Сборка - это совокупность операций по установке деталей в сборочное положение и соединению в узлы, панели, агрегаты и самолёт в целом.

Детали в сборочное положение устанавливаются по базовым поверхностям на деталях и элементах сборочного приспособления.

Метод сборки характеризует, как и какими способами осуществляется установка деталей в сборочное положение. В производстве самолетов применяют несколько методов сборки, отличающихся видом применяемого при сборке инструмента, сборочных приспособлений и оборудования.

Сборка по базовой детали - процесс, при котором одну из деталей принимают как базовую и к ней в определенной последовательности присоединяют другие детали, входящие в собираемый узел. Этот метод применяется при сборке изделия из жестких деталей, сохраняющих действием собственного веса форму и размеры.

Сборка по разметке- процесс, при котором взаимное расположение деталей, входящих в узел, определяют непосредственно измерением расстояний между ними и по рискам, нанесенных на детали при разметке. Сборка по разметке производится при помощи универсальных слесарных инструментов и приспособлений (струбцин, чертилки, метра, циркуля, ручных и настольных тисков и т.д.).

Сборка по сборочным отверстиям (СО) - процесс, при котором взаимное расположение собираемых деталей определяется положением имеющихся на них сборочных отверстий. При базировании по сборочным отверстиям детали совмещают друг с другом и на период соединения деталей в сборочные отверстия вставляют фиксаторы. В соответствии с технологическим процессом сборки-клепки установка деталей также может производиться по направляющим отверстиям (НО) и установочным базовым отверстиям (УБО).

Сборка в приспособлении - процесс, при котором базовые поверхности деталей совмещают с опорными поверхностями приспособлений.

Схема сборки - это последовательность установки деталей и узлов в сборочное положение. Она является графическим документом и выполняется в виде блок схемы, каждый уровень которой соответствует очерёдности установки деталей с дополнением эскизов объектов сборки. Схемы бывают трёх видов:

Последовательная схема сборки - это процесс сборки, при котором подача деталей, узлов и агрегатов на сборку осуществляется последовательно. Недостатком данной схемы является удлинение цикла сборки, затруднение механизации сборочного процесса, а при установке маложесткой обшивки на каркас она не даёт гладкости внешней поверхности.

Параллельная схема сборки, для конструкции, расчленённых на панели, узлы и отсеки. Их собирают независимо друг от друга в своих приспособлениях, это даёт возможность механизации сборочных работ, контрольных операций и ведения монтажных работ. Максимальное расширение фронта работ позволит понизить категорию рабочих и уменьшить цикл сборки. Недостатками данной схемы сборки является большое количество оснастки и большие площади. Выделение мелких подсборок может в целом увеличить трудоёмкость сборки.

Комбинированная схема сборки, она применяется чаще всего и совмещает плюсы и минусы двух предыдущих схем.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СБОРКИ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНЕРА**

Специфика сборочных работ.

Специфическими особенностями сборочных работ при сборке планера самолета являются факторы, прямо и косвенно влияющие на трудоёмкость, цикл и качество проведения сборочных работ:

использование при сборке планера самолета тонколистовых, длинномерных, маложестких деталей (стрингеры, обшивки, профили, прогибающиеся под действием собственного веса) обусловливает необходимость применения специальных методов сборки и сборочных приспособлений для получения точных сборных контуров;

большинство узлов и агрегатов планера самолета имеют сложные конструктивно-силовые схемы, которые необходимо выполнить из нежестких деталей;

планер самолета включает от 10 000 до 40 000 деталей, что говорит о многодетальности конструкции самолета или большой номенклатуре деталей и элементов планера;

для разработки технологической документации на изготовление и сборку деталей, узлов и агрегатов, всего планера самолета требуются большие затраты времени;

для изготовления сборочной и контрольно-сборочной оснастки необходимы большие расходы материалов, времени и труда, поэтому до 30

% стоимости изделия – это стоимость оснащения производства;

при агрегатной и общей сборке планера используются большой объем ручного труда и малый объем механизации и автоматизации сборочных работ (до 40 % от общей трудоемкости сборочных работ составляет ручной труд сборщиков);

вследствие быстрого морального старения самолета и общего прогресса авиации требуется частая смена объектов производства (5  7 лет эксплуатации после серийного выпуска для военных самолетов, 10  15 лет – для гражданских самолетов).

Технологическое членение планера самолета

Самолет является сложным объектом производства, и организовать его сборку из десятков тысяч деталей практически невозможно в одном месте и в одном сборочном приспособлении с требуемой точностью.

Поэтому еще на этапе проектирования самолет расчленяют на отдельные сборочные единицы (проводят конструктивно-технологическое членение) планера (рис. 1.1).

Рис. 1.1. Членение самолета SSJ100

Членение планера самолета на сборочные единицы (СЕ) позволяет широко применять разделение труда, выполнять сборочные работы параллельно на большом количестве рабочих мест, использовать средства механизации и автоматизации, что позволяет сократить цикл производства сборочных работ.

Кроме того, в этом случае создаются более удобные условия труда для сборщиков, обеспечивается удобство транспортировки и обслуживания агрегатов и систем планера, можно провести быструю замену малоресурсных частей самолета.

**Основными сборочными единицами планера самолета являются:**

**Агрегат** – наиболее крупная часть самолета, выполняющая определенную функцию на земле и в полете, например, размещение экипажа и пассажиров в фюзеляже, топлива в крыле; управление самолетом с помощью оперения, создание подъемной силы крылом.

**Секция (отсек)** – часть агрегата. Например, к секциям или отсекам относятся носовая и хвостовая части фюзеляжа, крыла; центроплан, отъемная часть крыла (ОЧК); предкрылок, закрылок, элерон, руль высоты.

**Панель** – часть агрегата или секции. Панель может быть подкрепленной, фрезерованной и многослойной, в частности, трехслойной (рис. 1.2).

Характерной особенностью панели является ее незамкнутость и открытость, что обеспечивает хороший доступ к ней при выполнении сборочных работ.

Рис. 1.2. Принципиальные схемы панелей: а – подкрепленная; б – трехслойная

а)

Обшивка

б)

Обшивки

Стрингер

Сотовый заполнитель

**Узел** – наиболее мелкая сборочная единица, собираемая непосредственно из деталей. Характерной особенностью узла является возможность сборки, контроля и приемки его независимо от других узлов, панелей, секций (например: нервюры, шпангоут, лючок).

Соединение сборочных единиц планера самолета проводят при помощи разъемов и стыков: конструктивных, технологических, эксплуатационных.

Конструктивные разъемы применяют:

из-за резкой разницы в конструкции агрегатов и отсеков (соединение крыла с фюзеляжем);

особенностей технологии изготовления сочленяемых сборочных единиц (герметичные отсеки сочленяются с негерметичными);

применения для отдельных частей агрегатов специфических или различных по характеристике материалов. Например, носовая часть самолета выделяется в отдельный отсек, так как она выполняется из специального теплостойкого и радиопрозрачного материала.

Конструктивные разъемы выполняются разъемными. При этом применяют болтовые, винтовые соединения.

Технологические разъемы выполняются по технологическим требованиям. Например, для сборки крупногабаритного агрегата нет соответствующего оборудования и необходимо собирать его по частям или необходимо применение различных технологий при изготовлении отдельных элементов агрегата, или членение агрегата вызвано сложностью его форм. Технологические разъемы выполняют неразъемными  клепкой, сваркой или склеиванием.

Эксплуатационные разъемы вводят для лучшего обеспечения условий труда при выполнении ремонтных, профилактических, регламентных работ при замене двигателей, отдельных частей самолета, а также исходя из требований транспортировки самолета к месту эксплуатации. Такие разъемы выполняют с помощью болтовых, винтовых соединений.

Но необходимо отметить, что членение планера на сборочные единицы ведет к увеличению веса агрегатов и конструкции в целом, так как для усиления прочности в месте разъема необходимо устанавливать усилительные накладки, подкрепляющие элементы, профили. Поэтому стараются совместить по возможности отдельные типы разъемов друг с другом, чтобы излишне не увеличивать вес конструкции.

Конструктивно разъемы выполняются с помощью стыков. Различают следующие варианты стыков:

фланцевый прямой стык – самый удобный с конструктивной, технологической и эксплуатационной точек зрения (рис. 1.3, а). Он создает равномерные напряжения по периметру стыка и для его выполнения нужна одна мастер-плита. Трудоёмкость минимальная;

фланцевый косой стык (рис. 1.3, б) – в этом случае труднее обеспечить равномерность напряжений по периметру стыка, появляется сложность в обеспечении взаимозаменяемости контуров стыка, стоимость оснастки возрастает в 4  8 раз. Трудоёмкость выше, чем при прямом стыке;

фланцевый ступенчатый стык (рис. 1.3, в) – с технологической точки зрения стык сложен в выполнении, получается тяжелым, стоимость оснастки выше, чем при косом стыке. Применение таких стыков нежелательно, они относятся к нетехнологичным стыкам. Трудоёмкость выполнения такого стыка максимальная по сравнению с другими видами стыков.

а) б) в)

Рис. 1.3. Фланцевые стыки: а – прямой; б – косой; в – ступенчатый

Разъемный стык типа «ухо-вилка»  распространенный вид стыка (рис. 1.4, а). При его выполнении необходимо обеспечить совпадение плоскостей «щек» уха и вилки, соосность отверстий уха и вилки, точность размеров между стыковыми узлами.

Узловой разъемный стык «гребенка» – частный случай соединения «ухо-вилка» (рис. 1.4, б).

а) б)



Рис. 1.4. Стыки: а  «ухо-вилка»; б  «гребенка»

Неразъемный компенсирующий или скользящий стык широко применяется при сопряжении двух фюзеляжных панелей друг с другом. