

А. С. ГОРЯЧЕВ

**МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ
АГРЕГАТОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
С ПОМОЩЬЮ РАЗДЕЛОЧНЫХ СТЕНДОВ**

1 9 7 6

Министерство высшего и среднего специального
образования Р С Ф С Р

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

А.С.Горячев.

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ
АГРЕГАТОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
С ПОМОЩЬЮ РАЗДЕЛОЧНЫХ СТЕНДОВ

Конспект лекций

Рассмотрен и утвержден
редакционным советом института
18 марта 1975 г.

Куйбышев 1975

В конспекте рассматривается метод обеспечения взаимозаменяемости агрегатов и секций планера самолета по конструктивно-эксплуатационным разъемам и стыкам с помощью механической обработки на разделочных стандах. Дана технологическая характеристика наиболее распространенных стыковых узлов агрегатов типа фланцевых, вильчатых, телескопических и накладных, а также нивелировочная схема самолета Ту-154. На примерах разделки фланцевого и вильчатого стыков агрегатов самолетов показаны процессы их обработки и описана конструкция специальных стандов и режущего инструмента.

Конспект предназначен для студентов самолетостроительного факультета, а также может быть полезен для инженерно-технических работников авиационных заводов.

Горячев Алексей Степанович

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ
АГРЕГАТОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
С ПОМОЩЬЮ РАЗДЕЛОЧНЫХ СТАНДОВ

Конспект лекций

Редактор О.Б. Хмырева, Техн. редактор Н.М. Каленюк,
Корректор Т.В. Полякова

Е000332. Подписано в печать 25/Х1-76 г. Формат 60х84/16. Физ. л. л. 3,5. + вкл.
Усл. печ. 3,25. Уч.-изд. 3. Тираж 1000 экз. Цена 15 к. Заказ № 7581

Куйбышевский Ордена Трудового Красного Знамени авиационный институт
имени академика С.П. Королева, г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Ротационный цех областной типографии имени В.П. Мяги, г. Куйбышев,
ул. Венцека, 60.

I. ВВЕДЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Одной из главных задач при сборке самолетов является обеспечение взаимозаменяемости агрегатов, секций планера по конструктивно-эксплуатационным разъемам и стыкам. Решение этой задачи позволяет значительно сократить трудоемкость и цикл стыковочных работ при общей сборке изделия и в условиях эксплуатации.

Под взаимозаменяемостью агрегатов и секций самолета по конструктивно-эксплуатационным разъемам и стыкам понимается свойство конструкций собираться без подбора и доработки по узлам разъемов, стыкам и контурам (обводам), обеспечивая заданную схему самолета.

Под схемой самолета понимается форма и взаимное расположение его частей, обуславливающие определенные аэродинамические, тактико-технические и эксплуатационные качества самолета.

Конструктивно-эксплуатационный разъем или стык - это место соединения агрегатов и секций самолета, обусловленное требованиями функционирования и эксплуатации. Например, места соединения крыла с фюзеляжем, отъемной части крыла с центропланом, стабилизатора и киля с фюзеляжем и т.д. Конструктивно-эксплуатационный разъем или стык выполняется обычно в виде разъемного (стыкового) узла, болтового соединения отдельных частей самолета. Взаимозаменяемость агрегатов и секций самолета по разъемам и стыкам зависит от точности изготовления их стыковых поверхностей и точности расположения отверстий под стыковые болты.

В производстве самолетов применяют две системы обеспечения взаимозаменяемости агрегатов:

- взаимозаменяемость при независимом изготовлении агрегатов и элементов разъемов и стыков, т.е. с использованием системы допусков и посадок;
- взаимозаменяемость при зависимом изготовлении агрегатов и элементов разъемов и стыков.

Для обеспечения взаимозаменяемости в самолетостроении, широко применяется так называемая система зависимого изготовления деталей, узлов и агрегатов. Согласование форм и размеров деталей, узлов и агрегатов

производится при помощи плоских и пространственных носителей формы и размеров агрегатов и их стыков. Жесткими носителями размеров и форм являются плазы, шаблоны, эталоны поверхности, мастер-плиты и макеты стыков. Размеры с жестких носителей переносятся на технологическую оснастку. Вопросы, связанные с взаимозаменяемостью, решают при проектировании самолета и его изготовлении на заводе. При этом (в целях обеспечения производственных и эксплуатационных требований) производят членение планера на агрегаты, секции, узлы. На основе членения конструкции оформляется схема обеспечения взаимозаменяемости, отражающая связь составляющих комплекса оснастки (отдельных агрегатов, секции, узлов самолета). Реализация этой схемы позволяет уменьшить трудоёмкость и сократить цикл сборочных работ, создает условия для кооперированного производства самолетов и возможность быстрой замены при эксплуатации поврежденных или выработавших ресурс агрегатов.

Широкое применение в производстве летательных аппаратов нашел метод обеспечения взаимозаменяемости агрегатов по разъёмам и стыкам с помощью разделочных стендов.

2. ЧЛЕНЕНИЕ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА

Под агрегатами в самолетостроении понимают отдельные, законченные в конструктивном и технологическом отношении части самолета или устанавливаемые на нём готовые изделия (оборудование и пр.). Применительно к планеру самолета к агрегатам относятся: крыло, фюзеляж, стабилизатор, киль, руль высоты и т.п.

Агрегаты самолета могут состоять из секций, секции из панелей, узлов и деталей. Степень членения указывается на специальной схеме (рис.1).

По конструкции стыковые соединения разделяются на следующие виды:

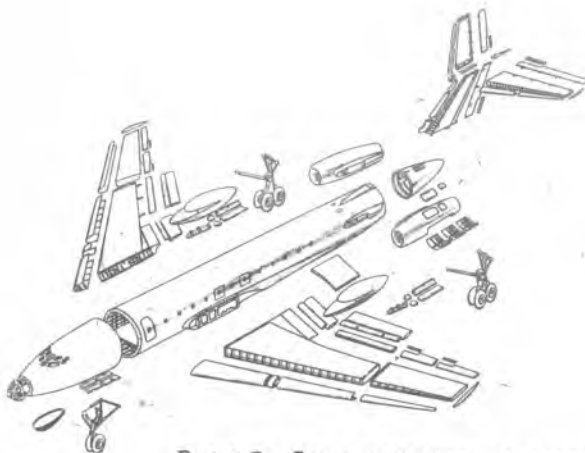
Р а з ь ё м - соединение, позволяющее некоторые перемещения или изменения положения одного агрегата относительно другого. К разъёмам относятся соединения элерона с крылом, рулей высоты со стабилизатором и т.п.

С т ы к - такое соединение агрегатов (секций) между собой, при котором в процессе эксплуатации самолета не допускается перемещение одного агрегата относительно другого.

Разъёмы и стыки можно разделить на конструктивные, технологические и эксплуатационные.

Конструктивные разъемы и стыки определяются прежде всего теми функциями, которые выполняет тот или иной агрегат в конструкции самолета, а также обеспечением взаимозаменяемости. Например, разъем крыла с элероном или стык крыла с фюзеляжем.

Технологические стыки создаются из соображений целесообразной организации производства и применения оптимальной технологии. Они разделяют агрегаты на секции, секции на панели и узлы.



Р и с.1. Схема членения самолета

Эксплуатационные стыки и разъемы создаются в связи с требованиями, предъявляемыми к самолетам в процессе их эксплуатации и ремонта, а также при перевозке тем или иным транспортом и хранении на складах.

При проектировании нового самолета целесообразно сокращать количество разъемов и стыков, возможно полнее реализуя в каждом из них конструктивные, технологические и эксплуатационные требования.

3. НИВЕЛИРОВОЧНАЯ СХЕМА САМОЛЕТА

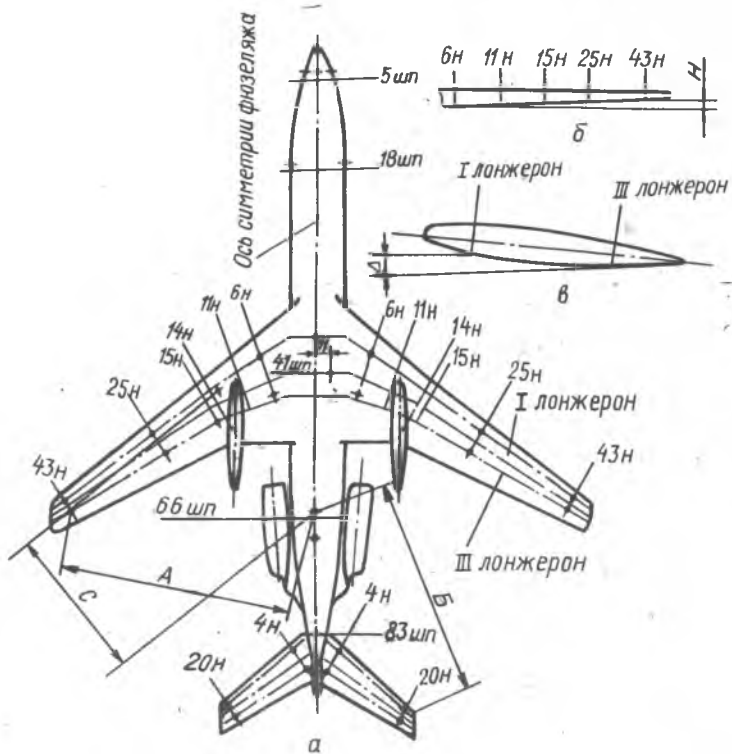
Летные качества самолета в основном определяются его аэродинамикой, т.е. внешними обводами и размерами его агрегатов, их положением в воздушном потоке или относительно базовых осей самолета. По-

этому точность получения обводов и точность сборки летательного аппарата по заданным нивелировочным данным имеет существенное значение. Основные размеры агрегатов и размеры, определяющие их положение, приводятся обычно на общем виде самолета. Величины допусков на размеры зависят от класса самолета, его габаритов и скорости полета. По статистическим данным, для самолетов со скоростью полета 600-1000 км/ч устанавливаются следующие допуски на угловые размеры: $\Delta V = \pm 5'$; $\Delta \alpha = \pm 10'$; $\Delta \psi = \pm 2'$; $\Delta \gamma = \pm 30'$,

- где $\pm \Delta V$ - допуск поперечного угла крыла;
 $\pm \Delta \alpha$ - допуск установочного угла крыла;
 $\pm \Delta \psi$ - допуск положения плоскости стыка фюзеляжа;
 $\pm \Delta \gamma$ - допуск угла стреловидности крыла.

На основании чертежа общего вида самолета разрабатывается его нивелировочная схема, в которой взаимное положение агрегатов определяется линейными или угловыми размерами по нивелировочным точкам. Положение этих точек выбирают с таким расчетом, чтобы можно было наиболее точно задавать положение агрегата относительно базовых осей самолета и иметь возможность определять вертикальные и горизонтальные линейные размеры с помощью оптических приборов и универсальных мерительных средств. В нивелировочной схеме размеры даются с учетом деформаций конструкций под действием собственного веса. Для каждого самолета составляется таблица замеров, которая заносится в нивелировочный паспорт изделия.

На рис. 2,3 показаны схемы расположения реперных точек планера самолета Ту-154. Нивелировка производится на пустом самолете (с оборудованием и без горючего) после окончательной сборки. За нивелировочную плоскость принимается плоскость, проведенная через реперные точки на строительной горизонтали у шпангоутов № 18 и 66. Эти же точки служат для установки фюзеляжа в горизонтальное положение. Реперные точки даны в виде кернов на обшивке или заклепках. Поперечная установка самолета производится по реперным точкам I-го лонжерона крыла на нервюрах № 6. За ось симметрии самолета принимается прямая, проведенная через проекции осевых реперных точек на шпангоутах № 5 и № 66 на горизонтальную плоскость. Реперные точки по оси симметрии фюзеляжа на шпангоутах № 5, 41, 66 и 83 даны в виде отверстий с резьбовым стаканчиком для сережки под нить отвеса. Реперные точки на крыльях и оперении закернены. Все реперные точки обведены красным кругом диаметром 30 мм с толщиной линии 5 мм.



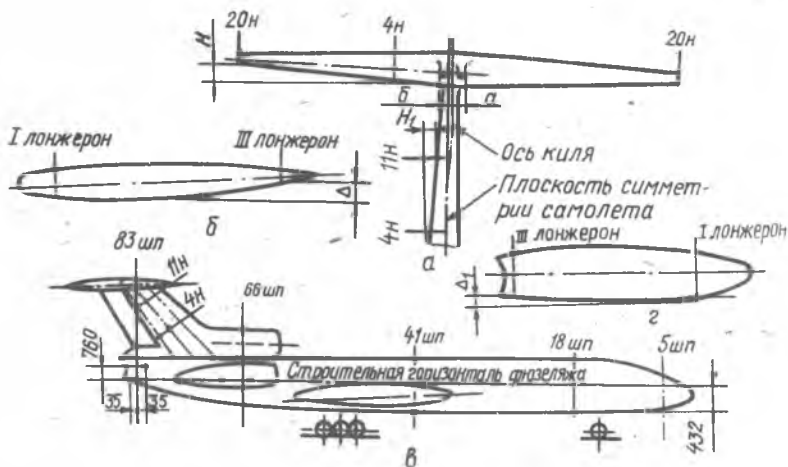
Р и с.2. Схема расположения реперных точек на самолете Ту-154:
а - вид на самолет снизу; б, в - виды на крыло

Нивелировочные размеры самолета Ту-154 и отдельных его агрегатов приведены в табл. I - 5.

Т а б л и ц а I

Проверка симметрии самолета (рис.2, а)

Проверяемый параметр	Допустимая величина, мм
Разность размера " А " по левому и правому крылу	30
Разность размера " Б " по левой и правой консоли стабилизатора	20
Разность размера " С " по левому и правому крылу	10



Р и с. 3. Схема расположения реперных точек на самолете Ту-154:
 а - вид на оперение спереди; б - вид на стабилизатор сбоку;
 в - вид сбоку на самолет; г - вид на поперечное сечение киля

Т а б л и ц а 2

Нивелировка фюзеляжа (рис.2, а и 3, в)

Наименование замеров	№ шпангоутов				
	5	18	41	66	83
Смещение реперных точек от строительной горизонтали (теоретическое), мм	-432	0	-	0	760
Смещение реперных точек от строительной горизонтали с учетом прогиба от веса конструкции, мм	-448	0	-	0	738
Д о п у с к , мм	± 3	-	-	-	± 6
Смещение реперных точек от оси симметрии фюзеляжа, мм	0	-	11	0	0
Д о п у с к , мм	-	-	± 6	-	± 6
Допустимая разница замеров по реперным точкам на правом и левом бортах (проверка на закрутку), мм	-	± 3	-	± 3	-
+ правый борт выше					
- левый борт выше					

Т а б л и ц а 3

Нивелировка крыла по поперечному углу V
и установочному углу α (рис.2в)

Наименование замеров	№ нервюр				
	6	11	15	25	43
Теоретическое превышение реперных точек третьего лонжерона над точкой нервюры №6 - Н,мм	0	145	213	205	195
Т о ж е превышение с учетом прогиба от веса конструкции - Н,мм	0	147	216	189	117
Д о п у с к , мм	- ± 3	± 3	± 8	± 15	
Превышение реперных точек I-го лонжерона над реперными точками III-го лонжерона по осям нервюр, теоретическое - Δ,мм	64	78	11	-2	-17
То же превышение с учетом деформации - Δ,мм	69	89	23	10	-10
Д о п у с к , мм	± 5	± 4	± 6	± 8	± 9

Разница в закрутке одного крыла относительно другого по нервюре № 43 не более $0^{\circ}20$, то есть 6 мм.

