

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р

---

**Система увязки геометрических параметров и  
обеспечение взаимозаменяемости узлов и агрегатов  
летательных аппаратов  
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Издание официальное

Москва  
Стандартинформ  
2020

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Некоммерческим партнерством «Национальная технологическая палата» (НП «НТП») совместно с федеральным государственным бюджетным учреждением «Научно-исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского» (ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 323 «Авиационная техника».

3 УТВЕРЖДЕНЫ ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_ .

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомления и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет ([www.gost.ru](http://www.gost.ru))*

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1 Область применения .....	
2 Нормативные ссылки .....	
3 Термины, определения и сокращения .....	
4 Основные положения .....	
5 Методы увязки размеров .....	
5.1 Метод связанной увязки .....	
5.2 Метод независимой увязки .....	
5.3 Метод компенсации .....	
6 Сборка при связанной увязке .....	
6.1 Сборка по разметке .....	
6.2 Сборка с базированием по сборочным отверстиям .....	
6.3 Сборка в сборочном приспособлении с базированием по координатно-фиксирующим отверстиям .....	
6.4 Сборка в сборочном приспособлении с базированием по поверхности каркаса .....	
6.5 Сборка в сборочном приспособлении с базированием по наружной поверхности обшивки .....	
6.6 Сборка в сборочном приспособлении с базированием по внутренней поверхности обшивки .....	
7 Сборка с подгонкой по месту при независимой увязке .....	
Приложение А (справочное)	
Справочные рисунки и схемы .....	



# НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

## Система увязки геометрических параметров и обеспечение взаимозаменяемости узлов и агрегатов летательных аппаратов ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Linkage system geometrical parameters and to ensure interchangeability  
of components and assemblies of aircraft

Дата введения –

### 1 Область применения

Настоящий стандарт определяет общие положения системы увязки геометрических параметров и обеспечение взаимозаменяемости узлов и агрегатов летательных аппаратов.

Положения настоящего стандарта основаны на опыте, полученном в авиационной промышленности, и рекомендованы к применению предприятиями и организациями, участвующими в создании и конструктивно-технологической отработке летательных аппаратов.

### 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.052 Единая система технологической документации (ЕСТД). Электронная модель изделия. Общие положения

ГОСТ 2.053 Единая система технологической документации (ЕСТД). Электронная структура изделия. Общие положения

ГОСТ 2.101 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды изделий

ГОСТ 3.1109 Единая система технологической документации (ЕСТД). Термины и определения основных понятий (с Изменением № 1)

ГОСТ 23887 Сборка. Термины и определения

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя

«Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанием выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

### 3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применяются следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **метод связанной увязки:** Метод, позволяющий обеспечить взаимозаменяемость деталей малой жёсткости, сложной формы и больших габаритных размеров. При использовании данного метода особое значение имеет согласование форм и размеров эталонной и технологической оснасток.

3.1.2 **задача увязки:** Обеспечение совпадения обводов в рассматриваемой зоне по всей поверхности каркаса, обшивки, рубильников и координация центров отверстий под стыковые болты в зоне стыков агрегатов относительно обводов.

3.1.3 **метод независимой увязки:** Метод, позволяющий обеспечить взаимозаменяемость путём выдерживания размеров деталей по сопрягаемым поверхностям в пределах установленных допусков.

3.1.4 **метод компенсации:** Метод, позволяющий обеспечивать заданную точность окончательных форм и размеров изделий вследствие принудительного перемещения деталей при сборке до совпадения их базовых поверхностей с базовыми поверхностями фиксаторов сборочного приспособления.

3.1.5 **сборка по разметке:** Процесс, при котором взаимное положение деталей, входящих в узел, определяют измерением расстояний между ними и по рискам, нанесённым на деталях при разметке (при связанной увязке).

3.1.6 **сборка с базированием по сборочным отверстиям (СО):** Процесс, при котором взаимное расположение собираемых деталей определяется положением имеющихся на них сборочных отверстий, в которые на период сборки вставляются фиксаторы (при связанной увязке).

3.1.7 **сборка в сборочном приспособлении с базированием по координатно-фиксирующим отверстиям:** Процесс, при котором детали поперечного набора

устанавливают в сборочное положение по координатно-фиксирующим отверстиям в деталях собираемого изделия и элементах сборочного приспособления (при связанной увязке).

**3.1.8 сборка в сборочном приспособлении с базированием по поверхности каркаса:** Процесс, в котором обшивку (или панель) устанавливают на базовую поверхность каркаса и прижимают к ней на период соединения обшивки с элементами каркаса (при связанной увязке).

**3.1.9 сборка в сборочном приспособлении с базированием по наружной поверхности обшивки (или панели):** Процесс, в котором обшивку (или панель) на период соединения её с каркасом прижимают внешним обводом к опорным поверхностям сборочного приспособления (при связанной увязке).

**3.1.10 сборка в сборочном приспособлении с базированием по внутренней поверхности обшивки:** Процесс, в котором внутреннюю поверхность панели устанавливают на базовые поверхности сборочного приспособления или на поверхности специальных-макетных-нервюр (при связанной увязке).

**3.1.11 сборка в сборочном приспособлении с базированием по отверстиям под стыковой болт (ОСБ):** Процесс, в котором формы и размеры стыковых узлов агрегатов и их положение относительно обводов отсеков и агрегатов определяются формой и размерами базовых поверхностей сборочного приспособления (при связанной увязке).

**3.1.12 метод сборки с подгонкой по месту при независимой увязке:** Процесс, в котором на многих деталях и узлах вводятся определённые припуски, удаляемые при сборке механической обработкой, или к значительной неточности изготовления контуров деталей при холодном деформировании из листа, устраняемые при сборке дополнительным деформированием их до заданных размеров.

**3.1.13 изделие:** По ГОСТ 2.101.

**3.1.14 база технологическая:** По ГОСТ 3.1109.

**3.1.15 базирование:** По ГОСТ 3.1109.

**3.1.16 метод сборки изделия:** По ГОСТ 23887.

**3.1.17 оборудование:** По ГОСТ 3.1109.

**3.1.18 переход:** По ГОСТ 3.1109.

**3.1.19 припуск:** По ГОСТ 3.1109.

**3.1.20 приспособление:** По ГОСТ 3.1109.

**3.1.21 сборка:** По ГОСТ 23887.

**3.1.22 процесс сборки технологический:** По ГОСТ 23887.

3.1.23 **метод соединения:** По ГОСТ 23887.

3.2 В данном стандарте применены следующие сокращения:

БО – базовое отверстие;

КФО – координатно-фиксирующее отверстие;

ОСБ – отверстие под стыковой болт;

СО – сборочное отверстие;

СП – сборочное приспособление;

ТУ – технические условия;

ТТ – технические требования;

УФО – установочно-фиксирующее отверстие;

ШКК – шаблон контрольного контура;

ШКС – шаблон контура сечения;

ШОК – шаблон отдельного контура.

## 4 Основные положения

4.1 Основными факторами, определяющими трудоемкость сборочных процессов летательных аппаратов, являются затраты на взаимную увязку деталей и подборок при их установке и фиксации в сборочном положении. Затраты на установку и фиксацию элементов конструкции в сборочном положении зависят в основном от методов сборки, уровня взаимозаменяемости и конструктивной сложности собираемых объектов. Сложность учета влияния работ по взаимной координации деталей и подборок в процессе сборки на трудоемкость сборки заключается не только в различии числа деталей, сложности их конфигураций и длинномерности, но и в малой жесткости собираемых элементов конструкции.

4.2 Сборка представляет собой совокупность операций по установке деталей в сборочное положение и соединению их в узлы, панели, агрегаты и летательный аппарат в целом. Детали в сборочное положение устанавливаются по сборочным базам. Сборочная база – это поверхность на самой детали или в сборочном приспособлении, которая определяет взаимное положение деталей в собираемом изделии.

4.3 В производстве летательных аппаратов применяют три метода увязки геометрических параметров и обеспечения взаимозаменяемости узлов и агрегатов:

- метод связанной увязки;
- метод независимой увязки;
- метод компенсации.



## 5 Методы увязки размеров

Точное изготовление деталей, узлов и агрегатов летательных аппаратов предусматривает не только точное выполнение линейных размеров, но также и точное выполнение их заданной формы.

Разность действительных и заданных величин размеров характеризует количественное значение точности и называется производственной погрешностью размера.

Образование конечного размера и формы поверхности летательных аппаратов является сложным многоэтапным процессом.

Метод компенсации обеспечивает наибольшую точность по сравнению с другими методами, так как содержит всего один этап переноса размеров. Метод независимой увязки имеет меньшую по сравнению с двумя другими методами точность, так как содержит самое большое число индивидуальных этапов.

При связанной увязке, независимой увязке и методе компенсации применяют различные методы сборки и базирования.

### 5.1 Метод связанной увязки

При связанной увязке применяют следующие методы сборки:

- по разметке (с базированием по рискам на деталях);
- с базированием по СО; в СП с базированием по КФО;
- в СП с базированием по поверхности каркаса;
- в СП с базированием по наружной поверхности обшивки;
- в СП с базированием по внутренней поверхности обшивки;
- в СП с базированием по ОСБ в элементах стыков и разъемов агрегатов.

Схема метода связанной увязки показана в приложении А, рисунок А.1, а. Схема имеет общие этапы получения обоих размеров, число которых  $p$ . Каждая из ветвей образования конечных размеров  $A$  и  $B$  имеет свое число этапов  $q$  и  $r$ .

Поля производственных погрешностей каждого из размеров и увязки двух размеров между собой могут быть описаны следующими уравнениями:

$$\delta_A = \sum_{i=1}^p \delta_i + \sum_{j=1}^q \delta_j; \quad \delta_B = \sum_{i=1}^p \delta_i + \sum_{k=1}^r \delta_k,$$

$$\delta_{AB} = \sum_{j=1}^q \delta_j + \sum_{k=1}^r \delta_k. \quad (1)$$

где:  $\delta_A, \delta_B$  – поля производственных погрешностей  $A$  и  $B$  соответственно;  
 $\delta_{AB}$  – поле производственной погрешности увязки размеров  $A$  и  $B$ ;

$\delta_i, \delta_j, \delta_k$  – поля производственных погрешностей на общем  $m$ -м и индивидуальных  $j$ -м и  $k$ -м этапах.

Поля погрешностей каждого размера образуются путем суммирования погрешностей на всех общих и индивидуальных для каждого размера этапах.

Поля погрешностей общих для обоих размеров этапов, как это видно из уравнений (1) схемы на рисунке (приложение А, рисунок А.1, а), не влияют на точность увязки размеров  $A$  и  $B$ :

$$\begin{aligned} \delta_{AB} \leq \delta_A, \text{ если } \sum_{k=1}^r \delta_k \leq \sum_{i=1}^p \delta_i, \\ \delta_{AB} \leq \delta_B, \text{ если } \sum_{k=1}^r \delta_k \leq \sum_{i=1}^p \delta_i. \end{aligned} \quad (2)$$

Из уравнений (2) находятся условия, при которых точность увязки размеров  $A$  и  $B$  выше точности каждого из этих размеров.

Следовательно, для того чтобы обеспечить высокую точность увязки размеров, необходимо все этапы, дающие большие погрешности в каждой из индивидуальных ветвей, сделать общими для обоих размеров. В этом случае погрешность увязки будет меньше погрешности каждого из размеров.

Воспроизведение размеров сопровождается обработкой поверхностей, образующих заданную форму изделия.

Операции переноса формы на схеме в приложении А, рисунок А.1 показаны шестиугольниками, а размеров – кружками.

Основное достоинство рассмотренного метода состоит в том, что он позволяет обеспечить взаимозаменяемость деталей малой жесткости, сложной формы и больших габаритных размеров.

Использование метода связанной увязки получило широкое распространение в производстве летательных аппаратов, так как их детали изготавливаются из листов, профилей, труб и не обладают достаточной жесткостью. Такие детали под действием силы тяжести изменяют форму, т.е. изгибаются, закручиваются и т.д.

Поэтому изготовление подобных деталей и сборку из них узлов и агрегатов производят специфическими методами, свойственными только при производстве летательных аппаратов, т. е. на специальной технологической оснастке, которая изготавливается по эталонной оснастке и жестким носителям форм и размеров изделий. В качестве жестких носителей форм и размеров используют шаблоны, эталоны, макеты поверхностей, мастер-плиты и макеты стыков. Следовательно, размеры и форма

эталонной и рабочей технологической оснасток, а также готовых деталей должны быть взаимно связаны и зависеть друг от друга.

При методе связанной увязки особое значение имеет согласование форм и размеров эталонной и технологической оснасток.

Задачи увязки – обеспечение совпадения обводов в рассматриваемой зоне по всей поверхности каркаса, обшивки, рубильников и координация центров отверстий под стыковые болты в зоне стыков агрегатов относительно обводов.

### 5.2 Метод независимой увязки

Схема метода независимой увязки размеров и форм изделий (приложение А, рисунок А.1, б) не содержит общих этапов получения каждого из размеров. В этом случае перенос размеров  $A$  и  $B$  осуществляется независимо друг от друга при разном в общем случае числе индивидуальных этапов ( $m \neq n$ ). По аналогии с уравнениями (1) поле погрешностей увязки размеров  $A$  и  $B$  в этом случае определяется уравнением

$$\delta_{AB} = \sum_{j=1}^m \delta_j + \sum_{k=1}^n \delta_k, \quad (3)$$

где  $\delta_j, \delta_k$  – поля погрешностей на  $j$ -м и  $k$ -м этапах получения размеров  $A$  и  $B$ .

При методе независимой увязки основным условием обеспечения взаимозаменяемости является выдерживание размеров деталей по сопрягаемым поверхностям в пределах установленных допусков. Взаимозаменяемые детали, входящие в один и тот же узел или агрегат, изготавливаются независимо друг от друга. Оборудование, средства измерения и система допусков и посадок позволяют изготавливать детали с требуемой по размерам и форме точностью. Метод независимой увязки применяется при изготовлении жестких деталей, не изменяющих своей формы и размеров под действием силы тяжести, и деталей, не входящих в обводы самолета.

### 5.3 Метод компенсации

Метод компенсации (приложение А, рисунок А.2, а) состоит из одного этапа – переноса размера  $A$  с одного объекта на другой, имеющий размер  $B$ . Практически увязка на основе метода компенсации осуществляется или деформацией деталей (приложение А, рисунок А.2, б), или заполнением зазора, возникшего при сборке между собираемыми элементами, специальным компенсатором 4 (приложение А, рисунок А.2, в).

Положительная особенность этого метода заключается в том, что он позволяет добиваться заданной точности окончательных форм и размеров изделий вследствие

## **ГОСТ Р**

принудительного перемещения деталей при сборке до совпадения их базовых поверхностей с базовыми поверхностями фиксаторов СП.

Сборка с деформацией позволяет получить заданные линейные размеры, а сборка с компенсатором – исправить форму деталей, входящих в сборочную единицу.

Эффект компенсации погрешностей форм деталей, образующих окончательные размеры и формы изделия, может быть успешно использован, если деформируемая деталь обладает невысокой собственной жесткостью, а детали, к которым она подкрепляется, обладают значительной собственной жесткостью. Только в этом случае можно гарантировать неизменность окончательных размеров и форм готового изделия при его расфиксации и снятии с СП.

Любая сборка изделий, сопровождающаяся выполнением разъемных или неразъемных силовых соединений деталей, вызывает в конструкции внутренние напряжения. Особенно это явление характерно для сборки изделий в СП с использованием компенсатора. При этом внутренние напряжения в конструкции при эксплуатации вследствие снижения прочности и долговечности конструкций могут привести к нежелательным последствиям. Поэтому при принятии решений об использовании метода сборки следует учесть все положительные и отрицательные стороны.

В качестве компенсаторов используются или твердеющие пасты, или металлические прокладки, после установки которых производится соединение верхнего 2 (приложение А, рисунок А.2, в) и нижнего 3 поясов лонжеронов.

### **6 Сборка при связанной увязке**

#### **6.1 Сборка по разметке**

6.1.1 Сборка по разметке – процесс, при котором взаимное положение деталей, входящих в узел, определяют измерением расстояний между ними и по рискам, нанесенным на деталях при разметке. Сборку выполняют с помощью слесарных инструментов и СП.

6.1.2 Процесс сборки по разметке включает переходы, связанные с разметкой центров отверстий в каждой детали, керновкой отверстий, измерением расстояний между деталями, установкой и снятием струбцин и т. д.

6.1.3 Установка деталей в сборочное положение по разметке – операция трудоемкая и длительная. Взаимозаменяемость узлов и панелей при сборке по разметке практически невозможна.

6.1.4 Разметку производят на столах, верстаках или непосредственно на отсеках и агрегатах самолета.

## 6.2 Сборка с базированием по сборочным отверстиям

6.2.1 Сборка с базированием по СО – процесс, при котором взаимное расположение собираемых деталей определяется положением имеющихся на них СО, в которые на период сборки вставляются фиксаторы.

6.2.2 Базирование по СО возможно при образовании обводов агрегата и установке в сборочное положение элементов продольного и поперечного набора каркаса.

6.2.3 При сборке с образованием обводов агрегата (приложение А, рисунок А.3) характерный размер внешнего обвода и погрешность размера по внешнему обводу определяются по формулам:

$$\begin{aligned} H_x &= \delta_1 + H_1 + H_2 + H_3 + \delta_2, \\ \Delta H_x &= \Delta\delta_1 + \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta\delta_2, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\delta_1, \delta_2$  – номинальные толщины обшивок;

$H_1, H_2, H_3$  – номинальные размеры, определяющие положение СО в деталях;

$\Delta H_x, \Delta H_1, \Delta H_2, \Delta H_3, \Delta\delta_1, \Delta\delta_2$  – погрешности измерения  $H_x, H_1, H_2, H_3, \delta_1, \delta_2$ .

Более точно погрешность размера по внешнему обводу можно определить, если учесть зазоры при установке фиксаторов в СО и деформацию изделия, при этом наибольшая погрешность будет

$$\Delta H'_x = \Delta\delta_1 + \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta\delta_2 + 4\Delta Z + C_i, \quad (5)$$

где  $\Delta H_2$  – максимальная разность между диаметром СО  $d_{CO}$  и диаметром фиксатора  $d_\phi$ ;

$C_i$  – погрешность размера из-за деформации.

Погрешность размера  $H_x$  при всех видах базирования должна быть меньше допуска на этот размер:

$$\Delta H_x \leq 2\delta_{обв}, \quad (6)$$

Допуск  $\delta_{обв}$  назначается на одну сторону обвода агрегата относительно теоретического обвода контура по шаблону контрольного контура.

6.2.4 Точность внешних обводов при сборке с базированием по СО небольшая, так как погрешность, подсчитанная по формуле (6),  $\Delta H'_x = \pm 2,0$  мм. С такой точностью можно собирать только изделия, к которым не предъявляют высоких требований по точности обводов. С базированием по СО можно собирать узлы, отсеки и агрегаты

## ГОСТ Р

вертолетов. Такой метод пригоден при сборке нервюр и лонжеронов оперения, носков рулей высоты и направления, носков элеронов, триммеров, отсеков, имеющих разъем по хорде (хвостовых частей крыльев, стабилизаторов), дозвуковых самолетов ( $M = 0,4 \dots 0,6$ ). В самолетостроении применяют также сборку с базированием по СО при установке в сборочное положение элементов каркаса на обшивку (приложение А, рисунок А.4).

6.2.5 Точность установки элементов каркаса не влияет на точность образования внешних обтекаемых воздушным потоком поверхностей, а допуск на размеры  $L$  и  $z$  (приложение А, рисунок А.5), определяющие взаимное расположение элементов продольного и поперечного набора, больше погрешности, возникающей при базировании по СО. С базированием по СО в этом случае устанавливают подкрепляющие элементы шпангоутов, нервюр, лонжеронов; компенсаторы на стрингеры; окантовки люков на панели; нервюры и лонжероны.

6.2.6 Базирование по СО должно обеспечивать:

- требуемое по чертежу взаимное расположение собираемых деталей;
- достаточную жесткость узла, панели, исключаящую их деформацию при сверлении, зенковании, клепке;
- возможность установки всех деталей, входящих в панель, узел;
- возможность установки в сборочное положение деталей, узла, панели, отсека по различным сборочным базам (деталей обвода – по рубильникам, а подкрепляющих элементов – по СО).

6.2.7 Сборочные отверстия (СО), как правило, располагают в местах установки заклепок, болтов или в сварочных точках. Отверстия, предназначенные для заклепок или болтов, вначале используют в качестве СО, а после сборки узла, панели и установки заклепок (болтов) из СО вынимают фиксаторы, рассверливают СО до требуемого размера под заклепку и ставят заклепку.

Места расположения СО указывают в чертежах и схемах. Для установки детали в сборочное положение должно быть не менее двух СО. При длине стрингера или профиля обвода более 500 мм число СО зависит от габаритных размеров изделия, в этом случае СО располагают с шагом 500...800 мм. Шаг между СО желательно устанавливать кратным 50 мм.

При выборе места расположения СО в узлах, имеющих продольный и поперечный наборы, в продольном наборе СО следует располагать независимо от расположения СО в поперечном наборе (приложение А, рисунок А.6). В этом случае положение деталей

продольного набора не связано с положением деталей поперечного набора и каждая система базирования выполняет свои функции.

6.2.8 Приспособления для сборки по СО в виде поддерживающих устройств (приложение А, рисунок А.6) предназначены для установки узлов, панелей и отсеков в удобное для сборщика положение и предохранения обшивки и элементов набора от деформаций под действием силы тяжести.

6.2.9 Поддерживающее устройство для сборки панели с базированием по СО состоит из стоек, соединенных балкой. На стойках имеются кронштейны, на которых укреплены ложементы. Обводы ложементов выполнены в соответствии с обводом наружной поверхности обшивки. При сборке на ложементы устанавливают обшивку, закрепляя ее зажимами, а на обшивку – стрингеры, закрепляя их фиксаторами, вставленными в СО, а затем устанавливают шпангоуты. Собранный таким образом панель снимают с поддерживающего устройства и приступают к следующему этапу сборки – к сверлению и зенкованию отверстий под заклепки и клепку на сверлильных агрегатах, клепальных прессах и автоматах. На рисунке (приложение А, рисунок А.6, б) приведено поддерживающее устройство для сборки панели с базированием по СО, в котором обшивку на ложементы устанавливают с помощью БО. В БО вставляют винт и закрепляют обшивку на ложементе. Стрингеры и шпангоуты на обшивку устанавливают по СО.

На поддерживающем устройстве, приведенном на рисунке (приложение А, рисунок 6, б), можно полностью с помощью ручных инструментов – пневмодрели для сверления и зенкования отверстий и пневматического клепального молотка собрать панель, у которой в стрингерах и шпангоутах имеются СО. Но наиболее рационально после установки стрингеров и шпангоутов на фиксаторы снять панель с поддерживающего устройства и сверлить отверстия по СО, зенковать гнезда в просверленных отверстиях на станке, а клепку выполнять на прессе.

### **6.3 Сборка в сборочном приспособлении с базированием по координатно-фиксирующим отверстиям**

6.3.1 Сборка с базированием по КФО представляет собой процесс, при котором детали поперечного набора устанавливают в сборочное положение по КФО в деталях собираемого изделия и элементах СП.

6.3.2 Базирование по КФО используют при сборке узлов, панелей, отсеков и агрегатов самолетов панелированной конструкции. Наиболее широко этот метод сборки применяют в производстве средних, тяжелых и сверхтяжелых самолетов.

## ГОСТ Р

В процессе сборки деталь поперечного набора – обод 1 шпангоута (приложение А, рисунок А.7) – устанавливают в вилки 2 СП и закрепляют по КФО фиксаторами 3. Затем части шпангоута соединяют накладками с помощью заклепок или болтов. На подготовленный таким образом каркас устанавливают обшивку 5 со стрингерным набором. Обшивку прижимают с силой  $Q$  или  $N$  к обводу шпангоута (каркасу) прижимом 6 (или другим способом), а затем заклепками соединяют ее со шпангоутами.

6.3.3 Характерный размер по внешнему обводу собранного агрегата и погрешность размера по внешнему обводу с учетом зазоров при установке фиксаторов в КФО определяются по формулам:

$$H_x = \delta_1 + H_1 + H_{\text{КФО-СП}} + H_2 + \delta_2, \quad (7)$$
$$\Delta H_x = \Delta\delta_1 + \Delta H + \Delta H_{\text{КФО-СП}} + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta\delta_2 + \Delta 4Z + C_i,$$

где  $H_{\text{КФО-СП}}$  – расстояние между КФО в вилках СП;

$\Delta H_{\text{КФО-СП}}$  – погрешность размера  $H_{\text{КФО-СП}}$ .

6.3.4 Точность получаемых обводов зависит от точности обвода каркаса, расположения КФО в деталях и элементах СП и точности обшивок по толщине.

