоновки из стандартных и унифицированных деталей  $K_{с у}$ , коэффициент трудоемкости сборки  $K_{т с б}$ , коэффициент прессовой клепки  $K_{п р к}$ , коэффициент автоматической клепки  $K_{авт к}$ , коэффициент точности сборки, т. е. объем «классных» отверстий  $K_{точн}$ .

Перечисленные выше критерии технологичности определяются по формулам

$$K_{с у} = \frac{n_{с у}}{n_{дет}},$$

где  $n_{с у}$  — количество стандартных и унифицированных деталей в объекте сборки,  $n_{дет}$  — общее количество деталей в объеме сборки;

$$K_{т с б} = \frac{T_{р и}}{T_{ф}},$$

где  $T_{р и}$  — трудоемкость сборки расчетная (по нормативам),  $T_{ф}$  — фактическая трудоемкость;

$$K_{п р к} = \frac{n_{п р к}}{n_{закл}},$$

где  $n_{п р к}$  — число заклепок, расклепываемых на прессах;  $n_{закл}$  — общее число заклепок в объекте сборки;

$$K_{авт к} = \frac{n_{авт к}}{n_{закл}},$$

где  $n_{авт к}$  — число заклепок, расклепываемых на автоматах;

$$K_{точн} = \frac{n_{кл отв}}{n_{отв}},$$

где  $n_{кл отв}$  — число классных отверстий в объекте сборки,  $n_{отв}$  — общее число отверстий в объекте сборки.

В условиях ОКБ и на заводах при анализе технологичности конструкции изделий разработчикам-министерствам задаются базовые показатели, с которыми сравниваются расчетные. Сту-

денты при анализе технологичности сборочных единиц по указанию преподавателя должны рассмотреть в основном качественные и отдельные количественные показатели, которые в целом позволяют сделать объективные выводы.

## **3. РАЗРАБОТКА СХЕМ ЧЛЕНЕНИЯ И СБОРКИ**

---

### *3.1. СХЕМЫ ЧЛЕНЕНИЯ*

Опыт производства ЛА показывает, что правильное расчленение агрегата на секции, панели и узлы обеспечивает: высокую степень механизации и автоматизации сборочных работ, что ведет к повышению производительности труда; применение параллельных схем сборки, что снижает цикл изготовления узла или агрегата; разделение и специализацию труда, что способствует сокращению сроков изготовления узла или агрегата и повышает его качество. Схема членения агрегата или узла в значительной степени определяется теми конструктивно-технологическими особенностями, которые заложены при проектировании изделия. Однако в процессе разработки технологического процесса может выявиться необходимость дополнительного технологического членения, создания дополнительных технологических сборочных единиц (подборок). Если такое дополнительное расчленение обеспечивает высокие технико-экономические показатели, следует идти даже на значительные конструктивные доработки.

На рис. 1 (см. вкладку) представлена схема членения руля высоты тяжелого самолета. Конструктивно-технологические особенности руля высоты не позволяют выявить сборочные узлы и подузлы, поэтому на схеме показаны только детали, которые последовательно подаются в стапель сборки руля. При разработке схемы членения детали следует изображать в том виде, в каком они подаются на сборку, т. е. с подсечками, со всеми направляющими, сборочными, координатно-фиксирующими отверстиями и другими технологическими параметрами.

### *3.2. СХЕМЫ СБОРКИ*

Многодетальность конструкции планера ЛА значительно усложняет процессы сборки. Порядок поступления на сборку сборочной единицы (например секции), входящих в нее элементарных

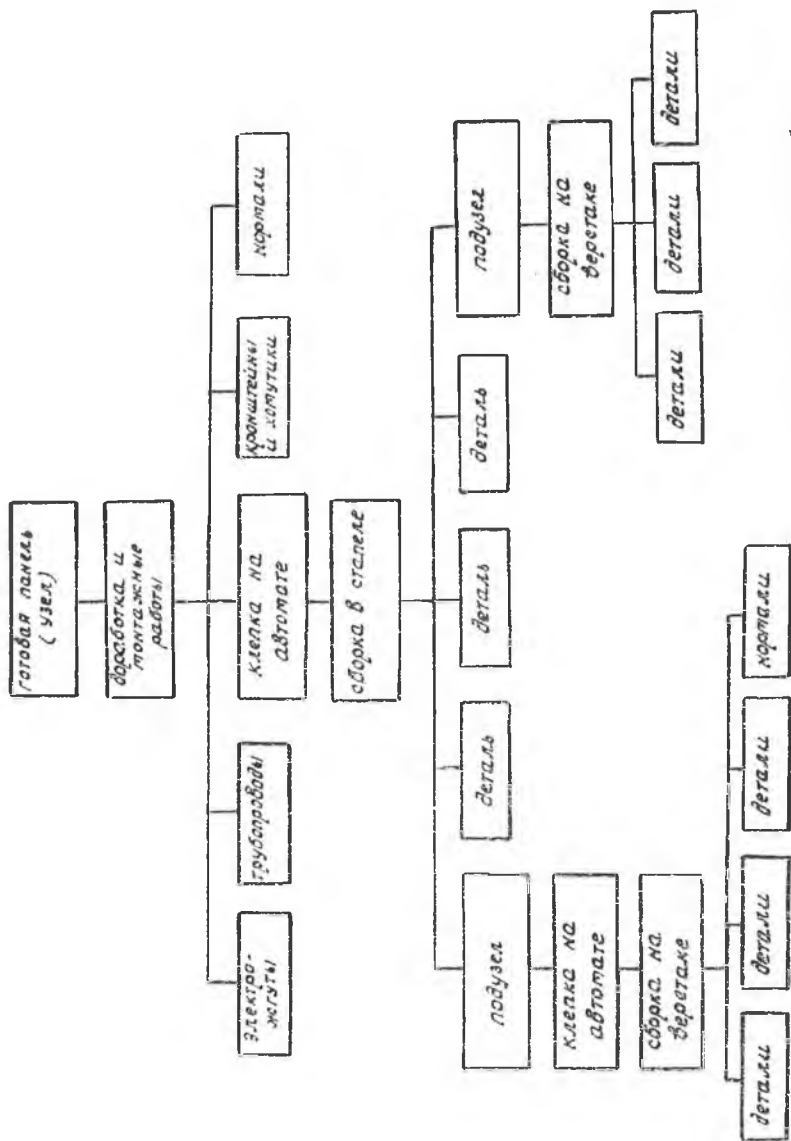


Рис. 2. Типовая схема сборки

деталей и сборочных единиц младшего порядка (панелей, узлов) определяется так называемой *схемой сборки*. Схемы сборки должны быть подчинены основному правилу: подавать на общую сборку сборочной единицы меньше элементарных деталей и больше максимально укомплектованных младших сборочных единиц. Даже при сборке узлов и панелей полезно выделить под сборки (подузлы). Это правило позволяет упростить общие сборочные приспособления и способствует сокращению сборочного цикла за счет возможного расширения фронта работы.

Окончательное решение о приемлемости варианта членения и схемы сборки на производстве принимается после экономического анализа. С этой целью производится сравнительный расчет приведенных затрат по вариантам. Принципиально схемы сборки показывают последовательность соединения деталей в сборочные единицы (рис. 2). В схемах сборки принято указывать не только детали и узлы, идущие на сборку, но также и рабочие места, на которых осуществляются сборочные и вспомогательные операции (стапели, верстаки, сверляльно-зенковальные установки, клепальные прессы и т. д.). Примеры оформления схем сборки имеются в кабинете курсового проектирования.

### *3.3. СПОСОБЫ СБОРКИ И МЕТОДЫ БАЗИРОВАНИЯ*

Сборка представляет собой совокупность операций по установке элементов конструкции в требуемое взаимное положение, фиксации их в этом положении и выполнению соединений (клепкой, на болтах, склеиванием, сваркой и другими способами). Объем сборочно-клепальных работ определяется конструкцией сборочных единиц — узлов, панелей, отсеков (секций) и агрегатов планера самолета (ЛА), физико-механическими свойствами материала деталей, из которых они изготовлены, и технико-экономическими условиями производства (оснащенностью рабочих мест, величиной производственной программы и другими показателями). Детали в сборочное положение устанавливают по сборочным базам. *Сборочная база* — это поверхность на самой детали или сборочном приспособлении, которая определяет взаимное расположение деталей в сборочном изделии. Точность изготовления деталей, образование на них базовых поверхностей и точность изготовления сборочных приспособлений являются важнейшими условиями получения требуемой формы и размеров узлов, отсеков, агрегатов. Детали ЛА при соединении в узлы, отсеки и агрегаты должны занимать вполне определенное положение в его конструкции и выполнять определенные

функции, поэтому узлы, детали, отсеки, агрегаты, поступающие на сборку, должны удовлетворять требованиям взаимозаменяемости.

В связи с тем, что большую часть узлов, деталей и агрегатов ЛА изготавливают из листовых материалов и профилей, не обладающих достаточной жесткостью, которые под действием собственного веса, давления инструментов и других нагрузок, неизбежных при сборке, изменяют свою форму и размеры, в производстве ЛА применяется *принцип зависимого или связанного изготовления деталей*. Осуществление этого принципа взаимозаменяемости производится специфическими методами с применением специальной технологической оснастки, которая, в свою очередь, изготавливается по эталонной оснастке и жестким носителям форм и размеров деталей. В качестве жестких носителей форм и размеров используют шаблоны, эталоны и макеты поверхностей, мастер-плиты и макеты стыков. Таким образом, размеры и формы эталонной и рабочей технологической оснастки и готовых деталей взаимосвязаны и зависят друг от друга.

Взаимозаменяемость деталей при зависимом изготовлении необходимо рассматривать комплексно, т. е. всю цепочку изготовления эталонной и технологической оснастки и деталей. При применении принципа зависимого изготовления особое значение имеет увязка — т. е. согласование размеров и форм эталонной и технологической оснастки для изготовления деталей и сборки узлов и агрегатов. Сущность увязки — обеспечение совпадения обводов в рассматриваемой зоне и по всей поверхности каркаса, обшивки, рубильников и ложементов сборочных приспособлений и координация центров отверстий под стыковые болты в зоне разъемов агрегатов относительно их обводов. При использовании зависимого принципа взаимозаменяемости применяются своеобразные способы сборки и методы базирования.

Способы сборки характеризуются тем, как и какими средствами осуществляется установка деталей в правильное взаимоположение при сборке. В зависимости от принятого метода базирования деталей различают несколько способов сборки, отличающихся видом применяемых при сборке приспособлений и характером процесса сборки. Наибольшее распространение в клеважно-сборочных цехах заводов по производству ЛА получили две группы способов сборки. Первая группа характеризуется тем, что детали собираемой конструкции устанавливаются по базам, расположенным на основной базовой детали. К ней относятся два способа сборки: сборка по сборочным отверстиям (СО) и сборка по разметке. Вторую группу способов сборки составляют те, при которых положение деталей и узлов собираемой конструкции определяется установочными базами, расположенными на сборочном приспособлении, поэтому сборочное приспособ-

собление или, точнее, фиксаторы сборочного приспособления можно рассматривать как форму или матрицу, размеры и конфигурация которых копируются в процессе сборки узлов, панелей, отсеков и агрегатов планера. При таком способе сборки детали поступают на сборку в законченном виде, т. е. отформованными и обработанными по контуру в окончательные размеры. Применение сборочных приспособлений позволяет обеспечить удобство при сборке, задать требуемое направление инструментов по отношению к деталям, обеспечить взаимозаменяемость и идентичность объектов сборки.

При сборке в приспособлениях различают несколько методов базирования:

- по внешней поверхности обшивки,
- по внутренней ее поверхности,
- по координатно-фиксирующим отверстиям (КФО),
- по поверхности каркаса,
- по отверстиям стыковых болтов (ОСБ) в элементах стыков и разъемов агрегатов.

Из этих пяти способов сборки в первом, втором и четвертом за базу принимается контур (обвод) собираемой конструкции, в третьем и пятом — отверстия, имеющиеся в деталях, узлах и других элементах собираемой конструкции. Выбор того или иного способа сборки и метода базирования зависит от типа самолета, конструкции сборочных единиц планера, требований к их точности, программы выпуска и других технико-экономических требований.

По данным производства и на основе расчетов известно, что сборка узлов, панелей, агрегатов наиболее точная при базировании по внешней поверхности обшивки, а самая экономичная — при базировании по КФО, СО и по внутренней поверхности обшивки, так как затраты на сборочную оснастку составляют 35...450 по сравнению с затратами при базировании по внешней поверхности обшивки. Металлоемкость оснастки и затраты на оснастку при сборке по поверхности каркаса и по внешней поверхности обшивки примерно одинаковы. Но технологическая стоимость сборки и длительность производственного цикла при базировании по поверхности каркаса выше, чем по внешней поверхности обшивки, что объясняется меньшим объемом панельного и значительным объемом сверлично-зенковальных и клепальных работ, выполняемых в приспособлениях ручным инструментом (пневмодрелями и пневмомолотками).



### *3.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМ УВЯЗКИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ И СБОРОЧНОЙ ОСНАСТКИ*

Вследствие погрешностей, возникающих на различных этапах изготовления деталей и сборки, размеры собираемого узла или агрегата отличаются от размеров, предусмотренных чертежами и техническими условиями. Причиной погрешности при сборке являются погрешности сборочной оснастки или базовой детали; погрешность базирования деталей по фиксаторам и упорам приспособления или по СО базовой детали; погрешности, не зависящие от принятого метода сборки. К последним относятся погрешности от упругой деформации деталей, поводки от клепки, смещение фиксаторов приспособления под действием силовых или температурных факторов и т. п. Величина погрешностей в значительной степени определяется схемой увязки оснастки и точностными характеристиками переноса размеров на отдельных этапах сборки (подробнее см. разд. 5).

Для достижения требуемой точности изготовления и увязки собираемых изделий разрабатываются схемы увязки заготовительной и сборочной оснастки. В самолетостроении для обеспечения взаимозаменяемости применяется система, основанная на использовании плазово-шаблонного метода производства. В настоящее время широкое распространение получили эталонно-шаблонный и макетно-инструментальный методы увязки сборочной и заготовительно-штамповочной оснастки.

Эталонно-шаблонный метод увязки. Принципиальная схема увязки оснастки при эталонно-шаблонном методе представлена на рис. 3. Для увязки сложной заготовительной и сборочной оснастки используются эталоны поверхностей агрегатов, которые полностью воспроизводят агрегаты по размерам и формам. Эталоны поверхности изготавливаются на отдельные агрегаты, в основном двойной кривизны, типа мотогондол или фонарей пилотов и увязываются между собой через систему пласковых шаблонов и инструментальную оснастку, что обеспечивает достаточную точность изготовления ЛА. Для деталей, которые выходят на аэродинамический контур, по эталону поверхности изготавливают пескосленки, с них также методом слепка изготавливают обтяжные пуансоны. По эталону поверхности изготавливают контрэталон агрегата, предназначенный для изготовления монтажного эталона и отдельных эталонов узлов. Монтажный эталон имеет элементы, воспроизводящие аэродинамический контур агрегата и его стыковые узлы. Представленная принципиальная схема (см. рис. 3) является полной схемой увязки. При мелкосерийном и опытно-массовом производстве могут быть

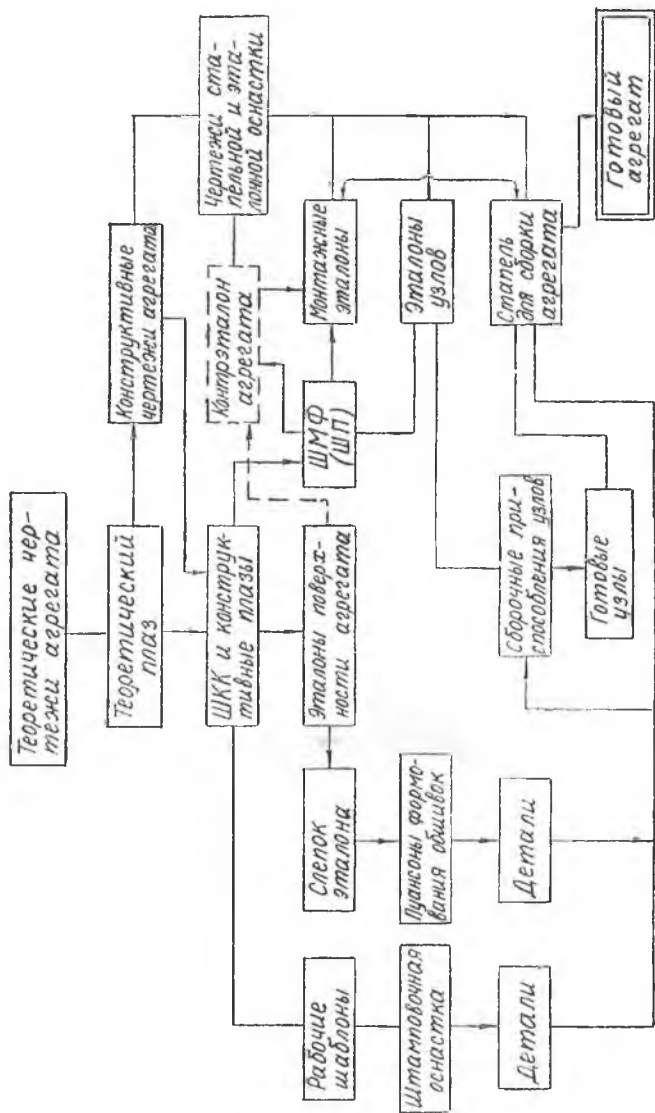


Рис. 3. Схема увязки оснастки при эталонно-шаблонном методе

отклонения от нее. В тех случаях, когда обшивки отдельных агрегатов имеют одинарную кривизну и для их изготовления не нужны обтяжные пуансоны, эталоны поверхности вообще не изготавливаются. Монтажный эталон в этом случае делается непосредственно по шаблонам монтажно-фиксирующим (ММФ). Таким образом, эталонно-шаблонный метод обеспечивает наиболее точную увязку контрольно-измерительной, рабочей и сборочной оснастки, а также межзаводскую взаимозаменяемость. Однако этот метод имеет и ряд существенных недостатков, среди которых следует отметить сложность и большую трудоемкость изготовления эталонов крупногабаритных агрегатов, узкий фронт работ, длительный цикл подготовки производства.

**Макетно-инструментальный метод увязки.** При изготовлении самолетов тяжелого и среднего типов в основном применяется макетно-инструментальный или, как еще его называют, координатно-шаблонный метод увязки. По сравнению с эталонно-шаблонным методом он проще, обеспечивает более короткие сроки подготовки производства при достаточно высокой точности изготовления сборочной оснастки. Принципиальная схема этого метода представлена на рис. 4. Увязка оснастки производится с помощью инструментального стенда (залвка вилок в стаканы балок и рам), плазмодуктора (залвка втулок в рубильниках), калибров разъемов. При макетно-инструментальном методе увязки не исключается наличие местных эталонов поверхности, которые предназначены для изготовления оснастки в виде обтяжных и гибочных пуансонов. Если обшивки отдельных агрегатов не имеют двойной кривизны и не требуют обтяжки, необходимость в эталонах поверхности отпадает.

Исходными элементами для увязки оснастки являются конструктивные плазы и шаблоны ШКК, по которым, как видно из рис. 4, выполняется группа рабочих шаблонов для изготовления деталей и штапельные шаблоны ММФ для изготовления эталонов сборочных приспособлений.

Для обеспечения взаимозаменяемости агрегатов по стыкам применяются разнообразные калибры разъемов. Калибры разъемов служат для установки в приспособлениях фиксаторов стыковых узлов, а также для увязки сборочной оснастки сопрягаемых по стыкам агрегатов, их секций и других подборок.

В последние годы получил широкое применение так называемый расчетно-плазовый метод увязки [25], принципиальная схема которого представлена на рис. 5. Основным источником всей информации о теоретических обводах являются аналитически заданные теоретические чертежи. Эта информация с помощью ЭВМ может быть превращена в программы для электронных координатографов и станков с числовым программным управлением (СЧПУ). С помощью координатографов на конструктив-

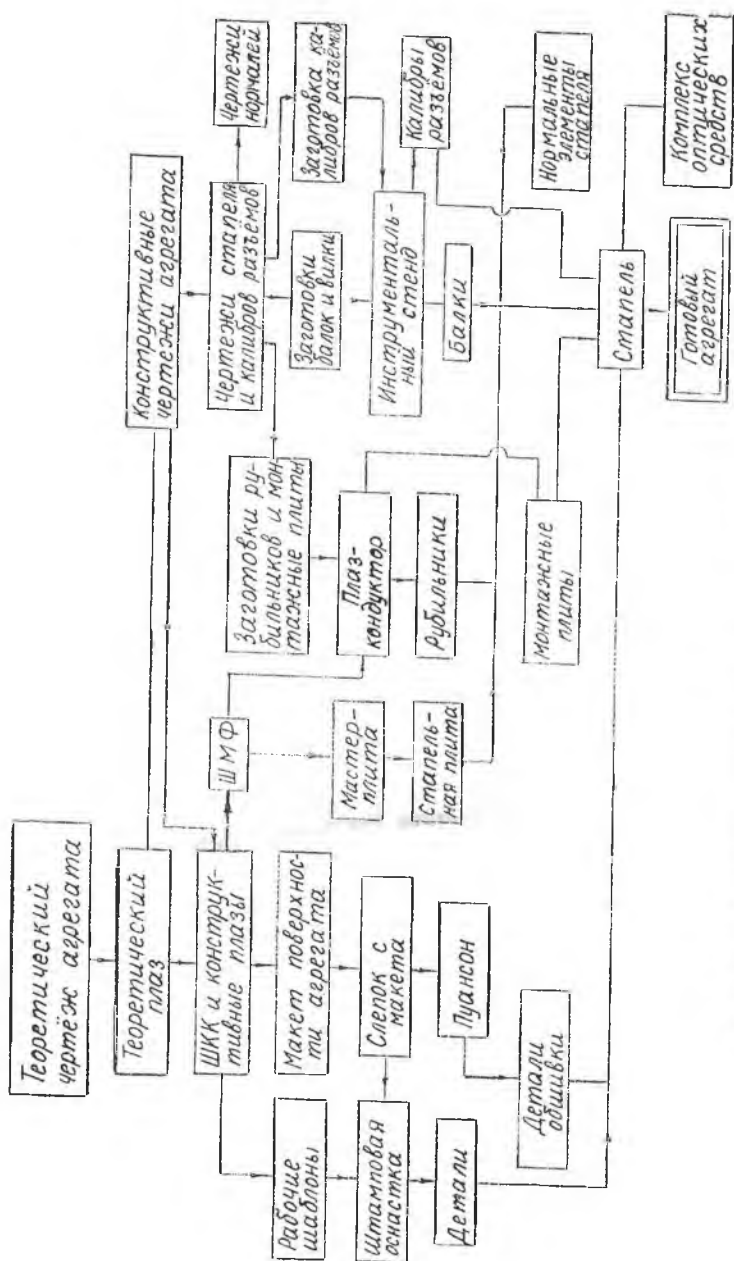


Рис. 4. Схема увязки оснастки при макетно-инструментальном методе

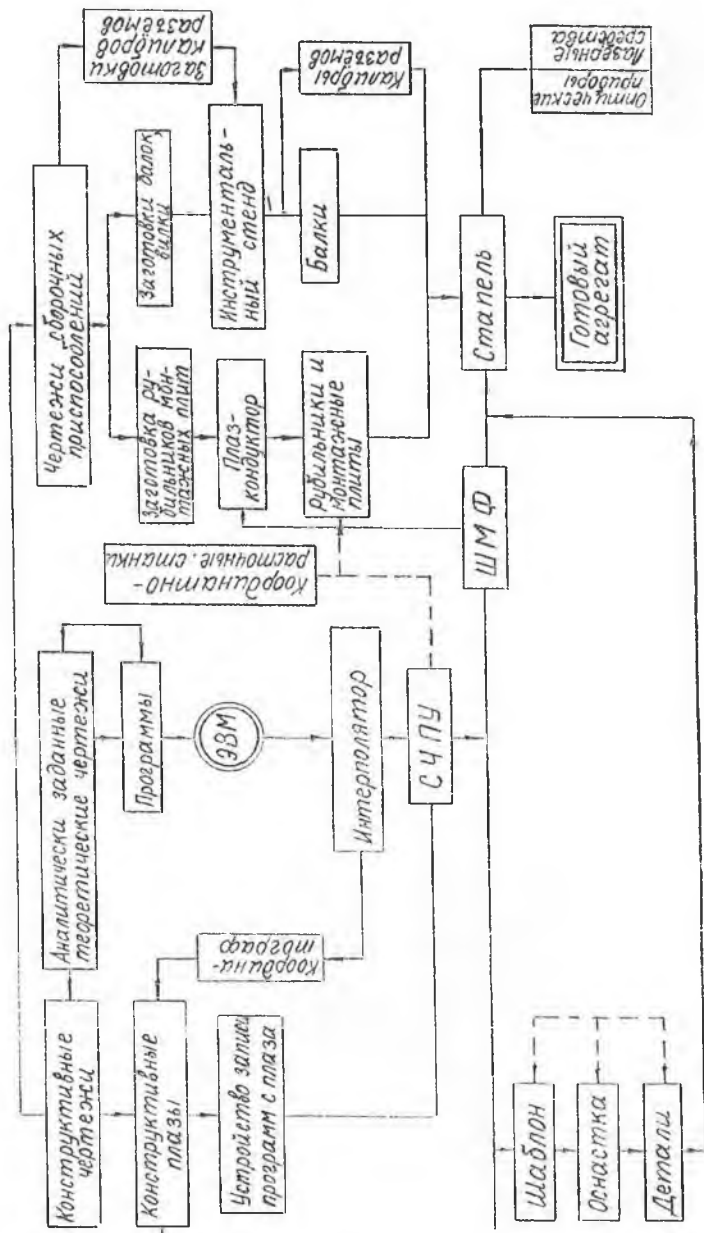


Рис. 5. Схема увязки оснастки при расчетно-плазмовом методе

ных плазах вычерчиваются теоретические контуры и теоретические оси. На основе конструктивных чертежей на конструктивном плазе вручную вычерчиваются все элементы и контуры, которые трудно задать в аналитическом виде. Снятие с конструктивного плаза числовых данных о контурах и превращение их в программы производится с помощью установки для записи программ с плаза (УЗП-1П). С помощью специальной аппаратуры эти программы переводятся на магнитную ленту и используются на станках с ЧПУ при изготовлении шаблонов, а также некоторых элементов штамповочной оснастки (форм-блоков, болванок и др.). Некоторые плоские детали типа накладок и стенок могут изготавливаться непосредственно на СЧПУ. Объемные элементы сборочной оснастки при расчетно-плазовом методе увязки изготавливаются с помощью инструментального стенда. Плоские элементы сборочной оснастки типа рубильников, ложементов и плит могут изготавливаться непосредственно на СЧПУ (с предварительной разделкой базовых отверстий на координатно-расточных станках).

Описанные выше методы увязки и монтажа сборочной оснастки являются основными в производстве ЛА. Однако при выполнении курсового проекта могут быть использованы и другие методы монтажа оснастки (по шаблону ШМФ, на координатных плитах, с помощью координатно-оптических и лазерно-центрирующих систем). При этом правые части схемы увязки претерпевают значительные изменения. Таким образом, при разработке схемы увязки студент должен иметь в виду, что ее необходимо представлять конкретно для заданного узла или агрегата и принятых методов монтажа оснастки. Примеры оформления схем увязки имеются в кабинете курсового проектирования.

## **4. РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ**

### **4.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

При разработке технологического процесса сборки необходимо установить план и содержание сборочных операций, входящие в них переходы и наиболее рациональную последовательность их выполнения. Технологический процесс сборки любой клановой конструкции состоит из ряда типовых операций (табл. 2), варианты выполнения которых приведены,

Типовые операции технологического процесса сборки

Этапы сборки (группы операций)	Возможные операции	Варианты выполнения операций	Примечание
Установка, фиксация и закрепление собираемых элементов	Установка и фиксация Закрепление	По разметке, по сборочным отверстиям, по фиксаторам сборочного приспособления По фиксаторам приспособления и штырям по КФО, зажимами приспособления, съёмными зажимами (струбцинами, пружинными фиксаторами, штырями), контрольными болтами, контрольными заклепками	Без пригонки или с пригонкой По просверленным заранее отверстиям или со сверлением для них отверстий
Подготовка отверстий	Сверление Зенкование Развертывание	С разметкой по чертежу, с разметкой по шаблону, по направляющим отверстиям, по кондукторам Отдельно, после сверления, совместно со сверлением Вручную, пневмоинструментом, на станках	Пневматическими дрелями, на стационарных установках или на клепальных автоматах
Протягивание Упрочняющая обработка Штамповка лунок Снятие заусенцев	Переносными силовыми головками, дорнами, раскатниками В каркасах — пневмомолотками, в обшивках — на прессах Штапелями, сверлами	Для болтов высоких классов точности и заклепок с высоким сопротивлением срезу	Обязательно при герметической клепке

Этапы сборки (группы операций)	Возможные операции	Варианты выполнения операций	Примечание
Собственно сборка (соединение)	Обезжиривание герметических швов и прокладка герметиков Клепка различного рода заклепками	Пневмомолотками, переносными прессами, на стационарных прессах, на клепальных автоматах	
Освобождение от фиксаторов и зажимов	Постановка болтов и винтов Контровка Снятие съёмных фиксаторов и зажимов Освобождение от зажимов приспособлений		Освобождение от фиксаторов может идти непосредственно после I этапа, если сверление и клепка ведутся на стационарном оборудовании
Внезапальная доработка	Сверление Клепка Развертывание или протягивание отверстий	Пневмоинструментом или на станках, на прессах	Объем доработки зависит от характера процессов, степени загрузки стантелей и ряда других условий

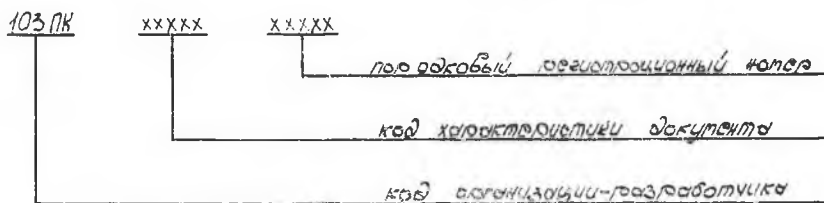


В зависимости от технологичности изделия и величины производственной программы необходимо всемерно механизировать основные и вспомогательные процессы, исключая или сводя к минимуму подгоночные и трудоемкие ручные работы. Вместе с разработкой технологических процессов сборки составляют условия на проектирование сборочной оснастки и средств контроля, выбирают транспортные и подъемные устройства, составляют условия поставки на сборку узлов и деталей и ведомости потребных нормалей и материалов. После этого технолог (студент) может приступить к разработке и оформлению на картах рабочего технологического процесса. Технологический процесс оформляется на операционных картах ГОСТ 3.1407-74, форма 1, 1А, 2 и 2а. Примеры заполнения операционных карт приведены в кабинете для курсового проектирования. Затем производится нормирование процесса. Одновременно по тарифно-квалификационному справочнику определяется специальность и разряд работы. В пояснительной записке необходимо привести несколько примеров нормирования характерных операций.

При проектировании технологического процесса необходимо применять современные высокопроизводительные инструменты и оборудование, которые выбирают по каталогам и заносят в технологические карты.

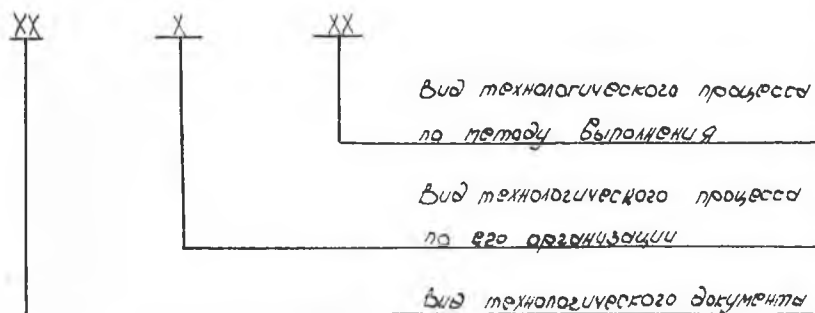
При оформлении рабочего технологического процесса могут применяться следующие формы: титульный лист — ГОСТ 3.1104-74, форма 2; маршрутная карта — ГОСТ 3.1105-74, форма 1 и 4, ведомость оснастки — ГОСТ 3.1105-74, форма 9 и 9А; карта эскизов — ГОСТ 3.1105-74, форма 5; операционная карта технического контроля — ГОСТ 3.1502-74, форма 2 и др. Технологические документы должны обозначаться по системе обозначения — ГОСТ 3.1201-74 [26].

Устанавливается следующая структура обозначения документов:



После кода организации-разработчика и кода характеристики документа ставят точку. Устанавливаются следующие основные признаки характеристики документа:

вид технологического документа;  
 вид технологического процесса по его организации или метод его организации;  
 вид технологического процесса по методу выполнения.  
 Устанавливается следующая структура и длина кода характеристики документа:



Порядковые регистрационные номера документам присваивают с 00001 по 99999 в пределах каждого кода характеристики документов. Код организации-разработчика в курсовом проекте принимается 103 (103—код кафедры ПЛА). Код характеристики документа назначают по табл. П 1—3 приложения. Пример обозначения операционной карты технологического процесса слесарных, слесарно-сборочных и электромонтажных работ: 103ПК.60088.00025

## 4.2. РАЗРАБОТКА УСЛОВИЙ НА ПОСТАВКУ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ

Условия на поставку деталей и узлов разрабатываются технологиями агрегатных цехов и определяют ту степень законченности, с какой должны поступать детали и отдельные узлы в данный агрегатный цех на сборку конкретной сборочной единицы. В условиях поставки указывают укомплектованность узла, перечисляют детали, входящие в его конструкцию. В условиях на поставку деталей определяется степень их готовности, т. е. указывается наличие припусков, технологических отверстий (СО, НО, КФО), наличие и диаметр стыковочных отверстий, оговариваются места, где их не должно быть.

Условия на поставку узлов и деталей должны быть оформлены в записке в виде таблицы (табл. 3).

Карта поставки

Эскиз детали или узла	Номер детали или узла	Наименование	Степень законченности
	0300-40-01	Профиль	Привуск с двух сторон 5 мм; НО; СО по чертежу
	0200-50-02	Косыпка	

### 4.3. СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Для сборки узла или агрегата может быть разработано несколько вариантов технологических процессов, из которых необходимо выбрать оптимальный. Варианты могут отличаться как методами базирования или схемой сборки, так и способами и средствами выполнения отдельных операций и переходов. Для правильного выбора оптимальной схемы технологического процесса необходимо провести экономическое сравнение возможных его вариантов. Для этого студент, консультируясь у преподавателя, выбирает два технологических процесса, одинаковых по качественным показателям, но различных по характеру выполнения и проводит их экономическое сравнение. Сравнение ведется по технологической себестоимости, по ее изменяющимся статьям. При практических расчетах обычно ограничиваются включением в технологическую себестоимость только расходов на заработную плату производственным рабочим  $Z_{пр}$ ; расходов на эксплуатацию оборудования и его амортизацию  $O$ ; расходов на эксплуатацию приспособления  $П$  и инструмента  $И$ . Стоимость основных и вспомогательных материалов можно не учитывать, так как она обычно не меняется при изменении технологического процесса сборки узлов:  $C = Z_{пр} + O + П + И$ . В нескольких случаях в расчеты можно включать и другие элементы себестоимости (стоимость энергии, зарплату наладчиков и т. п.). Если же в сравниваемых вариантах техпроцессов некоторые статьи будут одинаковы, то их можно исключить при расчете технологической себестоимости. Порядок расчетов при сравнении вариантов по технологической себестоимости следующий:

1. Рассчитываются затраты по каждой составляющей технологической себестоимости для каждого варианта.

2. Определяются текущие затраты на одно изделие:

$$A = Z_{пр} + O_y + П_y + И_y,$$

где  $O_y$ ,  $П_y$ ,  $И_y$  — затраты на универсальное оборудование, приспособление и инструмент.

3. Определяются одновременные затраты для каждого варианта:

$$B = O_c + П_c + И_c ,$$

где  $O_c$ ,  $П_c$ ,  $И_c$  — затраты на спецоборудование, приспособление и инструменты.

4. Определяется технологическая себестоимость одного изделия:

$$C_T = A + B/N ,$$

где  $N$  — годовая программа или суммарные расходы на годовую программу выпуска изделий,

$$C_{T \text{ год}} = A \cdot N + B .$$

5. Построив график  $C = f(N)$ , определяют оптимальный вариант технологического процесса для данного масштаба производства.

Рассмотрим подробнее расходы на составляющие статьи технологической себестоимости в соответствии с методикой, предложенной в пособии [21].

Расходы на заработную плату производственных рабочих состоят из заработка по тарифной сетке и начислений по соцстраху. Они могут быть определены по формуле  $Z_{и р} = C_p T_{шт к} \eta_z$ , где  $C_p$  — тарифная ставка;  $T_{шт к}$  — штучно-калькуляционное время;  $\eta_z$  — 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  $\eta_z$ , учитывающий дополнительную зарплату (оплата отпусков, начисления по соцстраху и др.), принимают равным от 1,13 до 1,18.

Расходы по эксплуатации оборудования и его амортизации можно определить по формуле  $O = O_{эк} + Э + P_a$ , где  $O_{эк}$  — расходы, связанные с эксплуатацией оборудования;  $Э$  — расходы на потребляемую энергию (электроэнергия, сжатый воздух);  $P_a$  — расходы, связанные с годовыми амортизационными отчислениями.

Значения входящих величины приближенно можно определить по следующим формулам:

$$O_{эк} = 0,18 \frac{C_{об}}{N} ,$$

$$Э = W_{уст} (0,25 T_{х х} + T_{маш}) C_{эл} ,$$

$$P_a = K_o a_o ,$$

где  $C_{об}$  — стоимость оборудования;  $N$  — годовая программа выпуска;  $W_{уст}$  — мощность электродвигателей оборудования в киловаттах;  $T_{хх}$  — время холостого хода;  $T_{маш}$  — машинное время;  $C_{эл}$  — стоимость 1 кВт промышленной электроэнергии (принимается 1,5 к.);  $K_0$  — капиталовложение в оборудование;  $a_0$  — годовая норма амортизационных отчислений.

Стоимость оборудования  $C_{об}$  определяется по каталогам оборудования или по таблицам приложения /21/.

Капитальные вложения в оборудование определяются по формуле

$$K_0 = C_{об} Q,$$

где  $Q$  — количество единиц оборудования.

Годовая норма амортизационных отчислений может быть принята для клепальных процессов равной 8%, для специальных станков и установок 10%.

Сверлильно-клепальное оборудование является специализированным оборудованием, на котором изготавливается целая группа сборочных узлов, поэтому при определении расходов по эксплуатации оборудования и его амортизации, связанных с изготовлением данного узла, необходимо общие годовые расходы умножить на коэффициент  $K_3$ , характеризующий, какая доля годового фонда времени работы оборудования связана с изготовлением данного узла:

$$K_3 = \frac{T_{штк} N}{\Phi_0 k},$$

где  $\Phi_0$  — годовой фонд времени работы оборудования;  $k$  — коэффициент загрузок оборудования, для мелкосерийного производства он равен 0,7, для крупносерийного — 0,8...0,85.

Расходы по эксплуатации приспособлений определяются по формуле

$$П_c = \frac{C_{прс} \cdot L + P_{пр}}{N_{обш}},$$

где  $C_{прс}$  — стоимость приспособления, которая определяется по таблице приложения /21/;  $L$  — стоимость деталей приспособления, которые могут быть использованы для изготовления новых приспособлений после снятия с производства данного изделия. В зависимости от степени нормализации приспособления ее можно принять равной 15...30%  $P_c$ ;  $P_{пр}$  — расходы на все ремонты приспособления за время его эксплуатации (их можно принять равными 10%  $C_{прс}$  для мелких сборочных приспособлений и 15...20%  $C_{прс}$  — для средних);  $N_{обш}$  — число изделий, которые должны быть собраны за время выпуска данного объекта.

Расходы по эксплуатации инструмента можно определить по формуле

$$H_{II} = \frac{C_{II} + P_{II}}{a T_{II}(n+1)} T_{\text{каш}},$$

где  $C_{II}$  — стоимость инструмента и  $P_{II}$  — стоимость ремонта инструмента;  $T_{II}$  — стойкость инструмента между ремонтами, а также  $n$  — количество допускаемых ремонтов инструмента можно определить из таблицы приложения 2 работы /21/;  $a$  — коэффициент, учитывающий действительную работу инструмента, его можно принять при двухсменной работе цеха равным 0,3...0,5.

#### 4.4. РАЗРАБОТКА ЦИКЛОВОГО ГРАФИКА СБОРКИ

В цикловом графике сборки дается краткий перечень выполняемых операций, указывается трудоемкость и длительность выполнения операций, а также количество одновременно работающих на каждом задании. Суммируя длительность последовательно выполняемых операций, определяют технологический цикл всего процесса сборки, а также цикл сборки узла или агрегата в стапеле  $\Pi_{\text{ст}}$ . Продолжительность выполнения операций определяется по формуле

$$\Pi_{\text{ст}} = \frac{T}{\Pi_{\text{ок}} k},$$

где  $T$  — трудоемкость;  $\Pi_{\text{ок}}$  — количество одновременно работающих;  $k$  — коэффициент переработки норм (обычно равен 1,05...1,15).

При разработке циклового графика следует особо обратить внимание на правильную компоновку смешных заданий. Операции желательно компоновать так, чтобы цикловое время их выполнения было кратно одной смене. Если это не удастся сделать, можно расчленить отдельные операции по переходам. Определив сменные задания, количество одновременно работающих на каждом задании и цикловое время их выполнения, строят графики работ по сменам согласно прилагаемой схеме (табл. 4).

Таблица 4

Цикловой график

Наименование операций и переходов	Трудоемкость н/ч	Количество одновременно работающих	Цикл, время, ч	1 смена								2 смена							
				Часы															
				1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8

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

## 5. РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ СБОРКИ

---

### 5.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ РАСЧЕТА

Разработка технологического процесса сборки узла или агрегата и приспособления для сборки должна заканчиваться проверкой точности собираемого изделия и приспособления. Различают *заданную* (требуемую) *точность*, которую назначает конструктор при разработке рабочих чертежей изделия, *действительную точность*, получаемую в результате изготовления изделия и определяемую измерением его, и *ожидаемую* (расчетную) *точность*, устанавливаемую расчетом. Последняя характеризует качество технологического процесса и его оснащения. Задачи студента при выполнении проекта — определить ожидаемую точность, сопоставить ее с заданной, а также провести анализ тех технологических или конструктивных мероприятий, которые необходимы для получения точности в соответствии с ТУ.

При производстве ЛА широкое применение нашел принцип связанного изготовления деталей. При этом очень важное значение приобретает не только и не столько точность изготовления деталей, как точность их увязки. Если точность изготовления двух объектов А и Б, соединяемых между собой в узел, характеризуется их погрешностями изготовления  $\delta_A$  и  $\delta_B$ , равными разности между их действительными ( $A_d$ ,  $B_d$ ) и номинальными размерами ( $A_n$ ,  $B_n$ ):

$$\delta_A = A_d - A_n, \quad \delta_B = B_d - B_n, \quad (1)$$

то погрешность их увязки  $S_{A-B}$  характеризуется разностью погрешностей их изготовления:

$$S_{A-B} = \delta_A - \delta_B. \quad (2)$$

Для расчетов точностных параметров применяется аппарат теории размерных цепей. Рекомендуется ознакомиться с ее основными понятиями по учебнику [22/].

При курсовом проектировании будут применяться только плоскопараллельные или скалярные размерные цепи. Размер замыкающего звена в этом случае определяется по уравнению размерной цепи

$$L_{\text{зам}} = \sum_{i=1}^n A_i L_i, \quad (3)$$

где  $L_i$  — составляющие звенья размерной цепи;  $A_i$  — передаточное отношение, характеризующее влияние составляющих звеньев на замыкающее звено;  $A_i = 1$  — для увеличивающих звеньев, с ростом которых увеличивается замыкающее звено;  $A_i = -1$  — для уменьшающих звеньев, с ростом которых уменьшается замыкающее звено.

Если составляющие звенья размерной цепи выполнены с производственными погрешностями  $\Delta_i$ , то в силу замкнутости размерной цепи замыкающее звено получит производственную погрешность, определяемую уравнением производственной погрешности

$$\Delta_{\text{зам}} = \sum_{i=1}^n A_i \Delta_i. \quad (4)$$

При расчетах в курсовом проекте можно ограничиваться составлением этих уравнений, не составляя уравнений размерных цепей. В проектных расчетах студент будет иметь дело со сборочными и полными размерными цепями, описывающими весь процесс переноса размеров как при изготовлении деталей, так и при сборке узла (агрегата). Решение уравнений производственных погрешностей (4) может быть выполнено расчетом на максимум-минимум, когда получают максимально возможные отклонения замыкающего звена. Более правильным является расчет, основанный на принципах теории вероятности. В этом случае решение уравнений погрешностей сводится к определению двух основных статистических характеристик погрешности замыкающего звена:  $\Delta_{\Sigma}$  — координаты центра группирования погрешностей сборки;  $\delta_{\Sigma}$  — среднеквадратичного отклонения или половины поля допуска замыкающего звена. Эти величины определяются по формулам

$$\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (A_i \Delta_i + A_i \delta_i \alpha_i), \quad (5)$$

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

где  $\Delta_i$  — координата середины поля допуска составляющего звена;

$\delta_i$  — половина поля допуска составляющего звена;



$\alpha_i$  — коэффициент относительной асимметрии разделения составляющего звена;

$K_i$  — коэффициент относительного рассивания размера составляющего звена.

В случае нормального распределения (по закону Гаусса)  $\alpha_i$  и  $K_i$  соответственно равны 0 и 1. Для других видов распределения  $\alpha_i$  и  $K_i$  определяются из экспериментов и приводятся в таблицах.

Координата середины поля допуска составляющего звена

$$\Delta_i = \frac{BO_i + NO_i}{2} . \quad (6)$$

где  $BO_i$  — верхнее и  $NO_i$  — нижнее предельные отклонения.

При симметричном расположении допуска  $\Delta_i = 0$ . Половина поля допуска

$$\delta_i = \frac{BO_i - NO_i}{2} . \quad (7)$$

Предельные отклонения замыкающего размера (размера собранного изделия) будут

$$BO_z = \Delta_z + \delta_z , \quad (8)$$

$$NO_z = \Delta_z - \delta_z .$$

Полученные при расчетах отклонения не должны превышать отклонений, заданных техническими условиями на изделие. Если на чертеже узла или агрегата нет конкретных указаний о точности (допусках) готового изделия, можно ориентироваться на данные, приведенные в табл. 5.

Таблица 5

*Допуски на точность контура агрегата*

Агрегаты	Части агрегатов	Отклонения от теоретического контура, мм
Фюзеляж	Носовая часть	$\pm 2,0$
	Средняя и хвостовая части	$\pm 3,0$
Крыло Стабилизатор	Передняя часть 30..40%	$\pm 1,0$
	Центральная и хвостовая части	$\pm 2,0$
Мотогондолы	Передняя часть (20%)	$\pm 1,0$
	Задняя часть	$\pm 2,0$

## 5.2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПОГРЕШНОСТИ

Погрешности, определяющие точность выполнения собираемых изделий, можно разделить на три основные группы (табл. 6).

Виды производственных погрешностей

Т а б л и ц а 6

Группа	Вид погрешности	Принятое обозначение
Погрешности изготовления рабочего носителя размера	Погрешность изготовления базовой детали	$\delta_{\text{баз}}$
	Погрешность изготовления приспособления для сборки	$\delta_{\text{пр}}$
Погрешность увязки	Погрешность взаимной увязки отверстий базовой и устанавливаемой деталей	$C_{\text{со}}(\text{дет}_1 - \text{дет}_2)$
	Погрешность взаимной увязки контуров базовой и устанавливаемой детали	$C_{\text{кон}}(\text{дет}_1 - \text{дет}_2)$
	Погрешность взаимной увязки сборочных приспособлений	$C_{\text{пр}}(\text{объект}_1 - \text{объект}_2)$
	Погрешность взаимной увязки сборочных приспособлений	
	Погрешность увязки контура и сборочных отверстий детали	$C_{\text{дет}}(\text{кон} - \text{со})$
	Погрешность увязки контура и координатно-фиксирующих отверстий детали	$C_{\text{дет}}(\text{кон} - \text{кфо})$
Погрешности, не зависящие от метода базирования	Погрешности, вызванные клепкой, сваркой	$\delta_{\text{кл}}$
	Погрешности, вызванные температурными изменениями	$\delta_t$
	Погрешности, вызванные деформациями сборочных приспособлений	$\delta_f$
	Погрешности, вызванные изменением толщины материала	$\delta_s$

Статистические характеристики производственных погрешностей на разных этапах переноса размеров и величины коэффициентов  $\alpha_i$  и  $K_i$  приведены в табл. 7.

Таблица 7

Статистические величины погрешностей

Обозначение этапа	Технический процесс или метод переноса размера	Отклонения контура, мм	Отклонения между осями отверстий, мм	$\alpha_i$	$K_i$
ТП-КП	Расчерчивание	0; -0,1	$\pm 0,05$	0	1
КП-ОК	Фотопечать	$\pm 0,1$	$\pm 0,05$	0	1
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	—»—	+0,3; 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
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-приспособление	Фиксация штырями	$\pm 0,1$	$\pm 0,02$	0	1
ПС-приспособление	То же	$\pm 0,1$	$\pm 0,02$	0	1
МЭ-приспособление	Фикс., штыри	$\pm 0,1$ ; 0	$\pm 0,1$	0	1
Формблок-деталь	Штамп. резной	+0,3; 0	—	0	1
Болванка-деталь		+1,5; +0,5	—	0,2	1,1
ШОК-деталь	Сверление	—	$\pm 0,2$	0	1
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
КЭ-МЭ	То же	0; -0,1	$\pm 0,1$	0	1
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 ПГР	+0,5; 0	—	0,2	1,2
Кондуктор-деталь	Сверление	—	$\pm 0,05$	0	1,0
СЧПУ-шаблон	Механич. обработка	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	0	1
СЧПУ-рубильник	То же	$\pm 0,15$	—	0	1
ШКС-копир.	Припиловка	+0,2; 0	—	0,5	
Копир-обшивка	Штамповка-гибка	+1,5 0,5	—	0,2	1,1
ШВК-макетный шапгоут	Припиловка	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$	0,5	1,4
ПК-макетный шапгоут	Разметка отверстий	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	0,5	1,4

В соответствии с принятым технологическим процессом сборки изделия для полной технологической размерной цепи составляют уравнение производственной погрешности.

Определяют по формулам (6), (7) и табл. 7 величины  $\alpha_i$ ,  $\Delta_i$ ,  $\delta_i$  и  $K_i$ . Затем по формулам (5) находят  $\Delta_{\Sigma}$ ,  $\delta_{\Sigma}$  и величины  $VO_{\Sigma}$ ,  $HO_{\Sigma}$  по формулам (8). Расчет величин  $\Delta_{\Sigma}$ ,  $\delta_{\Sigma}$  удобно вести, записав все данные и вычисления в табл. 8.

Расчет точности сборки

Таблица 8

№ п/п	Обозначение этапа	Технологический процесс	Отклонение, мм	$\delta_i$ , мм	$\Delta_i$	$\Delta_i$ , мм	$\alpha_i$	$K_i$	$\Delta_i \Delta_i$ , мм	$A_i \delta_i \alpha_i$ , мм	$A_i^2 \delta_i^2 K_i^2$ , мм <sup>2</sup>

### 5.3. ВЛИЯНИЕ НА ТОЧНОСТЬ СБОРОЧНОГО ПРОЦЕССА МЕТОДА БАЗИРОВАНИЯ

Сборка с базированием на внешнюю поверхность обшивки («от обшивки»). Точность выполнения аэродинамического контура агрегата в этом случае определяется уравнением

$$\delta_{сб} = \delta_{пр} + C_{\text{коп(пр-дет)}} + \delta_{кл} + \delta_f + \delta_t, \quad (9)$$

где  $\delta_{сб}$  — погрешность готового агрегата;

$\delta_{пр}$  — погрешность сборочного приспособления;

$C_{\text{коп(пр-дет)}}$  — погрешность взаимной увязки контуров приспособления (например, рубильников) и устанавливаемой детали (например, обшивки);

$\delta_{кл}$ ,  $\delta_f$ ,  $\delta_t$  — погрешности, вызываемые кленкой, деформацией приспособления, изменением температуры.

Принимая приближенно сумму последних равной 40% погрешности сборки, т. е.

$$\delta_{кл} + \delta_f + \delta_t = 0,4 \delta_{сб}, \quad (10)$$

получим

$$0,6 \delta_{сб} = \delta_{пр} + C_{\text{коп(пр-дет)}}, \quad (11)$$

Погрешность увязки контуров приспособления и обшивки (зазор между рубильником и обшивкой) можно значительно уменьшить за счет установки специальных прижимов в приспособлениях. В этом случае формула для расчета  $\delta_{сб}$  будет иметь вид

$$0,6 \delta_{сб} = \delta_{пр} + C_{\text{коп(пр-дет)}} K_{\text{приж}}. \quad (12)$$

Коэффициент прижима  $K_{\text{приж}}$  характеризует компенсацию погрешности и определяется по табл. 9.

Здесь  $l_{\text{пр}}$  — расстояние между прижимами;

$l_{\text{дет}}$  — длина детали.

Сборка с базой на внешнюю поверхность каркаса. Для сборки узлов типа нервюр, шпангоутов, лонжеронов в приспособлениях

следует пользоваться формулой (12), так как детали, образующие обвод, могут быть прижаты к контурным фиксаторам (ложементам) прижимами. При сборке агрегатов и секций с базой на внешнюю поверхность каркаса уменьшить погрешности увязки  $C_{\text{кон(пр-дет)}}$  за счет установки прижимов не представляется возможным. Кроме того, вносится дополнительная погрешность в толщине обшивки  $\delta_s$ . Тогда формула (11) примет вид

$$0,6 \delta_{сб} = \delta_{\text{пр}} + C_{\text{кон(пр-дет)}} + 2 \delta_s. \quad (13)$$

При сравнении формул (12) и (13) видно, что способ сборки от каркаса менее точен. Для повышения точности обвода допускается компенсация путем правки каркаса или установки прокладок. В этом случае погрешность увязки должна быть принята равной (0,5...0,6)  $C_{\text{кон(пр-дет)}}$ .

Сборка по сборочным отверстиям. Для сборки стенки нервюры с двумя поясами ( $\text{дет}_1, \text{дет}_2$ ) формула будет иметь вид

$$\delta_{сб} = \delta_{\text{баз}} + C_{\text{дет}_1(\text{кон-со})} + C_{\text{дет}_2(\text{кон-со})} + \delta_{\text{кл}} + 2 \delta_{\text{фик}}, \quad (14)$$

где  $\delta_{\text{баз}}$  — погрешность базовой детали (стенки);

$C_{\text{дет(кон-со)}}$  — погрешность увязки контура и СО первого и второго пояса;

$\delta_{\text{кл}}$  — погрешность от клепки;

$\delta_{\text{фик}}$  — погрешность фиксирования (зазор между отверстием и штырем-фиксатором).

Приняв

$$\delta_{\text{кл}} + 2 \delta_{\text{фик}} = 0,3 \delta_{сб}, \quad (15)$$

получим

$$0,7 \delta_{сб} = \delta_{\text{баз}} + C_{\text{дет}_1(\text{кон-со})} + C_{\text{дет}_2(\text{кон-со})}. \quad (16)$$

Компенсация в этом случае невозможна. При сборке агре-

Определение коэффициента прижима

Количество прижимов	$l_{\text{пр}} / l_{\text{дет}}$	$K_{\text{приж}}$
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

гата из узлов, собранных по СО, надо добавлять погрешности обшивок  $2\delta_s$ :

$$0,7 \delta_{сб} = \delta_{баз} + C_{дет,(кон-со)} + C_{дет_2,(кон-со)} + 2\delta_s. \quad (17)$$

Сборка по КФО. При этом методе сборка происходит в приспособлении, поэтому  $\delta_{газ} = \delta_{пр}$ . Приняв

$$\delta_{кл} + \delta_f + \delta_t + 2\delta_{фик} = 0,5\delta_{сб}, \quad (18)$$

получим общее уравнение в виде

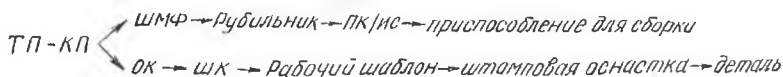
$$0,5 \delta_{сб} = \delta_{пр} + C_{дет,(кон-кфо)} + C_{дет_2,(кон-кфо)} + 2\delta_s. \quad (19)$$

Примечание: при выводе формул (13), (17), (19) принято приближенно, что зазор между каркасом и обшивкой равен нулю.

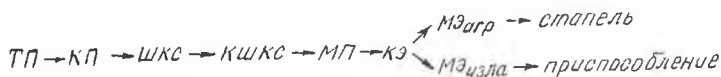
#### 5.4. СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ПОГРЕШНОСТИ.

##### УЧЕТ СХЕМЫ УВЯЗКИ СБОРОЧНОЙ И ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ОСНАСТКИ

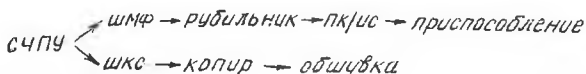
При связанном изготовлении деталей происходит накопление погрешностей на всех этапах переноса размеров, начиная с первоисточника (обычно с теоретического плаза). Число и характер этих этапов зависит от принятой схемы увязки заготовительной и сборочной оснастки. Она записывается в форме так называемой *структурной схемы увязки оснастки*. Например, для макетно-инструментального (иначе координатно-шаблонного) метода увязки структурная схема запишется так:



Для эталонно-шаблонного метода она будет иметь вид:



Для расчетно-плазового метода запишется так:



Для определения погрешности сборки узла, изготовления детали или приспособления необходимо суммировать все погрешности одной ветви, начиная от первоисточника. При определении погрешности увязки приспособления, деталей между собой или деталей с приспособлениями суммируются погрешности несвязанных этапов по обоим ветвям. Приняв по данным табл. 7 величины погрешностей и записав их на стрелках, связывающих этапы, получим уравнение погрешностей. При сборке по СО и КФО необходимо показать как погрешности по контурам (выше стрелки), так и погрешности отклонения отверстий от контура (ниже стрелки).

### 5.5. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ТОЧНОСТИ СБОРКИ

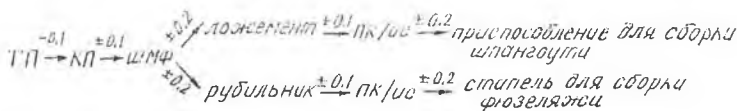
**Пример 1.** Заданный по ТУ допуск на отклонение фюзеляжа от теоретического контура  $\delta_{сб} = \delta_{ту} = \pm 2$  мм. Требуется определить допуск на контур шпангоута в том же сечении, а также ожидаемую точность его сборки. Допуск на узел определяется по формуле

$$\delta_{уз} = \delta_{ту} - C_{пр(агр-узел)} \quad (20)$$

где  $C_{пр(агр-узел)}$  — погрешность увязки сборочных приспособлений для сборки фюзеляжа и шпангоута.

Для расчета  $C_{пр(агр-узел)}$  составляют структурную схему, приняв методом увязки макетно-инструментальный.

По табл. 7 определяем погрешность на всех этапах переноса размеров при изготовлении сборочных приспособлений:



Для определения погрешности увязки берем только несвязанные этапы переноса размеров. Для них все допуски симметричные, поэтому координата середины поля допусков равна 0:

$$\Delta_{\Sigma} C_{пр(агр-узел)} = 0.$$

Половину поля допусков определим по формуле (5):

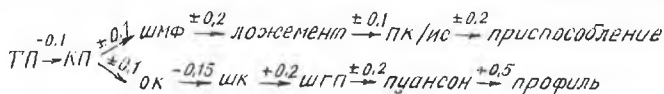
$$\delta_{\Sigma} = C_{пр(агр-узел)} = \sqrt{4 \cdot 0,2^2 + 2 \cdot 0,1^2} = \pm 0,425 \text{ мм.}$$

Таким образом, допуск на сборку шпангоута будет  $\delta_{уз} = \pm 2 \pm \pm 0,425 = \pm 1,575$  мм.

(Ожидаемую точность сборки шпангоута определим по формуле (12):

$$0,6 \delta_{сб} = \delta_{пр} + 2 C_{кон(пр-дет)} K_{приж}$$

Составим структурную схему, где в верхней ветви отразим все этапы переноса размеров при изготовлении приспособления для сборки шпангоута, в нижней—при изготовлении профиля шпангоута:



Для определения  $\delta_{пр}$  и  $C_{кон(пр-дет)}$  составим табл. 10. По формулам (5) определим середину и половину поля допусков для сборочного приспособления, для чего берем все этапы переноса размеров при его изготовлении (верхняя ветвь):

$$\Delta_{\Sigma} \delta_{пр} = (-0,05 + 0,05 + 0,025 + 3 \cdot 0,1) = 0,325 \text{ мм},$$

$$\delta_{\Sigma} \delta_{пр} = \sqrt{(0,25 + 0,49 + 1,96 + 5,6 \cdot 2) \cdot 10^{-2}} = \pm 0,36 \text{ мм}.$$

Таким образом, погрешность изготовления приспособления будет

$$\delta_{пр} = (0,325 \pm 0,36) \text{ мм}.$$

Определим погрешность увязки  $C_{кон(пр-дет)}$ , для чего берем все несвязанные этапы:

$$\Delta_{\Sigma} C_{кон(пр-дет)} = (-0,075 + 0,25 + 0,05 + 0,05 + 3 \cdot 0,1 + 0,0375 + 0,025) = 0,637 \text{ мм},$$

$$\delta_{\Sigma} C_{кон(пр-дет)} = \sqrt{(1 + 1,1 + 2 \cdot 1,96 + 3 \cdot 5,6 + 0,49 + 9) \cdot 10^{-2}} = \pm 0,568 \text{ мм}.$$

Таким образом, погрешность увязки будет  $C_{кон(пр-дет)} = (0,637 \pm 0,568) \text{ мм}$ .

Определим точность сборки шпангоута по формуле (12). Примем коэффициент прижима  $K_{приж}$  равным 0,1 (8 прижимов ко длине профиля), тогда

$$\delta_{шп} = \frac{(0,325 \pm 0,36) + 0,1 (0,637 \pm 0,568)}{0,6} = (0,66 \pm 0,68) \text{ мм}.$$

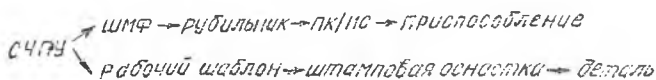
Допуск на контур шпангоута равен  $\pm 1,575 \text{ мм}$ .

Пример 2. Определить погрешность сборки фюзеляжа с базой на наружный контур обшивки. Метод увязки — расчетно-плазовый. Воспользуемся формулой (12). Для определения  $\delta_{пр}$  и  $C_{кон(пр-дет)}$  составим структурную схему:



Расчет точности сборки

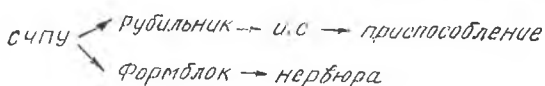
Этапы	Отклонение, мм	$\delta_i$ , мм	$A_i$	$\Delta_i$ , мм	$\alpha_i$	$K_i$	$\Delta_i \cdot A_i$ , мм	$A_i \cdot \delta_i \cdot \alpha_i$ , мм	$A_i^2 \cdot \delta_i^2 \cdot K_i^2$ , мм <sup>2</sup>
ТП-КП	-0,1; 0	+0,05	1	-0,05	0	1	-0,05	0	$0,25 \cdot 10^{-2}$
КП-ОК	-0,1; +0,1	0,1	1	0	0	1	0	0	$1 \cdot 10^{-2}$
ОК-ШК	-0,15; 0	0,075	1	-0,075	0,5	1,4	-0,075	0,0375	$1,1 \cdot 10^{-2}$
ШК-ШГП	0; 0,2	0,1	1	0,1	0,5	1,4	0,1	0,05	$1,96 \cdot 10^{-2}$
ШГП-пуансон	-0,2; +0,2	0,2	1	0	0,5	1,4	0	0,1	$5,6 \cdot 10^{-2}$
Пуансон-профиль	0; 0,5	0,25	1	0,25	0,2	1,2	0,25	0,05	$9 \cdot 10^{-2}$
КП-ШМФ	0; +0,1	0,05	1	0,05	0,5	1,4	0,05	0,025	$0,46 \cdot 10^{-2}$
ШМФ-ложемент	-0,2; +0,2	0,2	1	0	0,5	1,4	0	0,1	$1,96 \cdot 10^{-2}$
Ложемент-ПК	-0,1; +0,1	0,1	1	0	0,5	1,4	0	0,1	$5,6 \cdot 10^{-2}$
ПК/НС-приспособление	-0,2; +0,2	0,2	1	0	0,5	1,4	0	0,1	$5,6 \cdot 10^{-2}$



Определив из табл. 7 погрешность всех этапов переноса размеров, составляем табл. 10 и рассчитываем  $\delta_{пр}$ ,  $C_{кон(пр-дет)}$ , а затем и  $\delta_{сборки}$ .

Пример 3. Определить погрешность сборки триммера с базой на контур каркаса. Метод увязки — расчетно-плазовый, рубильники, стапеля и формблок изготавливаются непосредственно на СЧПУ. Точность сборки определяется по формуле (13).

Для расчета  $\delta_{пр}$  и  $C_{кон(пр-дет)}$  составляем структурную схему



Погрешностью выполнения фиксирующих отверстий в рубильниках стапеля на координатно-расточных станках можно пренебречь. Определив погрешность всех этапов переноса размеров, можно найти  $\delta_{пр}$  и  $C_{кон(пр-дет)}$ , а затем и  $\delta_{сб}$ . Коэффициент правки  $K_{пр}$  можно принять равным 0,5...0,6. Погрешность на толщину обшивки  $\delta_s = (0,1...0,5)$  мм.

## 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

### 6.1. НАЗНАЧЕНИЕ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ, ИХ СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Сборочное приспособление — устройство, обеспечивающее определенное взаимное расположение, фиксацию и соединение деталей и сборочных единиц (панелей, узлов, секций, отсеков) ЛА с заданной точностью.

Положение нежестких собираемых элементов конструкции ЛА фиксируется элементами сборочного приспособления

относительно его осей, увязанных с аэродинамическим контуром, разъемами и осями сборочной единицы. После фиксации устанавливаемых элементов в приспособлении они соединяются друг с другом технологическими или указанными в чертеже соединительными элементами (заклепками, болтами и т. д.), образуя жесткую сборочную единицу. Таким образом, сборочное приспособление позволяет:

собрать из нежестких элементов конструкции жесткую сборочную единицу самолета с заданной точностью и с учетом конструктивно-технологических требований к ним;

обеспечить взаимозаменяемость сборочных единиц как по контуру, так и частично по разъемам;

повысить производительность труда на сборочных работах.

В общем виде конструкция сборочного приспособления (рис. 6) включает в себя пять характерных групп элементов: базовую (фиксирующую) — БЭ; несущую (каркас) — НЭ; установочную — УЭ; зажимную (стопорную) — ЗЭ; вспомогательную — ВЭ.

*Фиксирующие элементы* сборочных приспособлений непосредственно соприкасаются с базами: точками (фиксатор точки), плоскостями (плита разъема) и аэродинамическими или эквидистантными обводами (рубильник) 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 /1/ 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 деталями собираемых единиц, что делает их более независимыми от сборочных единиц по размерам, геометрическим формам и точности изготовления и создает основу для их унификации и стандартизации.

*Установочные элементы* /1/, 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 8-му качеству точности, а монтаж установочных элементов производится с применением специальных средств (инструментальный стенд — ИС, оптическая или лазерная система), обеспечивающих высокую точность. Зажимные элементы служат для поджатия элементов сборочной единицы к базовым элементам приспособлений и последних — друг к другу.

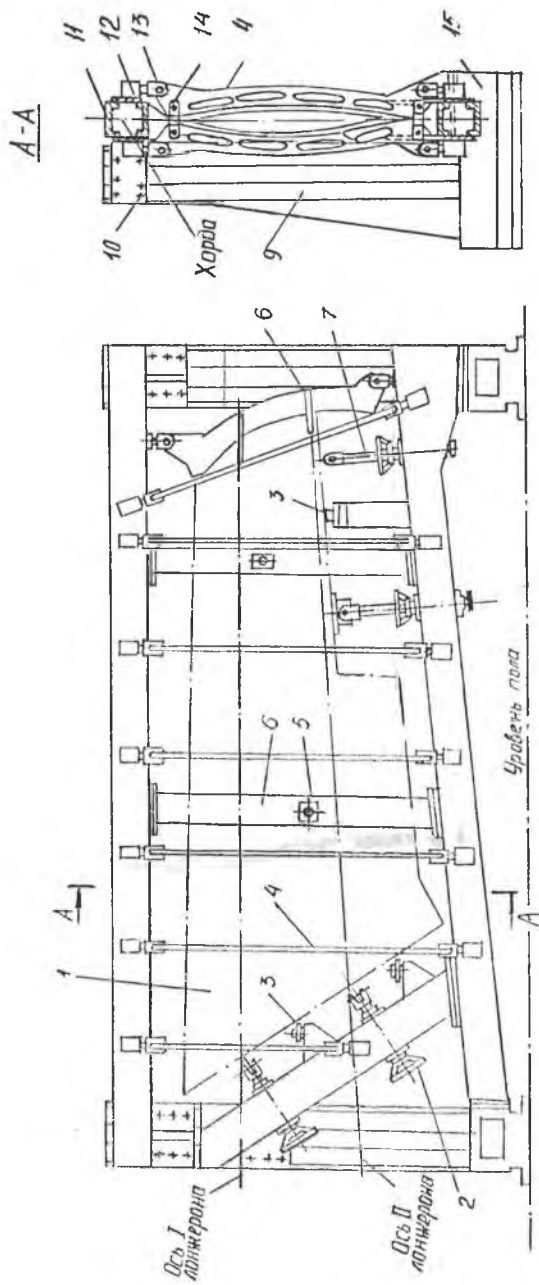


Рис. 6. Конструктивная схема сборочного приспособления

*Вспомогательные элементы сборочных приспособлений* предназначаются для создания нормальных условий работы в стапеле и повышения производительности труда. К ним относятся системы:

механизации клепально-сборочных работ, подъема и передвижения элементов приспособления, обслуживания и хранения — рабочие площадки, помосты, лестницы, стремянки, стеллажи; энергоснабжения — электропровода, воздушные или гидравлические трубопроводы, по которым подается энергия; контроля правильности положения контура и разъемов.

Анализируя конструкцию сборочного приспособления (см. рис. 6), все его элементы можно отнести к следующим:

*базовые* — фиксаторы контура (рубильник) 4, фиксаторы точек навески элерона на крыло 7 и крыла на центроплан 2, ложементы для определения положения лонжеронов;

*несущие* — продольные элементы каркаса (балки) 11, вертикальные колонны 9, основание 14, соединительные кронштейны 10;

*установочные* — стаканы 12, вилки 13;

*вспомогательные* — реперные площадки 3 для определения положения монтажного эталона.

## 6.2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Для проектирования сборочного приспособления необходимо иметь:

чертежи собираемого изделия и входящих в него подборок; технические требования к сборочной единице и входящим в нее подборкам;

схему сборки;

технологический процесс сборки;

программу выпуска;

техническое задание (ТЗ) на проектирование сборочного приспособления;

альбомы чертежей унифицированных стандартных деталей узлов и типовых компоновок сборочных приспособлений.

Чертежи собираемого узла — это основной документ для проектирования сборочного приспособления. Изучая чертежи, нужно обратить особое внимание на возможность членения сборочной единицы, требуемую точность узлов и т. д., а также на специальные технические требования к ним.

Из схем сборки и технологического процесса определяют:  
номенклатуру и вид поставляемых на сборку элементов собираемого изделия;

последовательность установки и фиксации собираемых элементов в приспособлении;

номенклатуру оборудования и инструмента, применяемого при сборке;

средства механизации процесса сборки (сверльно-зенковальные, клепальные головки и т. д.);

трудоемкость и цикл операций и сборки узла в целом.

Программа выпуска определяет количество необходимых сборочных приспособлений, а также их конструктивную сложность. Например, для небольших программ выпуска все операции сборки проводят в одном приспособлении, при больших программах — в нескольких более простых (сборка каркаса, клепка обшивки).

Приступая к разработке конструкции заданного приспособления, студент составляет техническое задание на его проектирование. На производстве конструктор по оснастке получает ТЗ от технолога, разработавшего технологический процесс. При курсовом проектировании студент выполняет эту работу сам. Для лучшего понимания всех вопросов проектирования полезно еще раз предварительно ознакомиться с соответствующими главами учебников и учебных пособий [1], [4], [11], а затем и со специальной литературой. Разрабатывая технологическое задание на проектирование, нужно внимательно просмотреть уже сделанную работу, начиная с анализа чертежа изделия. Следует обратить внимание на расположение всех конструкторских баз (осей) изделия, технические требования к точности контуров (обводов), расстояние между стыковыми элементами, допуски, приведенные на чертеже. Следует просмотреть принятую схему сборки, схему увязки заготовительной и сборочной оснастки, требования к поставке деталей (наличие припусков, технологических отверстий).

ТЗ на проектирование приспособления (стапеля) обычно содержат следующие основные указания:

а) назначение приспособления;

б) положение собираемого узла или агрегата в приспособлении;

в) основные сборочные базы, которые должны быть использованы при сборке;

г) перечень деталей, которые должны быть зафиксированы при сборке (схема фиксации);

д) степень точности сборки изделия по обводам и стыковым разъемам, которая должна быть обеспечена приспособлением;

е) специальная контрольно-мерительная оснастка (макеты,

шталоны, шаблоны), используемая для изготовления и контроля приспособления (средства увязки оснастки).

ж) способы закладки узлов в приспособление и способы выемки готового изделия (вручную, тележками, краном и т. п.);

з) механизацию перемещения подвижных элементов стапеля (стапельных плит, рубильников, катучих балок, тяжелых фиксаторов и т. п.);

и) средства механизации самих производственных процессов, которые необходимо встроить в приспособление (сверлильные головки, клепальные скобки и т. п.);

к) требования к оргоснастке стапеля (площадкам, трапам, лестницам, подводкам воздуха, электроэнергии, освещению);

л) разные специальные требования (по обеспечению техники безопасности, монтажу стапеля и др).

Разрабатывая ТЗ, студент должен дать конкретные указания по каждому пункту применительно к заданному для разработки узлу или агрегату, а не переписывать общие положения из учебников и пособий. Формулировка технических условий по пп. а, б, в, д особых затруднений не представляет, так как они достаточно освещены в учебной литературе. Может вызвать затруднение «д» (назначение точности сборки), так как на многих чертежах узлов ЛА отсутствуют допуски на точность контуров и только имеется указание «по шаблону, снятому с плаза». В этом случае необходимо, исходя из общих соображений о назначении узла, при консультации преподавателя задать эти допуски.

По альбомам ГОСТ и ОСТ определяют стандартные и унифицированные детали и узлы, которые можно применить при проектировании конкретного сборочного приспособления. Чертежи типовых конструкций сборочной оснастки необходимы для облегчения выбора стандартных компоновок сборочного приспособления. Хорошо подготовленные исходные материалы и ТЗ служат основой создания качественных конструкций сборочных приспособлений, значительно сокращают сроки и трудоемкость их проектирования и изготовления.

### *6.3. ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СБОРОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ*

Проектирование сборочного приспособления включает следующие этапы работ:

- I. Разработка эскизного проекта.
- II. Выполнение технического проекта.
- III. Деталлирование рабочих чертежей.

Эскизное проектирование сборочного приспособления связа-

но с решением ряда вопросов и проводится в следующей определенной последовательности:

1. Изучение и анализ исходных данных.
2. Проработка схемы базирования.
3. Выбор схемы и средств увязки комплекта технологической оснастки по контуру и разъемам (см. гл. 3, п. 3.4).
4. Выбор системы координат сборочного приспособления.
5. Расчет точностных параметров при выбранных способах базирования и схеме увязки (см. гл. 5).
6. Разработка конструктивной схемы приспособления.
7. Расчет элементов сборочного приспособления на жесткость.

Технический проект сводится к детальной проработке всех узлов и элементов сборочного приспособления. При этом следует учесть, что использование унифицированных и стандартизированных деталей и узлов значительно сокращает время проектирования, так как в таком случае нет необходимости подробно вычерчивать узлы приспособления, скомпонованные из стандартных элементов. Если же применяют оригинальные узлы, то их вычерчивают со всеми необходимыми сечениями, разрезами и видами, чтобы ясна была работа узла в целом и конструкция каждой детали в отдельности. По техническому проекту проводится детализование рабочих чертежей. При использовании стандартных деталей и узлов сборочных приспособлений детализование совсем отпадает или резко сокращается по номенклатуре.

### *6.3.1. ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СБОРОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ*

Прежде чем приступить к проектированию сборочного приспособления, необходимо изучить и проанализировать исходные данные: чертежи, техпроцесс, ТЗ на проектирование — и выяснить следующее:

допустимую величину отклонений контура от теории, что предопределяет применяемый метод сборки и способ увязки технологического комплекта оснастки;

состав сборочной единицы, т. е. какие детали и под сборки в нее входят и в каком состоянии (окончательно или предварительно собранные, жесткие или нет и т. д.). Так, сборка из отдельных деталей увеличивает количество фиксаторов и зажимов приспособления;

оценку на жесткость конструкции сборочной единицы в целом и входящих в нее элементов в частности, что предопределяет способ и схему базирования, состав базовой системы и соответ-



ственно усложняет или упрощает сборочные приспособления; наличие разъемов (внешних связей) и их конструктивное оформление. Так, наличие в конструкции сборочной единицы фланцевого или шарнирного соединения потребует ответных элементов приспособления в виде стандартных плит или калибров разъема и проработки схем их увязки;

форму изделия в плане и его габариты, что задает структуру и положение несущих элементов;

форму внешнего контура. Так, наличие контура с прямолинейной образующей упрощает проектирование и изготовление сборочного приспособления, а контур с двойной или знакопеременной кривизной усложняет, требуя значительного увеличения фиксирующих элементов;

вид соединительных элементов в конструкции сборочной единицы, предопределяющих средства механизации для их выполнения.

### *6.3.2. ПРОРАБОТКА СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ И СОСТАВА БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ*

Заданной сборочной единице и выбранному способу базирования будет соответствовать своя схема базирования и состав баз. Под составом баз у деталей, узлов, панелей, секций, входящих в сборочную единицу, понимают перечень баз, определяющих положение в пространстве относительно осей и друг друга. Составление схемы базирования начинают с выбора базовых сечений и стыковых элементов, расположение и количество которых должно обеспечить необходимую точность и жесткость изделия при сборке. Выбирая базовые сечения, следует стремиться к минимальному их количеству. Однако число фиксаторов часто определяется числом устанавливаемых деталей. Например, фиксаторы и зажимы таких деталей, как стыковые узлы, нервяры, диафрагмы, шпангоуты и др., ставят по их количеству и месту расположения. Базовыми поверхностями (плоскостями) для установки стыковых узлов и всякого рода кронштейнов и рычагов служат поверхности (плоскости) разъемов и стыковых отверстий. Если такие узлы стоят на собранных объектах (лонжеронах, шпангоутах и т. п.), то за установочные базы принимают отверстия узлов. Если стыковые узлы оформлены в виде фланцев или фитингов, стыкующихся по плоскостям при помощи болтов, то за базы принимают плоскости стыка и поверхности болтовых отверстий.

Для базирования по обводам необходимо большое число различных фиксаторов контура (рубильников), располагающихся на определенных расстояниях (200...1500 мм) друг от друга в зависимости от жесткости конструкции изделия, что услож-

няет приспособление и затеняет рабочие зоны. Используя же в качестве установочных баз фиксирующие отверстия, можно добиться значительных преимуществ. Приспособление при таком базировании получается открытым, а фиксация — простой и быстрой. При сборке длинномерных узлов типа лонжерона количество опор и зажимов зависит от характера устанавливаемых деталей, их формы и жесткости. С увеличением монолитности конструкции количество базовых элементов уменьшается. В местах сложных форм и их переходах фиксирующие элементы устанавливаются чаще.

При составлении схемы базирования, определении состава баз необходимо пользоваться работой [11], где приведены примеры и обозначения.

### *6.3.3. ВЫБОР СИСТЕМЫ КООРДИНАТ СБОРОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ*

Построение схемы каждой конструкции начинается с правильного определения базовых осей, относительно которых координируется расположение всех узлов проектируемого приспособления. Выбор базовых осей не может быть произвольным, так как при недостаточно продуманном их расположении усложняется конструкция, затрудняется определение рабочих размеров в проекте и контроль их в производстве, поэтому необходимо стремиться к соблюдению трех основных принципов базирования: единства, постоянства и совпадения баз.

В целях соблюдения единства баз следует за базовые оси сборочного приспособления принимать конструктивные оси построения изделий — ось симметрии, строительная горизонталь, строительная плоскость и т. д. [1], [11]. Принцип постоянства баз заключается в соблюдении общности основных базовых осей для узловых, панельных, секционных, сборочных приспособлений, относящихся к данному агрегату, так как это увеличивает точность увязки как приспособлений, так и собираемых в них сборочных единиц. Принцип совпадения баз соблюдается при сборке и приспособлении, если в качестве установочных баз деталей при их изготовлении и сборке узлов принимают единые базы. Соблюдение этого принципа обеспечивает наиболее высокую точность сборки.

### *6.3.4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ*

В эскизном проекте разрабатывают основную конструктивную схему приспособления, на которой указывают положение собираемого изделия, расположение и виды фиксаторов и зажимов,

тины колонн каркаса, положение балок и оргоснастки (помостов, трапов). Имея такую схему, можно провести расчет балок и колонн каркаса приспособления на жесткость.

При конструировании приспособлений средних и малых размеров эскизное и техническое проектирование совмещается с разработкой рабочих чертежей общих видов, как это и делается при курсовом проектировании. Начинают разработку конструктивной схемы с нанесения на лист в удобном масштабе контуров собираемого агрегата или узла в двух-трех проекциях, а также сетки базовых линий — это оси симметрии, продольные и поперечные оси, строительные горизонталы, оси стрингеров, перенос, шпангоутов и т. п. Из них выбираются строительные оси приспособления, чтобы был выдержан принцип единства баз.

Затем на этом чертеже размечают положение фиксирующих элементов (фиксаторов). Фиксаторы по назначению разделяют на группы: фиксаторы для деталей и узлов из профилей; фиксаторы для деталей и узлов из листа; фиксаторы стыковых узлов; съемные фиксаторы-струбины, пружинные, контрольные и маркетные болты. Конструкции фиксаторов достаточно полно рассмотрены в учебной литературе [1], [11], с которой необходимо ознакомиться. На чертеж наносят оси фиксаторов, а затем эскизно и их конструкцию. Количество фиксаторов профилей (стрингеров, поясов, лонжеронов и др.) определяется из условия обеспечения точности контура собираемого узла.

Как известно, полное отклонение полученного контура сборочной единицы от теоретического будет

$$\Delta = \Delta_{\text{произ}} + \Delta_{\text{деф}} ; \quad (21)$$

где  $\Delta_{\text{произ}}$  — отклонение от теоретического контура по производственным причинам;  $\Delta_{\text{деф}}$  — отклонение контура сборочной единицы от теоретического, обусловленное деформацией элементов конструкции при их установке в приспособлении.

Сборочная единица должна удовлетворять техническим условиям на изготовление (при  $\Delta \leq \delta$ , где  $\delta$  — допустимое отклонение по ТУ). Отсюда  $\Delta_{\text{деф}} \leq \delta - \Delta_{\text{произ}}$ .

Если известно допустимое отклонение  $\Delta_{\text{деф}}$  элементов конструкции, их прочностные характеристики и условия нагружения, то можно определить расчетным путем расстояние между фиксаторами. В основу методики расчета положен принцип, по которому приспособление и собираемое в нем изделие рассматривают как единую систему, где фиксирующие элементы приспособления являются опорами для элементов конструкции. В общем случае определяют расстояние между фиксаторами для каждого элемента конструкции, расположенного в данной зоне и, выбрав наименьшее, принимают его за расчетное.

Практически расчет достаточно проводить лишь для продольного набора — стрингеров (поясов, балок и лонжеронов). Для упрощения расчета стрингер рассматривают как упругую балку, лежащую на двух опорах. Наибольший прогиб от собственной массы определяется по формуле

$$f = \frac{5}{384} \frac{PL^4}{EI} = 0,13 \frac{PL^4}{EI}, \quad (22)$$

где  $P$  — масса одного погонного метра профиля, кг;

$L$  — расстояние между опорами, м;

$EI$  — жесткость профиля, кгГм<sup>2</sup>.

Приравнивая прогиб профиля допустимой деформации  $\Delta_{\text{деф}}$ , определяют расстояние между фиксаторами профиля

$$L = \sqrt[4]{\frac{\Delta_{\text{деф}} EI}{0,13 P}}.$$

Такие расчеты (очень приближенные) зачастую не делают, а принимают шаг фиксаторов равным шагу поперечного набора (нервюр, шпангоутов) и располагают их вблизи от элементов поперечного набора. Это относится и к фиксаторам листовых деталей, ложементам и рубильникам. Уже при разработке конструктивной схемы должен быть выбран тип ложементов и рубильников (конструкция, материал), чтобы при расчете жесткости каркаса можно было обоснованно задать массу комплекта ложементов и рубильников.

Выбирая тип рубильника, необходимо ознакомиться по данным учебной литературы с их характеристиками и обосновать выбор того или иного типа. Жесткость рубильников зависит от габаритов, размеров и способа крепления к каркасу. Крепление рубильников к каркасу может выполняться тремя способами: в вилках, расположенных на верхней и нижней балках; шарнирно на нижней балке с соединением свободных концов накладной скобой и винтом; к нижней балке в двойной вилке или в двух разнесенных вилках. В последнем случае консольные концы также должны соединяться накладной скобой с винтом.

Практика проектирования оснастки дает следующие размеры ширины рубильников, отлитых из вторичного алюминиевого сплава, исходя из размера  $L$  — расстояние между осями вилок на верхней и нижней балках:

$L \leq 1$  м, ширина  $a = 50 \dots 80$  мм;

$L = 1 \dots 2,5$  м, ширина  $a = 100 \dots 180$  мм;

$L \geq 2,5$  м, ширина  $a = 150 \dots 200$  мм.

Толщина выбирается по размеру вилок не менее 20 мм. Сечение рубильников по всей длине принимается постоянным.

Наметив по конструктивной схеме положение фиксаторов профилей и листовых деталей, наносят оси расположения фикса-

торов узлов разъемов и эскизно намечают их размеры. Для этого надо ознакомиться с литературными данными о стыковых фиксаторах /25/. Последние разделяются на две основные группы: фиксаторы разъемов типа «ухо—вилка» и фиксаторы фланцевых разъемов. Студент выбирает тип фиксатора и его основные размеры из конструктивных соображений. Фиксаторы могут быть неподвижными и подвижными. Неподвижные применяются в том случае, если они не мешают выемке собранного изделия. Если мешают, то для узлов «ухо—вилка» их делают откидными или выдвигными. Для откидных фиксаторов обычно отношение плеча заделки  $l$  (расстояние между отверстиями двойной вилки или двух вилок) к вылету  $L$  (расстояние между фиксирующим штырем и отверстием узла) следующие:  $l/L = (1/3...1/5)$ . Размеры сечения рычага принимают такими: ширина  $a = (0,2...0,3) L$  и толщина  $b = (0,1...0,2)a$ . Для выдвигных фиксаторов практикой выработаны такие соотношения: максимальный вылет скалки (вала)  $L \leq 5D$ , где диаметр скалки  $D = (3...5)d$ , а  $d$  — диаметр отверстия фиксируемого стыкового узла. Если необходимо значительно повысить жесткость фиксатора, то применяют конструкцию со сдвоенными скалками.

Стапельные плиты служат для фиксации отдельных фитингов или узлов профилей разъема (углов, гребенок). Крупные плиты для повышения жесткости снабжаются сварным трубчатым каркасом /2/, /14/. Практикой установлено, что плиты длиной до 1 м можно выполнять без каркаса, принимая для плит длиной до 500 мм толщину 20...25 мм, для плит длиной свыше 500 мм толщину 30...35 мм.

Зажимные устройства сборочных приспособлений состоят из силового привода, передач от силового привода к зажимам (силового механизма), контактного элемента и аппаратуры управления. По виду энергии, преобразуемой в силовом приводе в исходное усилие, зажимные устройства подразделяют на пневматические, вакуумные, гидравлические, механические и другие /14/, /13/. Силовой привод, преобразуя определенный вид энергии, развивает исходное усилие, которое с помощью соответствующего силового механизма преобразуется в зажимное усилие. Силовые механизмы (винтовые, эксцентриковые, клиновые, рычажные и др.) обычно выполняют роль усилителя. Наряду с усилением величины исходного усилия силовой механизм может также изменять его направление.

Зажимные устройства должны иметь минимальное количество объемных частей (штырей, фиксаторов и т. д.), легко и просто собираться, быстрознашиваемые детали должны легко заменяться при ремонте и отличаться быстрым действием. Положение зажимных элементов определяется структурой базовых и установочных элементов, а их номенклатура и количество

зависят от жесткости собираемого изделия. Конструктивные варианты зажимов выбираются по рекомендациям в работах /3/ и /14/.

При выборе вспомогательных элементов прежде всего нужно решить вопрос о механизации ступельных работ, для этого разрабатывают конструкцию средств механизации закладки и выема изделия, перемещения ступельных плит, подъема рубильников, средств механизации техпроцесса при сборке сверлильно-зенковальных головок, клепальных процессов и т. д. и делают их привязку к каркасу. Варианты их компоновки и привязки к каркасам приведены в пособии /11/.

После выбора и размещения фиксирующих и зажимных элементов можно закончить конструктивную схему приспособления, нанеся на сделанном чертеже элементы каркаса — стойки, колонны, рамы, балки. Перед этим следует ознакомиться по учебным пособиям и РТМ с нормализованными элементами каркасов, их разновидностями, типоразмерами, выбрать элементы по конструктивным соображениям и провести следующий этап — рассчитать элементы приспособления на жесткость.

После разработки конструкции общего вида сборочного приспособления студент должен разработать чертежи отдельных узлов, а в некоторых случаях и деталей. Разработке подлежат оригинальные конструкции фиксаторов, прижимов, средств механизации и т. п. Чертежи конструкции должны иметь необходимую информацию: габаритные размеры, допуски и посадки на месте сопряжения деталей, виды покрытий, а также спецификацию деталей, входящих в данный узел. В ряде случаев студенты выполняют чертежи деталей: рубильников, ложементов (корпусов) ступельных и кондукторских плит, а также отдельных элементов фиксаторов: ухо, вилка, гребенки и т. д. В детальных чертежах дается необходимая информация о размерах деталей, допусках и посадках, шероховатости поверхностей, термообработке и виде покрытия.

#### *6.4. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ НА ЖЕСТКОСТЬ*

На рис. 7. показаны некоторые примеры конструктивных схем каркасов ступелей. Для выбора сечений несущих элементов производят расчет их на жесткость. Для этого на основе конструктивных схем должны быть составлены расчетные схемы с указанием длины элементов, характера заделки балок и характера нагрузки (рис. 8, 9, 10).

Каркасы сборочных ступелей с точки зрения строительной механики являются пространственными, многократно статически

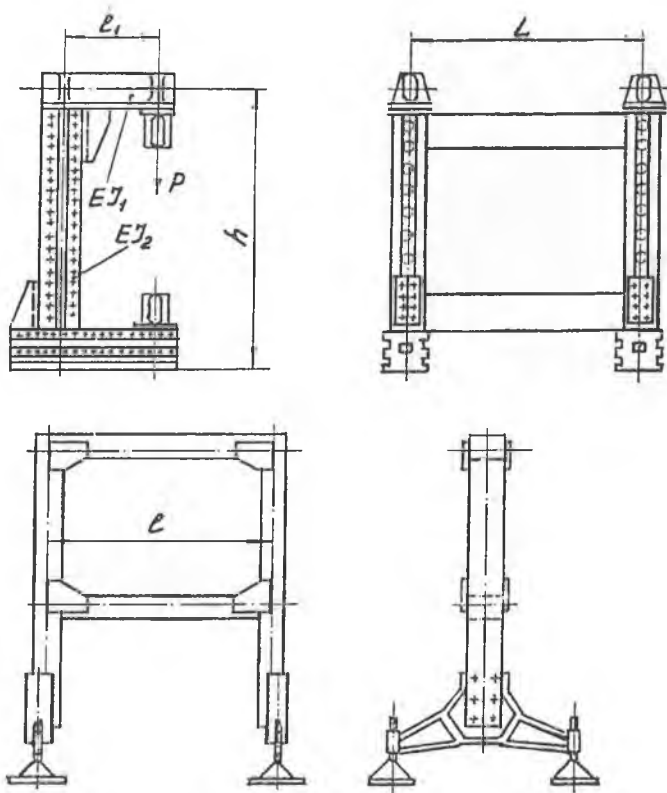


Рис. 7. Конструктивные схемы каркасов столов

неопределимыми системами, распределение усилий в которых зависит не только от характера внешней нагрузки, но и от жесткости составляющих каркас элементов. В таких системах невозможен подбор сечений элементов непосредственно из условий деформации. Потребные сечения в этом случае могут быть определены только путем последовательных приближений. Такой метод подбора сечений является слишком трудоемким и малоприменимым для практического применения. Поэтому в практических расчетах пользуются упрощенными расчетными схемами, расчленив весь каркас на простейшие элементы — балки, рамы, для которых можно заранее разработать расчетные таблицы и графики. Методика расчета каркасов и других элементов приспособления на жесткость достаточно полно изложена в литературе [4], [23].

На кафедре производства ЛА КуАИ разработана более удоб-

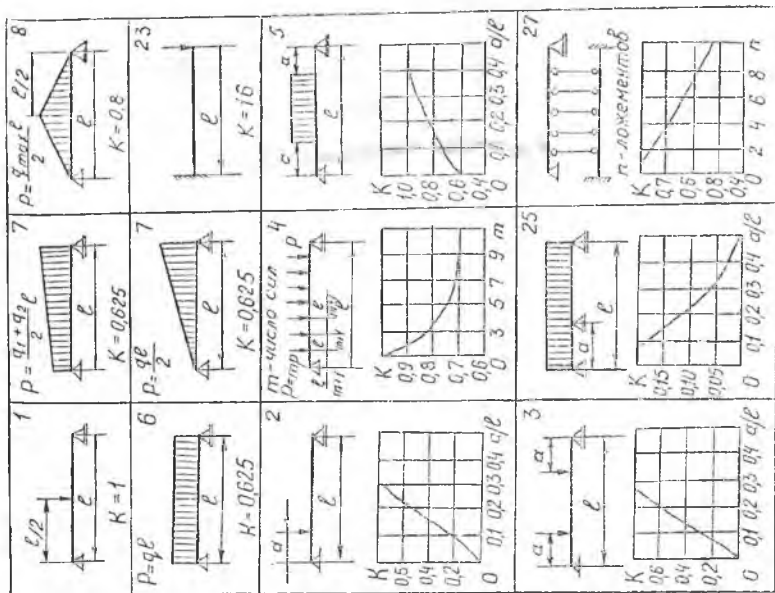


Рис. 8. Расчетные схемы и коэффициенты к расчету балок ступеней (схемы пронумерованы в соответствии с РТМ) /26/

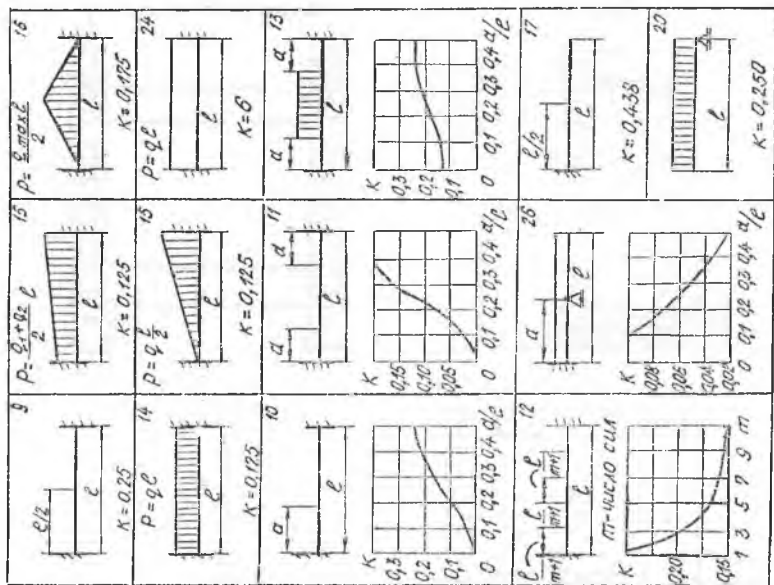


Рис. 9. Расчетные схемы и коэффициенты к расчету балок ступеней (схемы пронумерованы в соответствии с РТМ) /26/



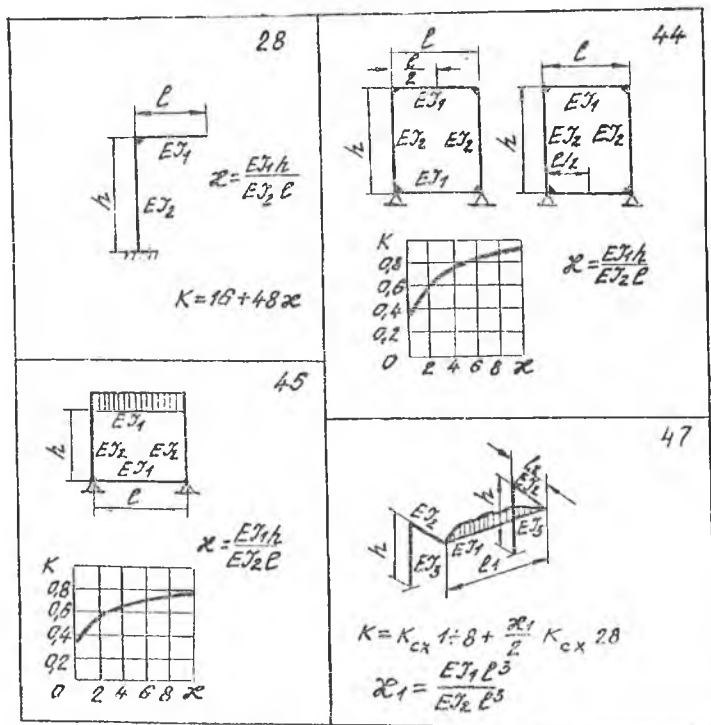


Рис. 10. Расчетные схемы и коэффициенты к расчету рам стальных (схемы пронумерованы в соответствии с РТМ) /26/

ная для практического пользования методика, которая кратко изложена ниже. При составлении расчетных схем по этой методике используются следующие положения. Концы балок каркаса следует считать заземленными, если они закрепляются сверху на колонне или на нижней опоре, а также при креплении балок к боковой стороне колонны не менее, чем по двум плоскостям (к колонне и к кронштейну). Во всех остальных случаях крепления по одной плоскости (например, на кронштейне, на поперечной консольной или двухопорной балке) заделку следует считать шарнирной. Если неразрезная балка закреплена на нескольких промежуточных опорах (по одной плоскости на каждой, то заделка считается заземленной для соседних с этими опорами пролетов. Если балка опирается на короткие нижние опоры или на колонны, жесткость которых во много раз больше жесткости балки, то можно пренебречь деформациями опор и рассчитывать балку отдельно. Если же жесткость балки

и жесткость колонны соизмеримы по величине, то их следует рассчитывать совместно как Г-образную или П-образную раму.

**Расчетная нагрузка.** Действующую на каркас приспособления нагрузку можно разделить на постоянную и переменную. К *постоянной нагрузке* относятся: собственная масса балок с приваренными к ним стаканами и залитыми в эти стаканы вилками; масса ступельных плит, ложементов и других узлов, которые в процессе эксплуатации стапеля не снимаются; масса колонн, кронштейнов, поперечных балок и других несъемных элементов, входящих в конструкцию каркаса приспособления.

К *переменной нагрузке* относится масса тех деталей и узлов, которые снимаются в процессе эксплуатации стапеля. В переменную нагрузку включают также массу собираемого агрегата и массу рабочих (вместе с их инструментами), которые могут во время работ находиться в агрегате или на балках стапеля. Массу балок с установленными на них стаканами и вилками при определении их прогиба не принимают в расчет, так как балку при монтаже в инструментальном стенде ставят на опоры так же, как она упирается в стапеле. В этом случае ее прогиб не влияет на точность установки вилок, поэтому расчет жесткости балок ведут только по переменной нагрузке. Деформации от переменной нагрузки не должны превосходить допустимую величину, что достигается выбором соответствующей жесткости элементов каркаса.

Прочность слабых мест каркаса стапеля (стыков блоков колонн, стыков кронштейнов с колоннами) проверяют по сумме переменной и постоянной нагрузок. Распределение нагрузки между элементами каркаса должно точнее отражать действительный характер и способ приложения сил. Масса агрегата распределяется между точками его фиксации. Если число этих точек по длине балки более четырех-пяти, то нагрузку можно считать распределенной равномерно. Это относится к массе агрегатов, рубильников, ложементов. Массу эталонов, макетов, кондукторов, которые в процессе сборки устанавливаются на одну—две точки, а затем снимаются, можно считать сосредоточенной силой.

Если две балки стапеля связаны между собой ложементами, которые не снимаются в процессе сборки, то такие балки надо считать работающими совместно (схема 27 на рис. 8). Во всех затруднительных случаях при распределении переменной нагрузки между балками допустимо считать, что каждая балка нагружена всей переменной нагрузкой — это приводит к небольшому завышению сечений балок.

**Расчетная деформация.** Для определения расчетной деформации элементов каркаса приспособления было проведено исследование действительных деформаций у большого числа су-

существующих и нормально работающих ступеней. При этом было установлено, что для нормальной работы ступени величина изгибной деформации от переменной нагрузки должна быть не более 0,1 мм. Эта величина соответствует как точности деталей, изготавливаемых по плазово-шаблонному методу, так и точности, задаваемой на аэродинамические обводы агрегатов самолета. Уменьшение этой величины привело бы к значительному увеличению металлоемкости сборочной оснастки за счет увеличения сечений балок. В методике КуАИ эта величина и принята за расчетную деформацию, исходя из которой определяются необходимые сечения элементов каркаса.

Как показало обследование, у большинства балок угол закручивания не превышает 15'. При переводе в линейную деформацию это дает перемещение порядка 0,01...0,02 мм при радиусе в 300 мм. Поэтому, если балка нагружена с небольшим эксцентриситетом, то кручение при расчете можно не учитывать и определять необходимые сечения только из расчета на прогиб.

Подбор сечений элементов каркаса. Подбор производится в следующем порядке. Весь каркас, согласно приведенным рекомендациям, расчленяется на отдельные элементы — балки и рамы. Находятся расчетные пролеты этих элементов и определяется характер закрепления на опорах. Выбирается расчетная схема каркаса. Для каждого элемента подсчитывается величина переменной нагрузки  $P_{\text{пер}}$ . В зависимости от характера распределения переменной нагрузки и расчетной схемы определяется значение коэффициента  $k$ . Смысл коэффициента  $k$  в том, что он дает возможность разнообразные формы прогиба балок, в зависимости от способа закрепления концов и характера распределения нагрузки, свести к одной формуле

$$f = \frac{k P_{\text{пер}} l^3}{EI}. \quad (24)$$

Принято, что в простейшем случае, когда балка свободно лежит на двух опорах и груз действует в середине ее, коэффициент равен единице, и формула имеет вид

$$f = \frac{P_{\text{пер}} l^3}{EI}. \quad (25)$$

Из курса сопротивления материалов известно, что для этого случая формула прогиба будет иметь вид

$$f = \frac{1}{48} \frac{P l^3}{EI}. \quad (26)$$

Значит, мы заменили коэффициент 1/48 коэффициентом  $k = 1$ . Это дает возможность пересчитать коэффициенты для любых случаев.

На рис. 8, 9, 10 приведены величины коэффициентов  $k$  для некоторых расчетных схем. Имея теперь для всех случаев единую формулу

$$\bar{f} = \frac{k P_{\text{пер}} l^3}{EI},$$

можем, задавшись значением  $\bar{f} = 0,1$  мм, построить кривые зависимости  $k P_{\text{пер}}$ ,  $l$  и  $EI$ . Подобные кривые показаны на рис. 11, а, б. Здесь в координатах  $l$  и  $k P_{\text{пер}}$  построены кубические параболы для тех значений жесткости балки, которые соответствуют про-

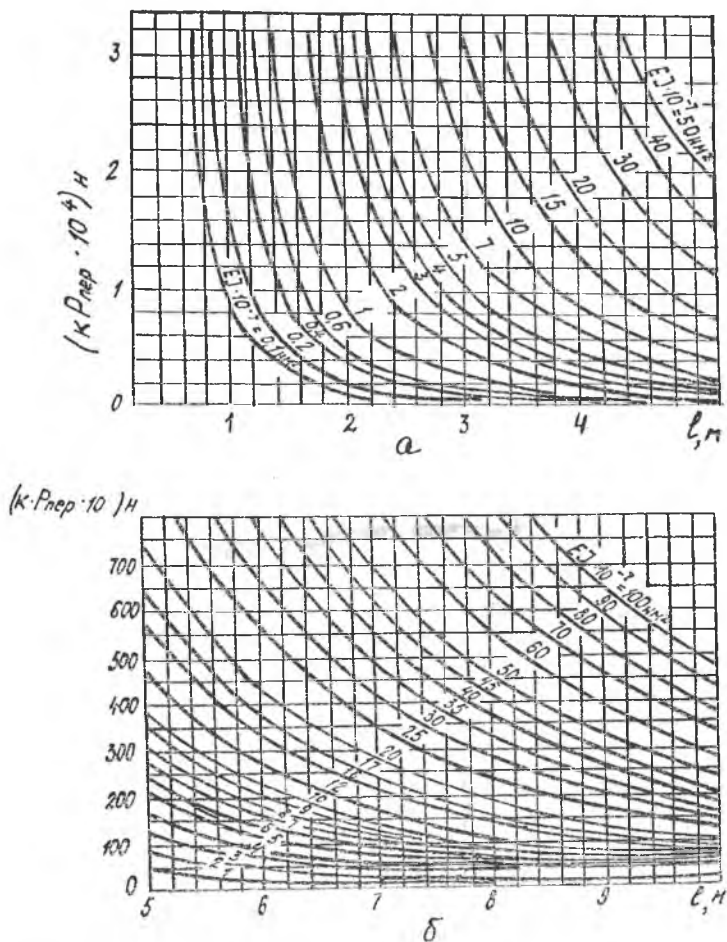
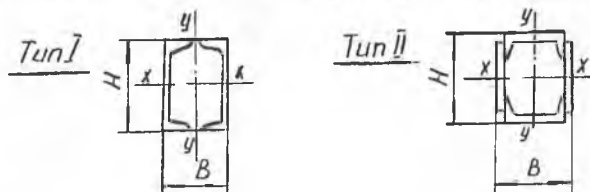


Рис. 11. Графики для подбора сечения балок в диапазоне: а —  $l = 0 \dots 5$  м; б —  $l = 5 \dots 10$  м

гибу  $f = 0,1$  мм при нагрузке балки сосредоточенной силой по середине пролета ( $k = 1$ ). Найдя величину  $k P_{\text{пер}}$  и зная  $l$ , с помощью графика (см. рис. 11, а, б находим требуемую жесткость балки или рамы  $EI_{\text{потр}}$ . Действительная жесткость балки должна быть не меньше потребной. По рис. 12 в соответствии с найденной жесткостью  $EI$  подбираем размеры нормализованных балок 1-го или 2-го типа. При определении коэффициента для рам необходимо сначала задаться отношением  $\chi = \frac{EI_1 h}{EI_2 l}$ , которое следует выбирать на основании опыта или используя метод последовательных приближений (см. пример расчета).



		Нормализация								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Тип балок	I	Ншвеллера	12	14а	16а	18а	20а	24а	27	30
		Н мм	120	140	160	180	200	240	270	300
		В мм	104	124	136	148	160	190	190	200
		$EJ_x \cdot 10^{10} \text{ кг/см}^2$	0,13	0,23	0,35	0,50	0,70	1,34	1,75	2,44
		$EJ_y \cdot 10^{10} \text{ кг/см}^2$	0,09	0,16	0,22	0,30	0,40	0,74	0,83	1,08
	q кг/м	20,9	26,7	30,6	34,9	39,6	51,7	55,3	63,6	
	II	Ншвеллера	20а	24а	24а	24а	30	30	30	30
		Н мм	250	250	300	350	300	350	400	500
		В мм	220	260	260	260	320	320	320	320
		$EJ_x \cdot 10^{10} \text{ кг/см}^2$	1,48	1,77	2,82	4,19	5,39	5,00	6,95	12,1
$EJ_y \cdot 10^{10} \text{ кг/см}^2$		1,67	2,72	3,05	3,37	5,06	5,57	6,07	7,07	
q кг/м	72,5	84,6	92,4	100,0	104,5	112,2	120,0	136,6		

Рис. 12. Типы и рекомендуемые сечения швеллерных балок

В случае необходимости с помощью графика и расчетных схем, зная поправочный коэффициент  $k$ , можно определить величину деформации элемента каркаса от заданной нагрузки  $P_3$ . Для этого по заданному пролету и жесткости балки с помощью диаграммы определяем нагрузку  $k P_{\text{пер}}$ , которая дает прогиб в 0,1 мм при загрузке балки сосредоточенной силой в середине пролета ( $k = 1$ ). При заданной расчетной схеме коэффициент будет равен  $k_3$ . Определяем нагрузку, дающую прогиб в 0,1 мм, для заданной схемы нагружения

$$P_{(0,1)} = \frac{k P_{\text{пер}}}{k_3}. \quad (27)$$

Находим действительный прогиб данной системы

$$f_{\text{действ}} = \gamma \frac{P_d}{P_{(0.1)}} \cdot 0,1. \quad (28)$$

**Пример расчета.** Конструктивная и расчетная схемы сталея для сборки руля направления показаны на рис. 13. Исходные данные для расчета: масса агрегата 200 кг, число пар рублильников — 12, средняя масса пары рублильников — 30 кг, общая масса рублильников — 360 кг.

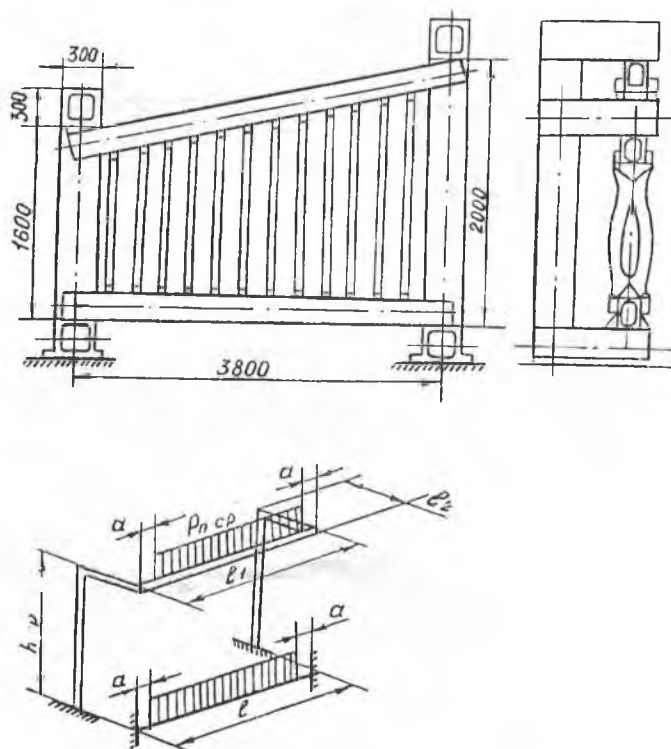


Рис. 13. Конструктивная и расчетная схемы сталея для сборки руля направления:  $l = 3800$  мм;  $l_1 = 3800$  мм;  $l_2 = 600$  мм;  $n_{\text{ср}} = 1900$  мм;  $a = 380$  мм;  $P_{\text{II ср}} = 280$  кг

Принимаем переменную нагрузку равной  $P_{\text{пер}} = 200 + 360 = 5600$  Н. Распределяем нагрузку поровну между верхней и нижней балками. Подбираем сечение нижней балки. Поправочный коэффициент переменной нагрузки по схеме 13 (см. рис. 9) при  $a/l = 0,1$  будет  $k = 0,155$ . Расчетная нагрузка  $k \frac{P_{\text{пер}}}{2} =$

$= 0,155 \cdot 2800 = 430$  Н. По диаграмме (см. рис. 11) находим для  $l = 3,8$  м требуемую жесткость:  $EI$ .

По таблице рекомендуемых сечений (см. рис. 12) принимаем балку типа I с сечением № 5 и жесткостью  $EI_x = 0,7 \cdot 10^7$  Н·м<sup>2</sup>.

Подбор сечения верхней балки. Принимаем схему 47 (см. рис. 10). Поправочный коэффициент  $k$  к переменной нагрузке будет

$$k = k_{(cx1...cx8)} + \frac{\chi}{2} k_{cx28}.$$

По расчетной схеме 5 при  $\frac{a}{l} = 0,1$  получим  $k_{cx5} = 0,745$ . По расчетной схеме 28, приняв  $EI_1 = EI_2 = EI_k = 2,7 \cdot 10^7$  Н·м<sup>2</sup> и взяв  $h_{cp}$ , получим

$$\chi = \frac{EI_k \cdot h_{cp}}{EI_k \cdot l_r} = \frac{1,9}{0,6} = 3,17,$$

находим

$$k_{cx28} = 16 + 48\chi = 16 + 48 \cdot 3,17 = 168.$$

В а р и а н т I

1. В первом приближении задаемся  $EI_6^I = 2 \cdot 10^7$  Н·м<sup>2</sup> и определяем

$$\chi = \frac{EI_6^I \cdot l_2^3}{EI_k \cdot l_1^3} = \frac{2 \cdot 10^{10} \cdot 0,6^3}{2,7 \cdot 10^{10} \cdot 3,8^3} = 0,0029.$$

Поправочный коэффициент будет

$$k_{cx47} = 0,745 + \frac{0,0029}{2} 168 = 0,99.$$

2. Расчетная нагрузка  $k \cdot P_{\text{пер верх}} = 0,99 \cdot 2800 = 2770$  Н.

3. Потребная жесткость верхней балки определяется по графикам  $EI_{\text{потр}} = 3 \cdot 10^7$  Н·м<sup>2</sup> (см. рис. 11).

Так как жесткость значительно отличается от принятой выше ( $2 \cdot 10^7$  Н·м<sup>2</sup>), то используем второе приближение. По таблице рекомендуемых сечений балок выбираем сечение 11—4 с жесткостью

$$EI_6^{II} = 4,19 \cdot 10^7 \text{ Н·м}^2.$$

В а р и а н т II

1. Поправочный коэффициент к переменной нагрузке

$$\chi_1 = \frac{4,19 \cdot 10^{10} \cdot 0,6^3}{2,7 \cdot 10^{10} \cdot 3,8^3} = 0,0061,$$

$$k_{cx47} = 0,745 + \frac{0,0061}{2} \cdot 168 = 1,257.$$

Расчетная нагрузка  $k P_{\text{верх перем}} = 1,257 \cdot 2800 = 3250$  Н.

3. Потребная жесткость верхней балки  $EI_{\text{потр}} = 4 \cdot 10^7 \text{ Нм}^2$ . Разница между  $EI_6^{\text{II}}$  и  $EI_{\text{потр}}$  невелика, поэтому составим для верхней балки сечение 11—4.

По изложенной выше методике можно рассчитать на жесткость элементы каркасов сборочных приспособлений трубчатых конструкций. Размеры труб необходимо подбирать по сортаментам ГОСТ 8734-75 «Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные» и ГОСТ 8732-70 «Трубы стальные бесшовные горячекатаные».

В случае необходимости могут быть рассчитаны и принятые размеры фиксаторов (выдвижных и откидных) стыковых узлов. Методика их расчета такова. В процессе сборки изделия в стапеле подобного рода фиксаторы подвергаются нагрузке, связанной с деформацией собираемого агрегата, главным образом, от напряжений, вызываемых клепкой. Практически определить величины этих нагрузок невозможно, так как они зависят от очень многих факторов, поэтому расчетные нагрузки задают из условий эксплуатации, считая, что в любом случае напряжения в деталях не должно превосходить предела текучести.

Для всех фиксаторов типа «ухо—вилка» расчетная нагрузка определяется напряжениями на срез в сечении болта (штыря), диаметр которого известен:

$$P_{\text{ср}} = 2F \cdot [\tau_{\text{ср}}],$$

где  $P_{\text{ср}}$  — расчетная нагрузка на срез;

$F$  — площадь сечения болта (штыря);

$\tau_{\text{ср}}$  — предел текучести материала на срез, принимаемый равным (0,6...0,7)  $\sigma_s$ , т. е. 0,6...0,7 предела текучести материала на растяжение.

Считая эту нагрузку приложенной по оси болта (штыря) и направленной перпендикулярно к скале (или перпендикулярно плоскости откидной планки), можем рассчитать сечение скалки или планки, а также проверить жесткость их, определив  $f_{\text{max}} = 1/3 \cdot PL^3/EI$  и считая, что  $f$  не должно превышать 0,1 мм, как это было принято при определении балок стапеля.

Проверив расчетами элементы приспособлений, можно закончить вычерчивание общего вида, выбрав конструкцию и нанеся на чертеже нужные прижимные элементы. Перед этим необходимо по учебным пособиям еще раз ознакомиться с конструкциями прижимов, их разновидностями, достоинствами и недостатками разных типов, просмотреть нормализованные конструкции зажимов в РТМ. Если нельзя выбрать зажим из имеющихся в альбомах нормалей, если придется конструировать его вновь, то надо максимально использовать нормальные элементы — рычаги, винты, скобы и т. п. Следует помнить следующие



основные требования к прижимам: надежное закрепление деталей, достаточное быстрое действие, отсутствие повреждения поверхности детали, обеспечение хорошего доступа в рабочую зону. При крупносерийном производстве и большом количестве прижимов следует подумать о применении групповых гидравлических и пневматических прижимных устройств.

## 6.5. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Оформление чертежей общих видов сборочных приспособлений и детализировки производится в соответствии со стандартами единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Форматы листов принимаются по ГОСТ 2.301-68 (табл. 11).

Основные надписи для чертежей и схем должны быть выполнены по форме 1 (ГОСТ 2.104-68), а текстовые документы (спецификация, пояснительная записка) по формам 2 и 2а (ГОСТ 2.104-68). Порядок заполнения спецификации следующий. Вначале записывается исходная документация: чертеж, схемы, ТУ, затем сборочные единицы, потом детали оригинальные, далее стандартные, прочие изделия, материалы, и, наконец, комплекты запасных частей. Более подробно рекомендации по выполнению спецификации можно найти в ГОСТ 2.108-68. Обозначение шероховатости поверхностей производят по ГОСТ 2789-73 и ГОСТ 2309-73.

При оформлении чертежей общих видов и узловых необходимо давать примечание (текстовую часть, состоящую из технических требований, основных характеристик, маркировки приспособления, способа монтажа оснастки и т. п., а также таблицы с размерами и другими параметрами в соответствии с ГОСТ 2.316-68 «Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц»).

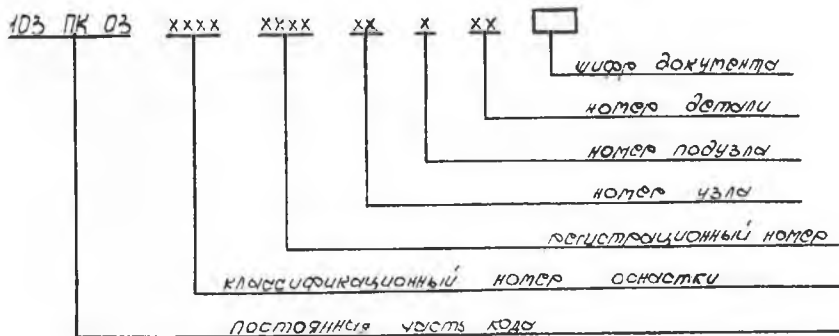
## 6.6. ШИФРОВКА ЧЕРТЕЖЕЙ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

При оформлении чертежей приспособления студент должен присвоить ему определенный шифр в соответствии с методическими указаниями /26/ и следующей системой обозначения:

Таблица 11

*Размеры основных форматов*

Обозначение формата	Размеры стороны формата, мм
44.	1189×841
24	596×341
22	594×420
12	297×420
11	297×210



Постоянная часть кода включает в себя номер кафедры производства ЛА (103), ПК — проект курсовой, 03 — клепально-сборочные работы.

Классификационные номера необходимо присваивать оснастке в соответствии с конструктивно-эксплуатационной характеристикой по табл. 12 применительно к машиностроению или авиационной промышленности. Выбор шифровки согласуется с преподавателем, консультантом проекта. Регистрационные номера оснастке присваиваются порядковыми числами от 0001 и т. д. Номера узлов и деталей обозначаются в соответствии со спецификациями общего вида приспособления и его узлов. Шифр документа: для сборочных чертежей код — СБ, для спецификации — 801.

Таблица 12

Классификация технологической оснастки

№ п/п	Наименование технологической оснастки	Классификационный номер	
		машиностроение	МАП
1.	Станцы для сборки, приспособления, стационарные	7830	6340
2.	Сборочная оснастка подвесная, передвиж., поворот.	7831	6341
3.	Прочая сборочная оснастка	7833	6348
4.	Стенды, пульта, шитки, приспособления для испытаний гидравлических и пневматических	7871	6364
5.	Оргоснастка, стремянки, лестницы	7879	6344
6.	Контрольные приспособления, стенды обмена и контроля и т. п.	8735	6366
7.	Объемные макеты, габаритно-весовые	8736	6368
8.	Мастер-плиты, макеты-эталонь	8739	6367

Пример обозначения спецификации общего вида:

103 ПК 03 xxxx-xxxx. 00.0.00.801.

Пример обозначения сборочного чертежа:

103 ПК 03 xxxx-xxxx. 00.0.00.СБ.

Пример обозначения первой детали, входящей в сборочный чертеж:

103 ПК 03 xxxx-xxxx. 00.0.01.

Пример обозначения первого узла:

103 ПК 03 xxxx-xxxx. 01.0.00.СБ.

Пример обозначения первого подузла, входящего в первый узел:

103 ПК 03 xxxx-xxxx. 01.1.00.СБ.

Пример обозначения первой детали, входящей в первый узел:

103 ПК 03 xxxx-xxxx 01.0.01.

## ***7. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ***

### ***ПО ОФОРМЛЕНИЮ***

### ***РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ.***

### ***ЗАЩИТА ПРОЕКТА***

---

Расчетно-пояснительная записка должна содержать необходимые пояснения и расчеты по всем разделам курсового проекта в последовательности их выполнения, при этом быть достаточно краткой (30...46 страниц). Не следует приводить длинных выписок из учебников и технической литературы, повторяющих известные положения и доказательства. Наиболее ценным является изложение собственных мыслей студента, его выводов, рекомендаций, пояснений и расчетов.

Записка должна быть оформлена и закодирована в соответствии с методическими указаниями /26/, написана хорошим литературным языком, стилистически и орфографически грамотно. Писать следует чисто и аккуратно (четким почерком) на одной стороне листа. 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 делаются ссылки. Расчеты выполняются по формулам подстановкой в них числовых данных и приведением окончательного результата. Серьезное внимание при этом

должно быть обращено на точность (правильность) вычислений и отсутствие ошибок, в связи с этим каждый расчет рекомендуется подвергать повторной проверке.

Заключительная часть записки должна содержать основные положения по технике безопасности и охране труда, которые необходимо соблюдать при осуществлении принятого технологического процесса.

Записка должна иметь титульный лист установленного образца, оглавление, приложение (технологические карты, сводные таблицы, графики и др.), список использованной литературы. Записка представляется в сброшюрованном виде с приложением задания на проект, в переплете из ватмана.

После подписания руководителем всех чертежей, технологических карт и пояснительной записки выполненный проект защищается в комиссии из двух преподавателей кафедры (один из которых — руководитель проекта). По ознакомлении комиссии с представленными материалами (чертежами и запиской) студент делает краткий доклад (10...12 мин), в котором формулирует задачи проекта, характеризует объект производства и его особенности, излагает содержание выполненных работ, основные выводы и рекомендации, полученные в результате разработки темы. Затем члены комиссии задают студенту вопросы по существу выполненной работы и связанных с ней разделов курса технологии производства ЛА. По результатам доклада и ответов на вопросы с учетом глубины и качества проработки темы комиссия оценивает выполненную студентом работу. В зачетную ведомость и зачетную книжку студента оценку ставит руководитель проекта.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абибов А. Л. и др. Технология самолетостроения: Учебник. — М.: Машиностроение, 1982. — 551 с.
2. Белянин П. П. Производство широкофюзеляжных самолетов. — М.: Машиностроение, 1979. — 360 с.
3. Бабушкин А. И. Устройства для базирования и фиксации деталей в сборочных приспособлениях: Учебное пособие. — Харьков: ХАИ; 1978. — 90 с.
4. Бойцов В. В. и др. Сборочные и монтажные работы. — М.: Оборонгиз, 1955. — 476 с.
5. Вагнер Е. Т. и др. Лазерные и оптические методы контроля в самолетостроении. — М.: Машиностроение, 1977. — 176 с.
6. Волошин И. Н. Обеспечение точности обводов клепаных агрегатов самолетов. — М.: Машиностроение, 1979. — 152 с.
7. ГОСТ. Единая система конструкторской документации. Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР.—М., 1969.
8. ГОСТ 14203-73. Правила обеспечения технологичности конструкций сборочных единиц.

9. Горбунов М. Н. Основы технологии производства самолетов. — М.: Машиностроение, 1976. — 260 с.
10. Григорьев В. П. Взаимозаменяемость агрегатов в самолетостроении. — М., 1969. — 258 с.
11. Григорьев В. П., Ганиханов Ш. Ф. Приспособления для сборки узлов и агрегатов самолетов и вертолетов. — М.: Машиностроение, 1977. — 138 с.
12. Григорьев В. П. Сборка клепаных агрегатов самолетов и вертолетов. — М.: Машиностроение, 1969. — 344 с.
13. Горбачев А. С. Метод обеспечения взаимозаменяемости агрегатов летательных аппаратов с помощью разделочных стендов. — Куйбышев: КуАИ, 1976. — 56 с.
14. Дударь Л. А., Китаев Ф. И., Рудман М. Д. Сборочно-сварочные работы в производстве летательных аппаратов. — Куйбышев: КуАИ, 1983. — 96 с.
15. ЕСТД. Правила оформления документации на процессы сборочных, слесарно-сборочных и электромонтажных работ. ГОСТ 3.1407-71.
16. Заклепки повышенного качества ГОСТ 14797-75 по ГОСТ 14803-75. Госкомитет стандартов Совета Министров СССР.
17. Косилов В. В. Технологические основы проектирования автоматического сборочного оборудования. — М.: Машиностроение, 1976. — 248 с.
18. Кичкин И. И., Сифяков Э. П. Патентные исследования при курсовом и дипломном проектировании в высших учебных заведениях. — М.: Высшая школа, 1979. — 111 с.
19. Лысов М. И., Кузнецов А. М. Проектирование сборочной оснастки. Методическое руководство. — Казань: КИИ, 1980. — 40 с.
20. Новиков М. П. Научные основы автоматизации сборки машин. — М.: Машиностроение, 1976. — 472 с.
21. Никольский А. А. Экономическое обоснование выбора оптимального варианта технологических процессов. — М.: МАТИ, 1959. — 84 с.
22. Пивлов В. В. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов сборки летательных аппаратов. — М.: МАТИ, 1975. — 70 с.
23. Рязумихин М. И., Исаюк И. И. Приспособления для сборки агрегатов самолета: Конспект лекций. Ч. II. — Куйбышев: КуАИ, 1973. — 70 с.
24. Рязумихин М. И., Юркеник Т. А. Математические методы в плазово-шаблонном производстве. — Куйбышев: КуАИ, 1974. — 72 с.
25. Рязумихин М. И. и др. РТМ. Расчет на прочность сборочной и контрольной оснастки. — Куйбышев: КуАИ, 1962. — 150 с.
26. Рудман М. Д. Оформление конструкторской и технологической документации при выполнении студентами самостоятельных работ: Методические указания. — Куйбышев: КуАИ, 1982. — 45 с.
27. Степанченко В. А. Технический процесс в самолетостроении. — М.: Машиностроение, 1975. — 360 с.
28. Ярковец А. И. Основы механизации и автоматизации технологических процессов в самолетостроении. — М.: Машиностроение, 1981. — 240 с.

# Приложение (ГОСТ 3.1201-74)

Т а б л и ц а П1

Код	Вид технического документа
01	Комплект технологических документов
10	Маршрутная карта
20	Карта эскизов
25	Технологическая инструкция
30	Комплектовочная карта
40	Ведомость документов
41	Ведомость расцеховки
42	Ведомость оснастки
43	Ведомость материалов
44	Ведомость деталей (сборочных единиц)
45	Ведомость изделий
50	Карта технологического процесса
60	Операционная карта
71	Операционная расчетно-технологическая карта
72	Ведомость операций

Т а б л и ц а П2

Код	Вид технологического процесса по его организации или метод его организации
*0	Без указаний
1	Единичный процесс (операция)
2	Типовой процесс (операция)
3	Групповой метод (операция)

\* Код 0 «Без указания вида технологического процесса» проставляют при наличии в документе нескольких видов или отсутствии необходимости обозначения конкретного вида.

Код	Вид технологического процесса по методу выполнения
*00	Без указания вида технологического процесса
01	Технологический процесс изготовления изделия
02	Ремонт
03	Технический контроль
04	Перемещение
05	Складирование
30	Холодная штамповка
40	Механическая обработка
46	Обработка на станках с числовым программным устройством (ЧПУ)
50	Термическая обработка
70	Нанесение защитного и защитно-декоративного покрытия
71	Нанесение химического и электрохимического покрытий и химическая обработка
72	Электрохимическая обработка
73	Нанесение лакокрасочного покрытия
74	Нанесение стеклоэмалевого и полимерного покрытия
88	Слесарные, слесарно-сборочные и электромонтажные работы
89	Обмоточно-изолированные и пропиточно-сушильные работы
90	Сварка
91	Дуговая и электрошлаковая сварка
92	Газовая сварка и резка
93	Точечная контактная и шовная контактная сварка
94	Стыковая контактная сварка
95	Электроно-лучевая сварка
96	Сварка трением

\* Код 00 «Без указания вида технологического процесса» проставляют при наличии в документе нескольких видов или отсутствии необходимости обозначения конкретного вида.

# Содержание

Введение	3
1. Задачи и содержание курсового проекта	4
1.1. Цель курсового проектирования	4
1.2. Задание на курсовой проект	5
1.3. Содержание проекта и объем выполняемых работ. Организация работы над проектом	5
2. Разработка технологического процесса сборки	8
2.1. Исходные данные для разработки технологических процессов	8
2.2. Изучение конструкции и анализ ее технологичности	8
3. Разработка схем членения и сборки	12
3.1. Схемы членения	12
3.2. Схемы сборки	12
3.3. Способы сборки и методы базирования	14
3.4. Проектирование схем увязки заготовительной и сборочной оснастки	17
4. Разработка рабочего технологического процесса сборки	22
4.1. Основные положения	22
4.2. Разработка условий на поставку узлов и деталей	26
4.3. Сравнение вариантов технологических процессов	27
4.4. Разработка циклового графика сборки	30
5. Расчет точности сборки	31
5.1. Основные понятия и формулы расчета	31
5.2. Производственные погрешности	34
5.3. Влияние на точность сборочного процесса метода базирования	36
5.4. Составление уравнений погрешности. Учет схемы увязки сборочной и заготовительной оснастки	38
5.5. Примеры расчета точности сборки	39
6. Проектирование сборочных приспособлений	42
6.1. Назначение сборочных приспособлений, их структура и основные требования к ним	42
6.2. Исходные данные и разработка технического задания на проектирование сборочных приспособлений	45
6.3. Этапы проектирования сборочного приспособления	47
6.3.1. Изучение и анализ исходных данных для проектирования сборочного приспособления	48
6.3.2. Проработка схемы базирования и состава базовых элементов	49
6.3.3. Выбор системы координат сборочного приспособления	50
6.3.4. Разработка конструктивной схемы приспособления	50
6.4. Расчет элементов каркаса приспособления на жесткость	54
6.5. Оформление графических работ	65
6.6. Шифровка чертежей сборочных приспособлений	65
7. Общие указания по оформлению расчетно-пояснительной записки. Защита проекта	67
Библиографический список	68
Приложение (ГОСТ 3.1201-74)	70



Доп. план 1986 г., поз. 59

*Алексей Степанович Горячев,  
Игорь Михайлович Белоглазов,  
Дмитрий Николаевич Лысенко*

## СБОРКА КЛЕПАНЫХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Редактор Е. Д. Антипова  
Техн. редактор Н. М. Каленюк  
Корректор Н. С. Кулрпянова

Сдано в набор 12.08.86 г. ЕО 00323.  
Подписано в печать 30.09.86 г.  
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная.  
Печать высокая. Литературная гарнитура.  
Усл. п. л. 4,1. Уч.-изд. л. 4,5. Т. 1500 экз.  
Заказ 753. Цена 15 к.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
аэриационный институт имени академика С. П. Королёва,  
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. ЭОЗ КуАИ, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.