Т а б л и ц а 4

Нивелировка вертикального оперения - кия (рис. 3,а, 3,в, 3,г)

Наименование замеров	Теоретическое смещение	Допуск мм
Превышение реперной точки нервюры 4 над реперной точкой нервюры II по оси III-го лонжерона кия - Н ₁ ,мм	48	± 10
Превышение реперной точки I-го лонжерона над реперной точкой III-го лонжерона по оси нервюры 4 - Δ,мм	78	± 4,5
Превышение реперной точки I-го лонжерона над реперной точкой III-го лонжерона по оси нервюры II - Δ', мм	62	± 3,5
Отклонение кия от вертикальной прямой - Δℓ , мм (завал кия)	± 3	± 5

Завал определяется как полуразность замеров внешней боковой поверхности узла подвески стабилизатора относительно оси самолета справа и слева $\Delta l = \frac{a-d}{2}$ (рис.3,а).

Т а б л и ц а 5

Нивелировка горизонтального оперения стабилизатора
(рис.3,а и 3,б)

Наименование замеров	Устано- вочный угол	Смещение, мм		Допуск мм
		теорети- ческое	с учетом деформа- ции	
Превышение реперной точки нервюры 20 над точкой нер- вюры 4 по оси Ш-го лонже- рона - Н, мм	0°	55	36	± 5
	-1°30'	151	131	
	-7°	509	491	
Превышение реперной точки Ш-го лонжерона над точкой I лон- жерона по оси нервюры 20 - - Δ мм	0	48	46	± 5
	-1°30'	69	67	
	-7°	145	143	
Превышение реперной точки Ш лонжерона над точкой I лон- жерона по оси нервюры 4-Δ мм	0°	76	72	± 5
	-1°30'	111	106	
	-7°	230	225	
Ассиметрия по правому и левому концам стабилизатора по оси Ш лонжерона на нервюре №20 - - Δ Н, мм		не более 5		

4. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗЪЁМОВ И СТЫКОВ

Метод обеспечения взаимозаменяемости агрегатов самолета по конструктивно-эксплуатационным стыкам и разъёмам и, в частности, содержание процесса разделки на специальных стендах в значительной мере определяются конструкцией стыка и требованиями к точности его геометрических параметров. Поэтому дадим характеристику основных видов конструктивно-эксплуатационных разъёмов и стыков.

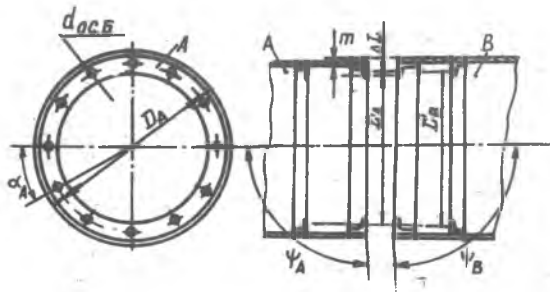
Наиболее широкое распространение получили следующие конструкции разъёмов и стыков:

- фланцевые,
- вильчатые ("ухо" - "вилка" - "гребенка"),

- телескопические,
- ленточные (накладные),
- комбинированные.

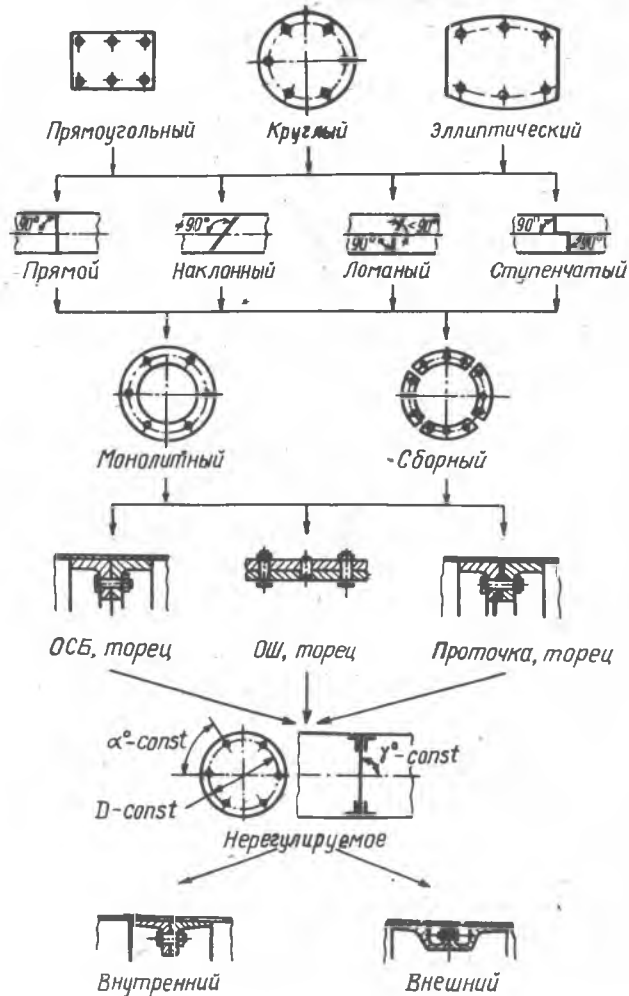
Каждая из этих групп разъемов и стыков отличается конструкцией базовых поверхностей, по которым ориентируются собираемые агрегаты, и технологией сборки.

Фланцевые конструктивно-эксплуатационные стыки получили широкое распространение на всех классах самолетов для соединения агрегатов и секций планера. Основными параметрами фланцевого стыка (рис. 4) являются: положение привалочной плоскости в пространстве (угол ψ), точность (характер посадки) болтового соединения по стыковым отверстиям, точность совпадения контуров в плоскости разреза (ступенька $\pm m$). Фланцевые узлы разреза разнообразны по конструкции. Однако, их можно разделить на ти-



Р и с. 4. Геометрические параметры фланцевого стыка

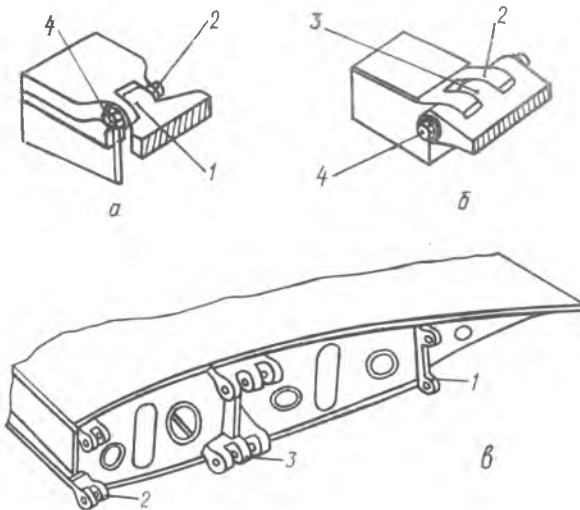
повые разновидности в зависимости от конструктивно-технологической характеристики (рис. 5). Конструкции этих стыков (разъемов) по форме контура бывает прямоугольными, круглыми и эллиптическими. Привалочная плоскость стыка может быть прямой, наклонной, ломаной или ступенчатой. Прямой стык наиболее технологичен, так как требуется минимальное количество оснастки при изготовлении агрегата и упрощается замена агрегата в условиях эксплуатации. Стыковые фланцевые углы могут быть монолитными и сборными. Монолитные конструкции стыковых узлов (шпангоутов и нервюр) более технологичны и просты с точки зрения обеспечения взаимозаменяемости. Сборные конструкции стыковых узлов менее жестки и более трудоемки в изготовлении. Базовыми поверхностями фланцевых стыков



Р и с.5. Конструктивно-технологическая характеристика фланцевых стыков: а - контур стыка; б - вид плоскости стыка; в - технология изготовления стыка; г - наименование базовых поверхностей; д - положение базовых поверхностей; е - подход к стыковым болтам

являются следующие: отверстия под стыковые болты (ОСБ) или отверстия под шпильки (ОШ), выточка на фланце, а также торец фланца, Положение базовых поверхностей фланцевых стыков не регулируются. Это требует применения высокоточной технологической оснастки и специального оборудования для обеспечения взаимозаменяемости соединяемых агрегатов при изготовлении базовых поверхностей. По возможности подхода к стыковым болтам различают внутренний и внешний стык.

Вильчатые стыки и разъемы получили наиболее широкое применение на соединениях крыла с фюзеляжем для легких машин, стыках агрегатов оперения, а также подвижных узлах подвески рулей, элеронов, триммеров и т.п. Вильчатые разъемы и стыки состоят из нескольких элементарных узлов. На рис. 6а и 6б приведены элементарные узлы разъема "ухо-вилка", и "вилка-гребенка", состоящие из уха 1, вилки 2, болта 4 и соответственно из вилки 2, гребенки 3 и болта 4. Эти узлы крепятся на стыкуемых агрегатах. Положение элементарных узлов стыка или разъема определяет взаимное



Р и с. 6. Вильчатые стыки: а - элементарный узел "ухо-вилка"; б - элементарный узел "вилка - гребенка"; в - стыковой узел "ухо-вилка-гребенка"; 1 - ухо; 2 - вилка; 3 - гребенка; 4 - стыковой болт

положение соединяемых агрегатов. Базовыми опорными поверхностями узлов разъемов и стыков при соединении агрегатов служат поверхности ОСБ и пазов в вилках. Количество элементарных узлов в разьёме может быть различное. По конструктивному признаку оси отверстий в узлах могут располагаться в одной плоскости или на одной линии, параллельно или перпендикулярно друг к другу. В одном разьёме или стыке может быть несколько одинаковых или различных по конструкции элементарных узлов (рис. 6, в). Обычно посадки стыковых болтов и пазов выполняются довольно строго (по "С", "Д" и "Х"), что обеспечивается обработкой стыковых узлов на разделочных стендах.

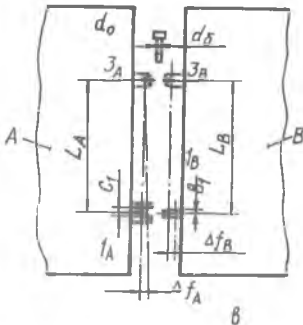
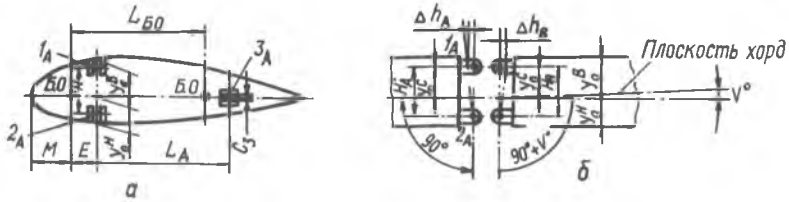
Телескопические стыки для планера самолета делают обычно болтовыми. Они применяются для соединения отдельных частей фюзеляжа небольших диаметров ($D < 1\text{ м}$), а также для крепления концевых обтекателей крыльев и оперения. Крепежные болты или винты, соединяющие секции, располагаются по периметру поверхности стыка. Базовыми поверхностями, определяющими взаимное положение соединяемых агрегатов при болтовых стыках, являются ОСБ, поверхности секций в месте стыка. Взаимное положение соединяемых агрегатов будет зависеть от точности изготовления базовых поверхностей. Поэтому нужна очень точная технологическая оснастка, например, в виде специальных жестких и нежестких кондукторов-колец, и специальные разделочные стенды.

Накладные стыки применяются на разьёмах концевых обтекателей крыльев и оперения, на разьёмах крыльев с центропланом. Обычно крепление накладок производится с помощью винтов или болтов через анкерные гайки. Основными параметрами накладного соединения являются: форма накладки, допуски на вписываемость ее в контуры соединяемых агрегатов и характер посадки болтового соединения. Базовыми поверхностями в накладных стыках служат стенки ОСБ и поверхность контура сечения агрегатов в месте стыка. Стык не технологичен, так как положение базовых поверхностей не регулируется, а при установке на заводе или замене агрегатов в эксплуатации требуется совместная обработка отверстий ОСБ при соединении стыкуемых агрегатов.

Комбинированные стыки и разьёмы - это такое соединение агрегатов и секций, в которое входят элементарные узлы различных видов, рассмотренных выше.

5. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СТЫКОВ И РАЗЪЕМОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСКОВ НА НИХ

Положение стыковых поверхностей и осей отверстий под стыковые болты определяются их координатами относительно базовых осей и базовых отверстий. На рис.7 показаны геометрические параметры вильчатого стыка. К геометрическим параметрам агрегатов, определяющим их взаимозаменяемость по разбёмам и стыкам относятся:



Р и с. 7. Геометрические параметры вильчатого стыка

- размеры L_A и L_B , H_A и H_B , определяющие взаимное положение отверстий под стыковые болты;
- размеры ψ_0 , E углы 90° и $90^\circ + V$, определяющие положение осей стыковых отверстий под болты относительно координатных осей и базовых отверстий (БО);
- размеры C_1 , β_1 , d_0 и d_δ , определяющие характер сопряжения элементов стыка и посадку стыковых болтов в отверстиях. Обычно

посадка по пазам (размерам C_1 и β_1) соответствует A_3/x_3 , а по стыковым болтам - A/C и A_3/C_3 . Геометрические параметры фланцевого стыка (разбёма) даны ранее на рис.4. К ним относятся:

размеры D_A и α_A угол ψ_A и величина ступеньки $\pm m$, определяющая совпадение контуров стыкуемых агрегатов.

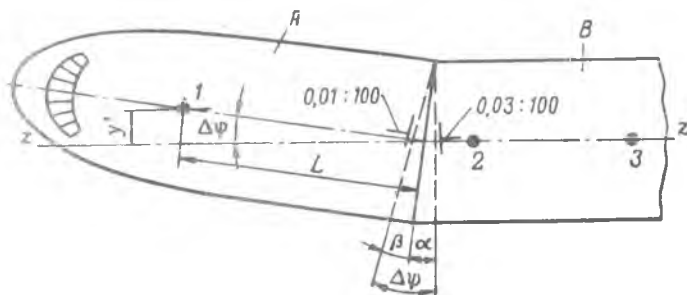
Для фланцевых стыков отверстия под стыковые болты выполняются больше на 0,2 - 0,5 мм относительно болта. Допуск на ступеньку m колеблется от $\pm 0,5$ мм до ± 2 мм, в зависимости от класса самолета и места расположения контура.

Нивелировочные данные самолета, обусловленные аэродинамическими расчетами, определяют форму, размеры и взаимное положение агрегатов планера. В зависимости от допусков на расположение агрегатов назначают допуски на их стыки. Геометрические параметры, определяющие расположение базовых поверхностей стыков зависят от вида их конструкции.

Рассмотрим расчет допусков на примере фланцевого и вильчатого стыков.

5.1. Фланцевый стык.

На нивелировочные данные самолета при соединении агрегатов и секций по фланцевым стыкам оказывает существенное влияние погрешности расположения действительных осей отсеков вследствие неперпендикулярности плоскости стыка оси самолета ($\Delta\psi$) (рис.8) и закрутка: поворот теоретических осей одной секции относительно другой. От-



Р и с.8. Погрешности расположения фланцевого стыка:
1,2,3 - нивелировочные точки; 0,01 : 100 и 0,03 : 100 - допуски на углы

клонения оси секции на величину $y'(z')$ определяется по формуле:
$$y' = L \sin \Delta\psi,$$
 где y' - отклонение оси секции вследствие неперпендикулярности плоскости стыка;

L - расстояние от плоскости стыка до нивелировочной точки I;
 $\Delta\psi$ - суммарная величина углового отклонения секции;
 α и β - угловые отклонения плоскостей стыков секций А и В за счет допусков на перпендикулярность их торцов.

Угловое смещение (закрутка) одной секции относительно другой возможно за счет зазоров в болтовом соединении.

Увязку размеров агрегатов по фланцевому стыку после их соединения характеризуют следующие данные:

$$\nabla_{AB}(m) = D'_A - D'_B; \quad (1)$$

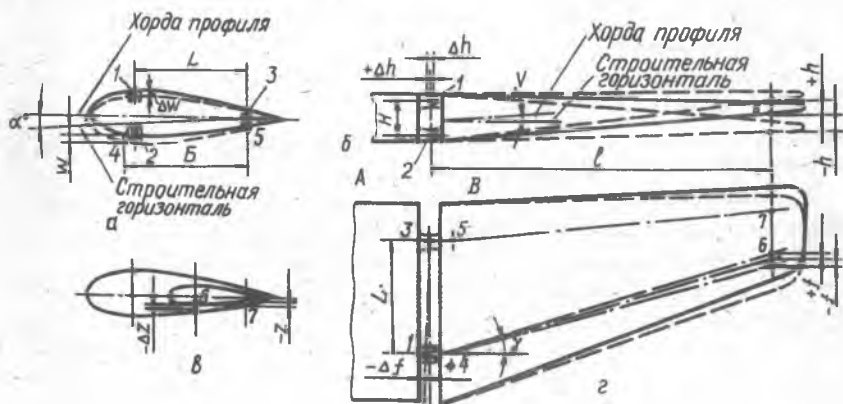
$$\nabla_{AB}(\psi) = \psi_A - \psi_B; \quad (2)$$

$$\nabla_{AB}(L) = L'_A - L'_B. \quad (3)$$

В уравнениях (1), (2), (3) значения D'_A , D'_B ; ψ'_A , ψ'_B ; L'_A , L'_B соответствуют действительным размерам на агрегате (см. рис.4). Величины $\nabla_{AB}(m)$, $\nabla_{AB}(L)$, $\nabla_{AB}(\psi)$ должны находиться в пределах допусков, указанных в технических условиях на стыковку агрегатов.

5.2. Вильчатый стык

На рис.9 приведены основные размеры вильчатого стыка и допуски



Р и с.9. Погрешности расположения вильчатого стыка:

1,2,3 - вильчатые элементарные узлы; 4,5,6,7 - реперные точки

на нивелировочные данные установки агрегата В (отъемной части крыла) относительно базовых осей агрегата А.

Точность установки крыла по углу V определяется допуском $\pm h$ на положение нивелировочной точки 6. Возможное перемещение точки 6 консоли крыла $\pm h$, связано со смещением оси узла I относительно оси узла 2 на величину $\pm \Delta h$, предполагая, что крыло жесткое.

При этом условии Δh определяется :

$$\Delta h = \frac{hH}{l}, \quad (4)$$

где H - расстояние между стыковыми узлами I и 2 по высоте;
 l - расстояние от нивелировочной точки 6 до разъема по стыку.

Положение стыковых узлов I и 2 относительно узла 3 задается углом установки крыла α . Точность их расположения определяется допуском на положение нивелировочной точки 4 относительно точки 5. Очевидно, что допуск ΔW на смещение оси отверстия под болты в узле I относительно узла 3 определится из равенства

$$\Delta W = \frac{Wl}{B}, \quad (5)$$

где l - расстояние между узлами I и 3;
 W - допуск на смещение нивелировочной точки 4 относительно точки 5;

B - расстояние между нивелировочными точками 4 и 5.

Допуск Δf на смещение осей узлов I и 2 относительно оси узла 3 при установке крыла по углу γ на основании нивелировочных данных можно найти по формуле

$$\Delta f = \frac{fL}{l}, \quad (6)$$

где f - допустимое линейное перемещение нивелировочной точки 6 в поперечном сечении крыла.

Допуск на величину закрутки крыла ΔZ определяется величиной допуска на превышение нивелировочной точки 7 над точкой 6.

На основании приведенных формул можно рассчитать допуски на взаимное положение осей отверстий в стыковых узлах и допуски на смещение осей отверстий под болты относительно базовых осей.

Величины этих допусков представляют суммы допусков на отклонения геометрических параметров агрегатов А и В, т.е.

$$\Delta h = \Delta h_A + \Delta h_B, \quad (7)$$

$$\Delta W = \Delta W_A + \Delta W_B, \quad (8)$$

$$\Delta f = \Delta f_A + \Delta f_B. \quad (9)$$

На основании допусков на геометрические параметры разъемов и стыков рассчитываются допуски на точность изготовления сборочных и контрольных приспособлений.

6. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ ПО РАЗЪЕМАМ И СТЫКАМ ПРИ ЗАВИСИМОМ ИЗГОТОВЛЕНИИ АГРЕГАТОВ

В самолетостроении нашел широкое применение зависимый метод изготовления агрегатов. Изготовление и измерение формы и размеров производится при помощи плоских и пространственных носителей формы и размеров агрегатов и их стыков без использования универсальных средств измерения, как это принято при независимом изготовлении, широко применяющемся в машиностроении.

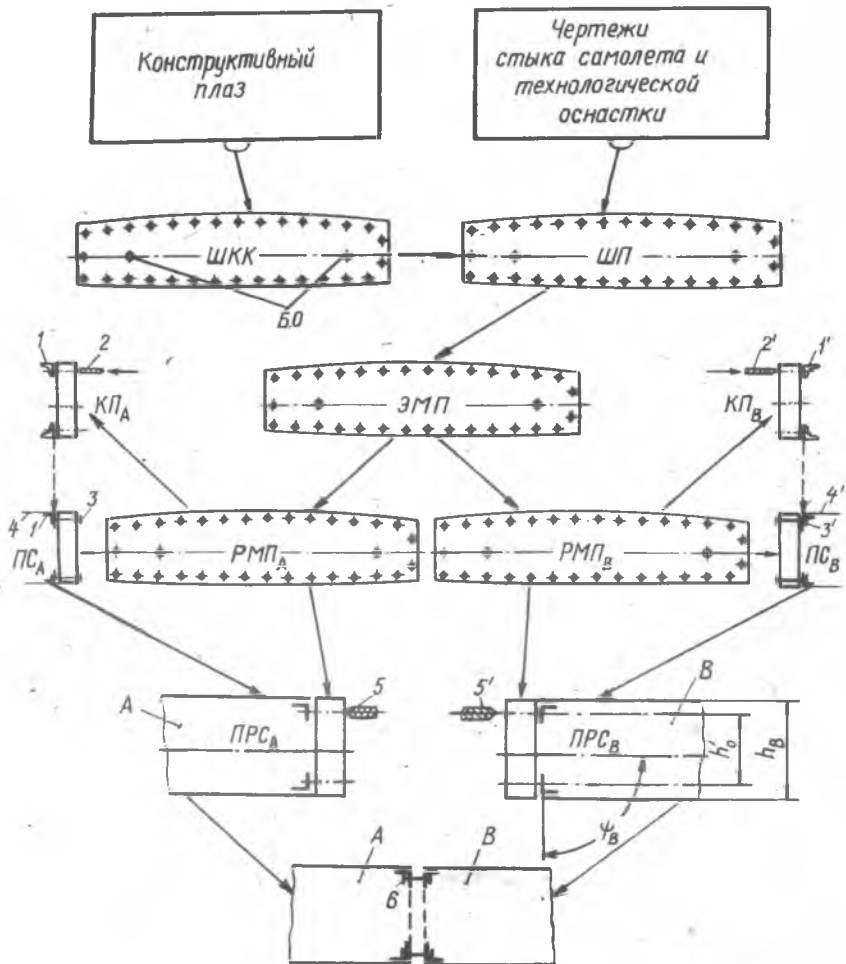
Зависимый метод обеспечения взаимозаменяемости разделяется на три разновидности, определяющиеся видом жестких носителей размеров и других специальных средств:

- эталонно-шаблонный;
- макетно-инструментальный;
- бесплазовый (с применением оптических приборов).

Содержание этих методов подробно описано в специальной технической литературе: [1], [2], [3]. При применении указанных методов для обеспечения взаимозаменяемости агрегатов по стыкам и разъемам широко используются разделочные стелнды.

Для примера рассмотрим схему обеспечения взаимозаменяемости агрегатов по фланцевым и вильчатым стыкам при эталонно-шаблонном методе с применением разделочных стелнды.

На рис.10 показана схема, поясняющая последовательность изготовления специальной оснастки для фланцевого стыка. Изготовление оснастки начинается с конструктивного плаза, на котором по данным чертежей агрегатов нанесены сечения элементов конструкции и разделаны базовые отверстия (БО). С конструктивного плаза сечения и БО переносят на шаблон контрольно-контурный (ШКК) и шаблон приспособления (ШП), на которых сверлят отверстия, определяющие расположение ОСБ и БО. Далее по ШП изготавливается эталонная мастер-плита (ЭМП) стыка, а по ЭМП - рабочие мастер-плиты (РМП_А) и (РМП_В) для стыков агрегатов А и В, после чего путем непосредственного копирования стыковые отверстия переносятся на ЭМП, РМП, плиту стыка (ПС) и плиту разделочного стелнды (ПРС). Сверление отверстий под стыковые болты в узлах и деталях стыка агрегатов А и В производят по кондукторным плитам КП_А и КП_В. Плита стыка (ПС) применяется в стапеле для установки в сборочное положение с помощью технологических бол-



Р и с.10. Технологическая схема оснащения для обеспечения взаимозаменяемости фланцевого стыка:

Г - узлы стыков (нервы); 2 - сверла; 3 - технологические болты; 4 - обшивки агрегатов; 5 - развертки (зенкеры); 6 - стыковые болты

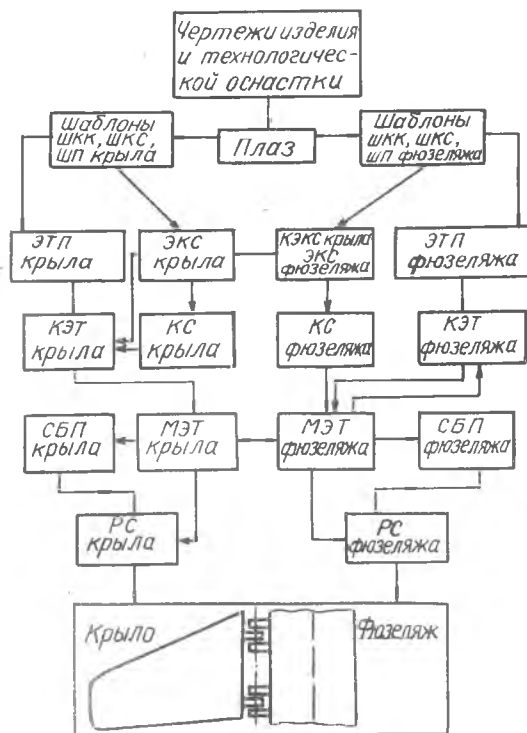
тов 3, деталей и узлов, входящих в стык при сборке агрегата. И, наконец, изготавливается плита разделочного стенда ПРС, которая используется как кондуктор при разделке отверстий на собранном агрегате.

Применение для образования фланцевого стыка перечисленной технологической оснастки обеспечивает стыковку агрегатов без каких-либо доработок. Как видно из схемы рис.10, при применении разделочных стендов отверстия под стыковочные болты (ОСБ) в деталях и узлах I предварительно обрабатываются меньшего диаметра, в плите стыка ПС стапеля отверстия также выполнены меньшего диаметра. Это обеспечивает точность установки стыковых узлов в сборочном приспособлении. В таком виде детали поступают на сборку, а после сборки - на разделочный стенд для обработки отверстий, а затем на стыковку.

На рис.11 представлена технологическая схема последовательности изготовления различной оснастки для вильчатого стыка крыла с фюзеляжем. По этой схеме базовые поверхности стыков должны быть координированы относительно обводов агрегатов.

На основании чертежей самолета вычерчивается плаз, а по плазу изготавливаются шаблоны. Далее по шаблону приспособления ШП изготавливается эталон калибра стыка (ЭКС) крыла, представляющий собой плиту, по форме соответствующую обводам стыковой нервюры крыла. На эту плиту устанавливаются и закрепляются в требуемом положении стыковые узлы. По ЭКС крыла изготавливается контрэтalon калибра этого стыка КЭКС, который является эталоном стыка фюзеляжа. Калибр стыка КС крыла изготавливается по ЭКС крыла, а калибр стыка КС фюзеляжа по ЭКС фюзеляжа. При помощи шаблонов получают эталон поверхности ЭПН крыла, по которому изготавливают контрэтalon КЭТ крыла. Контрэтalon используют также для изготовления монтажного эталона МЭТ крыла. В контрэталоне получают обводы монтажного эталона в зоне расположения нервюр, устанавливают калибр стыка КС крыла и соединяют его с элементами обвода (каркасом монтажного эталона). Калибр стыка вначале устанавливается и закрепляется только на одном монтажном эталоне, например, КС крыла.

В контрэталоне фюзеляжа калибр стыка на монтажный эталон фюзеляжа не устанавливается: он устанавливается при отстыковке МЭТ крыла и МЭТ фюзеляжа. После изготовления монтажных эталонов стыкуемых агрегатов их взаимно отстыковывают. При помощи МЭТ крыла монтируют элементы сборочного приспособления: СБП крыла и разделочного стенда РС крыла. В такой же последовательности по МЭТ фюзеляжа монтируют



Р и с. II. Технологическая схема оснащения для обеспечения взаимозаменяемости вильчатого стыка:

шкк, шкс, шп крыла и фюзеляжа - шаблон контрольно-контурный, шаблон контура сечения и шаблон приспособления крыла и фюзеляжа; ЭТП крыла (фюзеляжа) - эталон поверхности крыла (фюзеляжа); ЭКС крыла (фюзеляжа) - эталон калибра стька крыла (фюзеляжа); КС крыла (фюзеляжа) - калибр стька крыла (фюзеляжа); КЭТ крыла (фюзеляжа) - контр-эталон крыла (фюзеляжа); МЭТ крыла (фюзеляжа) - монтажный эталон крыла (фюзеляжа); СБП крыла (фюзеляжа) - сборочное приспособление крыла (фюзеляжа); РС крыла (фюзеляжа) - разделочный стьнд крыла (фюзеляжа)

сборочное приспособление и разделочный стоиц фюзеляжа. Агрегаты (крыло и фюзеляж) непосредственно после сборки в соответствующих приспособлениях и разделки в разделочных стендах отверстий и пазов стыковых узлов поступают на стыковку.

7. ПРИМЕНЕНИЕ РАЗДЕЛОЧНЫХ СТЕНДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ПО СТЫКАМ АГРЕГАТОВ САМОЛЕТОВ

В связи со сложностью формы изготавливаемых агрегатов, многодетальностью их и малой жесткостью, практически невозможно обеспечить необходимую точность геометрических параметров стыковых узлов. Отклонение же точности геометрических параметров стыковых узлов от допустимых может привести к нарушению нивелировочной схемы самолета. Поэтому в производстве летательных аппаратов, в целях обеспечения необходимой точности геометрических параметров стыковых узлов агрегатов, нашел широкое применение метод "доработки замыкающего звена". Как известно, точность замыкающего звена размерной цепи определяется суммой составляющих звеньев этой цепи. Суть метода доработки заключается в том, что после общей сборки агрегата в стапеле (например, крыла или части фюзеляжа) производится механическая обработка стыкового узла на специальных разделочных стендах. При этом детали и узлы, подаваемые на сборку, могут изготавливаться с более широкими допусками, а точность замыкающего звена получается высокой. В данном случае замыкающими звеньями будут являться размеры, определяющие геометрические параметры стыков, а именно расположение стыковых отверстий, положение привалочной плоскости фланцевого разьема, размеры вилок, ушков, гребенок и т.д.

Припуск на доработку замыкающего звена σ_n определяется из уравнения

$$\sigma_n = \sigma'_{зам} - \sigma_{зам} = \sum_{i=1}^{n-1} \sigma'_i - \sigma_{зам}, \quad (10)$$

- где $\sigma'_{зам}$ - требуемый допуск замыкающего звена, полученный по расчету из условия применения расширенных допусков на размеры всех других звеньев размерной цепи;
- $\sigma_{зам}$ - требуемый допуск замыкающего звена, полученный по расчету из условия обеспечения полной взаимозаменяемости, при котором точность размеров составляющих звеньев значительно повышается;
- σ'_i - расширенный допуск на размер i -го звена размерной цепи.

Разделка стыковых узлов агрегатов на специальных стендах представляет процесс механической обработки крупногабаритных изделий, сложной формы и малой жесткости. Разделочные стенды состоят из специальных установочных приспособлений, специальных станков или разделочных головок.

Основным условием соблюдения заданной точности размеров при механической обработке является обеспечение расчетного неравенства

$$\sigma_{\Sigma} \leq \sigma_u \text{ или } \sigma_{\Sigma} \leq \sigma_{зам}, \quad (I1)$$

где σ_{Σ} - ожидаемая погрешность обработки данного исходного замыкающего размера;

σ_u ($\sigma_{зам}$) - заданный допуск на каждый исходный (замыкающий) размер.

Ожидаемая погрешность обработки σ_{Σ} определяется в виде суммы трех её главных составляющих. Тогда расчетное неравенство можно записать в таком виде:

$$\rho + \sigma_n + \tau \leq \sigma_{зам}, \quad (I2)$$

где ρ - погрешность обработки, связанная с установкой изделия в приспособление;

σ_n - погрешность обработки, связанная с размещением самого установочного приспособления относительно станка;

τ - погрешность обработки, связанная с методом обработки.

Дадим характеристику этим погрешностям и условиям их определения.

Погрешностью обработки, связанной с установкой изделия в приспособление, следует считать погрешность в исходном размере, ожидаемую вследствие того, что исходная база может занять различное положение относительно корпуса (базы) приспособления. Под исходной базой понимается поверхность или точка, относительно которой в операционной карте (или другом технологическом документе) координировано положение обрабатываемой поверхности. Например, БО или реперные точки на поверхности агрегата. Размер, которым координировано это положение, называется исходным размером. (например, расстояние от реперных точек или базовых отверстий до места обработки).

Установочная база - это поверхность изделия агрегата, узла, которая при установке изделия в приспособление создает определенность положения изделия в направлении исходного размера. Для агрегата, раздельяемого на стенде, установочной базой может быть аэродинамическая поверхность.

Производственными погрешностями, под влиянием которых возникает составляющая погрешности обработки, ρ , являются погрешности самого

обрабатываемого изделия и погрешности установочных элементов приспособления. Именно из-за неточностей самого изделия и установочных элементов исходная база может занимать после установки изделия одно из различных положений относительно базы приспособления, что и может повлечь изменение величины размера, проставленного от этой базы. Зная погрешности изделия (из предшествующих операций сборки) и установочных элементов (из чертежей приспособления) можно рассчитать величину погрешности обработки P для каждого исходного размера, выдерживаемого на данной операции. В каждом случае расчет сводится к решению вполне определенной геометрической задачи. В общих расчетных формулах погрешность обработки P будет функцией двух переменных: погрешности установки изделия в приспособлении и направления исходного размера.

Погрешность обработки σ_n связанной с установкой приспособления относительно станка, следует считать погрешность в исходном размере, ожидаемую вследствие того, что само приспособление может занять различное положение относительно станка. При различных положениях приспособления, а значит и изделия, будут различными и положения исходной базы, а следовательно, и значения исходного размера. Таким образом, эта погрешность как и погрешность P , зависит от положения исходной базы, но обусловлена другими производственными погрешностями. Погрешность σ_n зависит от точности установочных мест приспособления, которыми оно устанавливается относительно станка и от точности положения этого места относительно установочных мест изделия. Величина погрешности σ_n предопределяется при разработке чертежей приспособления, так как именно тогда назначают допуски на неточность изготовления его элементов.

Погрешность обработки τ , связанной с методом обработки, следует считать погрешность в исходном размере, ожидаемую вследствие всех производственных погрешностей, влияние которых не учитывается в величинах P и σ_n . При определении этой составляющей следует различать два характерных случая:

Первый - определение её для размера, координирующего плоскую обрабатываемую поверхность - погрешность τ первого рода.

Второй - определение её для размера, координирующего ось обрабатываемой поверхности вращения - погрешность τ второго рода.

Первый случай. Погрешность τ первого рода определить расчетом очень трудно. Поэтому величину τ определяют по нормативам [4].

Второй случай. При расчете τ второго рода целесообразно определить ее как сумму четырех составляющих:

$$\tau = \delta_c + \delta_u + \delta_n + \delta_d, \quad (13)$$

где δ_c - погрешность обработки, связанная со станком;
 δ_u - погрешность обработки, связанная с инструментом;
 δ_n - погрешность обработки, связанная с наладкой инструмента;
 δ_d - погрешность обработки, связанная с деформациями.

В случае обработки неподвижного изделия вращающимся инструментом, например, при разделке отверстий по кондуктору, можно пренебречь составляющими δ_c и δ_d . Расположение просверленного отверстия не будет зависеть от погрешностей станка (ввиду наличия кондукторной втулки). Оно не будет зависеть и от деформаций инструмента, а будет зависеть от деформации изделия. Более подробно с методикой расчета точности механической обработки можно ознакомиться в специальной литературе, например [5].

При обработке стыковых узлов на разделочных стендах, для обеспечения взаимозаменяемости агрегатов по ОСБ, широко применяются кондукторные приспособления (плиты разделочного стенда). Они, в конечном счете, определяют требуемую точность расположения ОСБ.

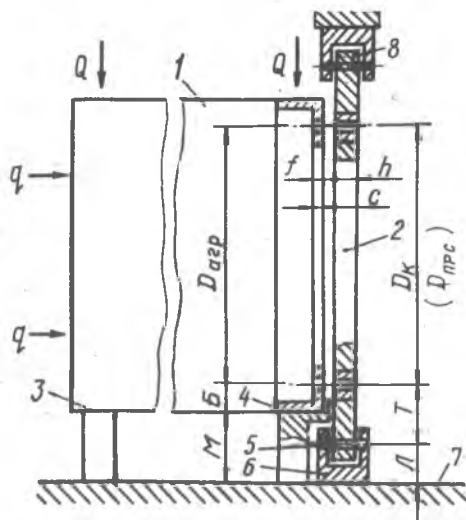
Покажем методику определения погрешностей расположения стыковых отверстий на примере фланцевого стыка. Взаимозаменяемость агрегатов по фланцевому стыку с обработанными торцевыми поверхностями зависит от точности образования отверстий под стыковые болты (ОСБ) и точности расположения осей этих отверстий в плоскости стыка. Действительный размер между осями ОСБ равен номинальному размеру L с учетом производственных погрешностей ΔL , соответственно для соединяемых агрегатов А и Б, т.е.

$$L_A \pm \Delta L_A = L_B \pm \Delta L_B. \quad (14)$$

Погрешности обработки отверстий при базировании по внешнему обводу агрегата рассмотрим на примере отсека I, установленного на базовые поверхности 3 и 4 приспособления и прижатого к ним силами q и Q (рис.12). Кондуктор 2 базируется по штырю 5 в кронштейне 6, а штырь 8 - вспомогательный: он установлен с зазором и не оказывает влияния на базирование кондуктора. Важнейшими размерами после обработки отверстий стенде будут: B - расстояние от наружного обвода агрегата до оси отверстия и $D_{агр}$ - расстояние между осями отверстий в агрегате. Эти размеры характеризуют степень взаимозаменяемости рассматриваемых отсеков по соединению - размер $D_{агр}$ и по совпадению поверхностей контуров обводов - размер B . Размер B_x ($D_{пр}$) задает расстояние между кондукторными втулками в плите стапеля или разделочного стенда.

Р и с.12. Размерная цепь на расположение стыковых отверстий при обработке и то кондукторной плите:

1 - агрегат; 2 - кондукторная плита (плита разделочного стенда); 3,4 - опорные поверхности ложемента разделочного стенда; 5,8 - гладкие штыри; 6 - кронштейн; 7 - основание установочного приспособления разделочного стенда, и q, Q - усилия прижимов изделия



Погрешность расстояния между осями отверстий $\Delta D_{агр}$ в агрегате I равна:

$$\pm \Delta D_{агр} = \pm 2 \Delta L_{к} \pm 2 \Delta L_{п}, \quad (15)$$

где $\Delta L_{к}$ - погрешность расстояний между осями кондукторных втулок;

$\Delta L_{п}$ - погрешность, вызванная переносом отверстия с кондуктора на изделие (стык).

Следовательно, $D_{агр} = D_{к} \pm 2 \Delta D_{агр}$. (16)

Погрешность на размер b , как видно из рис.12, определяется из уравнения размерной цепи:

$$\pm \Delta b = \pm \left[\Delta L + \Delta T + K \left(\frac{\sigma_2 + \sigma_3}{2} \right) - \Delta M \right], \quad (17)$$

где σ_2 и σ_3 - допуски на диаметр штыря 5 и отверстия в кондукторной плите 2.

Погрешности размеров ΔL , ΔT , ΔM зависят от конкретного способа изготовления кронштейна 6, изготовления и монтажа кондуктора 2, точности изготовления ложемента 4. Суммарные величины погрешностей характеризуют положение стыковых отверстий, с которыми агрегат поступает на общую сборку.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РАЗДЕЛКИ АГРЕГАТОВ ПО СТЫКОВЫМ УЗЛАМ

Рассмотрим примеры конкретных технологических процессов разделки наиболее распространенных типов стыковых узлов с помощью раздельных стендов.

8.1. Технологический процесс разделки фланцевого стыка ОЧК с ЦЧК по разъемной нервюре самолета Ту-154

Конструкция фланцевого стыка показана на рис.13, 13г. (вкладка) Стыковые узлы между ЦЧК 4 и ОЧК 7 состоят из жестких профилей разьема I и -5 по нижнему и верхнему поясам нервюры, а также из стоек по первому, второму и третьему лонжеронам 2, 9, 14. Для удобства закладки стыковых болтов 10 при соединении в верхнем и нижнем профилях разъемов, имеются колодцы для размещения головок стыковых болтов, гаек и пазы. Ширина паза обычно больше диаметра стыкового болта на 0,2 мм. По стойкам лонжеронов в месте разьема располагаются стыковые отверстия, выполняемые с точностью по А₃. Стыковые болты изготавливаются из материала 30ХГСА ($\sigma_s = 110-130 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$) по 3-му классу точности.

Стыковочные профили по поясам нервюры - из АК 6, а стойки по лонжеронам - из Д16Т. Перед операцией разделки агрегата по стыку общая сборка агрегата должна быть закончена, а базовые реперные точки, определяющие нивелировочное положение изделия, должны быть нанесены на аэродинамическую поверхность. Для крыла, например, эти реперные точки наносятся на пересечении осей нервюр и лонжеронов. Нивелировка крыла по поперечному углу проводится по III-му лонжерону в местах пересечения с нервюрами № 6 и II для СЧК и с нервюрами 15, 25, 43 для ОЧК. Нивелировка крыла по установочному углу производится по превышению реперных точек I-го лонжерона под реперными точками III лонжерона по осям нервюр 6, II, 15, 25, 43. Нанесение реперных точек производится в стапеле общей сборки агрегата с помощью специальных кернов, расположенных в строго определенном положении относительно базовых осей агрегата и аэродинамических поверхностей. На рис.14 показана схема нанесения реперных точек. Глубина кернения должна быть не более 0,3 мм. Вокруг этой точки наносится цветной (красной) краской кольцо диаметром 30 мм. Весь технологический процесс разделки (обработки) фланцевого стыка ОЧК с ЦЧК по нервюре можно свести к следующим операциям:

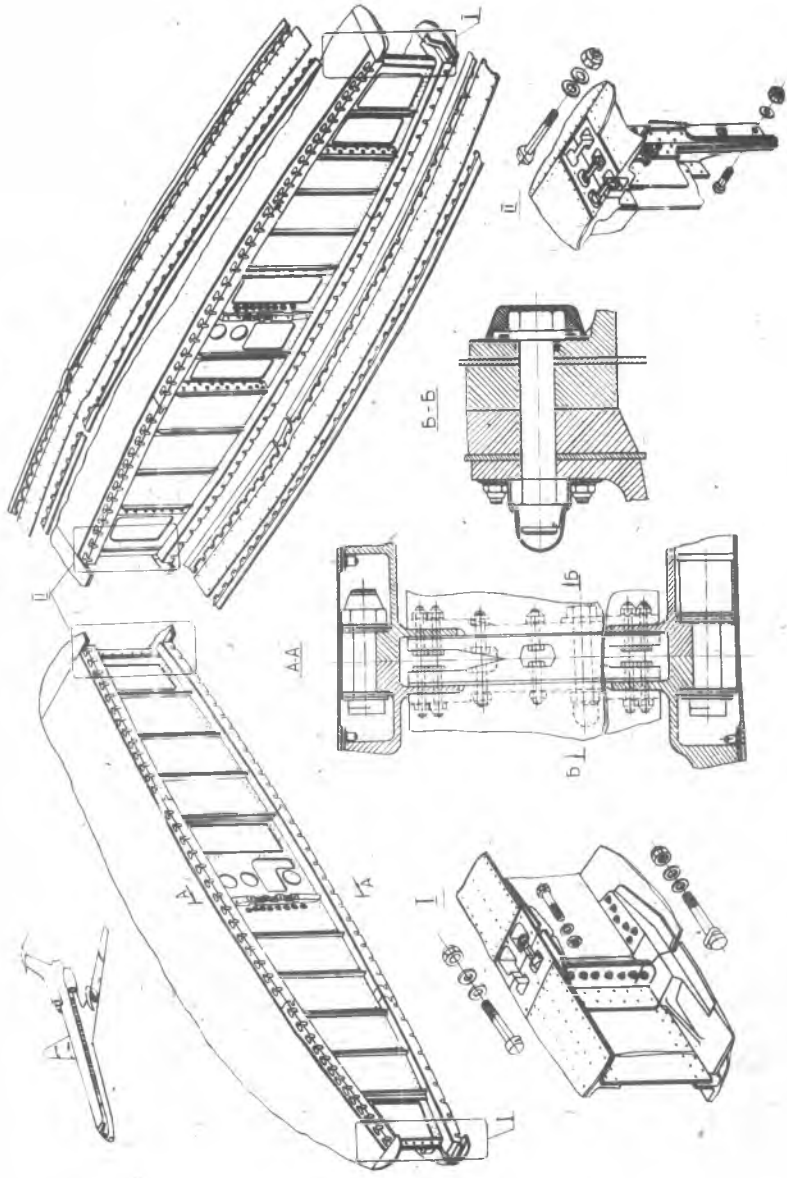
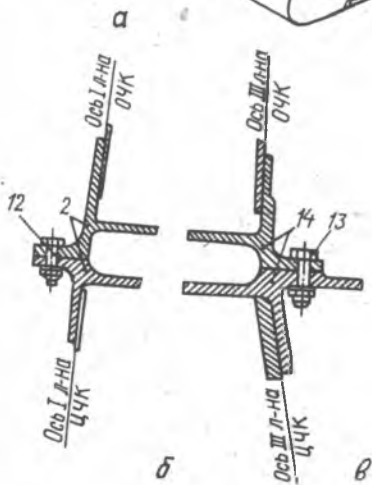
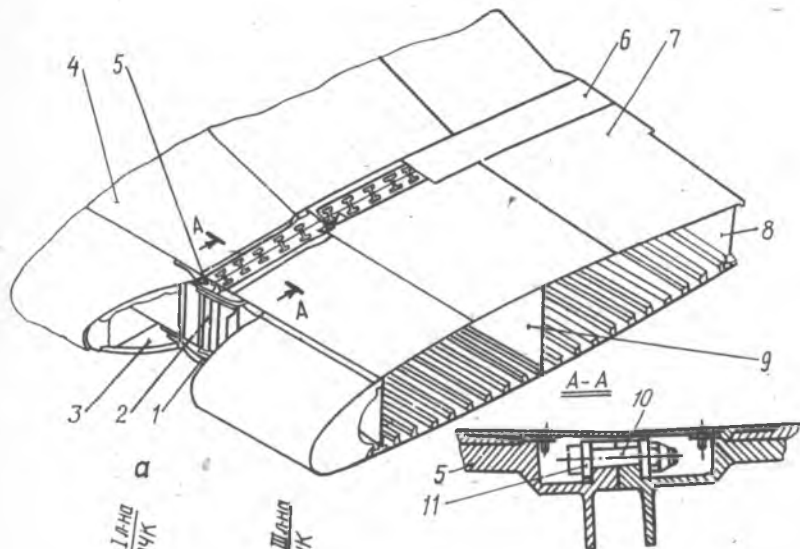


Рис. 13г. Конструкция стикового ула ОЧК и ЦЧК самолета Ту-154

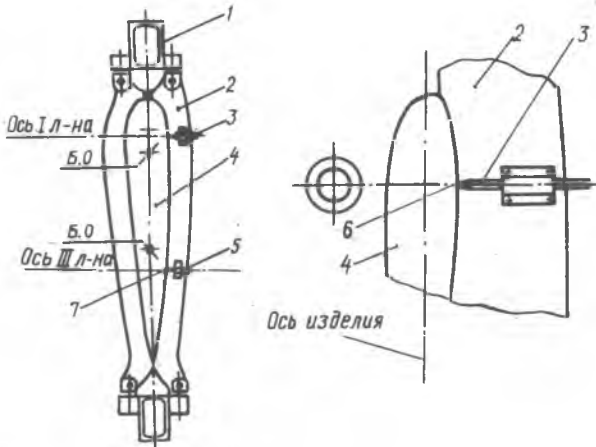
1. Закладка и нивелировка крыла в стекле.
2. Фрезерование плоскости разъёма ОЧК по нервюре.
3. Разделка пазов в разъёме ОЧК по нервюре.
4. Разделка отверстий в разъёме по стойкам лонжеронов.
5. Цековка полуотверстий в профилях разъемов и фитингах.
6. Цековка отверстий в стойках I, II, и III лонжеронов.



Р и с.13. Стык объёмной части крыла (ОЧК) и центральной части крыла (ЦЧК): а - общий вид стыка; б - стык по I лонжерону; в - стык по 3-му лонжерону;

1 - нижний профиль разъёма; 2 - стойка по I-му лонжерону; 3 - I лонжерон; 4 - центральная часть крыла; 5 - верхний профиль разъёма; 6 - накладка; 7 - объёмная часть крыла; 8 - стойка по 3-му лонжерону; 9 - стойка по 2-му лонжерону; 10, 12, 13 - стыковой болт; 11 - шайба; 14 - стойка 3-го лонжерона

Прежде чем перейти к рассмотрению технологического процесса обработки, познакомимся с конструкцией разделочного станда. Стенд (рис.15) состоит из специального установочного приспособления, обесп-



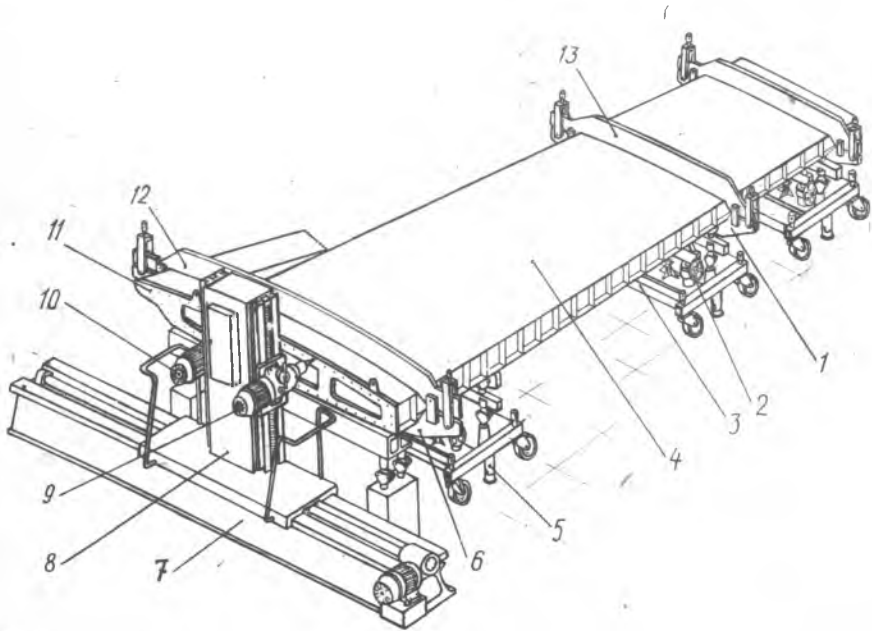
Р и с.14. Схема нанесения реперных точек:

I - бадка стапеля; 2 - рубильник; 3,5 - керны; 4 - изделие (крыло); 6,7 - реперные точки

печивающего необходимое положение изделия относительно режущего инструмента, а также его неподвижность. Три основные опоры-ложемента I, 6 ОЧК располагаются неподвижно, а три ложемента 2 - на передвижных тележках 3, которые в рабочем положении фиксируются стойками 5 относительно баз станда и опираются на домкратные опоры. При этом опорные колеса тележек поднимаются. Механизмы опорных тележек позволяют обеспечить перемещения ложемента, а значит и ОЧК 4 в трех направлениях. Для установки обрабатываемого изделия в нивелировочное положение станда имеет ряд реперных узлов, которые устанавливаются в соответствии с нивелировочными точками на крыле. Неподвижное положение крыла при обработке обеспечивается с помощью крепежных рубильников I2, I3, расположенных над ложементами. Требуемую точность расположения отверстий и пазов на стыковом узле обеспе-

чивают специальные кондукторные плиты разделочного стенда и специальные копирные приспособления.

Механическая обработка стыкового узла производится с помощью специального станка, состоящего из станины 7, по которой перемещается вертикальная стойка 8. На вертикальной стойке смонтированы две



Р и с.15. Стенд для разделки фланцевого стыка крыла:

1,6 - неподвижные ложементы; 2 - подвижные ложементы; 3 - подвижная тележка; 4 - крыло (ОЧК); 5 - стойка; 7 - станина; 8 - колонна; 9 - сверлильная головка; 10 - фрезерная головка; 11 - плита-кондуктор; 12,13 - рубильники

головки: фрезерная 10 и сверлильная 9. Эти головки могут перемещаться по высоте и могут обработать любую точку в плоскости разъёма. Для разделки стыковых отверстий применяется плита - кондуктор 11.

Основные технические характеристики
разделочного станка модели ФР-20:

Наибольшая длина обработки	7000 мм
Ход продольных салазков	8400 мм
Скорости рабочих продольных подач	300, 600, 1090 мм/мин
Вертикальный ход суппорта	2000 мм

Скорости вертикальных рабочих подач:

- а) суппорта фрезерной головки 44 - 720 мм/мин
- б) суппорта сверлильной головки 60 - 720 мм/мин

Пределы чисел оборотов шпинделя

- а) фрезерной головки 3000, 1500 об/мин
- б) сверлильной головки 82, 144, 482, 842 1400 об/мин

Ход пиноли шпинделя фрезерной головки 200 мм

Ход пиноли шпинделя сверлильной головки 300 мм

Перейдем к рассмотрению отдельных, наиболее важных операций процесса разделки агрегата ОЧК по фланцевому стыку.

О п е р а ц и я I. Установка (закладка) ОЧК в приспособление разделочного стенда и фиксации

Цель этой операции: обеспечить требуемое нивелировочное положение агрегата в пространстве, а также его неподвижность при обработке. В связи с тем, что агрегат после общей сборки имеет большие габариты и вес, необходимо особое внимание уделить технике безопасности при транспортировке его и установке на разделочный стенд.

Установочной базой ОЧК являются аэродинамические поверхности в сечениях по нервюрам № 15, 25, 43. При этом крыло должно быть положено на плоскость аэродинамических хорд. Опорными базами установочного приспособления являются три ложементы 2 на тележках (рис.15). Правильность положения ОЧК по установочному углу контролируется по превышению реперных точек I-го лонжерона над реперными точками 3-го лонжерона по нервюрам № 15, 25 и 43. Установка ОЧК по поперенному углу контролируется прилеганием 3-го лонжерона к опорам по нервюрам № 15, 25 и 43, а также по превышению реперных точек по нервюрам № 15, 25 и 43 относительно реперной точки по нервюре № 6. Проверка превышений реперных точек производится по нижнему обводу ОЧК с помощью

указателей - реперов или с помощью нивелира. Допустимое отклонение реперных точек от нулевого положения указателя ± 1 мм по I-му лонжерону и ± 2 мм по 3-му лонжерону. Контролируется также точность контура в отдельных сечениях крыла относительно эквидистантных рубильников. Кроме того, обязательно проверяется прилегание плоскости разъёма относительно кондукторной плиты, а также совпадение предварительных стыковых отверстий с отверстиями в кондукторе. После чего кондукторная плита снимается со стенда.

О п е р а ц и я 2. Фрезерование (торцовка)
плоскости разъёма ОЧК по нервюре

Перед фрезерованием производится проверка плоскости разъёма крыла на прямолинейность и правильность установки крыла по плоскости разъёма. Для определения неплоскостности в шпиндель фрезерной головки станка устанавливается индикатор часового типа и производится обкатка по поясам и стойкам лонжеронов. Результаты замеров заносятся в таблицу. Неровность плоскости допускается не более 0,5 мм. Затем проверяются толщины по профилям разъёма и определяется величина припуска на фрезерование (обычно величине припуска ~ 2 мм). После этого производится операция фрезерования плоскости в следующем порядке.

1. Установить в фрезерную головку станка торцовую фрезу (ϕ 110 мм, с 6-ю вставными зубьями из ВК8). Проверить биение фрезы (не $> 0,03$ мм).

2. Подвести фрезу к обрабатываемой плоскости. Отвести станок от разъёма. Установить по нондусу станка толщину снимаемой стружки.

3. Произвести пробное фрезерование со стороны максимального припуска.

Режимы обработки: $t = 0,3$ мм, $V = 60$ м/мин, $S = 200$ мм/мин.

4. Фрезеровать припуск в несколько проходов.

Режимы обработки при черновых проходах:

$t = 0,5 - 0,8$ мм, $V \approx 60$ м/мин, $S \approx 200$ мм/мин.

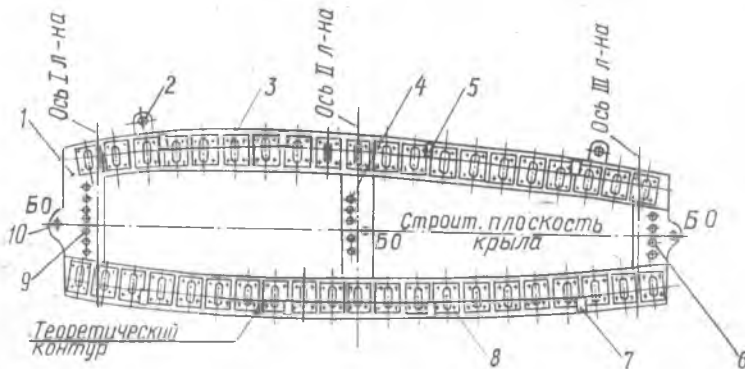
Режимы обработки при чистовом проходе:

$t = 0,2$ мм, $V \approx 60$ м/мин, $S \approx 200$ мм/мин.

После фрезерования вместо фрезы вставляют в шпиндель головки индикатор и проверяют неплоскостность разъёма. Допустимое отклонение от плоскости не должно превышать 0,1 мм. Кроме того, необходимо пригнать острые кромки с помощью шабера. Чистота обработанной поверхности проверяется по эталону и должна быть не хуже $\gamma 5$.

Операция 3. Разделка пазов в разёме ОЧК

Разделка пазов производится с помощью специального кондуктора - копира (рис.16). Это плита I толщиной 50 - 80 мм, выполненная из алюминиевого сплава. Выбор алюминиевого сплава в качестве материала плиты связан с исключением погрешностей размеров вследствие



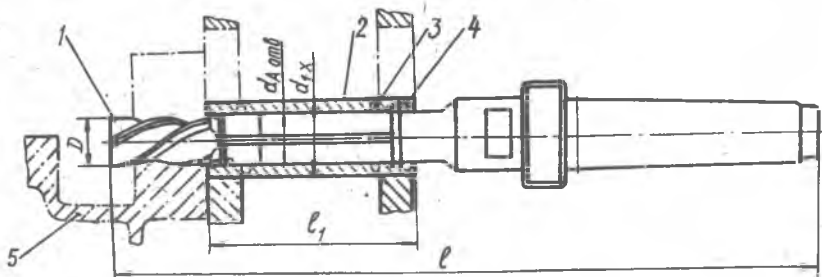
Р и с.16. Плита-кондуктор по стыковой нервюре:

I - плита; 2 - транспортировочный узел; 3,8 - копиры; 4,6,9 - кондукторные втулки; 5,7 - упоры; 10 - базовое отверстие

температурных деформаций (ведь стыковой узел по разёму фланцевого типа также изготовлен из алюминиевых сплавов). На плите, в местах касания инструмента фрезы, закреплены стальные копиры 3,7, воспроизводящие форму паза на профиле разёма. Разделка отверстий в стойках лонжеронов производится по кондукторным втулкам 4,6,9.

Для обработки паза применяется специальная кольцевая спиральная фреза (рис.17). Режущая часть диаметром D соответствует размеру паза и выполняется из быстрорежущей стали Р9, Р18 или стали ХВГ. На гладкую копирную часть фрезы диаметром d одевается бронзовая втулка 2, которая перемещается по копирам 4. Она во время работы не вращается и предотвращает износ копирных пластин. Фреза закрепляется в шпинделе фрезерной головки с помощью конусного хвостовика. Копир-кондуктор закрепляется на отфрезерованной плоскости разёма по предварительным отверстиям в стойках лонжеронов, а также на верхнем и нижнем профилях разёма с помощью стяжных фиксаторов (болтов).

Для разгрузки кондуктора от собственного веса под него подводятся винтовые опоры. Прилегание кондуктора к плоскости разъёма должно быть с зазором не более 0,1 мм.



Р и с. 17. Схема обработки пазов фрезерованием:

1 - фреза; 2 - втулка; 3 - уплотнение; 4 - копир; 5 - профиль стыкового узла

Операция фрезерования пазов производится в следующем порядке:

1. Устанавливается фреза в шпиндель сверлильной головки.
2. Смазываются направляющие копирных окон d , кондуктора.
3. Заводится фреза в окно кондуктора.
4. Производится черновое фрезерование паза

Режимы обработки: глубина $t = 1,85$ мм,
подачи $S = 200$ мм/мин, $V = 50-70$ м/мин.

5. Производится чистовое фрезерование паза

$$D_{\text{чист}} = D_{\text{черн}} + 0,5.$$

Режимы фрезерования: $t = 0,25$ мм,
 $S = 200$ мм/мин, $V = 50-70$ м/мин.

6. Осуществляется контроль разделки паза.