6.3.5 Число и место расположения КФО в процессе технологической проработки чертежей технологи-сборщики наносят на схему, и после согласования с конструкторами вносят в чертежи самолета. КФО наносят на чертеж изделия в системе прямоугольных координат относительно базовых осей самолета (строительной горизонтали и оси симметрии, приложение А, рисунок А.8). Чтобы использовать в производстве универсальное оборудование (инструментальный стенд) расстояния между осями КФО и расстояния от осей самолета до осей КФО назначают кратными 50 мм. Координаты КФО, т. е. размеры А, Б, В, Д, Е, Т, Ж, И соответственно равны  $50n_i$ , где  $n_i$  – целое число. Размеры  $M, t_{\text{ш}}$ , определяющие положение элементов поперечного набора – шпангоутов, соответствуют размерам, приведенным на чертеже самолета. Число КФО устанавливают из условия допустимой деформации сборочной единицы под действием силы тяжести и возможных внешних нагрузок, возникающих в процессе сборки.

6.3.6 Практика показывает, что число КФО должно быть не менее двух в шпангоутах длиной до 1500 мм и не менее трех в шпангоутах длиной более 1500 мм.

6.3.7 Технологическую оснастку, включая обводообразующую оснастку (рубильники, болванки, и другое) изготавливают на станках ЧПУ с использованием электронного макета самолета (ГОСТ 2.052, ГОСТ 2.053) и применением контрольно-измерительных устройств (КИМ, лазерный трекер, лазерный радар и другое). СО в обшивках, профилях с вырезами и обрезках по контуру выполняют на станках ЧПУ с применением переналаживаемой, по программе, оснастке.



6.3.8 СО в заготовке ШОК, обшивке и технологическом стрингере выполняют на универсальном перенастраиваемом стенде (приложение А, рисунок А.9). Стенд состоит из стандартизованных деталей: балок 11, основания 13, вилок 6, узлов крепления 8, и фиксаторов 9.

Работы на стенде выполняют в такой последовательности. Узлы крепления 8 с вилками 6 устанавливают на расстоянии  $M, t_{ш}$ , и закрепляют узлы крепления на балках 11. Вилки регулируют по высоте так, чтобы образовался размер  $H$  и закрепляют фиксаторами 9. На вилки устанавливают ложементы 7 и закрепляют их фиксаторами 5, вставленными в КФО. В вырезы ложементов устанавливают технологические стрингеры 4 до упора в фиксирующую плиту 1. На ложементы и стрингеры устанавливают отформованную и обрезанную по кромкам заготовку обшивки 3, а на нее – заготовку обшивки 2. Заготовки обшивок и ШОК фиксируют по плите 1 и ограничителю 12. Установленные детали плотно стягивают лентами 14. В пакете, состоящем из стрингера, обшивок и ШОК, сверлят СО сверлильным приспособлением 10, располагая их оси на расстоянии  $T$  от ШКС (положение сверла относительно ШКС и полки технологического стрингера координируют с помощью кондукторной насадки).

В местах расположения СО в ШОК устанавливают стальные втулки или шайбы, после чего ШОК используют для сверления СО в изготавливаемых в серийном производстве обшивках. Технологический стрингер используют для сверления отверстий в ШОК стрингера. По ШОК стрингера сверлят СО в стрингерах, используемых на самолете. Обшивки и стрингеры с просверленными в них СО поступают на СП.

СП с использованием базирования по КФО представляют собой пространственную систему, с помощью которой воспроизводится положение КФО в элементах СП. Приспособления комплектуют из стандартизованных деталей и узлов, их легко перенастраивать при изменении типоразмера узла, панели, отсека.

#### **6.4 Сборка в сборочном приспособлении с базированием по поверхности каркаса**

6.4.1 При методе сборки в сборочном приспособлении с базированием по поверхности каркаса обшивку (или панель) устанавливают на базовую поверхность каркаса и прижимают к ней на период соединения обшивки с элементами каркаса.

6.4.2 Существует несколько вариантов базирования по поверхности каркаса. При схеме базирования, приведенной в приложении А, рисунок А.10, а, обшивку устанавливают на каркас и прижимают с силой  $N$  к его поверхности.

6.4.3 Для различных вариантов характерный размер по внешнему обводу собранного агрегата или отсека можно определить по формуле

$$H_x = H_K + \delta_1 + \delta_2, \quad (8)$$

где  $H_K$  – номинальная длина каркаса;

$\delta_1, \delta_2$  – номинальная толщина обшивок.

Погрешность характерного размера по внешнему обводу

$$\Delta H_x = \Delta H_K + \Delta \delta_1 + \Delta \delta_2 + C_i \quad (9)$$

где  $\Delta H_K, \Delta \delta_1, \Delta \delta_2$  – погрешности размеров  $H_K, \delta_1, \delta_2$ ;

$C_i$  – погрешность  $H_x$  из-за деформации после сборки вследствие изменения температуры.

6.4.4 На рисунке (приложение А, рисунок А.10, б) показана схема базирования по поверхности каркаса, когда обшивку присоединяют к каркасу с помощью клея или припоя. При этой схеме базирования погрешность характерного размера по внешнему обводу

$$\Delta H_x = \Delta H_K + \Delta \delta'_K + \Delta \delta_1 + \Delta \delta''_K + \Delta \delta_2 + C_i \quad (10)$$

где  $\Delta \delta'_K, \Delta \delta''_K$  – погрешности толщины слоя клея (припоя).

В рассмотренных вариантах базирования по поверхности каркаса погрешность  $\Delta H_K$  зависит от точности обвода каркаса, погрешностей толщины обшивок и слоя связующего вещества (клея и припоя). Если поверхность каркаса волнистая, это отражается и на внешних обводах обшивки. Объясняется это тем, что жесткость каркаса, как правило, больше жесткости обшивки, прижимаемой к нему силой  $N$ . После того как собираемое изделие вынимают из СП, обшивка, присоединенная к каркасу, не возвращается в исходное положение. При базировании по поверхности каркаса детали на сборку поступают отформованными по обводам и обрезанными по ШОК.

6.4.5 Базирование по поверхности каркаса в основном применяют при сборке непанелированных отсеков и агрегатов легких самолетов и вертолетов, конструкций из монолитных и сборочных нервюр и шпангоутов и конструкций с сотовым наполнителем.

6.4.6 СП, в котором используется базирование по поверхности каркаса, представляет собой пространственную конструкцию, состоящую из балок, на которых смонтированы базовые элементы (рубильники, ложементы, плиты стыка), узлы для крепления деталей в сборочном положении и механизмы для подъема и опускания рубильников, а также для закрепления их в рабочем положении.

6.4.7 Точность получаемых обводов изделия и взаимное расположение собираемых деталей в таком СП зависят от обводов базовых поверхностей элементов СП.

6.4.8 На рисунке (приложение А, рисунок А.11) приведено СП для кессона центроплана с базированием обшивки по поверхности каркаса. Рассмотрим в качестве примера процесс сборки кессона непанелированной конструкции в этом СП. Это СП состоит из верхней 1 и нижней 2 балок, вертикальных стоек 3, рубильников 4 и фиксаторов 5. Предварительно собранные лонжероны 6 и 7 устанавливают в СП и закрепляют фиксаторами 5 и штифтами 8. Чтобы исключить прогибание лонжеронов под действием силы тяжести, их устанавливают на специальные опоры 10, расположенные между стыковыми узлами. После лонжеронов на рубильники 4 в СП устанавливают нервюры 11, фиксируя их относительно рубильников зажимами 12. Закрепив нервюры в требуемом положении, в лонжеронах и болтах нервюр сверлят отверстия 13, ставят в них заклепки и соединяют нервюры с лонжеронами. Далее открывают рубильники, ставят в прорези нервюр стрингеры 14, затем закрывают рубильники и прижимают стрингеры и нервюры к рубильникам зажимами 12. После этого сверлят отверстия и заклепками соединяют стрингеры с нервюрами. Соединив таким образом все элементы каркаса центроплана между собой, отводят прижимы 9 и заменяют рубильники 4 с обводом по каркасу рубильниками, у которых обвод выполнен с учетом толщины обшивки. Обшивку 15 ставят в СП и прижимают к каркасу рубильниками. По направляющим отверстиям в бортах нервюр и в стрингерах сверлят отверстия под заклепки с внутренней стороны (стрелка Б), затем зенкуют их, но уже с наружной стороны, подводя зенковку по стрелке А. После сверления и зенкования отверстий для заклепок обшивку 15 снимают с СП, чтобы обеспечить подходы для сверления отверстий в обшивке 16, устанавливаемой со стороны рубильника. Сверление и зенкование отверстий для заклепок в обшивке 16 производят так же, как и в обшивке 15. Обшивки с каркасом склепывают поочередно с одной и другой стороны СП пневмомолотком обратным методом. Причем при клепке обшивки 16 внутрь СП через отверстия облегчения 17 в нервюрах 11 вводится поддержка.

Сборка непанелированных конструкций в СП с базированием по поверхности каркаса имеет множество переходов и операций, цикл сборки длительный.

## **6.5 Сборка в сборочном приспособлении с базированием по наружной поверхности обшивки**

6.5.1 При сборке с базированием по наружной поверхности обшивки (или панели) обшивку на период соединения ее с каркасом прижимают внешним обводом к опорным поверхностям СП.

6.5.2 На рисунке (приложение А, рисунок А.12) приведены схемы различных вариантов такого базирования. По схеме, приведенной на рисунке (приложение А,

## ГОСТ Р

рисунок А.12, а), на сборку отсека фюзеляжа поступает каркас 3 и панель, состоящая из обшивки 1, стрингеров 6 и установленных на них компенсаторов 2. По базовым элементам СП устанавливают каркас 3, а на шпангоуты – обшивку, закрывают рубильники 4 и закрепляют их в рабочем положении фиксаторами 7. В таком положении обшивку прижимают с силой  $N$  к обводам рубильников 4. По СО сверлят отверстия под заклепки в компенсаторе и каркасе, а затем производят клепку, т.е. соединяют панель с каркасом. После установки соединительных элементов 5 и открытия рубильников (отвода их вверх) получают обвод требуемого размера.

6.5.3 Характерный размер по внешнему обводу  $H_x$  в рассматриваемом сечении равен разности размера  $H_{СП}$  СП и отклонения при сборке, т.е.

$$\begin{aligned} H_x &= H_{СП} - (\Delta H'_C + \Delta H''_C), \\ \Delta H_x &= \Delta H_{СП} - (\Delta H'_C + \Delta H''_C) + C_i. \end{aligned} \quad (11)$$

где  $\Delta H'_C, \Delta H''_C$  – отклонения обвода собранного изделия от обвода рубильника с одной и с другой стороны (приложение А, рисунок А.12, б).

Значения отклонений  $\Delta H'_C$  и  $\Delta H''_C$  зависят от жесткости панели, способа приложения силы и числа рубильников по длине собираемого изделия. Если изделие собирают в СП с редко расставленными рубильниками (опорами) и обшивку прижимают сосредоточенные силы  $Q$ , то при тонкой обшивке отклонения  $\Delta H'_C$  и  $\Delta H''_C$  будут больше, чем при равномерно распределенной по всей поверхности обшивки силе  $Q$  (приложение А, рисунок А.12, в). Равномерное распределение по поверхности обшивки нагрузки достигается применением вместо каркасов самовспенивающегося заполнителя или давлением воздуха на обшивку и элементы каркаса, создаваемым внутри резинового мешка, вставленного в собираемое изделие. Базирование по наружной поверхности обшивки применяют при сборке как отдельных панелей, так и отсеков, и агрегатов из панелей.

6.5.4 СП, в котором используется базирование по наружной поверхности обшивки, представляет собой пространственную ферменную конструкцию, состоящую из балок, рубильников, ложементов, плит стыка и различных механизмов для подъема и опускания рубильников, а также для закрепления их в рабочем положении.

6.5.5 Точность внешних обводов собираемого изделия в таких СП определяется точностью базовых поверхностей рубильников и положением базовых поверхностей в пространстве. Положение продольных и поперечных элементов каркаса собираемого изделия определяется расположением рубильников и ложементов по длине СП.

6.5.6 СП (приложение А, рисунок А.13) для носового отсека фюзеляжа панелированной конструкции состоит из основания 1, колонн 2 и балок 4, на которых по

осям шпангоутов установлены рубильники 5; по плоскостям разъема установлены плиты 3 стыка. Для установки в сборочное положение узлов крепления передней стойки шасси имеется специальный калибр стыка – узел I. Рубильники при установке панелей и снятии изделия с СП отводят вниз. В рабочее положение рубильники устанавливают винтовыми зажимами 7 и закрепляют фиксаторами 6.

## **6.6 Сборка в сборочном приспособлении с базированием по внутренней поверхности обшивки**

6.6.1 При методе сборки в сборочном приспособлении с базированием по внутренней поверхности обшивки, внутреннюю поверхность панели устанавливают на базовые поверхности СП или на поверхности специальных – макетных – нервюр (приложение А, рисунок А.14).

6.6.2 Собранные лонжероны 1 и 5 устанавливают на БО на фиксаторы и закрепляют их в СП. Затем устанавливают между лонжеронами макетные нервюры 7 на технологические болты, базируя их относительно лонжеронов по СО в приклепанных к лонжеронам профилях 9. Между макетными нервюрами располагают самолетные нервюры 4 с базированием по СО, соединяя их с лонжеронами заклепками. На собранный таким образом каркас устанавливают панель 2 с укрепленными на ней стрингерами 3. Существуют два этапа установки панелей – предварительный и окончательный. На предварительном этапе одну из панелей (левую) накладывают на базовую поверхность макетных нервюр 7 и прижимают к ней поясом 8 с силой N. При таком положении обшивки по СО в стрингерах 3 сверлят отверстия под заклепки в самолетных нервюрах 4. После сверления отверстий во всех установленных самолетных нервюрах панель вынимают из СП, устанавливают вторую панель (правую) и сверлят по СО в стрингерах отверстия под заклепки в самолетных нервюрах. После сверления отверстий стрингеры 3 соединяют заклепками с самолетными нервюрами 4. Затем снимают макетные нервюры и устанавливают на их место самолетные, базируя их на лонжеронах по СО. Вновь установленные самолетные нервюры соединяют с лонжеронами заклепками. Потом по СО в стрингерах сверлят отверстия под заклепки во вновь установленных самолетных нервюрах и соединяют их заклепками со стрингерами.

Выполнив все соединения правой панели с каркасом, окончательно устанавливают левую панель и заклепками соединяют установленные на ней стрингеры с самолетными нервюрами.

После выполнения всех сборочных работ кессон вынимают из СП.

6.6.3 В собранном кессоне характерный размер по внешнему обводу в сечении и погрешность этого размера определяются по формулам:

$$H_x = H_{СП} + \delta_1 + \delta_2, \quad (12)$$

$$\Delta H_x = \Delta H_{СП} + \Delta \delta_1 + \Delta \delta_2 + (\Delta H'_C + \Delta H''_C) + C_i,$$

где  $H_{СП}$  – характерный размер СП в сечении макетной нервюры;

$\Delta H_{СП}$  – погрешность размера  $H_{СП}$ ;

$\Delta H'_C, \Delta H''_C$  – отклонения собираемого изделия от обвода СП (макетной нервюры).

При замкнутой макетной нервюре за  $\Delta H_{СП}$  принимают погрешность размера  $H_{СП}$  по ее дужке. При разомкнутой макетной нервюре (шпангоуте), когда отдельные ее части устанавливают на фиксаторы,  $\Delta H_{СП} = \Delta H'_C + \Delta H'_C \Delta Z$ , т.е. учитывают погрешности базирования.

6.6.4 Габаритные размеры СП  $H_{СП}$  соответствует внутреннему обводу обшивки.

6.6.5 Узлы, отсеки и агрегаты при базировании по внутренней поверхности обшивки собирают последовательно во взаимно увязанных по БО СП. Вначале в СП для узловой сборки собирают узлы (лонжероны, нервюры) и сверлят в них по кондукторам, установленным в этом СП, БО и СО. Затем эти отверстия используют для установки узлов в СП для отсека (агрегата).

6.6.6 СП для кессона отъемной части крыла (приложение А, рисунок А.15) с использованием базирования по внутренней поверхности обшивки выполнено в основном из стандартизованных элементов. Оно состоит из опоры 1, на которой смонтирована плита стыка 2 и кронштейны 3. Каркас 4 СП состоит из двух продольных балок и трех колонн. На балках установлены откидные кронштейны 5 и 7, на которые устанавливают лонжероны в сборочное положение. Закрепляют лонжероны фиксаторами 17 и 18. Фиксаторы вставляют в БО лонжерона и откидного кронштейна. В зоне законцовки крыла на колонне 10 установлена плита стыка 9. Для компенсации погрешностей по длине кессона плиту стыка 9 можно перемещать с помощью штурвала 11. Для сборки кессона передний и задний лонжероны устанавливают на кронштейны 5 и 7, фиксируя их по БО, после чего лонжероны крепят к кронштейнам струбцинами 16. Между лонжеронами по СО 21 устанавливают макетные 6 и самолетные 7, 8 нервюры. Макетные нервюры временно, на период сборки, крепят к стойкам лонжеронов технологическими болтами 13. Самолетные нервюры крепят к стойкам (профилям) фиксаторами, затем сверлят по направляющим отверстиям в стойках отверстия и приклепывают нервюры к стойкам. Панели поступают на сборку с укрепленными на них компенсаторами 14 и просверленными в компенсаторах направляющими отверстиями 15. По стыку кессона с центропланом в панелях установлены стыковые профили 22 (см. сечение А – А). Панели устанавливают внутренней поверхностью на макетные

нервюры и закрепляют стыковые профили технологическими болтами 12 на плите стыка 2. Панели прижимают к базовым поверхностям макетной нервюры 6 прижимами 19, которые перемещаются при вращении гайки 20. Чтобы использовать макетные нервюры как базу для установки панелей, а затем снять макетные нервюры с изделия, одну из панелей устанавливают в два этапа. На первом этапе сборки устанавливают верхнюю панель 23 (см. сечение Б – Б). В поджатой гайкой 20 панели по направляющим отверстиям в компенсаторах сверлят отверстия под заклепки. На втором этапе панель 23 снимают и устанавливают верхнюю панель 24. При установленной верхней панели вначале по направляющим отверстиям в компенсаторах сверлят отверстия в самолетных нервюрах, а затем соединяют заклепками компенсаторы с самолетными нервюрами. Макетные нервюры снимают и вместо них устанавливают самолетные. В установленных нервюрах сверлят отверстия под заклепки и соединяют их заклепками с панелью 23. После установки панели 24 в сборочное положение вновь устанавливают панель 23. При этом совмещают ранее просверленные отверстия в самолетных нервюрах и компенсаторах, вставляют в них заклепки и выполняют клепку. Затем по направляющим отверстиям в компенсаторах сверлят отверстия под заклепки в самолетных нервюрах и соединяют заклепками компенсаторы (панель) с самолетными нервюрами.

6.6.7 Сборка в СП с базированием по ОСБ. Применяемый в самолетостроении метод связанной увязки агрегатов характеризуется тем, что формы и размеры стыковых узлов агрегатов и их положение относительно обводов отсеков и агрегатов определяются формой и размерами базовых поверхностей СП. При сборке установочные поверхности стыковых узлов, профилей или кронштейнов совмещают с базовыми поверхностями СП и в таком положении соединяют стыковые узлы с элементами каркаса планера. В качестве установочных поверхностей в стыковых узлах, профилях и кронштейнах принимают ОСБ.

6.6.8 На рисунке (приложение А, рисунок А.16) показана схема базирования стыкового профиля панели по ОСБ стыка. Технологические болты вставляют в ОСБ стыкового профиля и плиты стыка, определяя тем самым положение стыкового профиля относительно внешнего обвода панели, которая опирается на базовые поверхности СП. После установки в сборочное положение фитинга 1 устанавливают панель и соединяют заклепками (болтами) стрингеры 3 и обшивку 2 со стыковым профилем.

6.6.9 После сборки узла (панели, отсека) и снятия его с СП расстояния  $W_x$  между осями ОСБ и углы наклона  $\alpha_x$  этих осей на изделии должны определяться параметрами СП и погрешностями деформации изделия:

$$\begin{aligned} W_x &= W_{СП} + 4\Delta Z + C_i, \\ \alpha_x &= \alpha_{СП} + 4\Delta Z + \Delta\alpha_i. \end{aligned} \quad (13)$$

где  $W_{СП}$  – расстояние в СП между центрами стыковых поверхностей;  
 $\alpha_{СП}$  – угол в СП между базовыми осями и осями, определяющими положение стыковых узлов;

$C_i, \Delta\alpha_i$  – погрешности линейных и угловых размеров вследствие деформации конструкции после сборки;  $\Delta Z$  – погрешность из-за зазора при установке узлов на ОСБ.

При сборке отсеков, агрегатов положение стыковых узлов в пространстве также зависит от положения базовых поверхностей СП.

6.6.10 На рисунке (приложение А, рисунок А.17) приведено СП для носового отсека фюзеляжа. В носовом отсеке имеются четыре узла стыка отсека с крылом, узлы стыка отсека с передней стойкой шасси и стыковой шпангоут, по которому носовой отсек стыкуется с центральным отсеком фюзеляжа. Для сборки носового отсека в СП устанавливают силовые шпангоуты, положение которых фиксируют рубильниками. Затем на шпангоуты ставят стыковые узлы 3 с левой и правой сторон и стыковой узел 2 передней стойки шасси. Положение узла 3 фиксируют стыковым узлом 5 СП и фиксаторами 9 и 10, а положение узла 2 – втулкой 6 и фиксаторами 7 и 8. Положение привалочной плоскости стыкового шпангоута относительно стыковых узлов 3 (размер  $h$ ) определяется положением плиты стыка 11, а координаты центров его ОСБ – центрами ОСБ 12 в плите стыка. После установки шпангоутов и закрепления в них стыковых узлов шпангоуты соединяют с силовыми стрингерами 13, закрепляют пол 14 кабины, монтируют заборник 15, устанавливают и закрепляют панели и другие узлы и детали отсека. Полностью собранный отсек устанавливают на ложементы транспортной тележки 17, которую после снятия прижима 18 и всех фиксирующих элементов выкатывают с отсеком из СП.

6.6.11 Вследствие недостаточной жесткости собираемых деталей, деформаций, вызываемых клепкой, деформаций и неточностей изготовления самого СП возникают деформации собираемого изделия. Поэтому фактические размеры, определяющие положение стыковых узлов собранного отсека, нередко не соответствуют заданным, что исключает взаимозаменяемость стыкуемых агрегатов и отсеков. Для обеспечения взаимозаменяемости и возможности соединения агрегатов между собой узлы разъемов и стыков обрабатывают на специальных разделочных стендах.



## 7 Сборка с подгонкой по месту при независимой увязке

7.1 Сравнительно частая сменяемость объектов сборки, малая жесткость деталей и узлов, необходимость постоянного увеличения точности выполнения наружных обводов и мест сопряжений конструкций самолетов приводят к введению на многих деталях и узлах, определенных припусков, удаляемых при сборке механической обработкой, или к значительной неточности изготовления контуров деталей при холодном деформировании из листа, устраняемой при сборке дополнительным деформированием их до заданных размеров.

7.2 Наличие припусков на деталях и узлах, поступающих на сборку сборочных единиц, требует подгоночных работ, выполняемых по месту. Объем подгоночных работ в сборочных цехах немалый. Процесс подгонки значительно увеличивает длительность сборки.

7.3 Любые технические мероприятия, связанные с ликвидацией подгоночных работ или уменьшением их объема, т.е. с повышением взаимозаменяемости деталей и узлов при сборке, приводят к увеличению производительности труда и повышению качества изделий. Однако не следует при этом забывать об экономической оценке целесообразности подгоночных работ. Подгонка деталей по месту иногда является технически необходимой, так как является единственным способом достижения высококачественного сопряжения в многозвенной размерной цепи.

7.4 Для большинства самолетов концевая часть лонжеронов крыла, сопрягающаяся с силовой корневой нервюрой, представляет многозвенную конструкцию, состоящую из нижнего и верхнего силовых поясов, соединенных между собой вертикальной стенкой и вертикальными стойками. К поясам крепят нижнюю и верхнюю обшивки панелей крыла. Для образования прочного и надежного стыка поясов, стоек и стенок лонжеронов в конструкцию вводят специальные фитинги, имеющие вырезы и пазы, в которые входят концы поясов, стоек и стенок. Вырезы и пазы могут быть выполнены и на концевках поясов и стоек. Соединение фитингов, стоек, поясов и обшивок производят болтами или заклепками.

7.5 Для обеспечения плотного прилегания сопрягаемых поверхностей деталей необходима их тщательная подгонка. Добиться выполнения практически беззазорного сочленения деталей без подгонки их по месту невозможно. Если подобную конструкцию упростить нельзя, то без подгоночных работ не обойтись.

7.6 Подгонка не исключена при любом методе сборки самолетных конструкций.

7.7 Подгонка осуществляется ручным и механизированным способами путем обрезки припусков на листовых деталях, опилования кромок и плоскостей деталей,

## ГОСТ Р

шабрения сопрягаемых плоскостей, фрезерования поверхностей, сверления и развертывания отверстий, подгибки листовых деталей по контуру, деформирования. Каждому методу сборки присущи свои способы выполнения подгоночных работ.

7.8 При использовании подгонки как средства достижения заданного качества собираемого изделия на заключительном этапе сборки необходимо стремиться к тому, чтобы припуски на детали или отклонения от заданных геометрических форм были оптимальны, т. е. обеспечивали бы высокое качество при минимальных затратах труда.

7.9 Выбор припусков осуществляют следующим образом:

1 На основании анализа конструкции собираемого изделия определяют элемент конструкции (закрывающий элемент), на котором можно назначить припуски, удаляемые при сборке подгонкой по месту. При этом следует руководствоваться положением о недопустимости нарушения размеров других элементов конструкции; закрывающее звено выбирают из числа тех, на которых с наименьшими затратами труда и с определенным уровнем качества можно выполнить подгоночные работы.

2 На все элементы собираемого изделия назначают допуски, технически выполнимые в условиях конкретного производства. Допуски не должны выходить за пределы, установленные ТУ.

3 На закрывающем элементе конструкции припуски задают на тех поверхностях, которые сопрягаются с другими элементами конструкции и дают возможность компенсировать накопление погрешности формы без нарушения прочности стыкуемых элементов при обеспечении их функционального назначения.

Выполнение этих условий обеспечивает достижение заданной точности узлов и агрегатов самолета доработкой закрывающего элемента при практически выполнимых производственных допусках на все входящие элементы конструкции собираемого изделия.

7.10 В связи со значительной трудоемкостью операций удаления технологических припусков в период запуска нового самолета в производство необходимо рассчитать ожидаемую точность при различных методах сборки, экономически обосновать эти методы и только в том случае, если ожидаемая точность не обеспечивает заданную или экономически нецелесообразна, надо вводить припуски на детали, которые будут удаляться при сборке подгонкой по месту.

## Приложение А

(справочное)

## Справочные рисунки и схемы

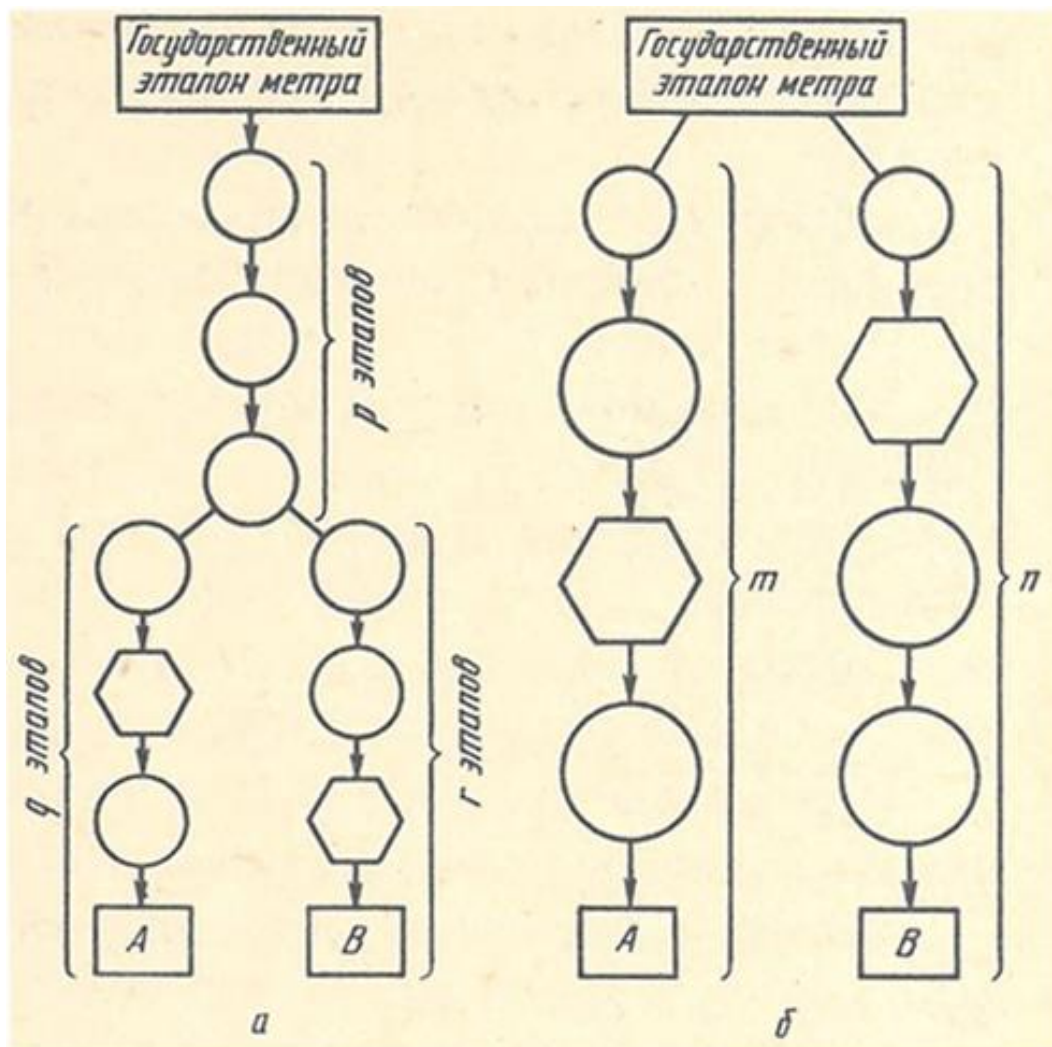


Рисунок А.1 – Схемы методов связанной (а) и независимой (б) увязок.

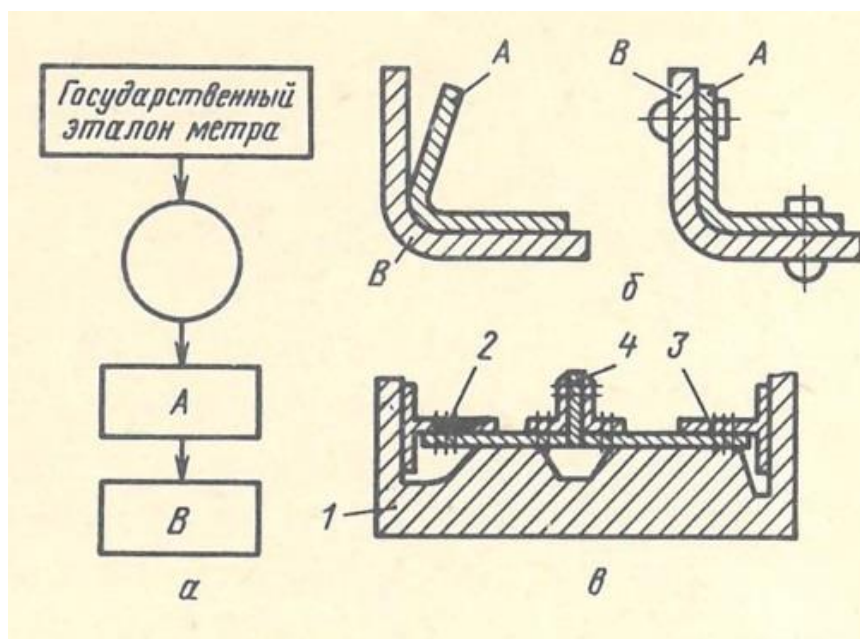


Рисунок А.2 – Схемы увязки размеров с использованием метода компенсации:  
 а – схема метода компенсации; б – сборка уголков по методу компенсации с использованием деформации деталей; в – сборка лонжерона с компенсатором; 1 – СП; 2 – верхний пояс лонжерона; 3 – нижний пояс лонжерона; 4 – компенсатор.

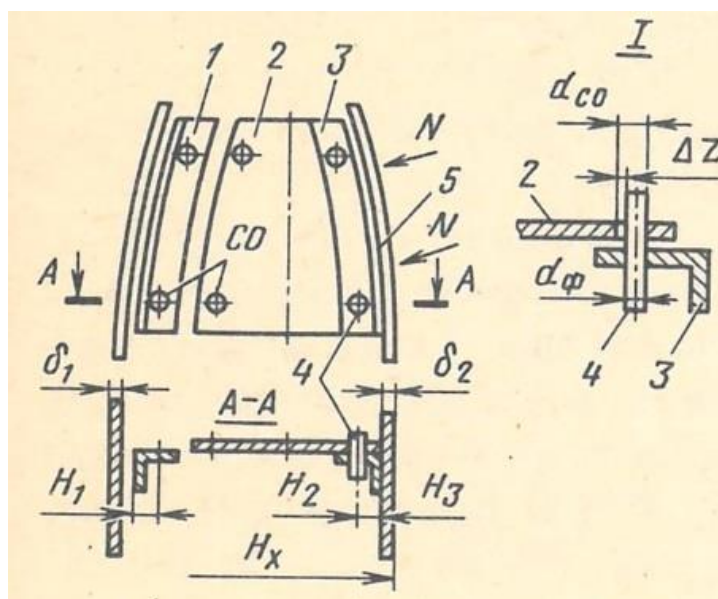


Рисунок А.3 – Схема базирования деталей по СО: 1, 3 – профили нервюры; 2 – стенка нервюры; 4 – фиксатор; 5 – обшивка; N – прижимающая сила.

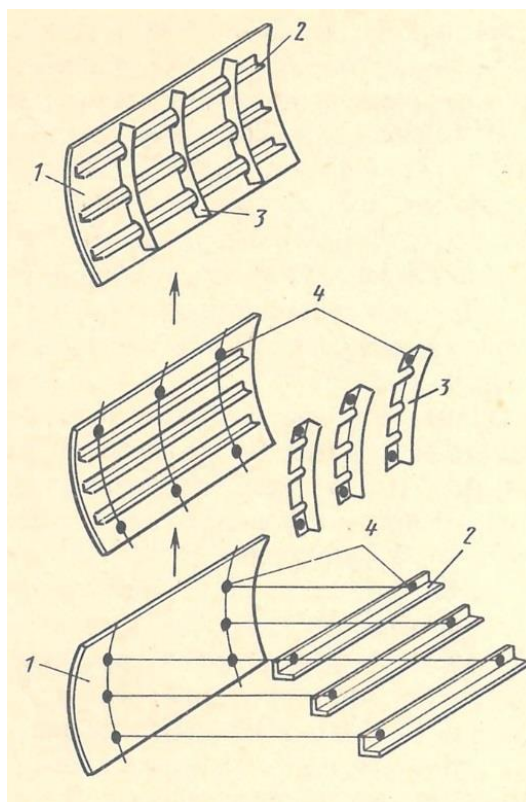


Рисунок А.4 – Схема установки элементов каркаса на обшивку с базированием по СО: 1 – обшивка; 2 – стрингер; 3 – нервюра; 4 – СО.

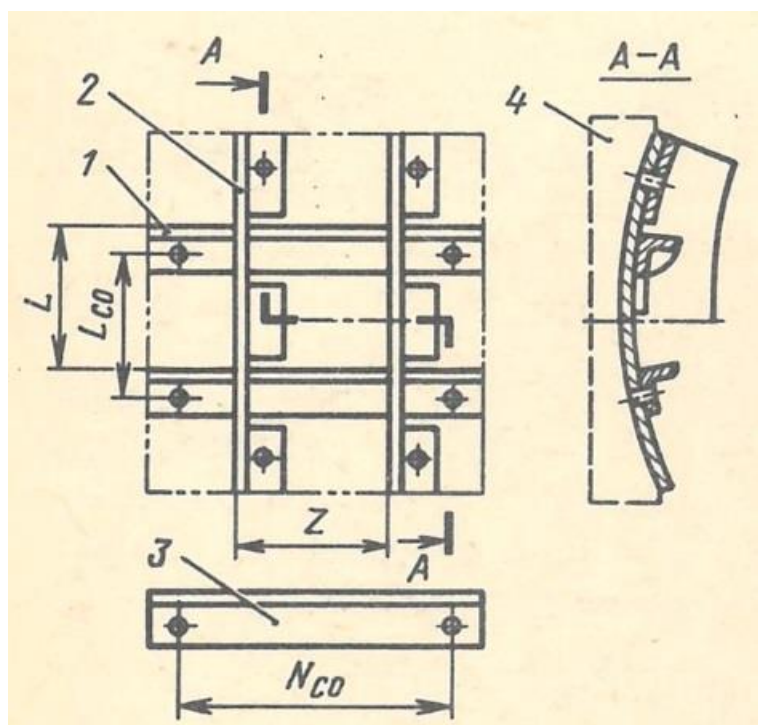


Рисунок А.5 – Схема установки элементов каркаса панели с базированием по СО: 1 – обшивка; 2 – нервюра; 3 – стрингер; 4 – ложемент.



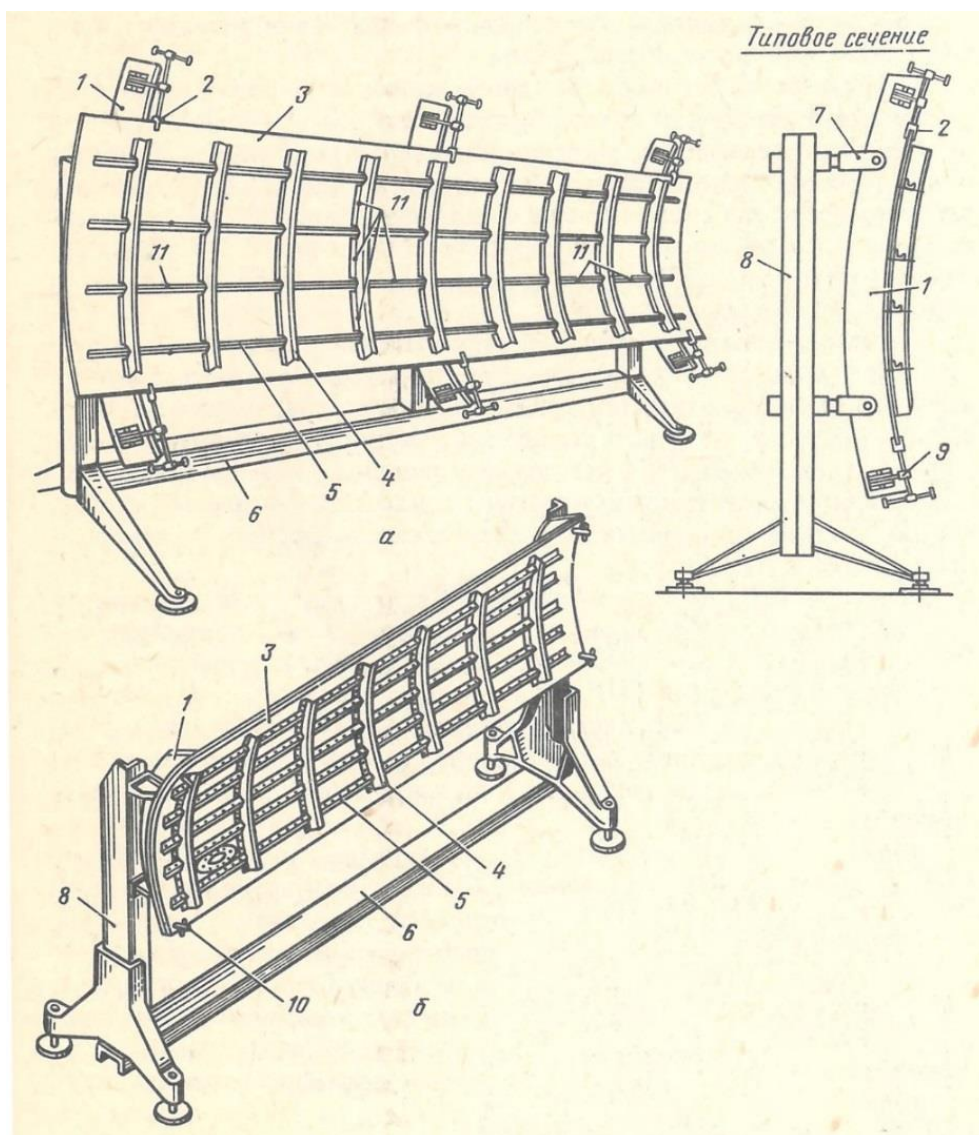


Рисунок А.6 – Поддерживающие устройства, используемые для сборки панелей с базированием по СО: а – при установке обшивки на ложементы по упорам; б – при установке обшивки по БО; 1 – ложемент; 2 – зажим; 3 – обшивка; 4 – шпангоут; 5 – стрингер; 6 – балка; 7 – кронштейн; 8 – стойка; 9 – зажим; 10 – винт; 11 – СО.

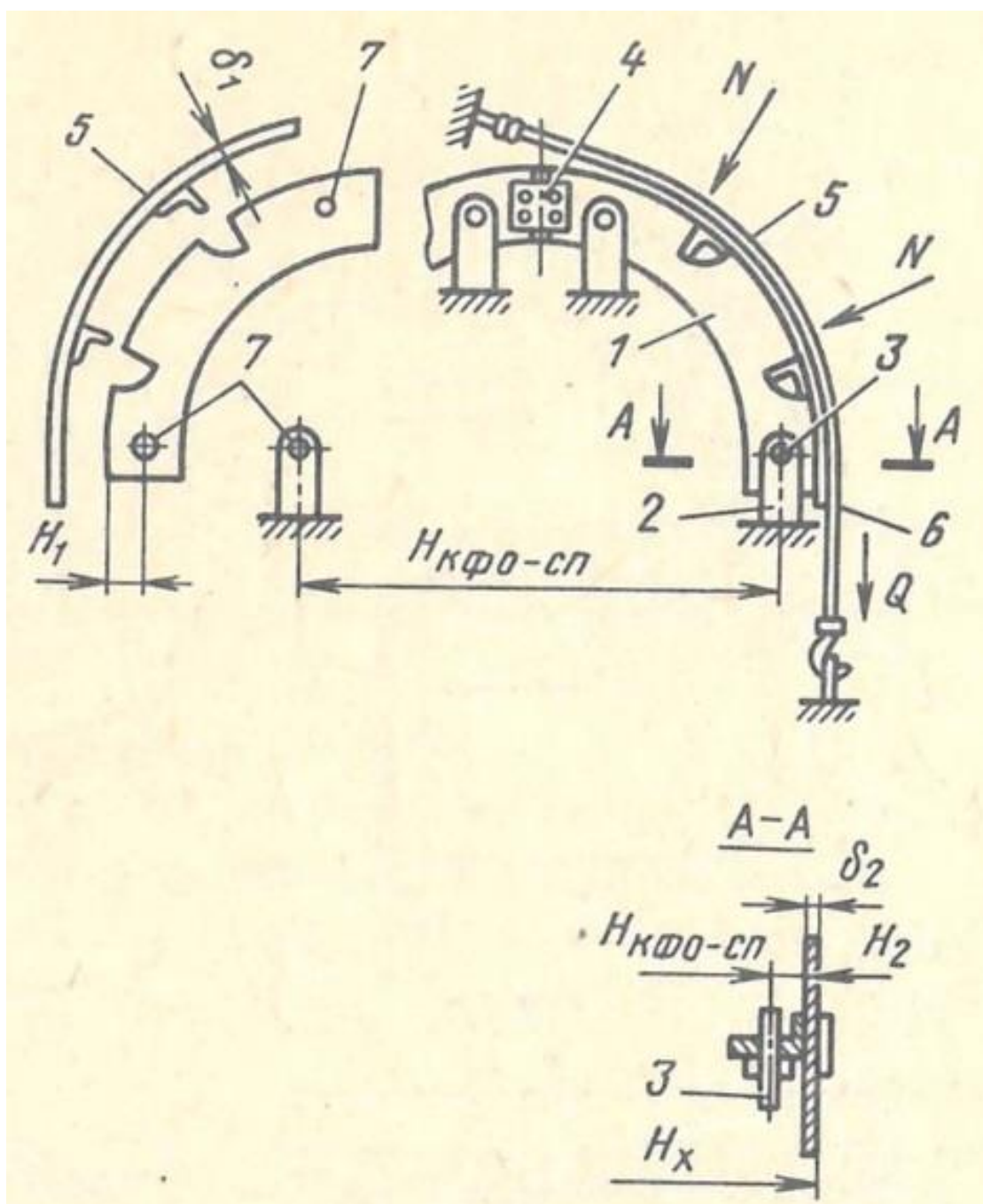


Рисунок А.7 – Схема базирования по КФО шпангоута: 1 – обод шпангоута; 2 – вилка СП; 3 – фиксатор; 4 – компенсатор; 5 – обшивка со стрингерным набором; 6 – прижим; 7 – КФО.

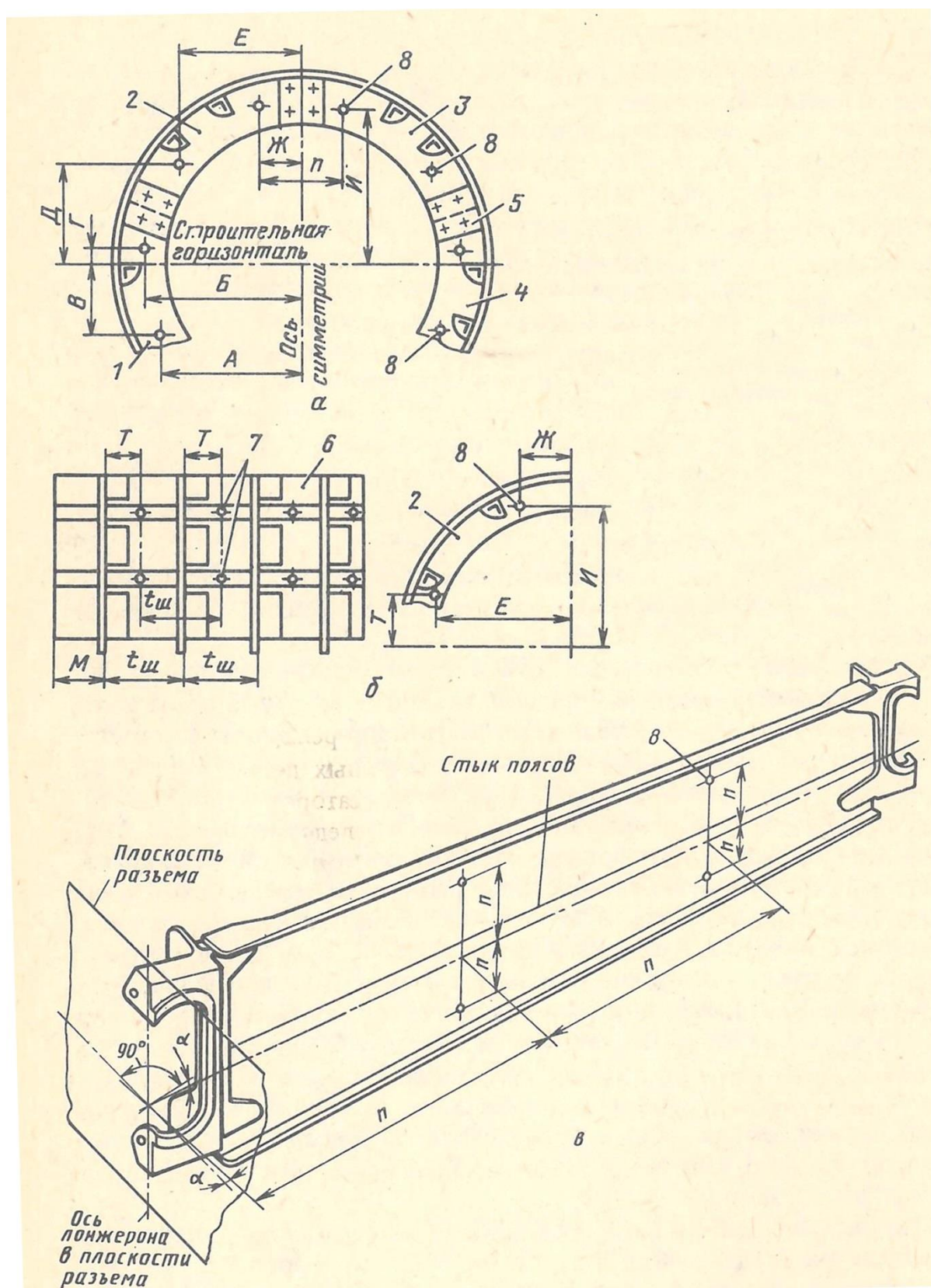


Рисунок А.8 – Схема координации сборочных узлов по КФО в отсеке (а), на панели (б) и на лонжероне (в): 1...4 – шпангоуты; 5 – компенсатор; 6 – панель; 7 – СО; 8 – КФО;  $п$  – расстояние между СО, кратное 50 мм.



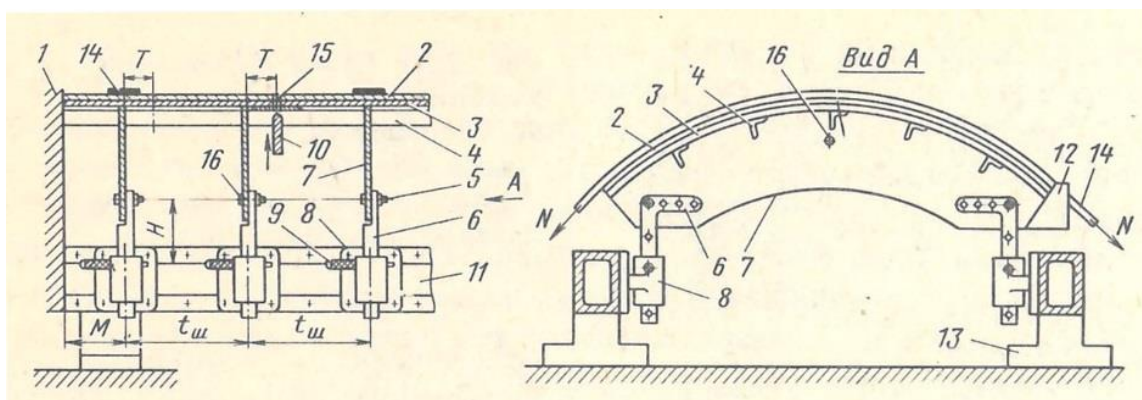


Рисунок А.9 – Универсальный стенд для сборки и сверления СО:

1 – фиксирующая плита; 2 и 3 – обшивки; 4 – стрингер; 5 – фиксатор; 6 – вилка СП; 7 – ложемент ШКС; 8 – узел крепления вилки СП; 9 – фиксатор для ложементов; 10 – сверильное приспособление; 11 – балка СП; 12 – ограничитель; 13 – основание; 14 – прижим панели – лента; 15 – СО; 16 – КФО; N – прижимающая сила.

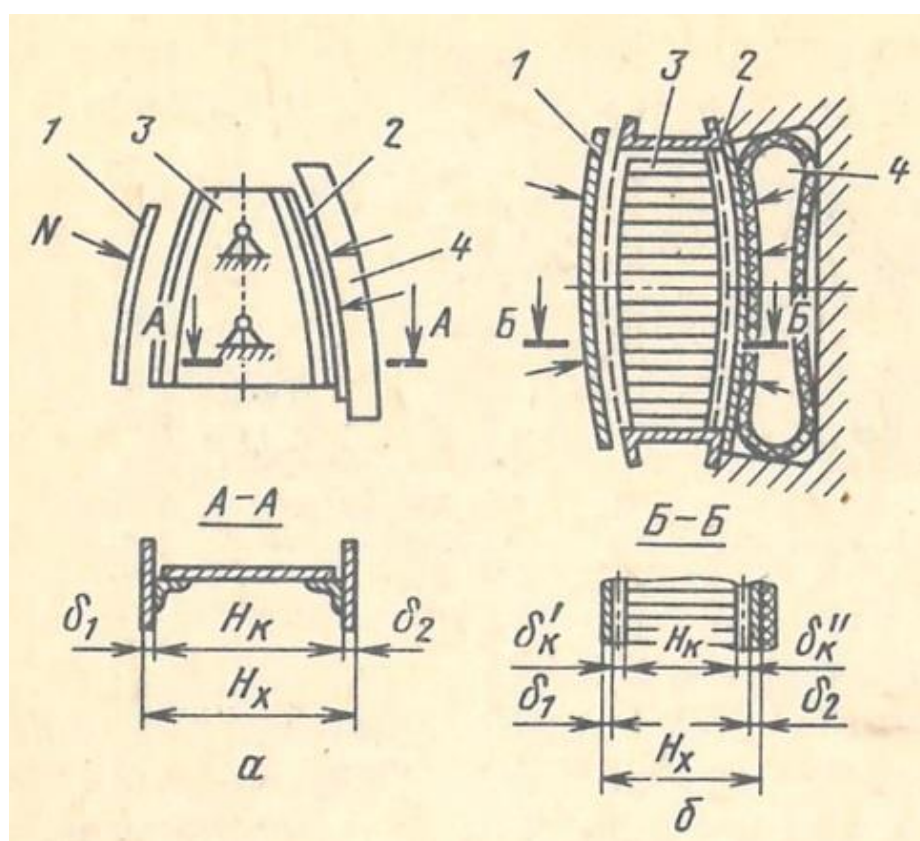


Рисунок А.10 – Схема базирования по поверхности каркаса: 1,2 – обшивки; 3 – каркас; 4 – элементы СП, прижимающие обшивку к каркасу (стрелками показано направление прижимающей силы)

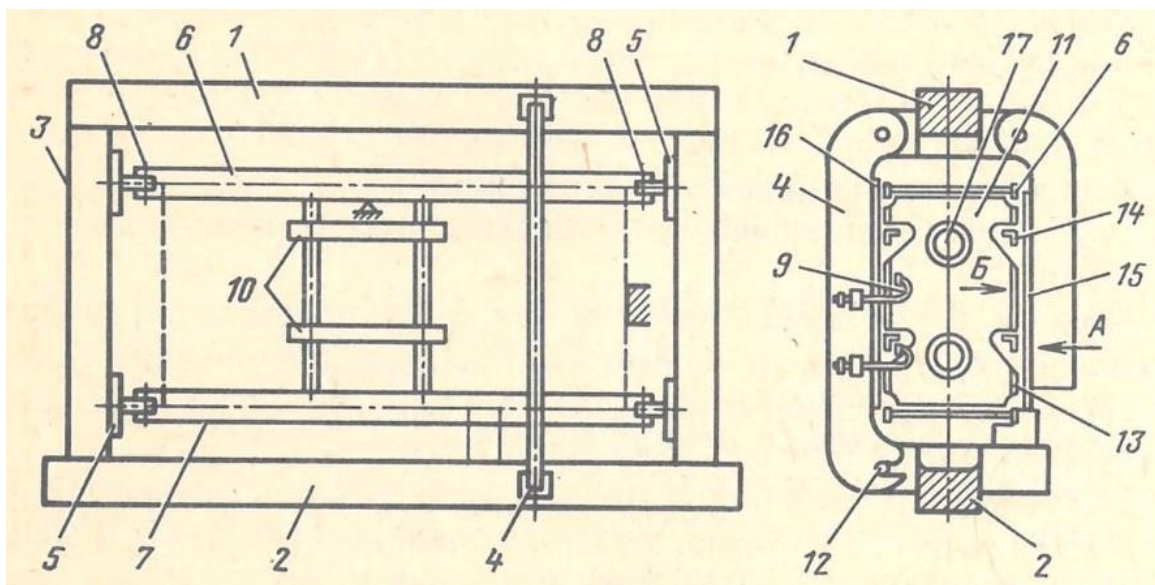


Рисунок А.11 – Сборочное приспособление (СП) для кессона с базированием по поверхности каркаса: 1, 2 – балки; 3 – стойка; 4 – рубильник; 5 – фиксатор; 6, 7 – лонжероны; 8 – штифт; 9 – прижим; 10 – опора; 11 – нервюра; 12 – зажим; 13 – отверстие; 14 – стрингер; 15, 16 – обшивки; 17 – отверстие облегчения.

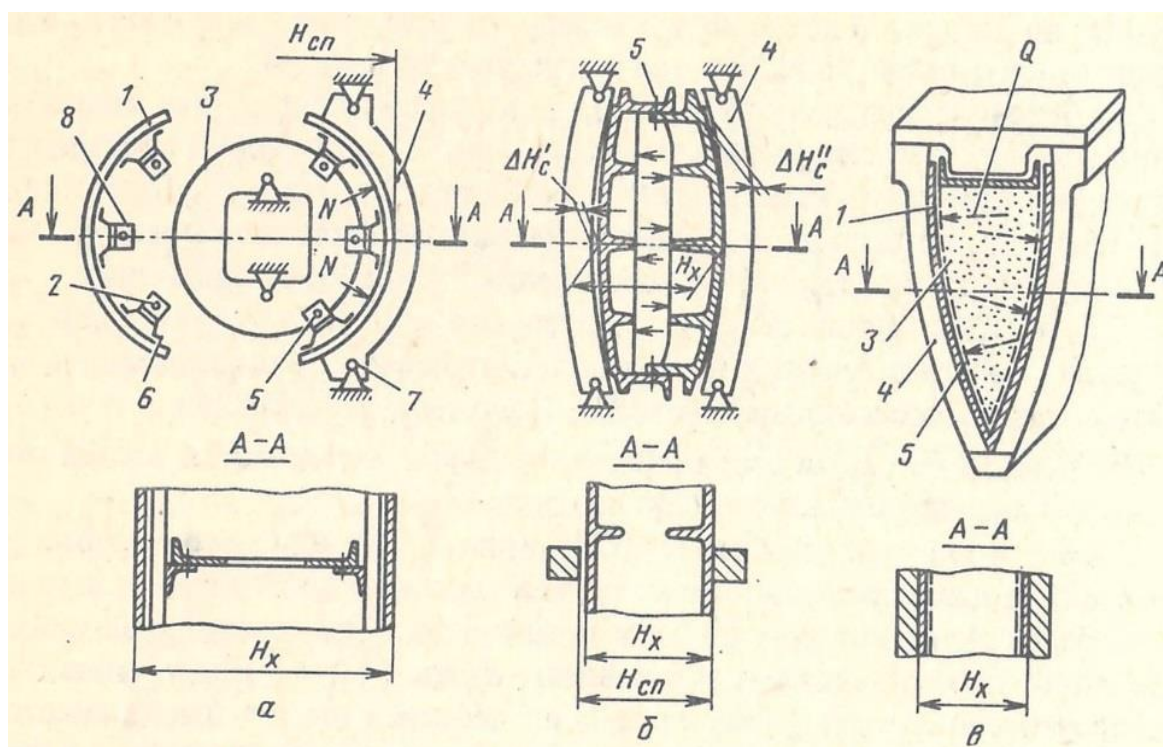


Рисунок А.12 – Схемы вариантов базирования по наружной поверхности обшивки:  
а – сборная листовая конструкция; б – конструкция из монолитных элементов;

в – конструкция с самовспенивающимся наполнителем; 1 – обшивка;  
2 – компенсатор; 3 – каркас (шпангоут); 4 – рубильник; 5 – соединительный элемент (например, болт); 6 – стрингер; 7 – фиксатор; 8 – СО.

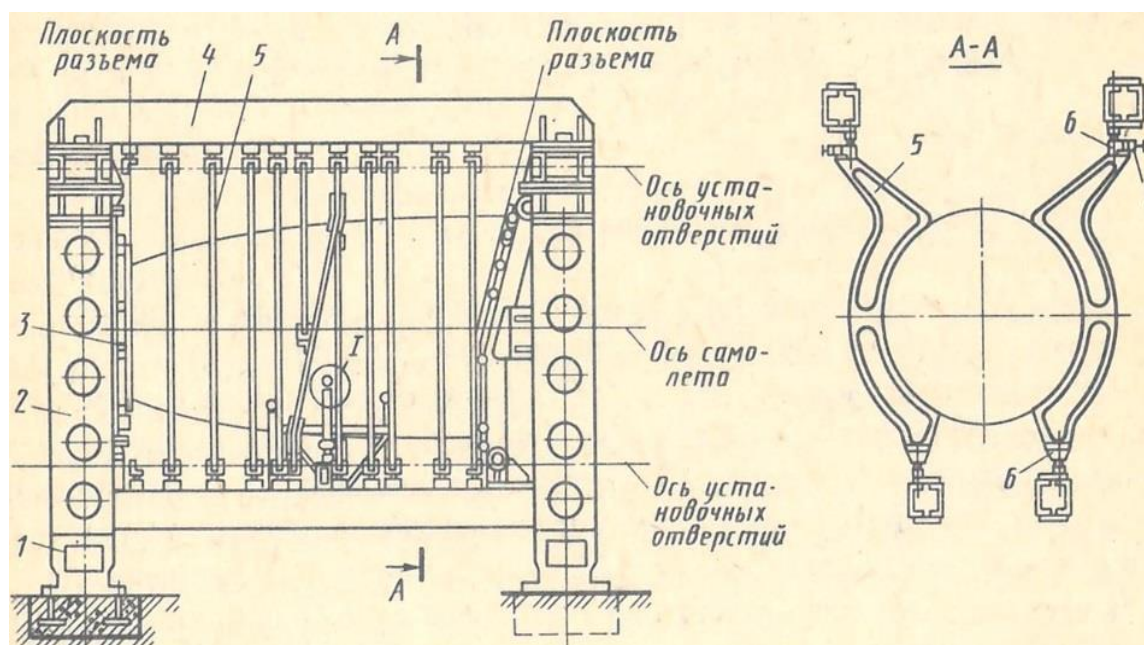


Рисунок А.13 – СП с использованием базирования по наружной поверхности обшивки.



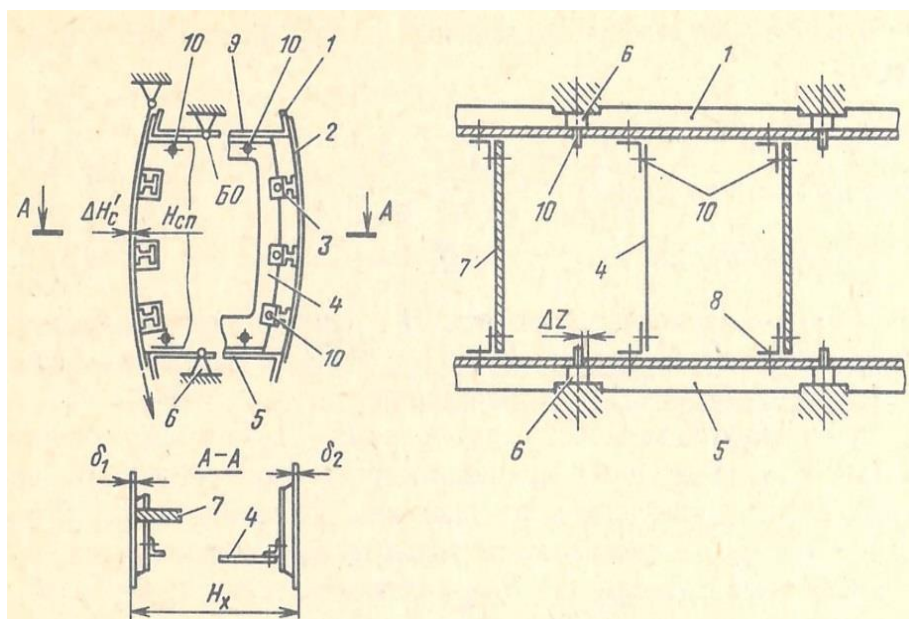


Рисунок А.14 – Схема базирования по внутренней поверхности обшивки:

1, 5 – лонжероны; 2 – панель; 3 – стрингер; 4 – самолетная нервюра; 6 – фиксатор; 7 – макетная нервюра; 8 – пояс нервюры; 9 – профиль; 10 – СО.

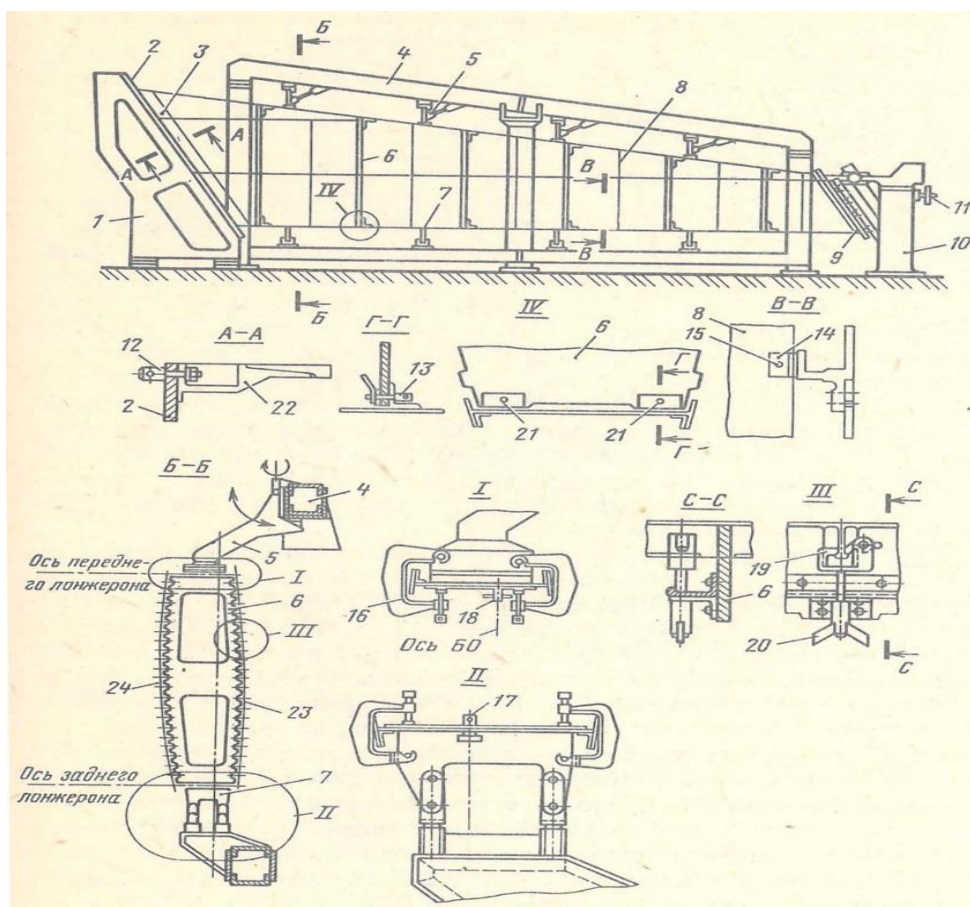


Рисунок А.15 – СП для кессона отъемной части крыла с использованием базирования по внутренней поверхности обшивки.

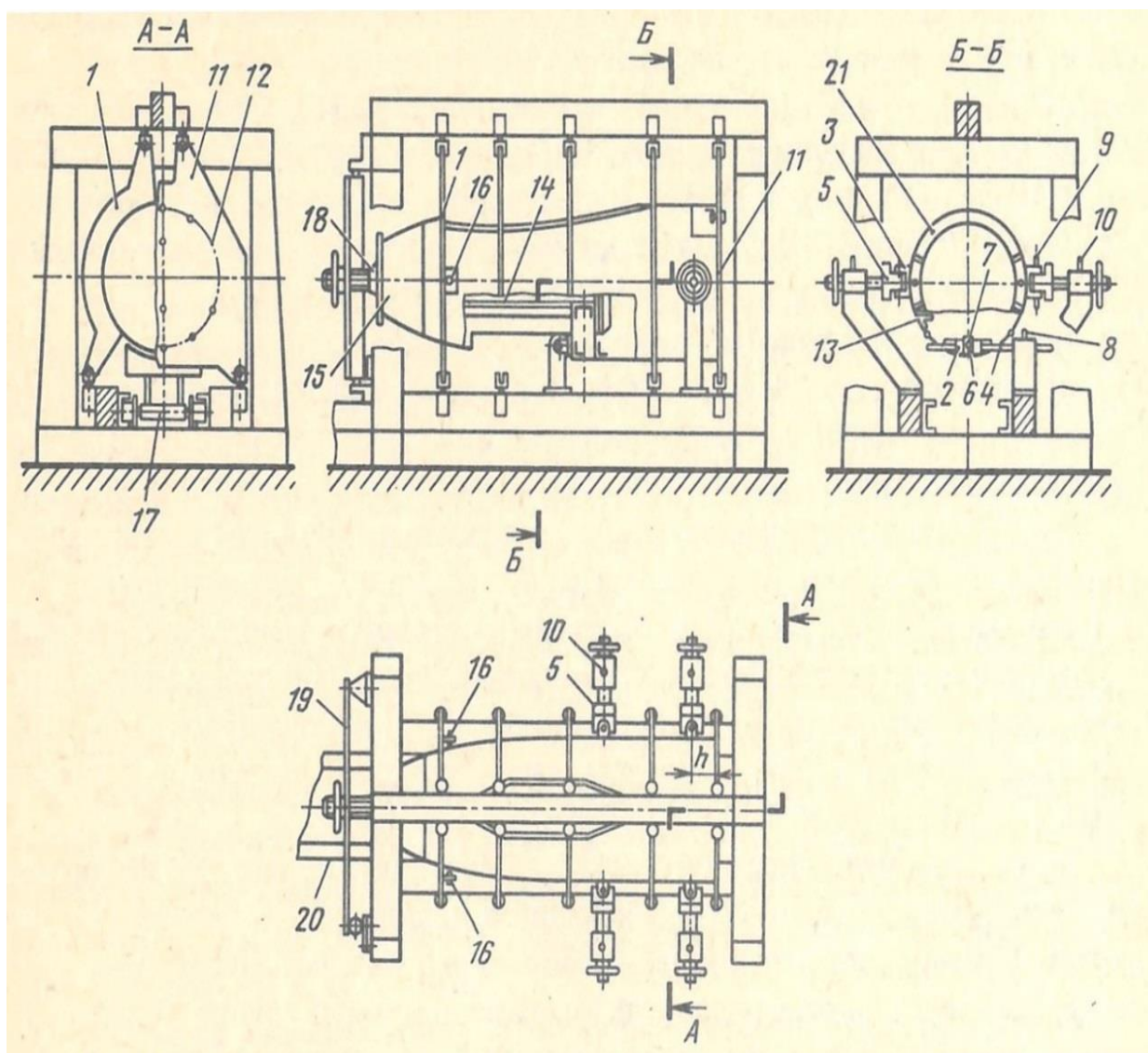


Рисунок А.16 – Схема базирования узлов стыкового профиля панели по ОСБ:  
 1 – фитинг; 2 – обшивка; 3 – стрингер; 4 – плита; 5 – фиксатор; 6 – рубильник;  
 7 – ОСБ.

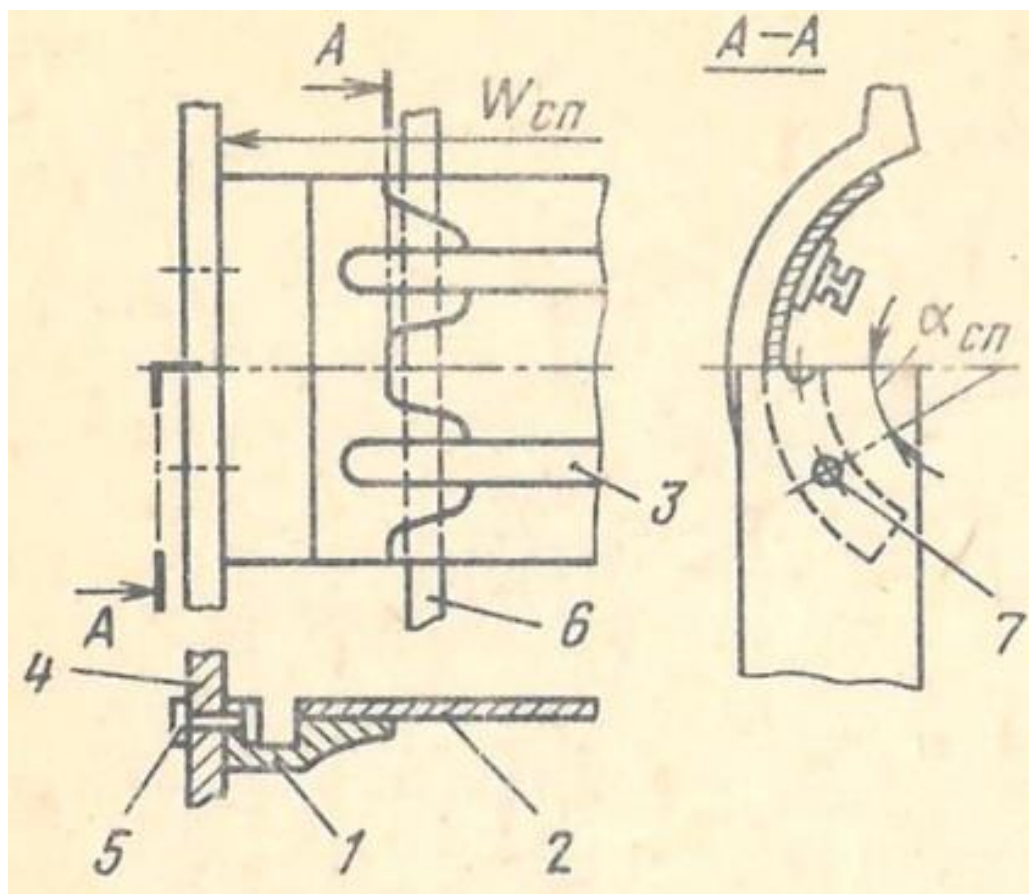


Рисунок А.17 – Сборочное приспособление (СП) для носового отсека фюзеляжа с использованием базирования узлов стыка по ОСБ: 1 – рубильник; 2, 3 – стыковые узлы; 4, 7, 8, 9, 10 – фиксаторы; 5 – стыковой узел СП; 6 – втулка; 11 – плита стыка; 12 – ОСБ в плите стыка; 13 – силовой стрингер; 14 – пол кабины; 15 – заборник; 16 – кондукторная втулка; 17 – транспортная тележка; 18 – прижим; 19 – рама; 20 – рельсовый путь; 21 – силовой шпангоут.

---

УДК:

ОКС:

Ключевые слова: летательный аппарат, увязка геометрических параметров, методы увязки, взаимозаменяемость, сборка, сборочное приспособление, координатно-фиксирующее отверстие

---