

Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления

Кафедра «Самолето- и вертолетостроение»

Проектирование сборочной и
испытательной оснастки

Лекция №3

Сборка отсеков и агрегатов
металлической конструкции

Разработал: Павлов А.Н.

Улан-Удэ
2013

Принятые сокращения

БП – базовая плита

ЗУ – заклепка универсальная

ЛА – летательный аппарат

ЛЖ – лонжерон

НО – направляющее отверстие

НП – наружная поверхность (обшивки)

ОП – опора

ОСБ – отверстия под стыковые болты

ПК – поверхность каркаса

ПР – прижимная плита

ПРС – плита разделочного стенда

РБ – рубильник

СП – сборочное приспособление

ТП – технологический процесс

ТПП – технологическая подготовка производства

ТУ – технические условия

ФП – фиксатор приспособления

Содержание лекции

1. Дифференцированные и недифференцированные схемы сборки
2. Панелированные и непанелированные отсеки и агрегаты
3. Сборка непанелированных отсеков и агрегатов
4. Сборка панелированных отсеков и агрегатов
5. Поточный метод сборки панелированных отсеков и агрегатов
6. Обработка разъемов и стыков в разделочных стендах
7. Сборка агрегатов из отсеков
8. Контроль обвода агрегатов

A large industrial aircraft assembly plant with a high ceiling and complex steel structure. A long, white aircraft fuselage is being assembled on a production line. An Airbus logo is visible on a structure in the background. Two workers are walking in the foreground on a polished floor.

Дифференцированные и недифференцированные схемы сборки

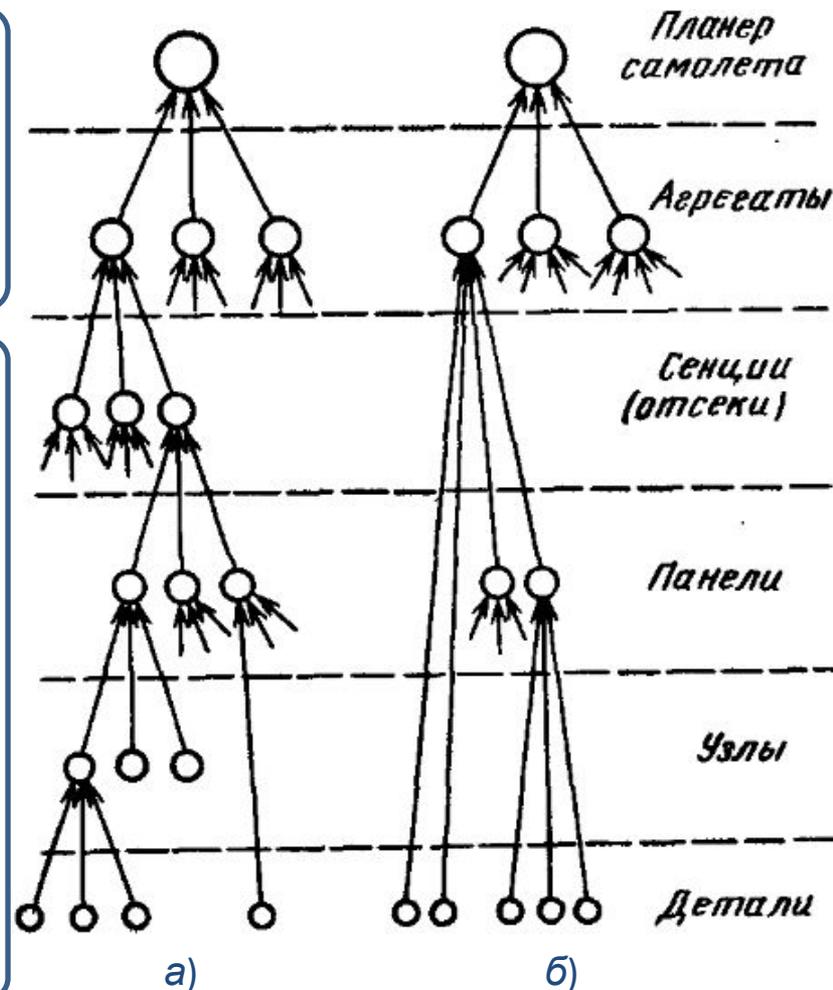
Схемы сборки

По степени расчлененности собираемых агрегатов планера различают **дифференцированные** и **недифференцированные** схемы сборки.

При **дифференцированной** схеме (а) агрегат членят на отсеки, узлы и детали. При этом для каждой сборочной единицы изготавливают СП. Сборку выполняют широким фронтом, благодаря свободному доступу к зонам работ широко применяют механизированное и автоматизированное оборудование, что обеспечивает высокую производительность труда и хорошее

качество.

При **недифференцированной** сборке (б) агрегат собирают непосредственно из деталей и небольшого числа узлов, минуя стадию сборки панелей и секций. Сборку выполняют в стапеле агрегата: из-за стесненных условий преобладают ручные работы, производительность гораздо ниже, чем при первой схеме

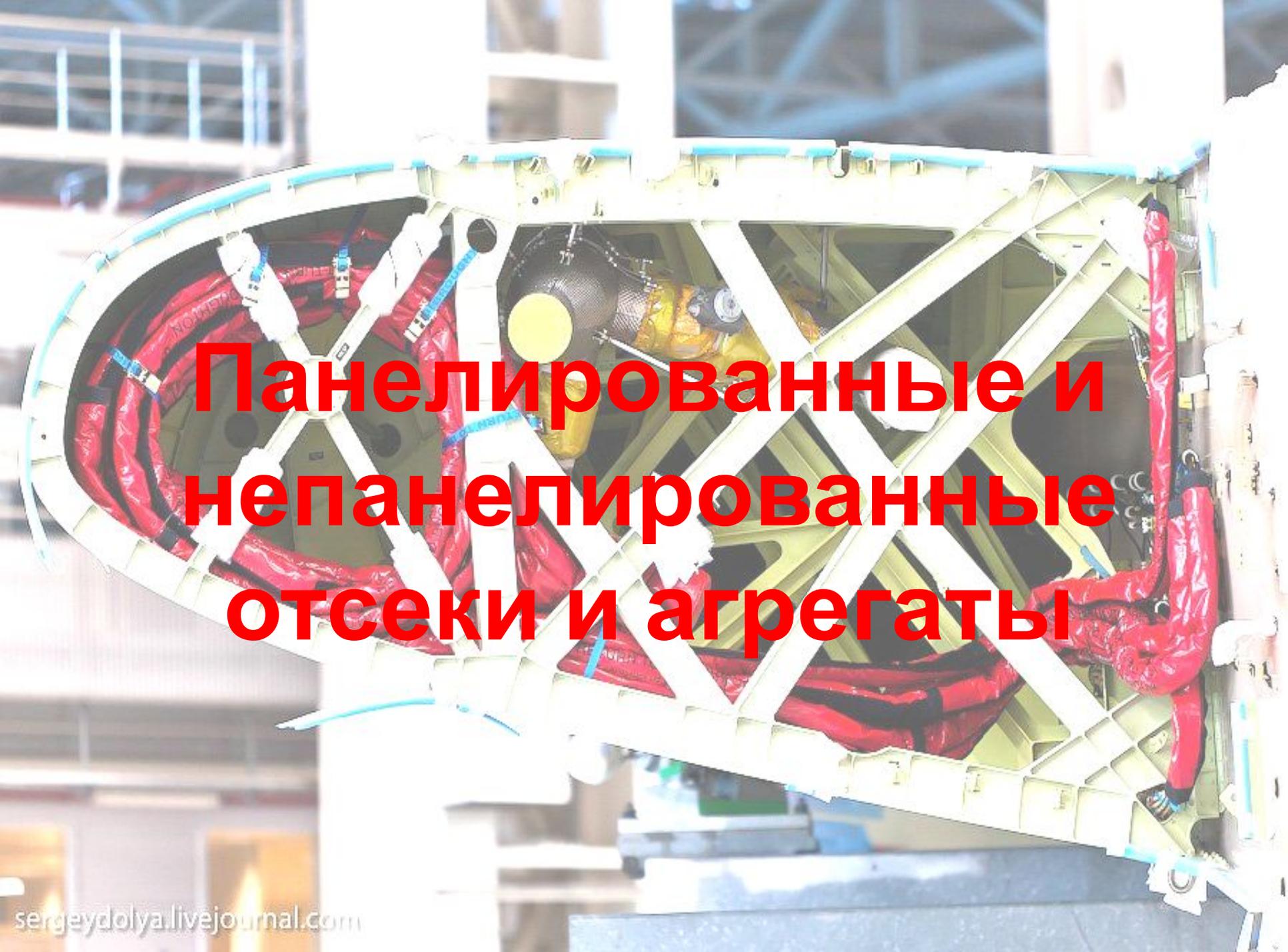


Схемы сборки

В *серийном* производстве применяют дифференцированную схему, а недифференцированную схему используют в *опытном* производстве для сокращения цикла производства за счет сокращения сроков изготовления СП.

Рационально расчлененная конструкция обеспечивает:

- **расширение фронта работ при проектировании ТП** и средств оснащения, что сокращает сроки и трудоемкость ТПП;
- **комплексную механизацию и автоматизацию** процессов выполнения соединений, что повышает их качество, производительность труда и улучшает условия труда;
- **наилучшие условия для контроля качества** основной массы соединений;
- **расширение фронта работ путем организации параллельной сборки** отсеков, секций и узлов, что сокращает цикл сборочных работ;
- **транспортировку и ремонт агрегатов и отсеков.**

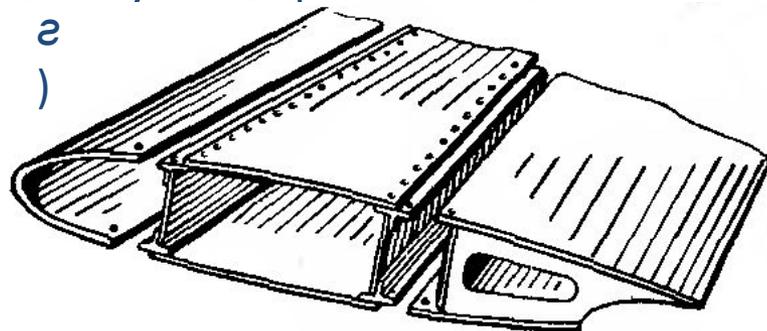
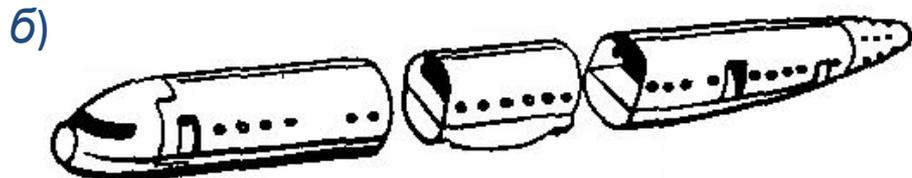


Панелированные и непанелированные отсеки и агрегаты

Виды отсеков и агрегатов

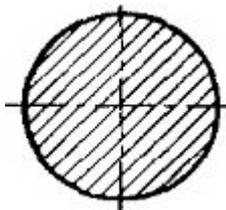
Отсеки и агрегаты можно объединить в **три** группы:

1. Отсеки и агрегаты **непанелированной** конструкции – собираются из отдельных деталей и небольших узлов. Сборка требует сложных и громоздких СП, не дает расширить фронт работ;
2. Отсеки и агрегаты **панелированной** конструкции (а), собираемые из панелей, узлов сборной и монолитной конструкции. Конструкция СП проще, возможно расширение фронта работ и механизация сборки;
3. Агрегат собирается из **предварительно собранных отсеков** (б, г), поступающих на сборку когда в них выполнены все сборочные, монтажные и испытательные работы. Сборка агрегата сводится к стыковке отсеков и соединению коммуникаций по стыкам и

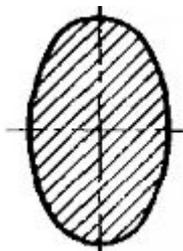


Виды отсеков и агрегатов

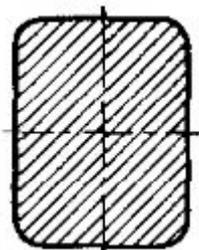
по форме поперечного сечения



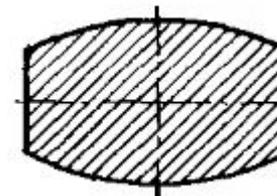
круглые



овальные

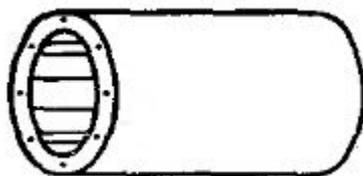


прямоугольные

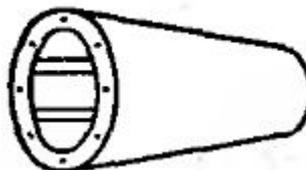


эллиптические

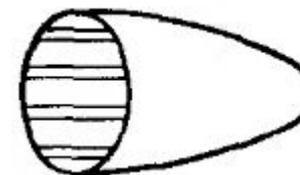
по форме обвода в плане



цилиндрическая

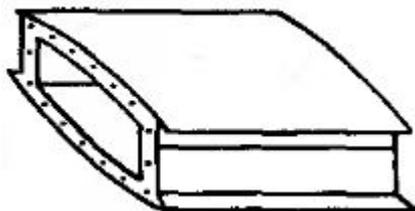


коническая

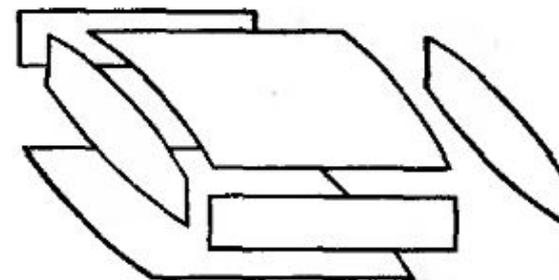


двойной кривизны

по наличию панелирования



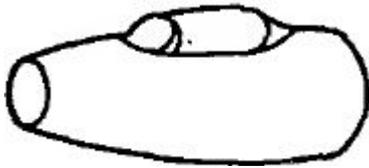
непанелированный



панелированный

Виды отсеков и агрегатов

по герметизации



герметичный

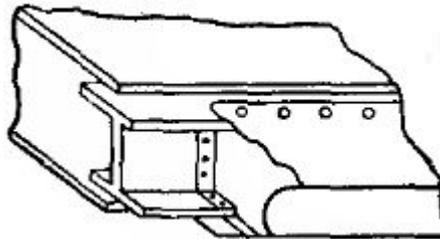


негерметичный

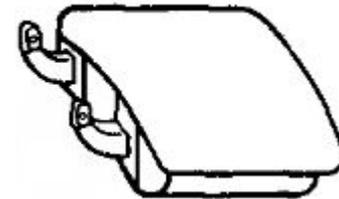
по виду стыков и разъемов



Конструктивные стыки,
разъемное болтовое соединение

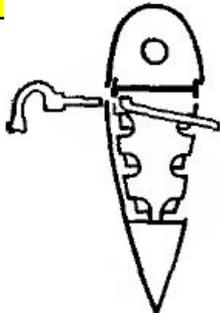


Технологический стык,
неразъемное клепаное
соединение

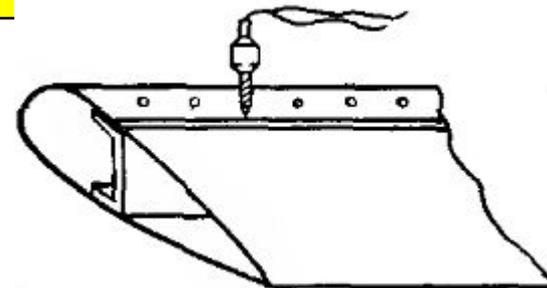


Разъем-шарнир

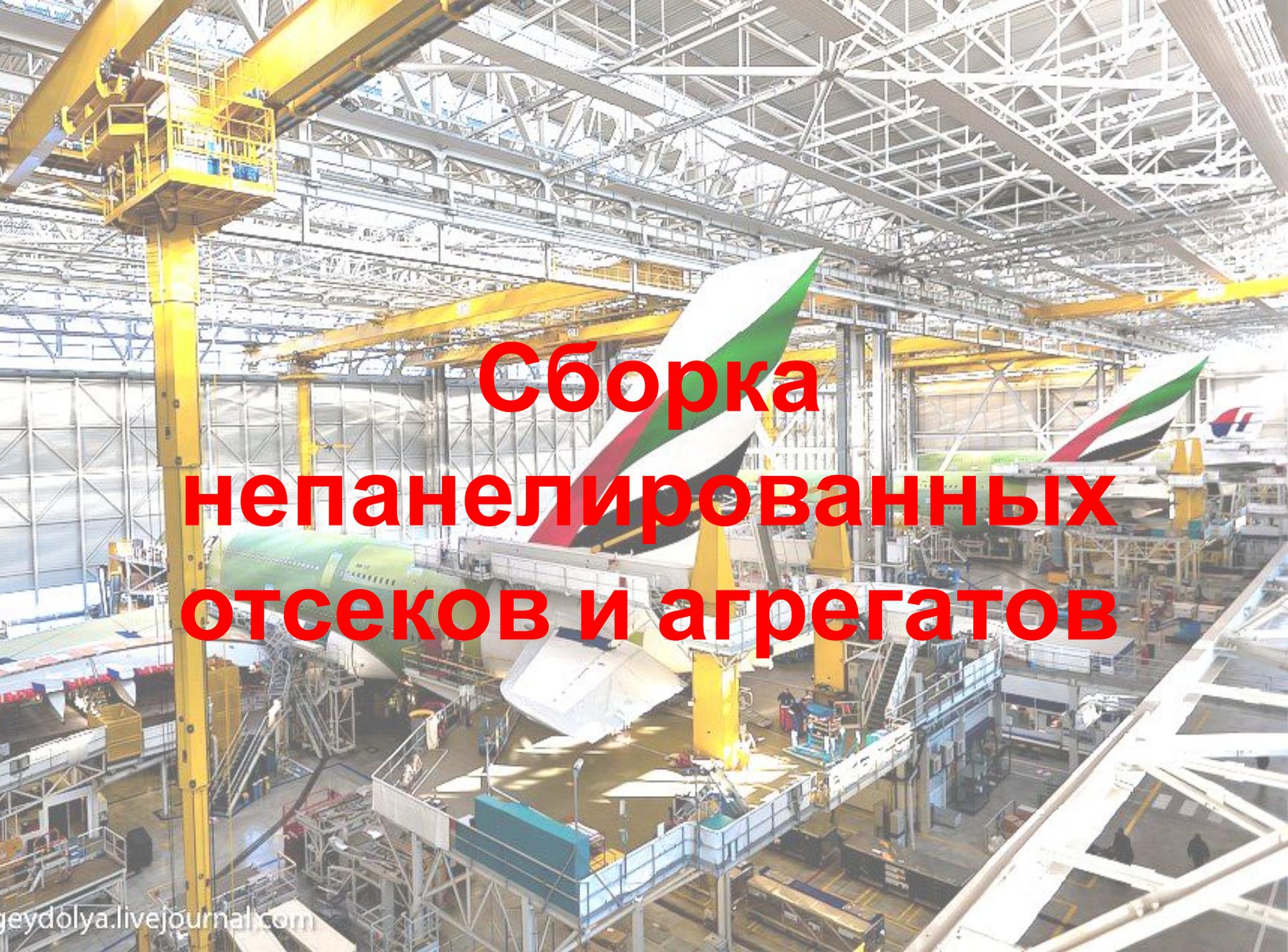
по подходу в зону клепаных и сварных швов



двусторонний



односторонний



**Сборка
непанелированных
отсеков и агрегатов**

Сборка непанелированных отсеков и агрегатов

Такая сборка производится в *одном СП* и в определенной технологической последовательности. На сборку таких изделий поступают в основном *отдельные детали и некоторые узлы*.

Такой способ сборки изделий характеризуется *большим количеством операций, длительностью цикла, применением малопроизводительных ручных инструментов* (при клепаной конструкции — пневматических дрелей и молотков, а при сварной — ручных сварочных клещей). В связи с этим качество соединений получается *невысоким*, а *трудоемкость* сборочных работ *большой*. Этот метод сборки применяют при изготовлении в *серийном производстве отдельных небольших отсеков самолетов* и при сборке изделий в *опытном производстве*.

Рассмотрим в качестве примера сборку и клепку **тормозного щитка** с базированием по поверхности каркаса (ПК) при образовании аэродинамических обводов.

Схема базирования, сборки и СП для сборки тормозного щитка

Схема базирования

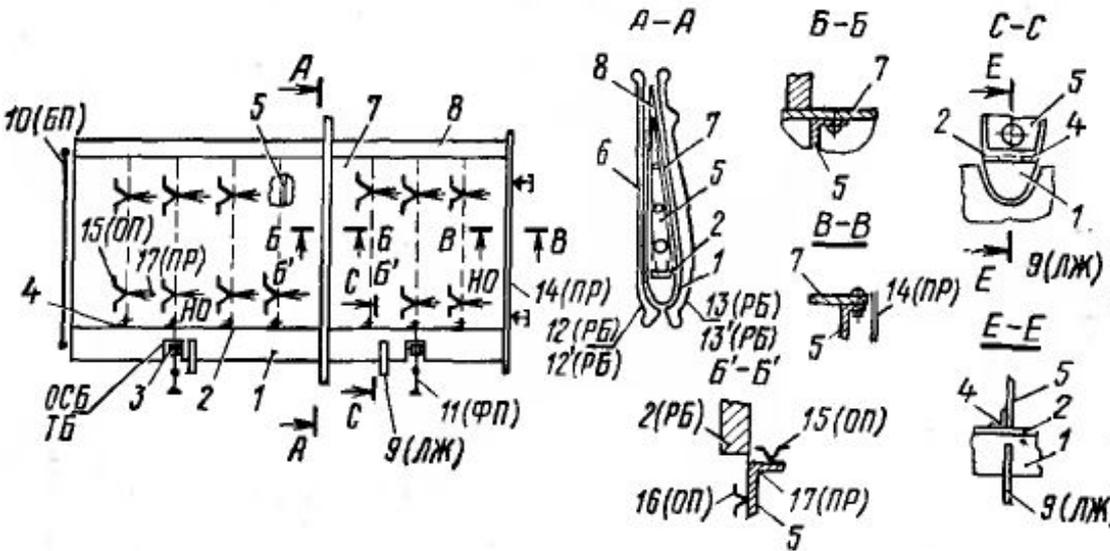
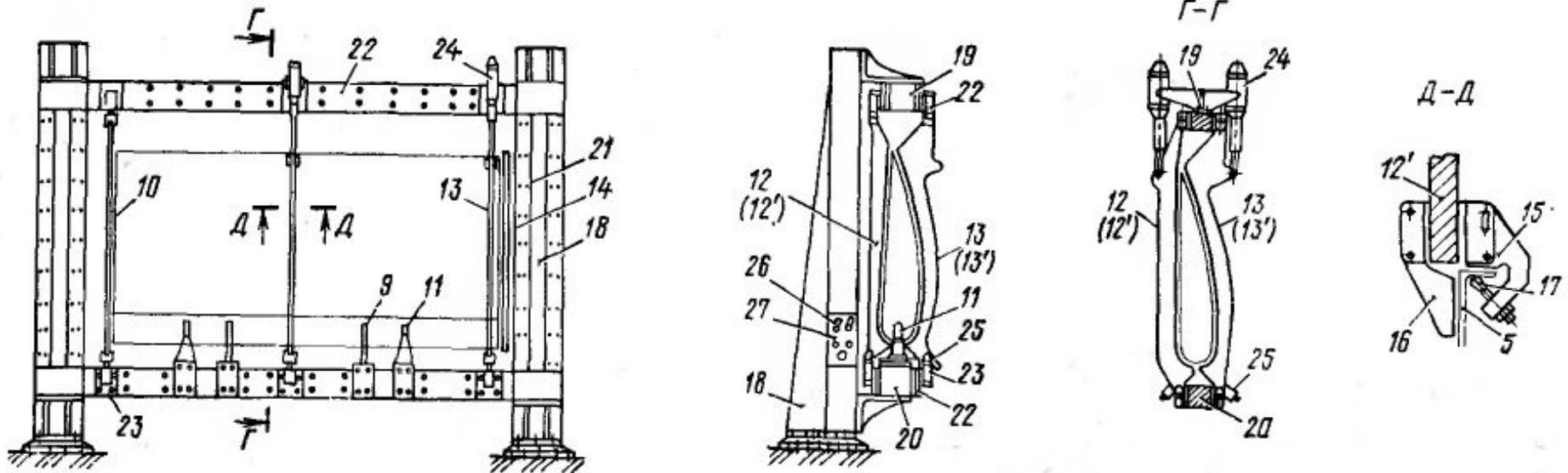


Схема сборки



Приспособление и его оснащение



Конструктивно-технологические особенности

Тормозной щиток состоит из следующих деталей и узлов: носка 1, лонжерона 2 с узлами навески и стойками 4, нервюр 5, нижней 6 и верхней 7 обшивок и законцовки профиля 8.

Детали и узлы щитка выполнены из материала Д16Т. Носок 1 и нижняя обшивка соединены с лонжероном и нервюрами заклепками ЗУ, верхняя обшивка заклепками с сердечником при одностороннем подходе в зону клепки. Профиль 8 соединен с обшивками заклепками ЗУ при двухсторонней потайной клепке. Точность по обводу со стороны нижней обшивки $\pm 0,5$ мм, а верхней $\pm 1,5$

мм на сторону

Схема базирования

В качестве баз приняты:

- наружная поверхность обшивки НП и поверхность ложементов 9 (ЛЖ) при установке носка 1. В продольном направлении носок базируют на базовую плиту 10 (БП);
- ОСБ и поверхность фиксаторов 11 (ФП) при установке и закреплении лонжерона 2;
- поверхность опор 16 (ОП), стоек 4 лонжерона 2 и рубильники 12 (РБ) при установке и закреплении нервюр 5;
- поверхность каркаса ПК при установке обшивок 6, 7.

Носок, обшивки, профиль прижимают к базовой плите 10 (БП) прижимной плитой 14 (ПР)

Условия поставки деталей на сборку

Носок 1 подают на сборку с обрезанными кромками с НО по стыку с лонжероном.

Лонжерон 2 поступает на сборку собранным с обрезанными торцами и установленными на нем узлами поворота щитка 3 и стойками 4 крепления нервюр. В стойках имеют НО. В узлах поворота имеются ОСБ.

Нервюры 5 поступают отформованными с отверстиями для облегчения.

Обшивки 6, 7 и профиль 8 подают на сборку полностью обработанными.

В обшивке 6 имеют НО для постановки всех заклепок, кроме заклепок по профилю 8.

Схема сборки

Сборку производят в следующей последовательности:

- 1) устанавливают носок 1 на ложементы 9 (ЛЖ) и упирают в плиту 10 (БП);
- 2) устанавливают лонжерон 2 по ОСБ в узлах поворота щитка и фиксаторах приспособления 11 (ФП);
- 3) подводят прижимную плиту 14 (ПР). По НО в обшивке носка сверлят и зенкуют отверстия по стыку носка с лонжероном. Соединяют носок с лонжероном заклепками 3У;
- 4) закрывают рубильники 12, 13 (РБ), устанавливают нервюры 5 и прижимают их к опорам 15, 16 (ОП) прижимами 17 (ПР);
- 5) по НО в стойках 4 лонжерона 2 сверлят отверстия в нервюрах 5. Соединяют лонжерон с нервюрами. Сверление и клепку выполняют пневмодрелями и переносными прессами;
- 6) открывают рубильники 12 (РБ) и отводят 14 (ПР). Устанавливают обшивку 6. Закрывают рубильники 12 (РБ) и подводят 14 (ПР). По НО в обшивке рассверливают и зенкуют отверстия в лонжероне и нервюрах. Соединяют обшивку с лонжероном и нервюрами;

Схема сборки

7) открывают рубильники 13 (РБ) и отводят 14 (ПР). Устанавливают обшивку 7 и профиль 8. Закрывают рубильники 13 (РБ). По НО в обшивке рассверливают и зенкуют отверстия в нервюрах и лонжероне. По НО в обшивке 6 сверлят отверстия в профиле 8 и в обшивке 7. Открывают рубильники и отводят 14 (ПР). Снимают обшивку 6 и профиль 8. Очищают отсек от стружки;

8) вновь устанавливают обшивку 7 и профиль 8. Закрывают рубильники и подводят 14 (ПР). Соединяют обшивку 7 с каркасом заклепками с сердечником с помощью гидравлического и пневматического переносного пресса (ПС-52Г);

9) зенкуют отверстия в обшивках и профиле. Соединяют профиль с обшивками заклепками при двухсторонней потайной клепке;

10) открывают рубильники. Отводят прижимную плиту 14 (ПР).

СП и его оснащение

Приспособление переналаживаемого типа (ССП) состоит из колонн 18, балок 19, 20. На колоннах установлены базовые плиты колонн 21, на балках— базовые плиты 22. На базовых плитах 22 закреплены кронштейны 23, в которых фиксируют рубильники 12, 13, 12', 13'. Рубильники открывают и закрывают при помощи гидроподъемника 24 и фиксируются бесштыревыми зажимами 25.

Управление подъемом рубильников и их фиксацией осуществляется кранами 26. На балках установлены ложементы 9, фиксаторы 11. На колонне установлена прижимная плита 14, перемещение которой осуществляется от пульта

A large green aircraft fuselage is under construction in a factory. The fuselage is positioned horizontally, and a white wing section is visible in the foreground. The factory has a high ceiling with a complex metal truss structure. The text "Сборка панелированных отсеков и агрегатов" is overlaid in red on the image.

**Сборка
панелированных
отсеков и агрегатов**

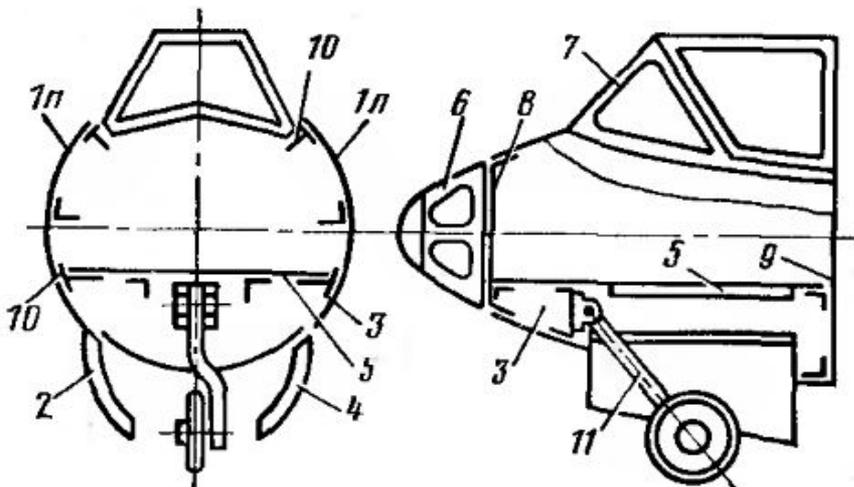
Сборка панелированных отсеков и агрегатов

ТП сборки отсека или агрегата панелированной конструкции по характеру и объему работ резко отличается от процесса сборки непанелированной конструкции. Сборка в этом случае состоит из установки узлов и панелей в сборочное положение и соединении их между собой в местах стыков.

На следующем слайде показана конструкция носового отсека фюзеляжа и схема стапельной сборки этого отсека. На сборку отсека поступают отдельные детали и собранные узлы и панели. Поступающие на сборку узлы и панели, полученные в процессе узловой сборки или выполненные в виде монолитных элементов, должны соответствовать техническим условиям на их поставку на рассматриваемый этап сборки.

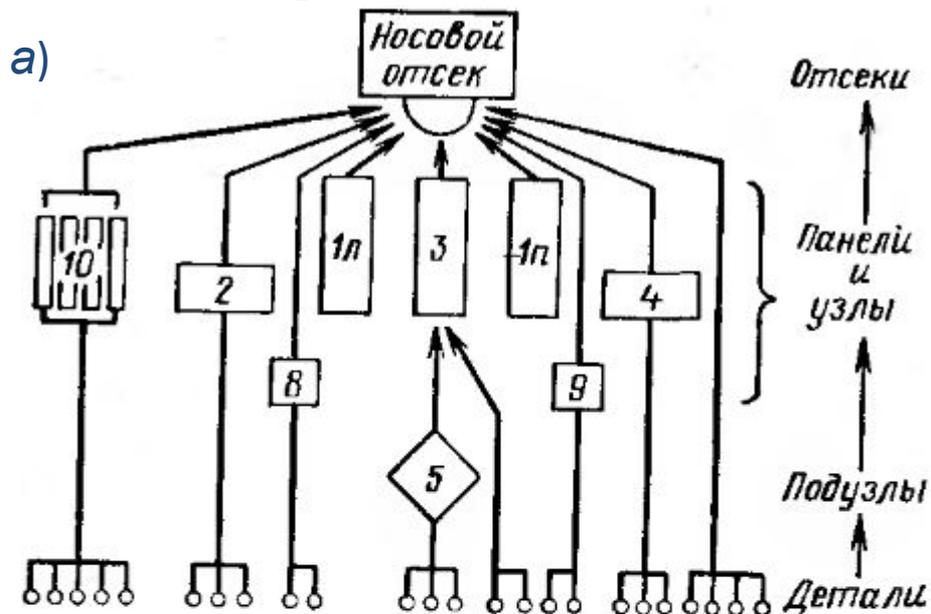
Панели и узлы должны быть полностью собраны (клепкой, сваркой или склеиванием), обработаны по периметрам (контурам) стыков, иметь, где это предусмотрено, НО и припуски по длине.

Сборка носового отсека фюзеляжа



Носовой отсек фюзеляжа

1п и 1л – правая и левая панели отсека; 2,4 – створки передней опоры; 3,10 – усиленный стрингер; 5 – пол; 6 – каркас фонаря штурмана; 7 – каркас фонаря пилота; 8 – шпангоут №6; 9 – стыковой шпангоут №11; 11 – передняя стойка шасси



б)

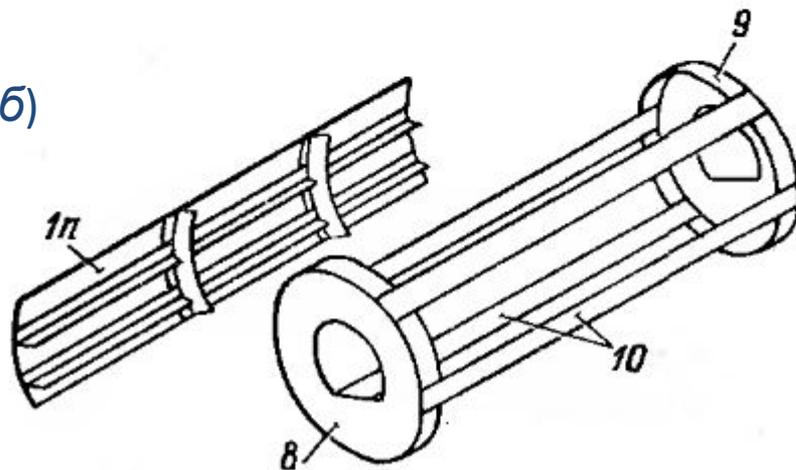


Схема stapельной сборки носового отсека фюзеляжа (см. позиции на левом рисунке)

Порядок сборки

Сборку отсека производят в следующем порядке:

- в СП по базовым поверхностям устанавливают и закрепляют шпангоуты 8 и 9, затем устанавливают усиленные стрингеры 10, соединяя их со шпангоутами. Этой операцией заканчивается сборка каркаса;
- на каркас как на сборочную базу устанавливают панели. На рисунке б показана постановка правой боковой панели. Сверлят отверстия по НО в шпангоутах и усиленных стрингерах или при помощи специальных сверлильно-зенковальных головок, установленных на СП. Затем отверстия зенкуют под заклепки или болты по стыкам шва;
- ставят заклепки (болты) по стыковым швам, расположенным на силовых стрингерах и шпангоутах. При сборке панелированных изделий объем клепальных работ уменьшается, и снижается общая трудоемкость сборки отсека или агрегата за счет снижения затрат на узлы и панели, которые в этом случае собираются на механизированном оборудовании или на клепальных (сварочных) автоматах.