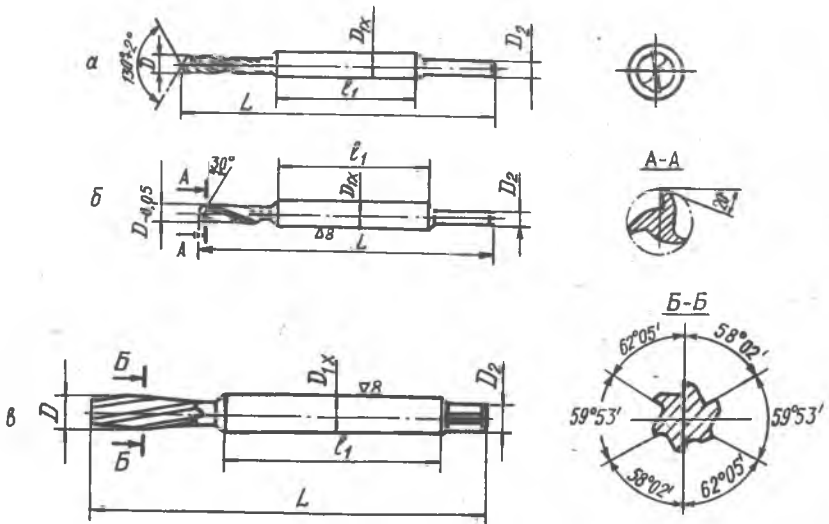
Размеры ширины паза равны: 12,2 А; 16,2 А; 20,2 А.

О п е р а ц и я 4. Разделка отверстий в разъёме ОЧК
по лонжеронам пневмодрелью по кондуктору

В стойках лонжеронов разделяются отверстия по A_3 диаметром
от $\phi 7A_3$ до $\phi 13A_3$.

Эти отверстия разделяются по тому же кондуктору, что и в операции 3, с помощью тихоходной дрели Д9-450. Применение дрели для разделки отверстий небольших диаметров сокращает вспомогательное время на совмещение оси шпиделя разделочной головки с осью предварительного отверстия. Для разделки отверстий применяются специальные сверла, зенкеры и развертки с задним гладким направлением (рис.18). Типовой процесс разделки классных отверстий заключается в следующих переходах:

1. Рассверливание отверстия - $d_{св} = d_{ном} - 0,5 \text{ мм}$.
 2. Зенкерование отверстия - $d_{зенк} = d_{ном} - 0,2 \text{ мм}$.
 3. Развертывание черновое - $d_{разв. черн} = d_{ном} - 0,1 \text{ мм}$.
 4. Развертывание чистовое - $d_{разв. чист} = d_{ном} = dA_3 = DA_3$.
- Режимы обработки: $V = 30 \text{ м/мин}$, $S = 0,2 \text{ мм/об}$.

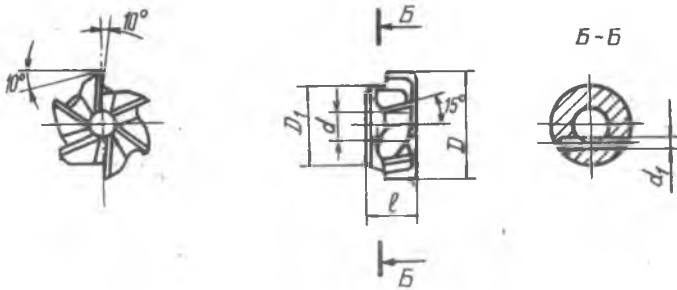


Р и с.18. Специальные инструменты с гладким направлением: а - сверло; б - зенкер; в - развертка

После разделки пазов и отверстий кондукторная плита снимается с разъёма ОЧК и производится притупление острых кромок шабером.

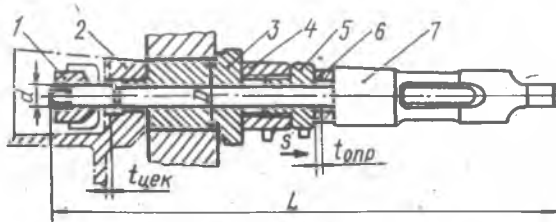
О п е р а ц и я 5. Цековка полуотверстий
в профилях разъёма и отверстий в фитингах

Эту операцию можно осуществлять с помощью станка или пневмодре-
ли. Цековка производится по специальному накладному кондуктору,
который закрепляется на плоскости разъёма. В качестве режущего инстру-
мента применяется обратный зенкер из быстрорежущей стали, конструк-
ция и геометрия которого показана на рис.19. Схема цековки с исполь-



Р и с. 19. Специальный зенкер для цековки отверстий под
головки болтов

зованием разделочной головки станка показана на рис. 20. Перед



Р и с.20. Схема цековки отверстий:

- 1 - специальный зенкер; 2 - обрабатываемый узел
- стыка; 3 - кондуктор; 4 - распорная втулка;
- 5 - внешняя распорная втулка; 6 - втулка; 7-оправка

обработкой оправка 7 конусным хвостовиком закрепляется в шпинделе
сверлильной головки станка. На неё одевают соединяющиеся с помощью
резьбы (на минимальный размер по высоте до упора) распорные втулки

4, 5 и шайбу 6, высота которой зависит от толщины обрабатываемого пакета, чтобы исключить зазор между обратным зенкером и обрабатываемой поверхностью полуотверстий или отверстий. Затем оправка 7 вводится в кондуктор 3 и зону обработки профиля разъема 2. На выступающий конец оправки закрепляется обратный зенкер 1.

Порядок цековки заключается в следующем. Вращение инструмента производится от станка со скоростью $n = 400$ об/мин. С целью обеспечения необходимой глубины цековки, обратная подача инструмента в направлении станка производится вручную, путем вывертывания внешней распорной втулки 5 на необходимую величину перемещения оправки $t_{опр}$ равную глубине цековки $t_{чек}$. Зная шаг резьбы распорной втулки и число оборотов ее, можно выдержать необходимую глубину цековки. Диаметр цековки $D_{чек} \approx 2,5 d_{отв}$. Например, для полуотверстия $\phi 12,2$ А производится цековка $\phi 29$ на глубину ~ 2 мм. Точность цековки: непараллельность цекованной поверхности относительно плоскости разъема - не более $\pm 0,03$. Глубина цековки - не менее 1 мм.

О п е р а ц и я 6. Цековка отверстий в стойках лонжеронов

Перед обработкой замеряются толщины по стойкам лонжеронов и заносятся в таблицу. Цековка отверстий производится по кондуктору с помощью обратного зенкера, закрепленного на оправке. Схема операции аналогична показанной на рис. 20. После разделки крыло ОЧК расфиксируется и вынимается из стэнда.

8.2. Разделка узлов разъема типа "ухо-вилка" на разделочном стенде

Процесс разделки стыковых узлов типа "ухо-вилка" имеет ряд особенностей по сравнению с разделкой фланцевых узлов: применение набора дисковых фрез, обеспечение высокой точности и шероховатости стыковых отверстий, обеспечение высокой точности расстояний между элементарными узлами разъемов на стыке.

Обеспечение требуемой точности узлов разъема типа "ухо-вилка" рассмотрим на примере разделки жесткого поворачивающегося крыла. Общий вид крыла показан на рис. 21. Узел разъема крыла с фикселяжем состоит из 3-х элементарных узлов, выполненных из закаленной стали ЗОХГСА. Передний узел типа "ухо" толщиной 9X имеет два отверстия $\phi 12A_3$, средний узел, наиболее мощный, расположен на конце лонжерона; он представляет собой вилку толщиной $132X_4$ и пазом $9A_3$. На вилке расположены два отверстия $\phi 24A_3$ и $30A_3$. Задний узел также

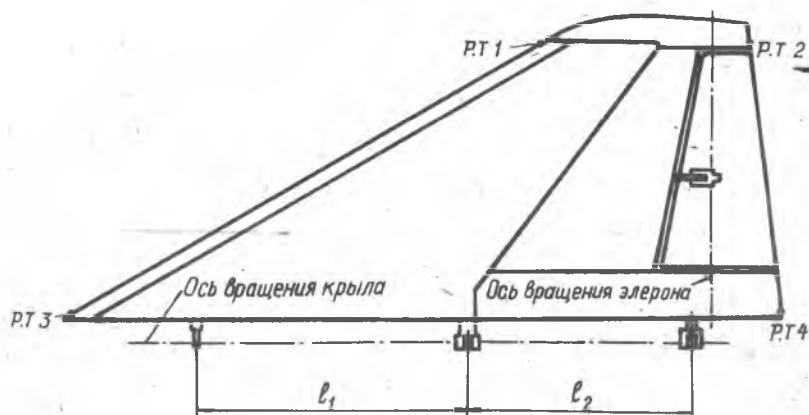
представляет собой вил: толщиной 30 мм и пазом $9A_3$. На заднем узле расположены два отверстия $\phi \approx 2A_3$. Допуск на расстояния между элементарными узлами l_1 и l_2 равен $\pm 0,03 - 0,05$ мм. Для обеспечения правильного нивелировочного положения крыла относительно базовых осей готового изделия или разделочного стенда, на передней и задней кромках крыла в плоскостях корневой и концевой нервюр наносятся реперные точки № 1,2,3,4. Эти базовые установочные знаки наносятся в стапеле общей сборки крыла специальными кернами, точно расположенными относительно базовых осей стапеля.

Разделка узлов разъёма крыла производится на специальном стенде, конструктивная схема которого представлена на рис.22. Основной несущей частью стенда является сварная рама 24. На ней располагаются четыре регулируемые домкратные опоры 22, на которые устанавливается крыло 3 при разделке. Неподвижное положение крыла при обработке обеспечивается с помощью винтовых прижимов 8. Точность расположения крыла при разделке контролируется с помощью специальных узлов-реперов 21, имеющих шкалу отсчета. На раме стенда располагаются кондукторы 6, 9 и 14 для разделки классных отверстий в узлах разъёма крыла. Сверлильные разделочные головки 1 и 20 с электроприводами 2 установлены на колонны - опоры 26. Связь шпинделя сверлильных головок с режущим инструментом (зенкером или разверткой) осуществляется через штангу 4 и 5 и шарнирную муфту, а также через штанги и переходники 11,13,15,18 и шарнирные муфты 17. Ручная подача шпинделей сверлильных головок осуществляется штуфвалом 19. Фрезерная головка 27 располагается на подвижном столе 30, обеспечивающем рабочую подачу инструмента фрез 16. Другая фрезерная головка состоит из пневмопривода 28, редуктора и шпинделя 25 и располагается на подвижном столе 29.

Процесс разделки узлов разъёма крыла состоит из следующих операций, рассматриваемых ниже.

О п е р а ц и я I. Подготовительная

Она заключается в подготовке стенда к работе и установке крыла в положение разделки узлов разъёма. На фрезерные головки устанавливаются наборы фрез для обработки среднего и заднего узлов разъёма. Крыло устанавливается на четыре подвижные опоры 22 стенда. Правильное (нивелировочное) положение крыла при обработке контролируется по реперным точкам № 1,2,3,4 с помощью специальных реперов 21, имеющих нондусную шкалу. Допустимое смещение этих точек относитель-



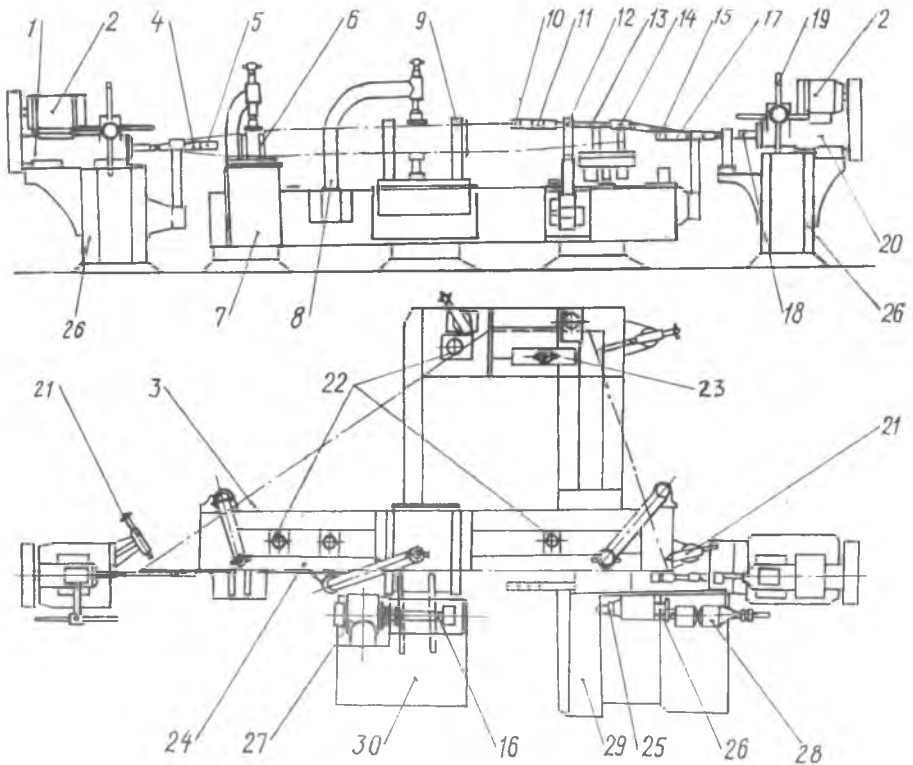
Р и с. 21. Общий вид консоли крыла:

1 - передний узел развѐма (ухо); 2 - средний узел развѐма (вилка);
3 - задний узел развѐма (вилка)

но базы задается в нивелировочной таблице. На разделку крыло подается с предварительными отверстиями. Припуск на окончательную обработку принимается от 1 до 3 мм, соответственно размерам обрабатываемых отверстий. Например, для обработки отверстия $\phi 12A_3$ допускается предварительное отверстие - $\phi 10$ мм и для отверстия $\phi 30A_3$ - предварительное отверстие - $\phi 24$ мм. Указанные величины припусков дают возможность после разделки компенсировать погрешности изготовления деталей и сборки крыла по месту развѐма. После установки крыла в нивелировочное положение, в предварительные отверстия $\phi 20$ мм и 24 мм среднего узла вставляются контрольные гладкие штыри $\phi 18$ мм и 23 мм. Затем крыло закрепляется в стенде четырьмя прижимами 8 по силовым сечениям вблизи зоны обработки.

О п е р а ц и я 2. Разделка класовых отверстий $\phi 24A_3$ и $\phi 30A_3$ в среднем стыковом узле

Эта операция заключается в последовательном зенкеровании и развертывании предварительных отверстий. Обычно зенкерование ведется на глубину 0,5 - 1,0 мм, а развертывание - на глубину 0,05 - 0,1 мм. При обработке отверстия $\phi 30A_3$ применяются зенкеры $\phi 26$; 28; 29,7 мм и развертки: черновая $\phi 29,9$ мм и чистовая $\phi 30A_3$. При обработке

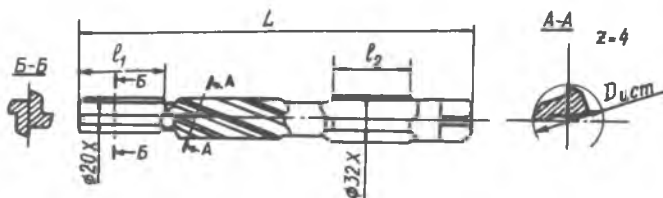


Р и с.22. Стенд для разделки отверстий и фрезерования пазов в узлах разъема крыла:

1, 20 - сверлильные головки; 2 - электромотор; 3 - крыло; 4 - штанга с шарнирной муфтой; 5 - переходник под инструмент; 6 - кондуктор для разделки переднего узла разъема; 7 - кронштейн; 8 - прижим крыла; 9 - кондуктор для разделки среднего узла разъема; 10, 17 - муфты шарнирные; 11 - переходник под инструмент; 12 - опора штанги; 13, 15, 18 - штанги; 14 - кондуктор для разделки заднего узла разъема; 16 - набор фрез; 21 - репер; 22 - опора; 23 - ложемент; 24 - сварная рама; 25 - шпиндель фрезерной головки; 26 - колонна; 27 - фрезерная головка; 28 - пневмопривод; 29, 30 - подвижные столы

отверстия $\phi 24A_3$ применяются зенкеры $\phi 22$; 23,7 мм и развертки: черновая $\phi 23,9$ и чистовая $\phi 24A_3$. Конструкция и геометрия зенкеров

из быстрорежущей стали показана на рис.23. Для обеспечения более высокого качества разделки отверстий, режущие инструменты имеют



Р и с.23. Специальный зенкер с двумя направляющими

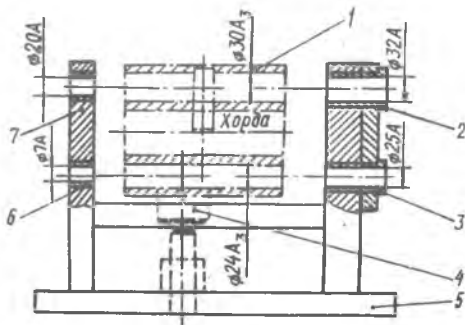
гладкие переднее и заднее направления, с продольными канавками для удаления стружек. Конструкция специальных разверток аналогична конструкции зенкеров. Обработка классных отверстий производится в специальном кондукторе, показанном на рис.24. Режимы обработки при зенкерообразовании и развертывании машинными инструментами из быстрорежущей стали:

$V = 20 - 30$ м/мин; $s = 0,25$ мм/об; смазывающе - охлаждающая жидкость (СОЖ) водомасляная эмульсия.

После разделки отверстий в среднем узле разъема, он фиксируется по кондуктору гладкими штырями $\phi 24C_3$ и $\phi 30C_3$.

Р и с. 24. Специальный кондуктор для разделки отверстий в среднем узле разъема крыла:

1 - обрабатываемый узел разъема;
2,3 - кондукторные втулки для заднего направления;
4 - регулируемая опора;
5 - корпус;
6,7 - кондукторные втулки для переднего направления инструмента



О п е р а ц и я 3. Разделка классных отверстий
в переднем и заднем узлах разъёма
 $\phi 10A$ и $\phi 12A$

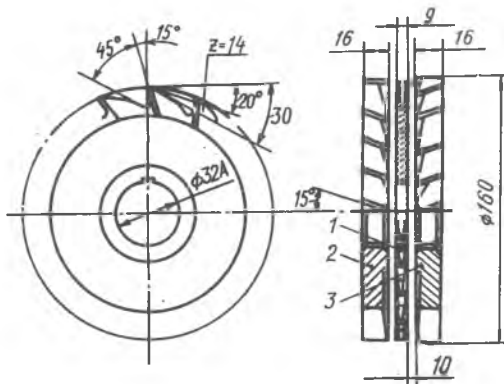
Операция заключается в следующем.

Предварительно производится сверление отверстий $\phi 7$ и $\phi 9$ мм в ушке. Затем - зенкерование отверстия с $\phi 7$ до $\phi 9,6$ и развертывание на $\phi 9,8$ и $\phi 10A$, а также зенкерование с $\phi 9$ до $\phi 11,6$ и развертывание в два прохода $\phi 11,8$ и $\phi 12A$. (Конструкция быстрорежущих зенкеров и разверток аналогична инструментам показанным на рис.23).

Режимы обработки: $V = 20 - 30$ м/мин; $S = 0,2 - 0,25$ мм/об;
СОЖ - водомасляная эмульсия.

О п е р а ц и я 4. Фрезерование паза $9A_5$
и плоскостей заднего узла

Эта операция производится набором дисковых фрез $\phi 160$ мм, из готовленных из быстрорежущей стали Р9 (рис.25), с помощью фрезерной головки 25, установленной на подвижном столе станда 29) см. рис. 22).



Р и с. 25. Набор фрез для обработки заднего узла разъёма крыла: 1-пазовая фреза; 2, 3-дисковые фрезы

Режимы обработки: $V = 70$ м/мин; $S = 100$ мм/мин; $t = 2 - 3$ мм;
СОЖ - водомасляная эмульсия.

После обработки зафиксировать задний узел разъёма по кондуктору штырями $\phi 12C_3$.

О п е р а ц и я 5. Фрезерование размера I32 на среднем узле

Операция производится набором дисковых фрез ϕ 250 мм, изготовленных из быстрорежущей стали Р9, с помощью фрезерной головки 27 (см. рис.22). Режимы обработки : $V = 50 - 70$ м/мин; $S = 100$ мм/мин; $t = 2 - 3$ мм; СОЖ - водомасляная эмульсия.

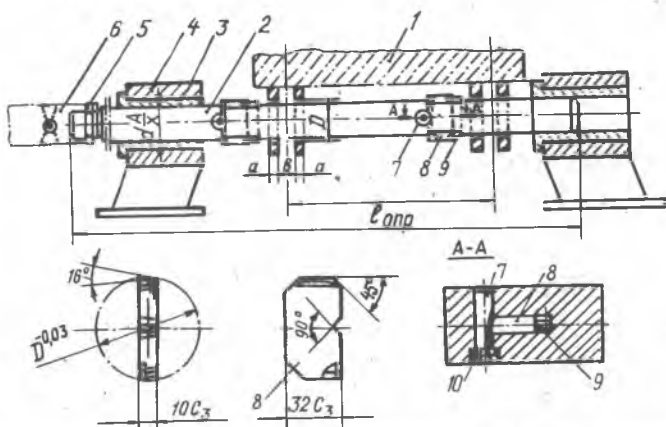
После обработки фрезерная головка отводится в нерабочее положение, и средний стыковой узел фиксируется по отверстиям штырями ϕ 24С₃ и ϕ 30С₃. Затем крыло освобождается от прижимов станда и свободно висит на зафиксированных узлах. При этом проверяется положение реперных точек № 1,2,3,4 относительно реперов станда. Допускаемое отклонение от $\pm 0,3$ мм до ± 1 мм. После обработки узлов производится зачистка заусенцев на острых кромках, снятие фасок и общий контроль всех размеров. На этом процесс разделки крыла в станде заканчивается.

Разделка стыковых отверстий больших диаметров ($d > 50$ мм) может производиться также методом расточки, что обусловлено простотой конструкции резца по сравнению с зенкерами и развертками.

Рассмотрим операцию расточки узла разъёма вильчатого типа крепления стабилизатора на киле, изготовленного из стали 30ХГСА. Оснащение операции расточки узла разъёма стабилизатора показано на рис.26. Расточка узла разъёма I производится после установки стабилизатора в станде в нивелировочное положение по реперным точкам.

Резущим инструментом является резцовый блок 8, состоящий из стальной плитки необходимой формы, к которой припаяны две режущие пластины, заточенные по определенной геометрии. Исполнительный размер блока соответствует диаметру обрабатываемого отверстия на узле разъёма. Резцовые блоки закрепляются на цилиндрической борштанге 2 с помощью вкладыша 9 и винтового клина 7 с гайкой 10. Борштанга 2 располагается в направляющих сменных кондукторных втулках 3 специального приспособления 4, закрепляемого на разделочном станде. Движение борштанги передается от шпинделя специальной разделочной головке через шарнирные штанги, переходник 6 и штифт 5. Операция расточки производится в несколько переходов.

Режимы обработки : глубина резания $t = 0,25$ мм; подача $S = 0,05$ мм/об; число оборотов $n = 200$ об/мин. Число переходов определяется величиной припуска на обработку. Обычно величина припуска на разделку задается $t = 1,5 - 2,0$ мм. Например, для обработки отверстия ϕ 62A применяются резцовые блоки 60,5, 61, 61,5, 61,9, 62А₃.



Р и с.26. Схема расточки вильчатого узла разъема стабилизатора:

1 - обрабатываемый узел; 2 - оправка; 3 - кондукторная втулка; 4 - специальное приспособление; 5 - штифт; 6 - переходник шарнирный; 7 - винтовой клин; 8 - резцовый блок; 9 - вкладыш; 10 - гайка

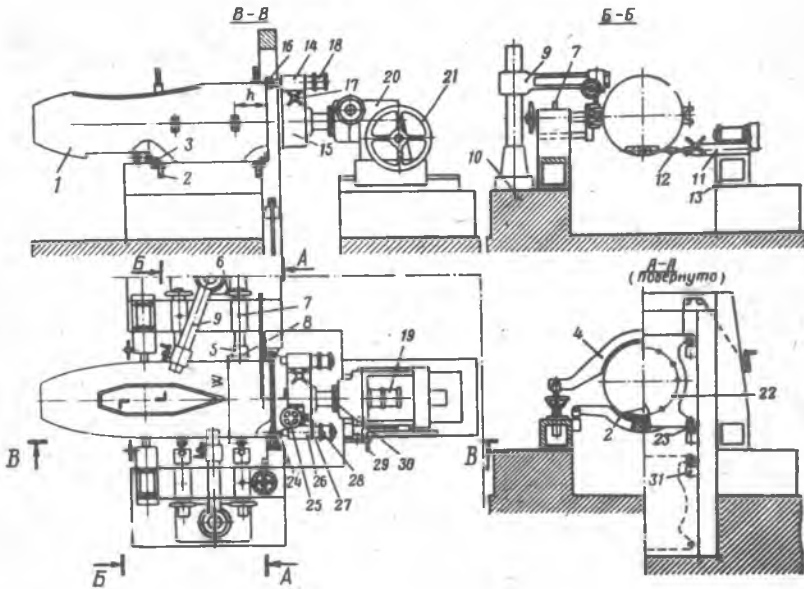
Шероховатость отверстия не должна быть хуже $\nabla 7$. Допустимое биение реза - не более 0,05 мм. После расточки с помощью специальных резцов производится снятие фасок с доступных сторон стыковых отверстий.

8.3. Технологический процесс разделки стыковых узлов в носовой секции фюзеляжа

Рассмотрим пример разделки стыковых узлов фюзеляжа самолета легкого типа.

В специальном разделочном стенде (рис.27) можно обрабатывать отверстия под стыковые болты в узле крепления стойки передней ноги шасси. Отверстия в узлах стыка фюзеляжа с крылом и в стыковом шпангоуте, а также привалочную плоскость стыкового шпангоута носовой секции фюзеляжа. Собранный секция устанавливается на ложементы разделочного стенда, выравнивается и фиксируется штифтами и прижимными рубильниками. После установки и закрепления секции фюзеляжа в разделочном стенде, устанавливаются в рабочее положение плита стыка, кондукторные и агрегатные головки. Например, кондукторные голов-

ки 5. устанавливаются маховичком 6 в такое положение, чтобы был



Р и с.27. Разделочный стенд для обработки узлов разъёма и стыка носовой секции фюзеляжа:

1 - носовой отсек фюзеляжа; 2 - ложемент; 3, 7 - фиксатор; 4 - прижим; 5 - кондукторная головка; 6 - маховичок; 8 - кондукторная втулка; 9 - радиально-сверлильный станок; 10 - фундамент; 11, 14, 26 - агрегатные головки; 12, 24 - инструмент (зенкер, развертка); 13 - балка; 15 - траверса; 16 - фреза; 17, 21, 25, 27, 29 - рукоятки и штурвалы управления; 18, 19, 28 - электродвигатели; 20 - тумба; 22 - плита разделочного стенда; 23 - вилка; 30 - лимб; 31 - кронштейн

выдержан заданный размер W . ОСБ в узлах секции зенкеруются и развертываются через отверстия в кондукторной втулке при помощи универсальных радиально-сверлильных станков 9. Оба стыковых узла для соединения фюзеляжа с крыльями обрабатываются одновременно. Зенкерование и развертывание отверстия в узле крепления передней ноги шасси производится сменными инструментами 12 при помощи агрегатной головки 11. Торцевой стыковой шпангоут обрабатывается при помощи фре-

зерной агрегатной головки 14, фреза которой 16 устанавливается на размер h рукояткой 17. Вращение фрезы осуществляется от электродвигателя 18, а перемещение головки по окружности - вращением траверсы от электродвигателя 19. По окончании обработки головка с траверсой и тумбой 20 отводится от отсека штурвалом 21.

ОСБ в шпангоуте обрабатываются зенкером и разверткой через плиту разделочного стенда 22. При обработке инструмент центрируется при помощи штурвала 25 относительно отверстия кондукторной плиты в радиальном направлении и рукоятки 27 (вдоль оси головки). При вращении рукоятки 29, траверсы 15 вместе со сверлильной головкой 26 поворачивается вокруг своей оси. Угол поворота траверсы определяют по лимбу 30. Режущий инструмент приводится в движение от электродвигателя 28. После обработки всех отверстий по окружности стыка тумба с головками отводится в исходное положение, а плита разделочного стенда опускается вниз и закрепляется на кронштейнах 31. Освободив фиксаторы, отводят в исходное положение кондукторные головки 5, далее, освободив прижимные рубильники, краном вынимают секцию из разделочного стенда.

Обработка отверстий и пазов в разбѣмах и стыках производится за несколько проходов. Число проходов зависит от марки материала, из которого изготовлен узел стыка, и требуемой точности размеров отверстий и пазов. На рис. 28 приведена технологическая схема переходов при разделке ОСБ в стыковом шпангоуте секции фюзеляжа. Процесс обработки отверстий в стыковом шпангоуте включает операции контроля совпадения центров отверстий в шпангоуте и в плите разделочного стенда.

Последовательность этих операций разделки следующая:

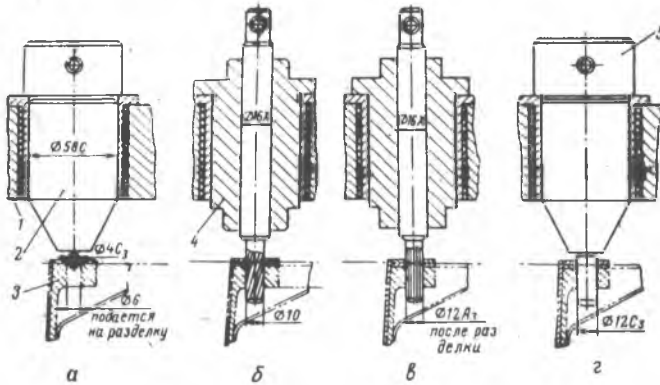
1. Установка и закрепление секции в разделочном стенде.
2. Установка и закрепление плиты разделочного стенда.
3. Контрольная операция (рис. 28, а).

Вапрессованные в плиту разделочного стенда 1 втулки вставляются оправка 2 со штырями требуемого диаметра, которые должны входить в отверстия шпангоута 3.

4. Разделка отверстия в стыковом шпангоуте секции фюзеляжа через отверстие в плите разделочного стенда, в которое вставляют направляющую втулку 4 (рис. 28, б, в). Через эту втулку последовательно производится зенкерование (\varnothing 10 и \varnothing 11,8 мм) и развертывание (двумя развертками \varnothing 11,9 и 12 $\frac{3}{4}$).

5. Контроль (рис. 28, г). Направляющая втулка 4 удаляется для конт-

роля положения и размеров отверстия и вставляется оправка 5 со штырем $\varnothing 12C_3$. Описанная последовательность операций соблюдается при

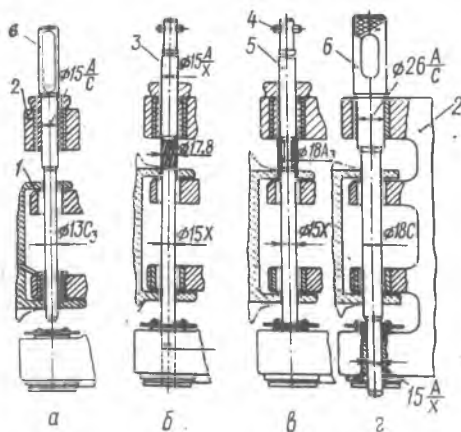


Р и с.28. Схема переходов при разделке стыковых отверстий в шпангоуте фюзеляжа: а - предварительный контроль; б -зенкерование; в - развертывание; г - окончательный контроль отверстий:

1 - кондукторная плита стенда; 2,5 - оправки; 3 - шпангоут; 4 - направляющая втулка

обработке каждого из стыковых отверстий шпангоута. Конструкция применяемых кондукторных головок и рабочих инструментов зависит от конструкции обрабатываемого стыкового узла.

На рис.29 приведена последовательность переходов при разделке отверстий типового узла стыка фюзеляжа с крылом. В отличие от предыдущего примера, конструкция кондукторной головки позволяет обеспечить требуемую точность размеров и чистоты поверхности отверстий, уменьшить усилия при их развертывании. Для большей точности обработки и уменьшения усилий при развертывании, в кондукторной головке применяются направляющие втулки с шарикоподшипниками, отверстия обрабатываются зенкерами и развертками со специальными "плавающими" захватами. При таких захватах точность обработки отверстий зависит от точности установки и направления инструментов в кондукторной головке и плите стенда, а не от точности установки кондукторной головки относительно оси отверстия.



Р и с.29. Последовательность переходов при разделке отверстий узла стыка фюзеляжа с крылом: а - предварительный контроль; б - зенкерование; в - развертывание; г - окончательный контроль;

1 - обрабатываемый узел; 2 - кондуктор; 3 - специальный зенкер; 4 - штифт; 5 - специальная развертка; 6 - контрольные штыри

9. МОНТАЖ РАЗДЕЛОЧНЫХ СТЕНЦОВ

При применении разделочных стенцов погрешности геометрических параметров стыковых узлов, а следовательно и степень взаимозаменяемости агрегатов в значительной степени зависят от точности изготовления самих стенцов. В связи со сложностью конструкции разделочных стенцов и с высокими требованиями к их точности, в производстве летательных аппаратов нашли применение специальные методы монтажа, аналогичные изготовлению сборочных приспособлений. Наибольшее распространение получили два метода монтажа разделочных стенцов:

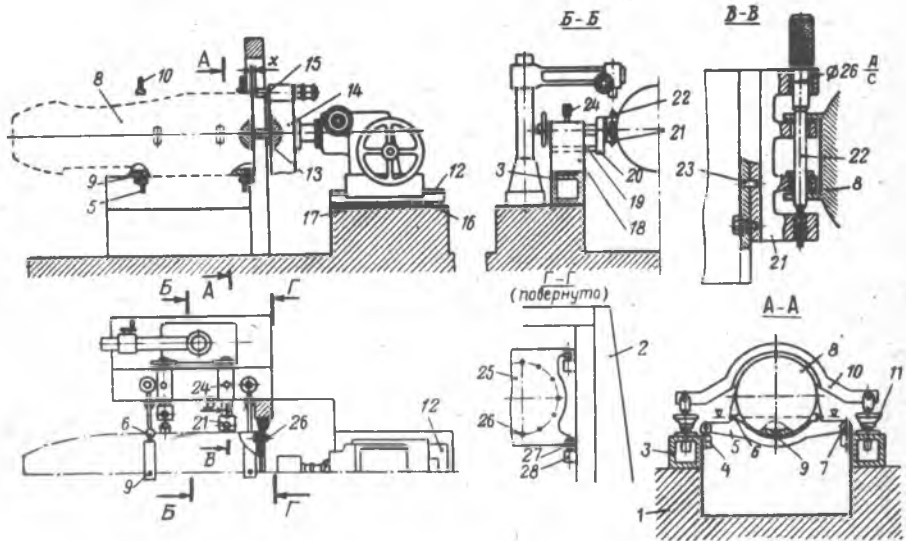
- сборка с применением монтажных эталонов,
 - сборка с применением координатных стенцов.
- Рассмотрим для примера подробно только первый метод.

9.1. Сборка разделочного стенда

с применением монтажного эталона

Как известно, монтажный эталон представляет из себя пространственный образец конструкции агрегата повышенной жесткости, который несет на себе все основные размеры и формы поверхности и стыковых узлов изделия. Эталонно-шаблонный метод монтажа оснастки подробно освещен в специальной литературе [2]. Технологический процесс монтажа покажем на примере сборки разделочного стенда для механической

обработки стыковых узлов фюзеляжа (рис.30) Собранный агрегат в



Р и с.30. Схема монтажа разделочного стенда по эталону:

1 - фундамент; 2 - колонны; 3 - балки; 4 - стакан; 5 - ложемент; 6 - реперная площадка; 7 - вилка; 8 - монтажный эталон; 9 - фиксатор; 10 - рубильник; 11 - прижим рубильника; 12-направляющая станка; 13 - оправка; 14 - траверса; 15 - шпиндель станка; 16 - клин; 17 - цементная масса; 18 - основные кондуктора; 19-пиноль; 20 - плита; 21 - кондукторная головка; 22,24 - гладкие штифты; 23 - штифт; 25-плита разделочного стенда ПРС; 26 - технологические болты; 27 - вилка для крепления ПРС; 28 - стакан

разделочном стенде обрабатывается по базовым поверхностям узлов разъёма и стыка. При установке обрабатываемого агрегата в разделочный стенд, положение базовых поверхностей узлов разъёма и стыков относительно базовых осей и обводов изделия координируется с помощью установочных элементов: ложементов, рубильников, плит, фиксаторов и т.п. установленных с помощью монтажного эталона.

Монтаж разделочного стенда начинается с установки каркасных элементов. На фундамент I устанавливается в требуемое положение колонны 2 и горизонтальные балки 3 с приваренными стаканами 4 под

вилки. Монтаж каркаса ведется инструментальным методом, с помощью мерительных линеек, отвесов, уровня, в соответствии с чертежом. Затем монтируются ложементы 5. Они устанавливаются в горизонтальное положение между балками по реперным площадкам 6 при помощи нивелира, а в вертикальное - при помощи теодолита. Далее производится заливка вилок 7, собранных с ложементами в стаканы балок цементной массой НИАТ-МЦ. В такой последовательности устанавливаются все ложементы стенда. По реперным точкам на ложементы устанавливается монтажный эталон 8.

Следует отметить, что монтаж ложементов можно было бы вести и по монтажному эталону, установив вначале его на временные опоры (козелки, подставки).

После установки монтажного эталона по отверстию в нем сверлится отверстие в ложементе для фиксирующего штыря 9. Далее устанавливаются прижимные рубильники 10, путем совмещения базового контура их с соответствующей поверхностью сечения монтажного эталона, а также устанавливаются механизмы 11. Затем монтажный эталон фиксируется рубильниками относительно каркаса разделочного стенда. При таком положении монтажного эталона различные механизмы и элементы конструкции разделочного стенда устанавливаются в требуемое положение. Базами для их установки являются поверхности и узлы монтажного эталона.

Для обработки на стенде торцевой поверхности фланцевого стыка и отверстий под стыковые болты используется агрегатный станок, устанавливаемый относительно монтажного эталона таким образом, чтобы их оси совпадали. Точность совпадения осей контролируется оправкой 13, вставляемой в траверсу 14 и отверстие в монтажном эталоне. При вращении траверсы положение оси станка регулируется так, чтобы зазор между торцом монтажного эталона и шпинделем 15 был постоянным. Положение агрегатного станка регулируется при помощи клиньев 16, которые забиваются между направляющей 12 станка и фундаментом. При правильном положении станка оправка 13 должна легко входить в отверстие монтажного эталона в любом положении траверсы при постоянном зазоре по X_a . После этого под направляющую заливается цементная масса 17 и производится крепление фундаментными болтами.

Стыковые узлы фюзеляжа с крылом вильчатого типа на стенде обрабатываются при помощи радиально-сверлильного станка и специальных кондукторных головок 21. Все элементы конструкции головки: основные 18, пилочь 19, плита 20 предварительно изготавливаются по чертежам. При этом кондукторная головка после изготовления отстыковывается

с соответствующим узлом монтажного эталона. В собранном виде кондуктор устанавливается на балке 3.

Точность установки кондуктора относительно монтажного эталона проверяется следующим образом. После совмещения проушин кондукторной головки 21 с гребенкой узла монтажного эталона 8, в отверстие кондукторной головки вставляют штырь 22. В таком положении основание 18 кондуктора закрепляется на балке 3 стенда. После этой операции сверлятся и совместно разделяются отверстия под штифт 23 и штырь 24. Последний при установке агрегата на разделочном стенде вынимается, и кондукторные головки могут быть отведены в нерабочее положение.

Во фланцевом стыке отсеков фюзеляжа отверстия обрабатываются по плите разделочного стенда (ПРС). На монтаж разделочного стенда плита ПРС поступает с окончательно обработанными отверстиями под стыковые болты. Плита разделочного стенда устанавливается и фиксируется по плите стыка монтажного эталона технологическими болтами. В этом положении вилки 27 крепления ПРС заливаются в стаканы 28 цементной массой. После затвердения массы НИАТ-МЦ технологические болты вынимаются.

Таким образом, базируясь на элементах монтажного эталона, устанавливают на стенде все другие сверлильные и фрезерные головки.

На этом монтаж разделочного стенда по эталону заканчивается.

9.2. Сборка разделочного стенда с применением координатных стендов

Метод монтажа разделочных стендов при помощи координатных стендов предусматривает определение положения основных конструктивных элементов разделочных стендов расстояниями их от базовых осей обрабатываемого агрегата. При этом координаты основных базовых параметров задаются в прямоугольной системе. Для установки балок с вилками в требуемое положение применяются оптические приборы. Одно из сечений разделочного стенда принимается за базовое, и относительно него координируются положения всех его конструктивных элементов. Подробно с монтажом разделочного стенда при помощи координатного стенда можно познакомиться в [6].

Жесткость и стабильное крепление каркасных элементов, фиксаторов, кондукторных головок, разделочных плит, агрегатных головок и станков обеспечивают высокую точность и взаимную увязку обработан-

ных поверхностей соединяемых агрегатов при применении разделочных стандов.

10. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ С ЧПУ ДЛЯ РАЗДЕЛКИ СТЫКОВЫХ УЗЛОВ АГРЕГАТОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Применение систем с числовым программным управлением (ЧПУ) при сборке агрегатов является важным средством снижения машинного времени и автоматизации мелкосерийного и серийного производства, что обеспечивает высокую технико-экономическую эффективность. При условии централизованной подготовки программ они могут быть размножены и переданы на несколько заводов. Оборудование с ЧПУ обладает широкими технологическими возможностями, позволяющими выполнять различные операции, необходимые при разделке стыковых узлов: фрезерование, сверление, зенкерование, развертывание, растачивание и др. Оно имеет ряд преимуществ перед обычным специальным и универсальным оборудованием, применяемым для получения отверстий и фрезерования стыковых узлов агрегатов при сборочных работах, перечисленных ниже.

1. Повышается производительность труда за счет сокращения вспомогательного и машинного времени обработки.

2. Повышается точность и идентичность размеров и формы стыковых узлов агрегатов и, как следствие, сокращается брак и пригоночные работы при последующей сборке.

3. Резко уменьшается количество специальной оснастки, например, шаблонов, мастер-плит, кондукторных плит и т.п., за счет чего сокращаются сроки подготовки производства.

4. Значительно упрощаются функции оператора и, соответственно, исключаются его ошибки.

Применение в сборочных работах специального оборудования с ЧПУ с механизированной сменой инструмента дает возможность выполнять в автоматическом цикле большое число переходов (фрезерование, сверление, развертывание и т.п.), обеспечивая таким образом полную обработку сложных узлов по программе без ручной смены инструмента и без перестановки большого по габаритам агрегата.

Системы с ЧПУ, которые можно применять в сборочных работах делятся на две основные группы:

1. Позиционные, обеспечивающие только заданное относительное

расположение инструмента (сверла, развертки и т.д.) и узла самолета, т.е. в программе задаются только координаты точек,

2. Контурные или непрерывно обеспечивающие заданное движение инструмента относительно узла самолета, т.е. здесь существует функциональная зависимость по двум или более координатам. Эти системы более сложны и применяются в основном при операции фрезерования по криволинейному контуру.

Точность получения координат отверстий в системах с ЧПУ определяется величиной $\pm (0,05 - 0,08)$ мм. Это соответствует обеспечению взаимозаменяемости для болтовых соединений с посадкой A_3/x_3 . При фрезеровании криволинейного контура обеспечивается точность $\pm 0,1$ мм и шероховатость $\nabla 5 - \nabla 6$. Например, для обработки разьёма крыла можно применять специальный станок с ЧПУ, выполняющий несколько операций (3- или 4-координатный, с автоматической сменой инструмента). Промышленность выпускает достаточное количество станков с ЧПУ, различающихся техническими характеристиками. Кроме того, можно доработать имеющиеся станки и получить специальное оборудование с ЧПУ. Для автоматического управления перемещением исполнительных узлов станка с ЧПУ применяют специальную числовую программу, записанную на программноносителе (магнитной ленте или перфоленте) в виде последовательных импульсов. Следует отметить, что программы для большинства оборудования с ЧПУ готовятся по одной методике, с использованием одной и той же аппаратуры. В настоящее время на каждом авиационном заводе существует единое бюро, занимающееся подготовкой программ для станков, оснащенных данной системой независимо от их технологического назначения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов М.Н. Основы технологии производства самолетов. М., "Машиностроение" 1976.
2. Бойцов В.В. и др. Сборочные и монтажные работы. М., Оборонгиз, 1959.
3. Разумихин М.И., Юркенник Т.А. Математические методы в плазово-шаблонном производстве. Учебное пособие. Куйбышевский авиационный институт, 1974.
4. Кован В.М. Расчет припусков на обработку в машиностроении. М., ГИТИ, 1953.
5. Фирого В.П. Основы проектирования технологических процессов и приспособлений. М., "Машиностроение", 1973.
6. Григорьев В.П. Взаимозаменяемость агрегатов в самолетостроении. М., "Машиностроение", 1969.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

1. Введение и основные понятия.	3
2. Членение планера самолета.	4
3. Нивелировочная схема самолета.	5
4. Конструктивно-технологические характеристики разъемов и стыков.	10
5. Геометрические параметры стыков и разъемов. Определение допусков на них.	15
5.1. Фланцевый стык.	16
5.2. Вильчатый стык.	17
6. Методы и средства обеспечения взаимозаменяемос- ти по разъемам и стыкам при зависимом изготов- лении агрегатов.	19
7. Применение разделочных стендов для обеспече- ния взаимозаменяемости по стыкам агрегатов са- молетов.	23
8. Технологические процессы разделки агрегатов по стыковым узлам.	28
8.1. Технологический процесс разделки флан- цевого стыка ОЧК с ЦЧК по разъемной нервюре самолета Ту-154.	28
8.2. Разделка узлов разъема типа "ухо-вилка" на разделочном стенде.	37
8.3. Технологический процесс разделки сты- ковых узлов в носовой секции фюзеляжа..	44
9. Монтаж разделочных стендов.	48
9.1. Сборка разделочного стенда с применением монтажного эталона.	48
9.2. Сборка разделочного стенда с применением координатных стендов.....	51
10. Перспективы применения систем с ЧПУ для разделки стыковых узлов агрегатов летательных аппаратов..	52
Рекомендуемая литература.	54