Преимущества способа

Преимущество панелированной конструкции очевидно. Так например, сборка отсека непанелированной клепаной конструкции длиной 2 м и диаметром 0,8 м длится 12 рабочих смен, в то время как сборка этого же отсека при панелированном варианте длится всего 6 смен. Такое сокращение цикла достигнуто путем параллельной сборки панелей и узлов в специальных приспособлениях и применения механизированной клепки. Эффективность процесса сборки панелированной конструкции можно также оценить в условных единицах, отнеся затраченное на сборку время к 1 кг массы конструкции, по отношению

$$C'_П = \frac{T_П}{Q_П}; \quad C'_Н = \frac{T_Н}{Q_Н},$$

где $C'_П$, $C'_Н$ – затраты времени на сборку панелированной и непанелированной конструкции, ч/кг; $T_П$, $T_Н$ – трудоемкость сборки панелированной и непанелированной конструкции, ч; $Q_П$, $Q_Н$ – масса панелированной и непанелированной конструкции.

Например, если трудоемкость сборки отсека крыла массой 470 кг при панелированной конструкции составляет 200 н-ч, а трудоемкость сборки того же крыла, но при непанелированной конструкции 845 н-ч, то из соотношений (1) получим $C'_П = 0,43$ и $C'_Н = 1,8$ ч/кг. Т.е. трудоемкость сборки непанелированной конструкции в 4 раза превышает трудоемкость сборки панелированной.

Стапельная и внестапельная сборка

Различают два этапа сборки: **сборку в стапеле** и **сборку-монтаж вне стапеля** (внестапельная сборка).

Примерами **стапельной сборки** являются процессы сборки тормозного щитка или носового отсека фюзеляжа.

Внестапельная сборка предусматривает установку по чертежам жестких узлов, съемных панелей и деталей, которые для сохранения своей формы и положения не требуют СП. На внестапельной сборке, кроме того, производится доработка соединений, т. е. постановка заклепок и болтов, к которым затруднены подходы, монтаж и установка механизмов, приборов, оборудования и коммуникаций, электрических, гидравлических и пневматических систем.

Внестапельная сборка также ведется по заранее разработанному ТП, в котором указываются оборудование, оснастка, инструмент и нормы времени на выполнение отдельных видов работ.

A large green and white aircraft is parked on a snowy tarmac. The aircraft has a purple tail with a yellow logo. The background shows airport buildings and tall light poles. The ground is covered in snow with some patches of brown grass. Various ground support equipment and vehicles are visible around the aircraft.

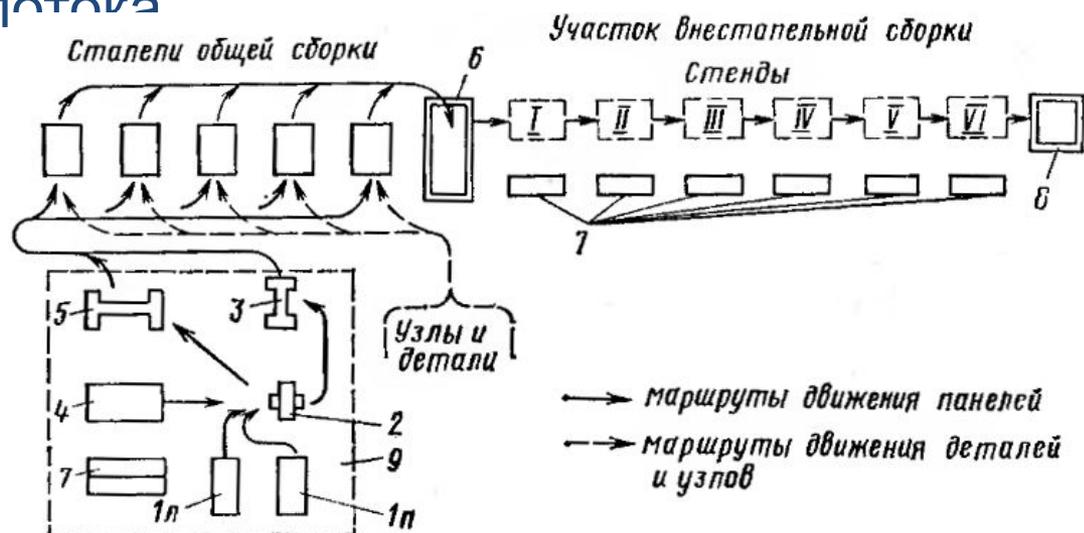
**Поточный метод сборки
панелированных
отсеков и агрегатов**

Поточный метод сборки отсеков и агрегатов

Стапельные и внестапельные работы могут быть организованы по поточному методу и без применения потока.

Поточный метод предусматривает *распределение* работ между отдельными участками, подачу скомплектованных узлов, панелей и деталей и установление *ритма* сборки. Метод позволяет значительно сократить время и трудоемкость в сравнении с методом без потока

На рисунке приведена организационная схема сборки герметического отсека Ф-1, в которой указан порядок поступления деталей, узлов и панелей на общую сборку. Из схемы видно, что на общую сборку поступают панели и узлы, собранные в своих приспособлениях, а также отдельные детали.



1л, 1п – стапели сборки левой и правой боковых панелей; 2 – пресс для клепки; 3 – верстак доработки боковых панелей; 4 – стапель сборки нижней панели; 5 – верстак доработки нижней панели; 6 – стенд разделки отверстий узлов шасси; 7 – комплектовочные верстаки; 8 – стенд для испытания герметичности секций; 9 – участок

Поточный метод сборки отсеков и агрегатов

При поточной организации работ стапели для сборки отсека и стенды (рабочие места) для внестапельной сборки располагаются *по ходу ТП*. Важнейшим условием достижения заданного ритма сборки, является *своевременная подача* на сборку панелей, узлов и деталей. Поэтому процессы сборки панелей и узлов по ритму должны быть увязаны с ритмом сборки отсека, а это возможно только при организации потока на сборке узлов и панелей.

Поступающие на стапель общей сборки отсека детали, узлы панели должны устанавливаться и соединяться в *определенной последовательности*, указанной в заданиях для сборщика и комплектовщика. Задание рабочему-сборщику оформляют в документе, называемом «объединение». Такие задания-объединения составляют по отдельным этапам сборки; в них указывают содержание и последовательность выполнения отдельных видов работ.

Поточный метод сборки отсеков и агрегатов

Количество стандов на участке внестапельных работ определяют, исходя из трудоемкости этих работ, заданного ритма сборки и возможного количества рабочих на стенде по формуле:

$$K = \frac{H}{R \cdot \chi \cdot \eta},$$

где K – количество стандов; H – трудоемкость внестапельной сборки отсека, ч; R – ритм сборки, ч; χ – среднее число одновременно работающих на стандах; η – коэффициент загрузки рабочих мест ($\eta = 0,9..0,95$).

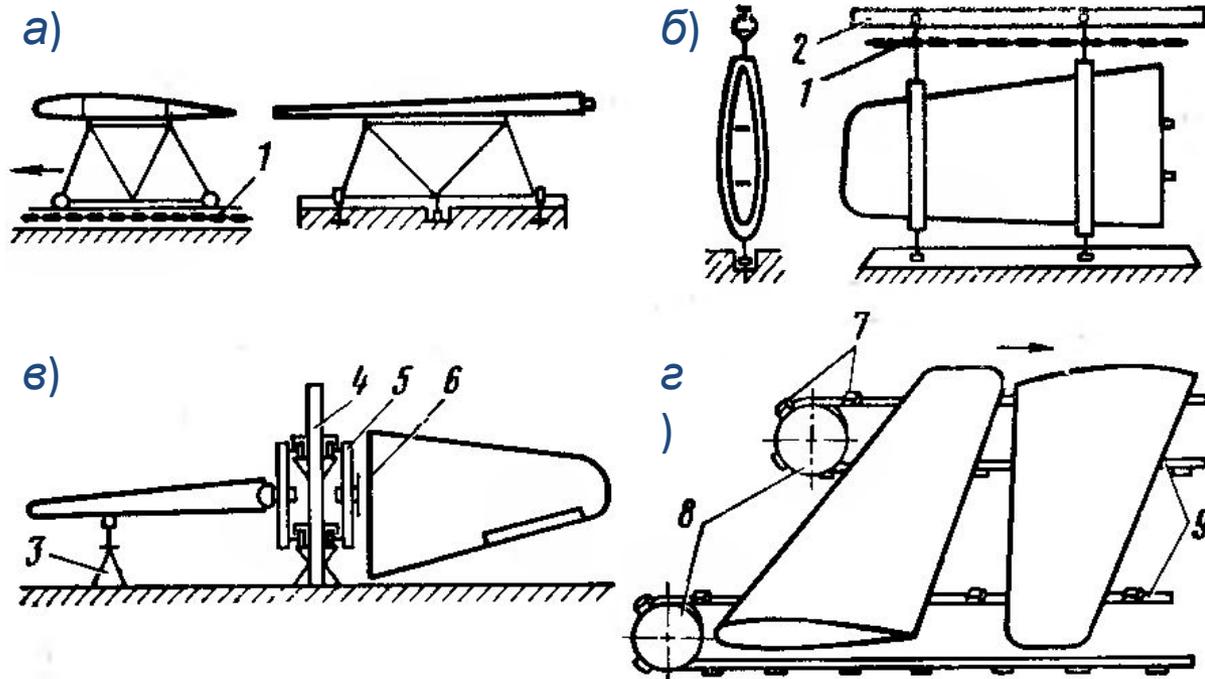
При компоновке заданий для стапельной и внестапельной сборки разрабатывают цикловые графики. Такие графики позволяют получить наглядное представление о содержании работ на каждом стенде, о последовательности выполнения отдельных монтажей, об использовании фронта работ.

Конвейеры

Трудоемкость и цикл работ во многом зависят от конструкции конвейеров.

Конвейеры, применяемые при поточной внестапельной сборке крыльев, разделяются на две группы: напольные и подвесные. Напольные конвейеры – тележечный и цепной (а, г) – менее удобны в работе, так как занимают большую площадь и затрудняют подходы к местам выполнения работ. Подвесные конвейеры – монорельсовые и эстакадные (б, в) – более удобны в работе.

При подвесных конвейерах лучше используются площади, возможен поворот изделий в удобное положение, монтировать детали могут несколько сборщиков на разных уровнях от пола. Этим сокращается число стенов сборочной линии и сокращается цикл сборки.



1 – цепь конвейера; 2 – монорельс; 3 – козелок;
4 – эстакада; 5 – тележка; 6 – поворотная траверса;
7 – мягкие опоры для крыльев; 8 – звездочки; 9 – цепи

The image shows the interior of a spacecraft cabin, likely the International Space Station. It features two rows of bunk beds on either side of a central aisle. The top bunks are covered with blue bedding, while the bottom bunks have white bedding. The cabin walls are white with various panels, lights, and equipment. A central door is visible at the end of the aisle. The overall lighting is bright and even.

Обработка разъемов и стыков в разделочных стендах

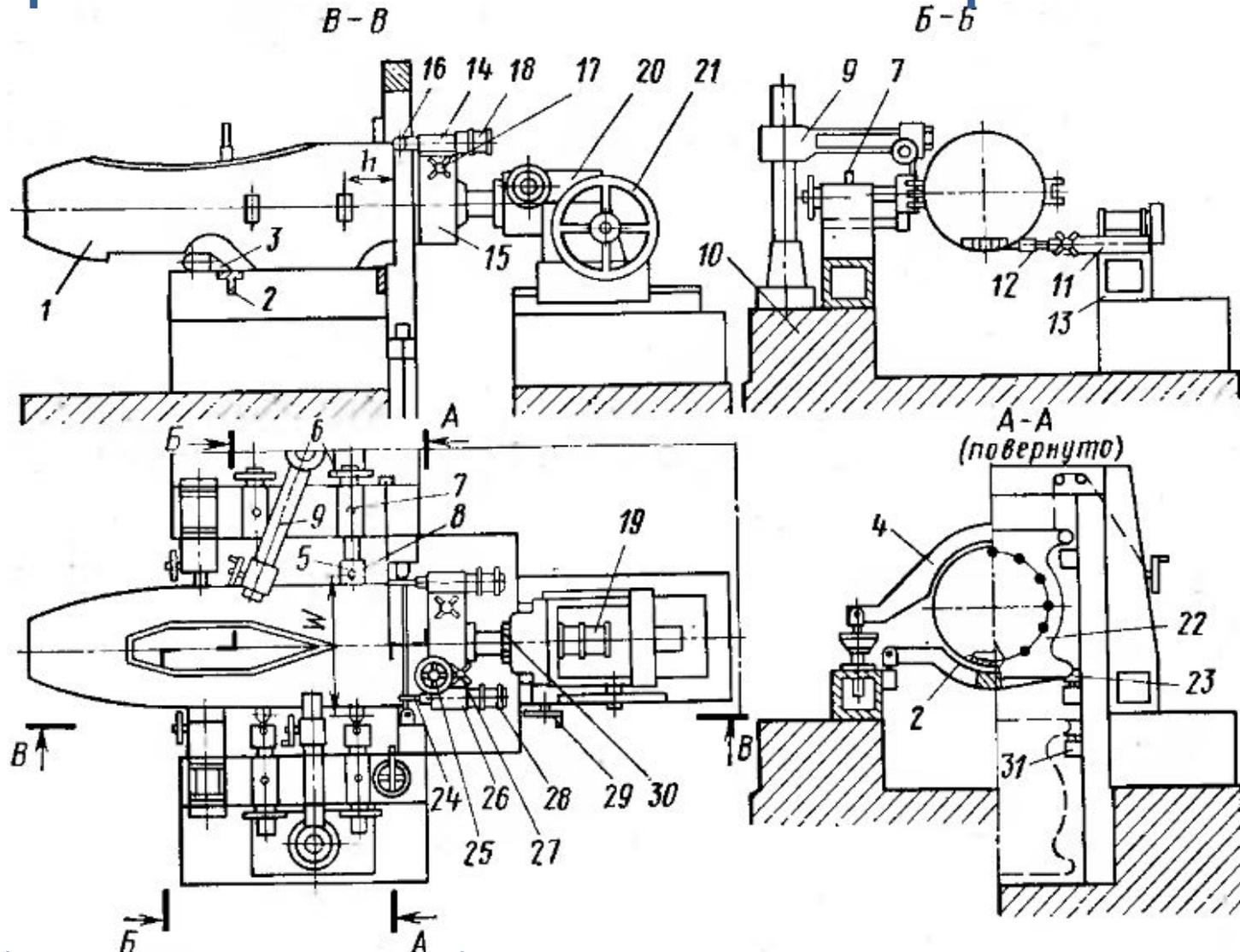
Обработка разъемов и стыков

После сборки отсека или агрегата фактические размеры, определяющие положение стыковых узлов и отверстий под стыковые болты, выходят за пределы допусков. Это происходит вследствие возникновения различного вида производственных погрешностей и деформаций СП и собираемых изделий.

*Для обеспечения взаимозаменяемости отсеков и агрегатов после их сборки производят **обработку разъемов и стыков в специальных разделочных стендах.***

Разделочный стенд в общем виде представляет собой пространственную конструкцию, которая состоит из базирующих элементов для установки и закрепления изделия, кондукторов (плит разделочных стендов — ПРС) и металлообрабатывающих станков.

Разделочный станок для обработки узлов разъема и стыка носового отсека фюзеляжа



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

Конструкция разделочного стенда

В авиастроении применяют специальные и универсальные разделочные стенды, специальный стенд предназначен для обработки одного конкретного типоразмера отсека или агрегата; универсальный стенд — для обработки однотипных групп отсеков и агрегатов. При переходе с обработки одного типоразмера отсека на другой производят не полный демонтаж стенда, а только его переналадку.

В специальном разделочном стенде, показанном на предыдущем слайде, можно обрабатывать ОСБ в узле крепления стойки передней опоры, в узлах стыка фюзеляжа с крылом и в стыковом шпангоуте, а также и привалочную плоскость стыкового шпангоута носового отсека фюзеляжа. Собранный отсек устанавливается на ложементы разделочного стенда, выравнивается и фиксируется штифтами и прижимными рубильниками.

Конструкция разделочного стенда

После установки и закрепления отсека в разделочном стенде устанавливаются в рабочее положение плита стыка, кондукторные и агрегатные головки. Например, кондукторные головки 5 устанавливаются маховичком 6 в такое положение, чтобы был выдержан заданный размер W . Отверстия ОСБ в узлах отсека зенкеруются и развертываются через отверстия в кондукторной втулке при помощи универсальных радиально-сверлильных станков 9. Оба стыковых узла полукрыльев, расположенных по обе стороны фюзеляжа, обрабатываются одновременно. Зенкерование и развертывание отверстия в узле крепления передней опоры производится сменными инструментами 12 при помощи

Конструкция разделочного станда

Торец стыкового шпангоута обрабатывается при помощи фрезерной 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.

Отверстия ОСБ в шпангоуте обрабатываются зенкером и разверткой через ПРС 22. При обработке инструмент центрируется относительно отверстия в плите при помощи штурвала 25 в радиальном направлении и рукояткой 27 вдоль оси головки. Вращением рукоятки 29 траверса 15 вместе со сверлильной головкой 26 поворачивается вокруг своей оси. Угол поворота траверсы определяют по лимбу 30.

При обработке отверстия тумба и траверса закрепляются, инструмент вращается от электродвигателя 28. После обработки всех отверстий по окружности стыка тумба с головками отводится в исходное положение, а ПРС опускается вниз и закрепляется на кронштейнах 31. Освободив фиксаторы, отводят в исходное положение кондукторные головки 5, далее, освободив прижимные рубильники, краном вынимают отсек из разделочного станда.

Обработка разъемов и стыков

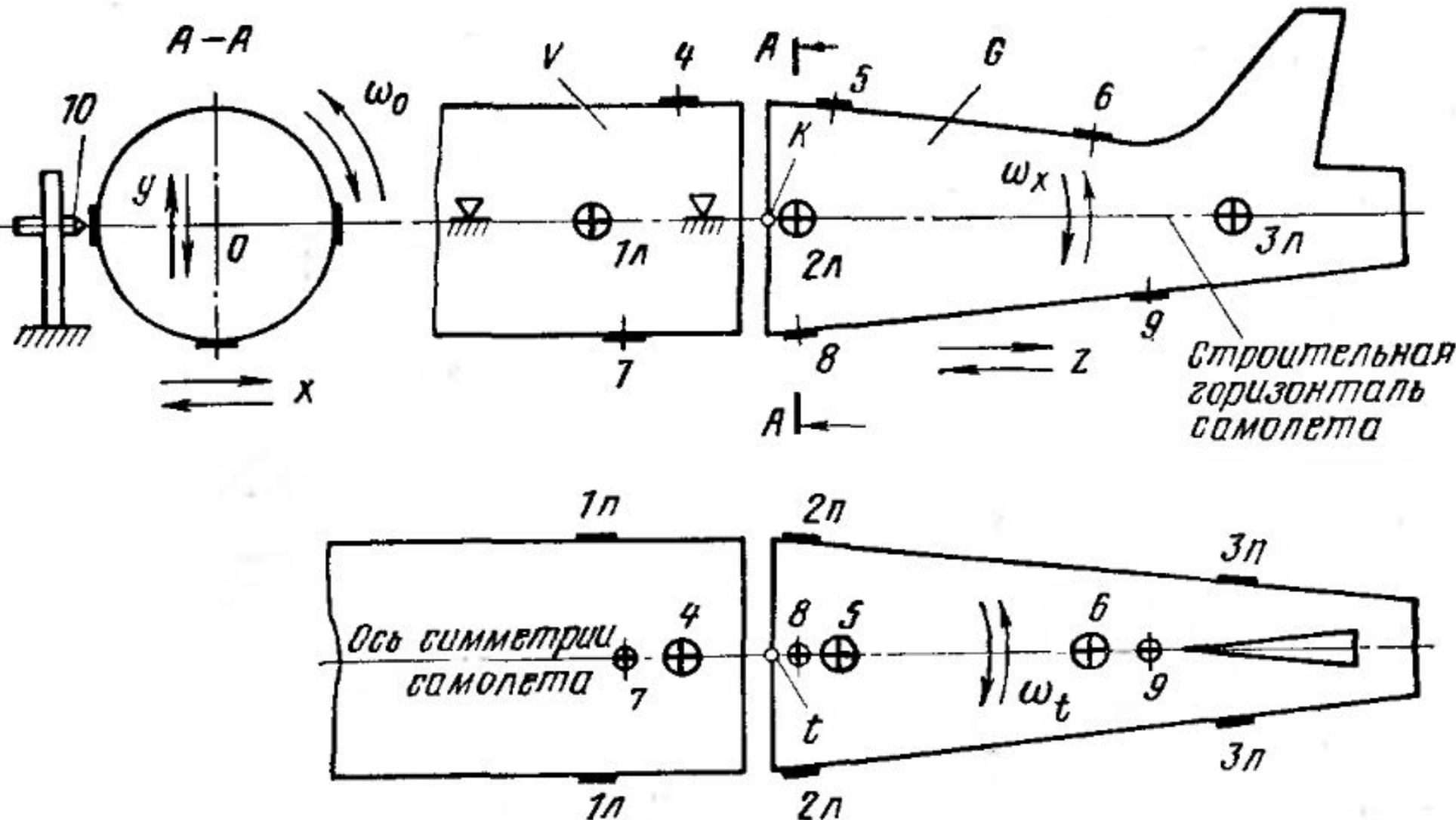
Обработка отверстий и пазов в разъемах и стыках производится за несколько переходов, число которых зависит от марки материала, из которых изготовлен узел стыка, и требуемой точности при образовании отверстий и пазов.

Практика применения разделочных станков показала, что отсеки и агрегаты, обработанные в станках, являются *взаимозаменяемыми* и стыковка таких агрегатов сводится только к операциям, связанным с установкой стыковых болтов, соединением коммуникаций систем и регулированием тяг управления, проходящих в зоне стыка или разъема.



Сборка агрегатов из отсеков

Принцип работы стыковочного стенда



1..6 – нивелировочные точки; 7, 8, 9 – УБО;

10 – пиноль для контроля положения нивелировочной точки

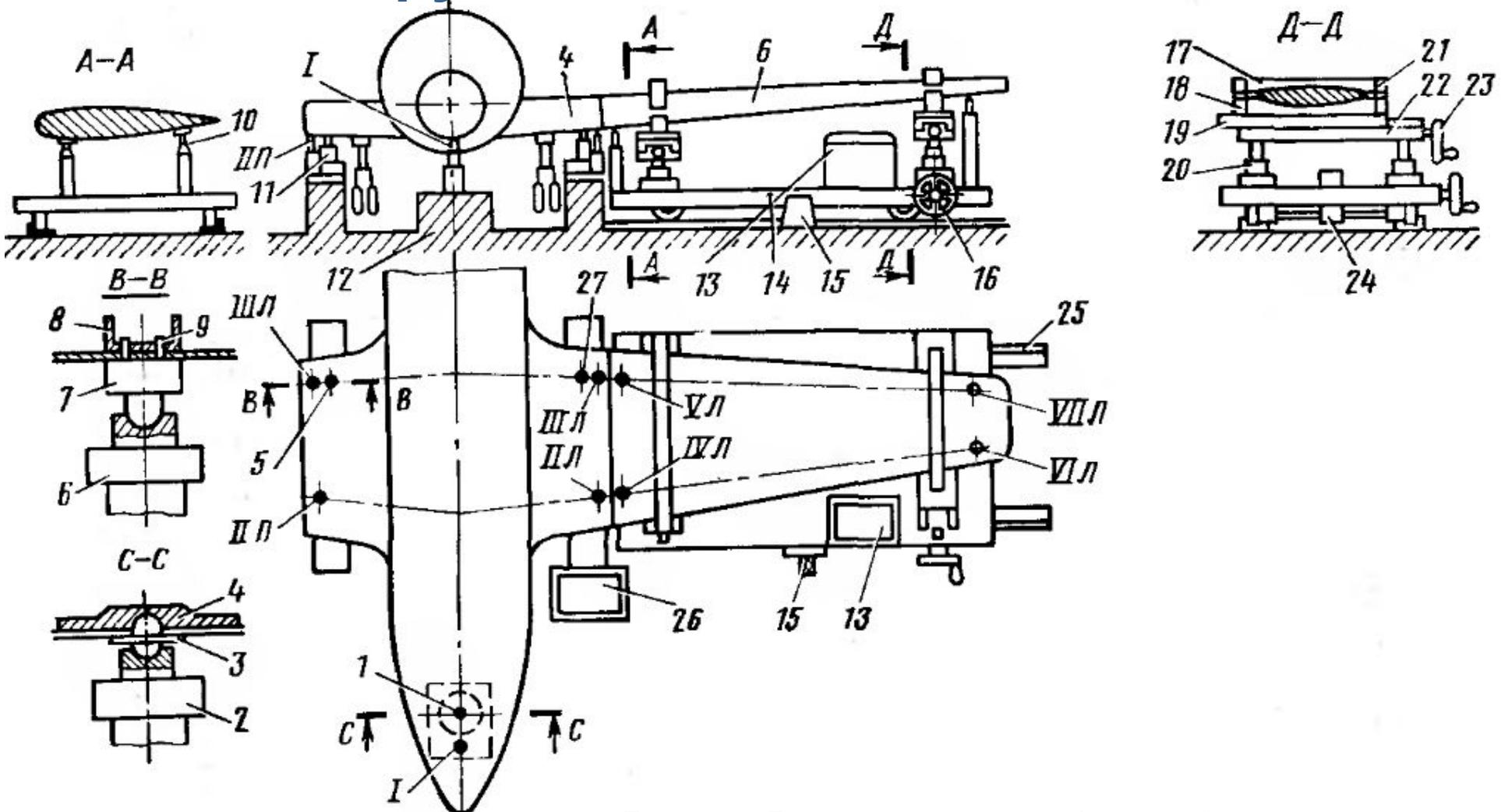
Принцип работы стыковочного стенда

На предыдущем слайде показан принцип работы стыковочного стенда. Стыкуемые отсеки V и G располагают вдоль оси симметрии и строительной горизонтали самолета. Отсек V закрепляют на стенде неподвижно, а отсек G может перемещаться относительно отсека V .

Установку отсеков в стенд можно выполнять в нескольких вариантах, т.е. путем установки отсеков по обводам на ложементы стенда и координацию их по УБО или закрепления отсеков за стыковочные узлы (стабилизатора, кия, шасси), которые в данной операции стыковки не участвуют.

В процессе стыковки отсек G подводят к отсеку V в направлении стрелки z . Поворачивают отсек в направлении стрелок ω_0 , ω_x , ω_r , добиваясь такого положения, при котором нивелировочные точки 1, 2 и 3 будут находиться на линии строительной горизонтали, а нивелировочные точки 4, 5 и 6 – на оси симметрии самолета, совмещают базовые поверхности отсеков (торцы, пазы, проточки, ОСБ), вставляют болты в ОСБ и наворачивают гайки.

Конструкция стыковочного стенда



- I,II,III,IV,VII – нивелировочные точки правые (П) и левые (Л); 1,5,27 – опорные узлы фюзеляжей и центроплана;
 2,6 – шток гидроподъемника; 3 – шаровая подкладка; 4 – силовой шпангоут; 7 – опора; 8 – задний лонжерон центроплана;
 9 – штырь; 10 – пиноль; 11,20 – гидроподъемник; 12 – фундамент; 13 – насосная станция и пульт управления гидроподъемников;
 14 – тележка; 15 – фиксатор; 16 – штурвал ручного перемещения тележки; 17 – прижим; 18 – ложемент; 19 – суппорт;
 21 – крепление прижима; 22 – каретка суппорта; 23 – рукоятка перемещения крыла в поперечном направлении;
 24 – привод перемещения каретки в продольном направлении; 25 – рельсовый путь; 26 – насосная станция и пульт

Конструкция стыковочного стенда

На предыдущем слайде приведена конструкция универсального стыковочного стенда для стыковки центроплана (V) с отъемной частью крыла (G). Соединение крыла и центроплана можно выполнять в виде фланцевого, телескопического или вильчатого стыка. Телескопический стык может быть конструктивным или технологическим.

На стыковку поступают: центроплан, соединенный с фюзеляжем, фюзеляж на собственных шасси (при стыковке средних и тяжелых самолетов) или на конвейерной тележке с последующей установкой в стенд с помощью подъемного крана.

В центроплане и фюзеляже обработаны опорные узлы 1, 5, 27 и нанесены нивелировочные точки I, II, III с правой и левой сторон. Узел стыка центроплана обработан в разделочном стенде и подготовлен для стыковки.

Конструкция стыковочного стенда

Фюзеляж вводят в стыковочный стенд, устанавливают на гидроподъемник и опоры 5 и 27 и шаровую прокладку 3. Включают с пульта 26 в работу насосную станцию и гидроподъемники под опорными узлами фюзеляжа, поднимают фюзеляж с центропланом и устанавливают их в линию полета. Положение линии полета определяют по показаниям на пульте 26 датчиков от пинолей, установленных под нивелировочными точками I, II, III с правой и левой сторон. После установки фюзеляжа и центроплана в линию полета подводят под фюзеляж хвостовую опору (на рисунке не показана), а подъемники фиксируют штырями. Отъемная часть крыла поступает на стыковку с обработанным стыком и нанесенными нивелировочными точками. Крыло устанавливают на ложементы 18, так чтобы пиноли находились под нивелировочными точками, и закрепляют прижимами 17. Устанавливают крыло в линию полета по показаниям на пульте 13 датчиков от пинолей, установленных под нивелировочными точками IV, V, VI, VII левой стороны. Подводят крыло вместе с тележкой в зоне стыковки и регулируют вручную рукоятками 23 и штурвалом 16 положение крыла до совмещения базовых поверхностей стыка.

Конструкция стыковочного стенда

При совмещении базовых поверхностей вставляют в ОСБ стыковые болты и соединяют крыло с центропланом.

В случае технологического стыка производят клепку или сварку. После соединения крыла с центропланом освобождают прижимы 17, опускают ложементы вниз и отводят тележку из зоны стыка.

В таком же порядке производят стыковку правого крыла. Выполнив стыковочные работы, фюзеляж опускают на шасси и выводят из стыковочного стенда.

Контроль обвода агрегатов



Контроль обводов агрегатов

При современных высоких скоростях полета к обтекаемым воздушным потоком поверхностям предъявляются *высокие требования*, поэтому отклонения обводов агрегатов от теоретических обводов ограничены *очень небольшими допусками*. В связи с этим предъявляются высокие требования и в отношении точности изготовления деталей, сборочной оснастки, контрольно-измерительных приборов и методов измерения.

При **плазово-шаблонном методе** производства криволинейные поверхности агрегата задаются обычно контурами нескольких его сечений, вычерчиваемых на плазе. Контроль обводов таких поверхностей заключается в сравнении воспроизведенных контуров сечений с эталонными. Эталонным контуром может быть шаблон, теоретическая таблица координат линии контура сечения или формула, определяющая линию контура в аналитической форме.

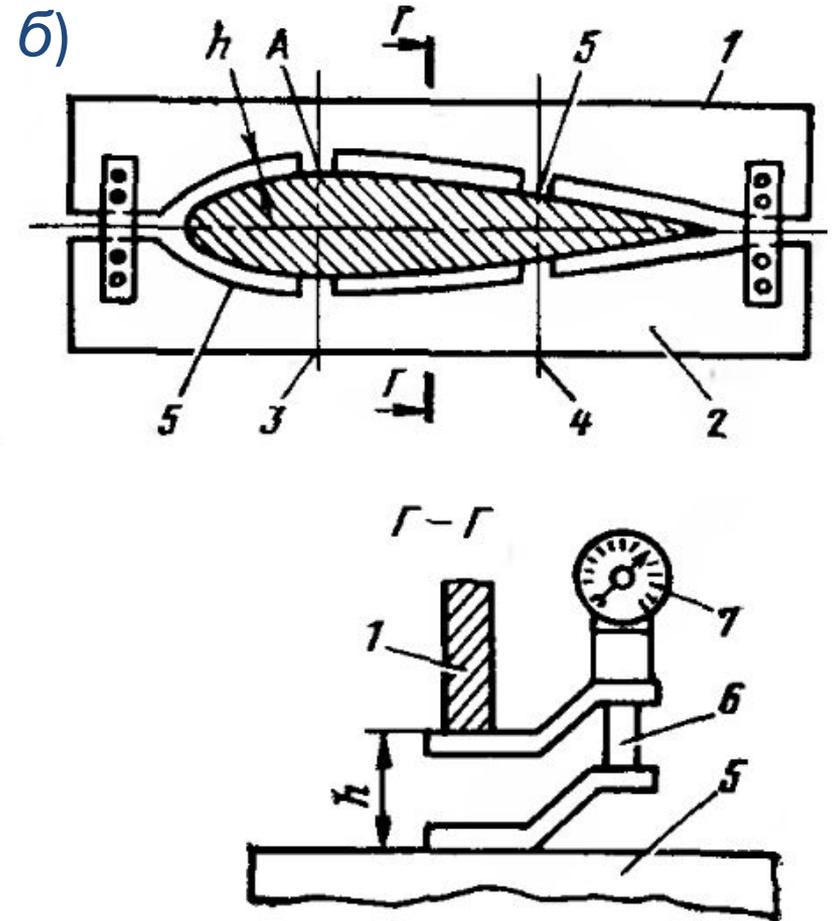
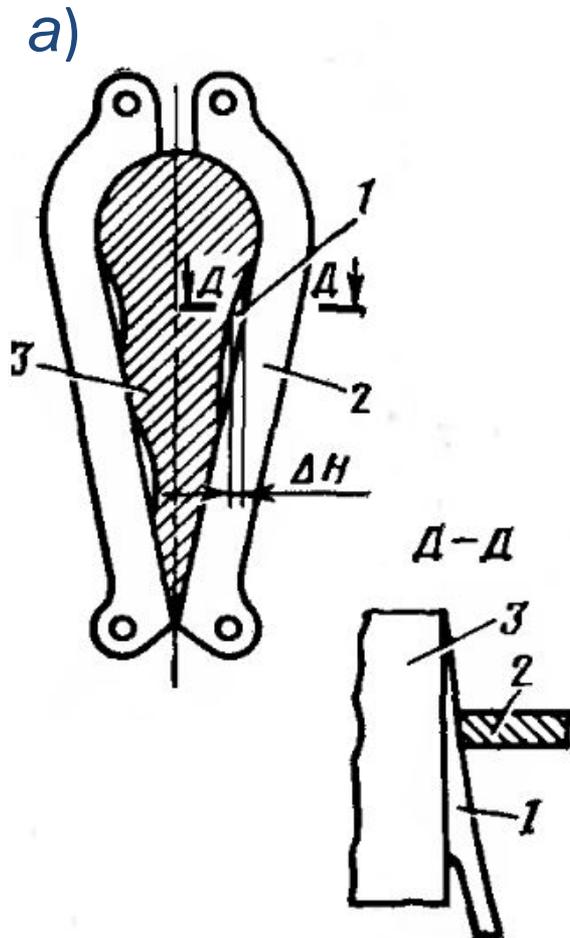
Контроль обводов агрегатов

Для определения отклонений полученного обвода от эталонного существует *несколько методов*, например, замеры по обводам рубильников СП, по эквидистантным контршаблонам в контрольно-измерительных приспособлениях, по реперным точкам при приваловке и др.

Примером применения первого из этих методов может служить определение отклонения обвода агрегата от обвода рубильника при помощи конического щупа (а). Для замера в каком-либо месте отклонения обвода необходимо в этом месте между рубильником 2 и агрегатом 3 ввести щуп 1 и определить размер ΔH . Контроль обвода таким образом весьма прост и не требует специальной оснастки, но дает малую точность, так как замеры производятся на агрегате зажатом рубильником, а не в свободном его состоянии. Обычно обводы агрегата после освобождения его из СП и снятия давления рубильников несколько изменяются, и этим объясняются неточности при измерении отклонений обводов в СП.

Такой метод применяют при контроле обводов агрегатов вертолета, для которых получаемая точность измерений не превышает установленных допусков. При изготовлении высокоскоростных самолетов этим методом можно пользоваться только для определения местных отклонений в виде вмятин, углублений обшивки в месте постановки

Схемы различных методов контроля обвода агрегата



а – контроль обводов в СП (1 – щуп; 2 – рублик; 3 - агрегат);

б – контроль обводов по эквидистантным шаблонам (1 и 2 – шаблон ШЭК; 3 и 4 – установочная база; 5 – агрегат; 6 – прибор; 7 – индикаторная головка)

Контроль обводов агрегатов

При контроле обводов эквидистантными контршаблонами (б) за базу для установки контршаблонов 1 и 2 принимают поверхности агрегата. Чаще всего в качестве таких опорных поверхностей принимают поверхности, проходящие через оси лонжеронов 3 и 4 (б). Эквидистантные контршаблоны выполняются с одинаковым по всей его поверхности зазором δ — 5 или 20 мм относительно измеряемого обвода агрегата 5. При малых величинах зазора отклонения измеряемого обвода от обвода шаблона измеряются коническим щупом, а при больших — специальным прибором 6 и индикаторной головкой 7. Перед измерением этот прибор устанавливают на нуль с учетом зазора h . В процессе контроля прибор показывает абсолютную величину отклонений обвода агрегата от обвода контршаблона.

Контроль обводов агрегатов

Этот метод контроля обводов значительно точнее контроля в стапеле, но и он обладает рядом недостатков. Одним из недостатков метода контроля воспроизведенных обводов агрегата по эквидистантным контршаблонам является влияние погрешностей на результаты замеров всего обвода. Так, например, если опорные площадки, проходящие через оси лонжеронов 3 и 4, будут подняты или опущены относительно требуемого положения на какую-то величину, то эта погрешность сразу изменит величину эквидистантного зазора h . Не менее неприятным будет случай, когда опорная площадка в точке 3 будет поднята, а в точке 4 опущена на какую-то величину. В этом случае контршаблон окажется повернутым относительно оси симметрии агрегата, и при измерении зазора h обнаружится завал носка профиля, в то время как в действительности его нет.

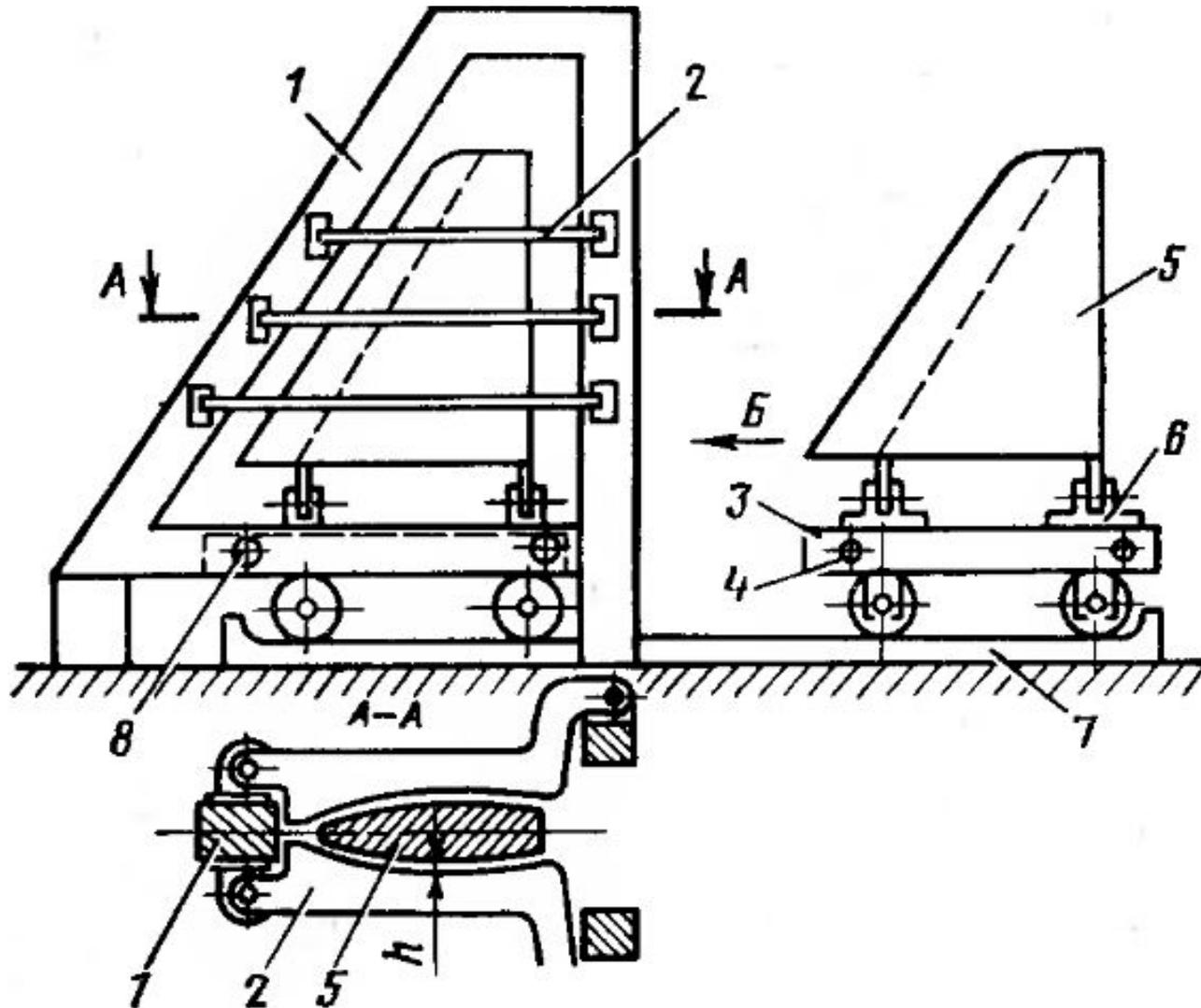
Другим недостатком является то, что обводы проверяют только в плоскости расположения контршаблонов в каждом отдельном сечении, причем не может быть проверено положение обвода одного сечения относительно другого. При этом методе определить наличие закрутки крыла или лопасти несущего винта, а также положение обводов относительно стыков невозможно.

Контроль обводов агрегатов

Наиболее совершенным методом контроля обводов агрегата является измерение отклонений обводов при помощи контрольно-измерительных приспособлений. В таком приспособлении контролируемый агрегат устанавливается так, как он устанавливается и закрепляется на самолете.

Контрольно-измерительное приспособление состоит из каркаса 1, эквидистантных шаблонов 2, напоминающих рубильники, и тележки 3. На раме тележки имеются отверстия 4 (по два с каждой стороны) для фиксации ее в приспособлении. Контролируемый киль 5 устанавливается и закрепляется на тележке 3 узлами 6, которые имитируют соответствующие стыковые узлы фюзеляжа самолета. Тележка 3 вместе с килем вводится по рельсам 6 в каркас приспособления и фиксируется в нем в требуемом положении штырями 8, вводимыми в отверстия 4.

Контрольно-измерительное приспособление для контроля обводов кия



1 – каркас; 2 – шаблон; 3 – тележка; 4 – отверстия; 5 – киль; 6 – узлы стыка; 7 – рельсы; 8 - штыри

Контроль обводов агрегатов

После установки кия в контрольно-измерительном приспособлении определяют отклонения обводов кия от обводов эквидистантных шаблонов. Контроль обводов агрегата осуществляется измерениями его обвода от обводов эквидистантных шаблонов прибором, рассмотренного ранее (б).

Контрольно-измерительное приспособление позволяет измерять отклонения обводов с точностью до 0,1 мм и определять направление и величину общей закрутки агрегата (кия, лопасти несущего винта).

A large industrial factory floor with several large yellow circular structures and a central robotic arm. The structures are arranged in a row, and the central one has a white robotic arm extending upwards. The floor is cluttered with various tools, equipment, and materials. The background shows a high ceiling with large windows and a complex structural framework.

Способы компенсации погрешностей при сборке

Правило компенсации

Точность внешних обводов планера должна быть в пределах 1,0..2,5 мм. При значительных размерах и малой жесткости конструкции планера обеспечить такую точность *обычным путем* – сборкой по методу полной взаимозаменяемости **НЕВОЗМОЖНО**.

Поэтому на всех уровнях сборки действует **правило компенсации**: основной сборочный размер должен образовываться *не как сумма погрешностей собираемых деталей, а как определяемый сборочными базами оснастки с требуемой точностью для данного уровня сборки независимо от погрешностей сборки или изготовления предыдущих уровней.*

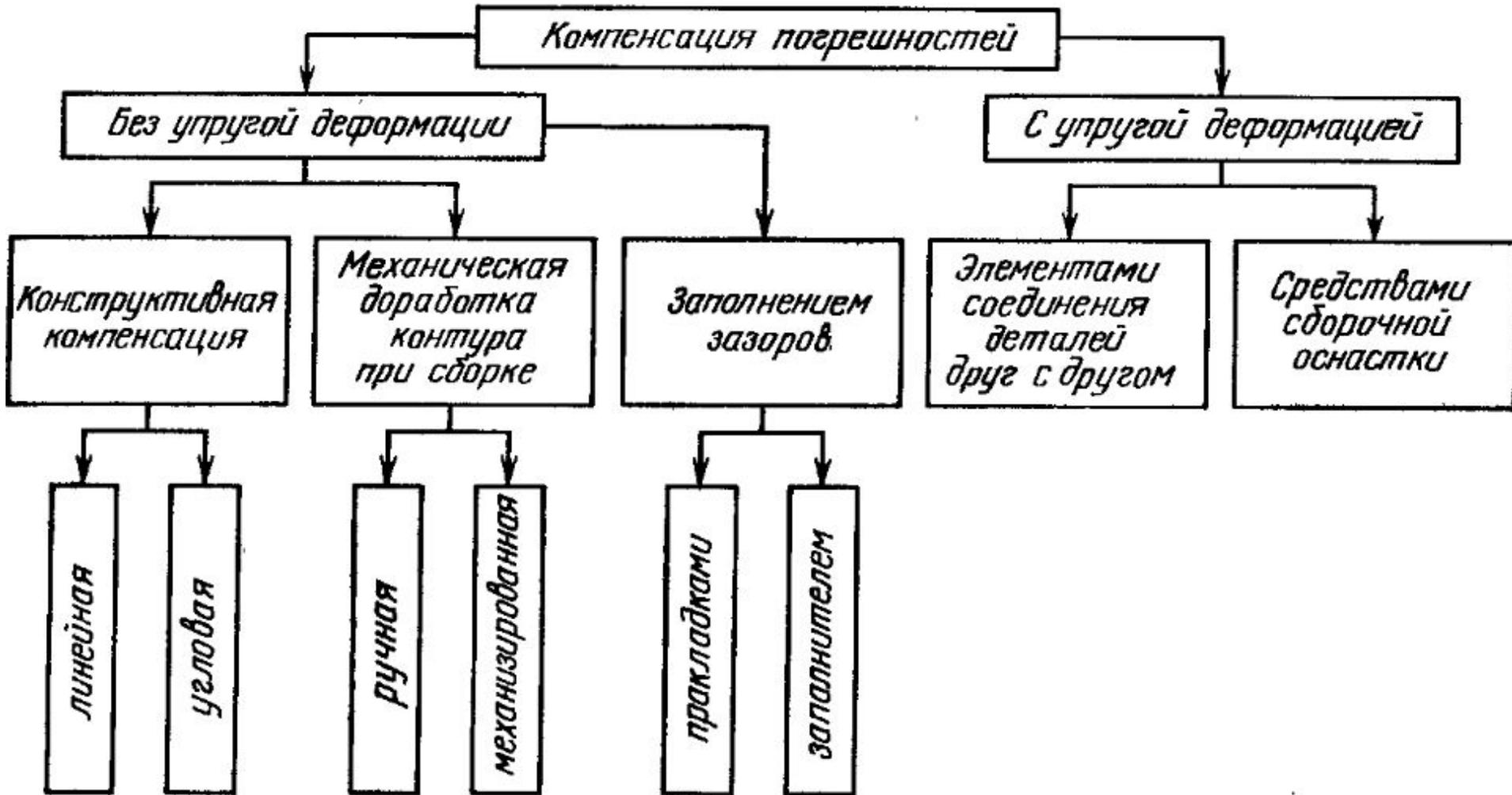
Правило компенсации

Сборка по правилу компенсации возможна лишь в том случае, когда наряду с соответствующим выбором баз деталей выполняются следующие условия:

- сборка производится в СП, воспроизводящем основной сборочный размер;
- сборочные базы деталей можно совместить с базовыми поверхностями СП;
- взаимное положение установленных в СП деталей можно зафиксировать, соединив их между собой непосредственно или через третью деталь.

Правило компенсации осуществляется путем регулирования размера замыкающего звена одним из следующих методов компенсации погрешности при сборке.

Классификация методов компенсации погрешностей при сборке



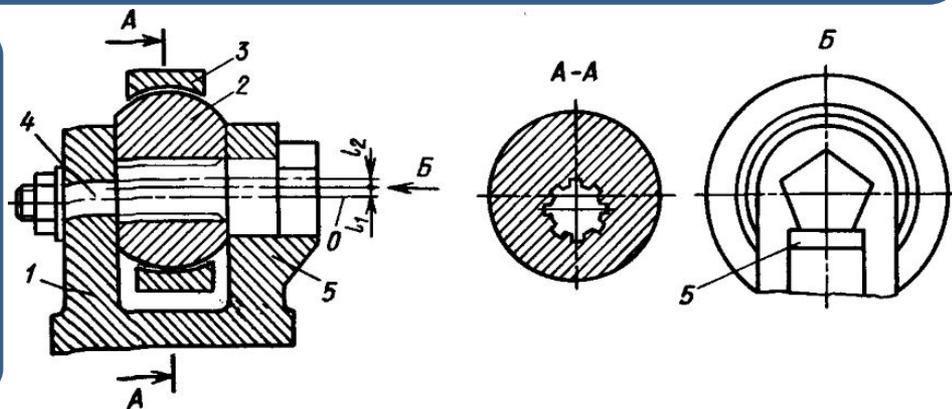
Линейная конструктивная компенсация

Примером сборки с использованием линейной конструктивной компенсации является сборка кессона крыла. В этом случае размер между заклепочными швами может изменяться благодаря соединению панелей через специальные детали-компенсаторы. Благодаря этому заданная точность положения аэродинамического контура кессона относительно лонжеронов обеспечивается *независимо от накопленных погрешностей* при изготовлении деталей и сборке верхней и нижней панели.

В некоторых узлах для компенсации несоосности осей узлов навески поворотных панелей, рулей и т.д. используются одна или две взаимно эксцентричные

поверхности.

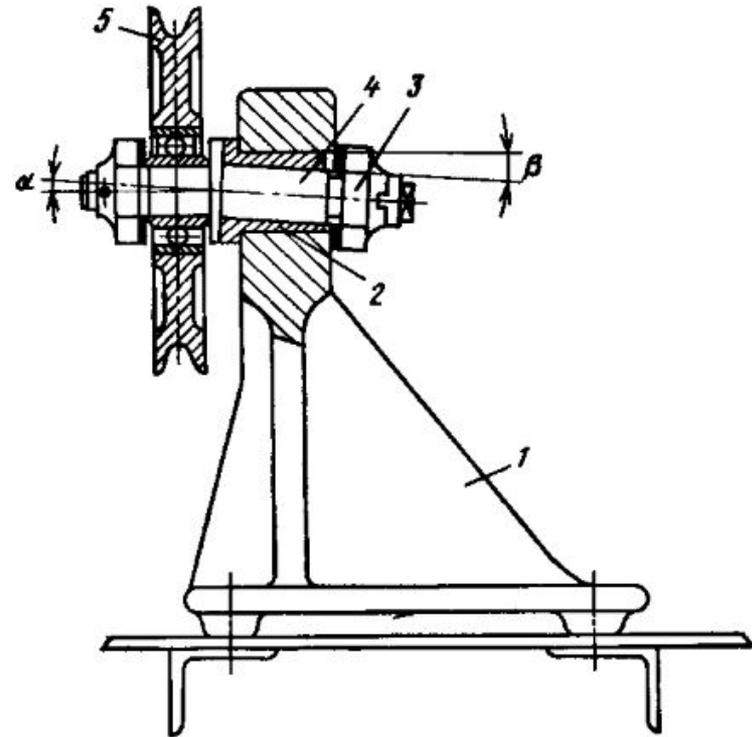
Эксцентриковый узел состоит из кронштейна 1, эксцентриковой втулки 2 с ответной частью поворотного узла 3. Втулка 2 закреплена в кронштейне 1 на эксцентриковом болте 4 со шлицами на участке, имеющем эксцентриситет относительно его оси. Болт фиксируется упором 5. При повороте втулки 2 относительно болта 4 с фиксацией по шлицам и болта 4 относительно кронштейна с фиксацией по граням ось поворотного узла изменяет свое положение в пределах круга с радиусом, равным сумме эксцентриситетов болта и втулки $l_1 + l_2$, что компенсирует несоосность, вызванную погрешностями изготовления деталей.



Угловая конструктивная компенсация

Примером конструктивной компенсации угловых погрешностей является узел навески направляющих роликов тросовой проводки.

В отверстие кронштейна 1 вставлена втулка 2, в которой посредством гайки 3 закреплена ось 4 направляющего ролика 5 тросовой проводки. Ось ролика в месте выхода из втулки имеет излом с углом $\alpha = 1..2^\circ$ по отношению к ее наружной поверхности.



При монтаже такого узла можно менять угловое положение направляющего ролика путем поворота его оси относительно втулки и втулки относительно кронштейна, как отдельно, так и вместе, т.е. ролик может быть ориентирован в любом направлении в интервале $2..4^\circ$.

Это компенсирует угловые погрешности изготовления и монтажа и позволяет установить ролик в плоскости тросовой проводки, что обеспечивает надежность системы управления самолетом.

Компенсация погрешностей при сборке механической доработкой контура деталей

Необходимым условием сборки с механической доработкой (подгонкой) деталей является **наличие припуска**.

Выбор припусков осуществляют следующим образом:

1. На основании анализа конструкции собираемого изделия определяют элемент конструкции (замыкающий элемент), на котором можно назначить припуски, удаляемые при сборке подгонкой по месту. Замыкающее звено выбирают из элементов, на которых с наименьшими затратами труда и с определенным качеством 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 замыкающем элементе припуски задают на поверхностях, сопрягаемых с другими элементами и дают возможность компенсировать накопление погрешности формы без нарушения прочности стыкуемых элементов.

Компенсация погрешностей при сборке механической доработкой контура деталей

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

Подгонка осуществляется ручным или механизированным способом путем обрезки припусков на листовых деталях, опилования кромок и плоскости деталей, шабрения сопрягаемых плоскостей, фрезерования поверхностей, сверления и развертывания отверстий.

Метод сборки с механической доработкой контура деталей применяют при стыковке агрегатов планера. Для этой цели применяют специальные разделочные стенды, объединяющие в одном устройстве стапель сборки с фрезерными станками.

Компенсация погрешностей сборки путем заполнения зазора

Зазоры могут быть результатом сложения погрешностей при отклонении размеров в пределах допусков на изготовление входящих в сборку узлов и деталей, либо они могут быть предусмотрены в качестве компенсирующего замыкающего размерного звена.

Заполняются зазоры следующими способами: подбором пакета прокладок различной толщины; механической обработкой (подгонкой) прокладки; заполнением компенсирующим наполнителем.

Наиболее эффективным с точки зрения снижения трудоемкости, повышения точности сопряжений и снижения монтажных напряжений в узле является использование наполнителей, представляющих собой полимерную композицию холодного отверждения.

Компенсация погрешностей сборки путем заполнения зазора

Менее вязкий наполнитель рекомендуется преимущественно для заполнения зазоров между деталями путем нагнетания или с использованием шпателя, более вязкий – для профилирования в виде жгутов разных сечений или технологической плоской ленты.

Заполнители готовят смешиванием компонентов ручным или механизированным способом по заказам сборочных цехов. Ручной способ применяют в лабораторных условиях при небольших порциях наполнителя (до 100..200 г). Механизированное смешивание выполняют в специальных смесителях, например, УПЗ-0,3Г.

Поверхности деталей перед нанесением наполнителя обезжиривают бензином или ацетоном. Для защиты соседних деталей или оснастки от натеков наполнителя применяют жировые смазки (ЦИАТИМ-201) или липкие полиэтиленовые пленки

Компенсация погрешностей сборки упругой деформацией

При сборке с упругой деформацией поверхности деталей совмещаются между собой и/или с базами СП путем упругого деформирования сопрягаемых элементов узла.

Усилие деформации создается с помощью средств временного или постоянного крепления деталей или специальных механизмов СП. Наиболее простым и распространенным способом упругой деформации является установка болтов с выборкой зазоров подтяжкой резьбового соединения.

Метод упругого деформирования средствами СП заключается в создании усилия различными рычажными механизмами типа Винт-Гайка. При этом погрешности объекта сборки компенсируются его деформацией. Точность образуемого контура будет зависеть от точности формы рубильника стапеля, а также от остаточных деформаций после сборки.

Компенсация погрешностей сборки упругой деформацией

Метод сборки с упругой деформацией эффективен с точки зрения снижения затрат на его техническое обеспечение. Однако существенным недостатком метода является появление в собираемых деталях монтажных напряжений, приводящих к снижению ресурса соединений и конструкции в целом, а также к снижению точности формы подборок.

Монтажные напряжения по величине сравнимы с эксплуатационными и зависят от следующих факторов: исходного зазора между обшивкой и элементом каркаса; длины зазора; толщины обшивки и полок элементов каркаса; размеров клетки каркаса (шага продольных и поперечных элементов набора); радиуса кривизны панели; шага постановки технологического крепежа.

Компенсация погрешностей сборки упругой деформацией

На монтажные напряжения влияют не только абсолютные размеры деталей, но и отношение толщины обшивки δ_0 к толщине полки δ_k сопряженного элемента каркаса.

С возрастанием δ_0/δ_k монтажные напряжения в обшивке снижаются при $\delta_0 < \delta_k$ и, наоборот,

возрастают при $\delta_0 \geq \delta_k$.

Для контроля ресурса ответственных соединений следует устанавливать ограничение на величину упругой компенсации в виде допустимых значений зазоров между деталями до их соединения.

Компенсация погрешностей сборки упругой деформацией

Снижение точности сборки под влиянием упругой компенсации происходит по следующим причинам. В процессе сборки детали и узлы фиксируют с упругой деформацией с помощью устройств СП (рубильников, прижимов и т.д.). Возникающие при этом монтажные напряжения складываются с напряжениями, вызванными деформацией вследствие выборки зазоров по сопряженным поверхностям при соединении деталей, а также с напряжениями от клепки вследствие неравномерной раздачи стержней заклепок. После расфиксации под сборки форма и положение базированных поверхностей относительно заданных оснасткой (в том числе и аэродинамические обводы) под действием монтажных напряжений **меняются.**

Известны следующие средства повышения точности, а также контроля обводов и положения элементов каркаса: установка эквидистантных рубильников взамен рабочих; перенос собранного агрегата из сборочного стапеля на измерительный стенд для контроля обводов в состоянии с незажатыми рубильниками.



Спасибо за внимание!!!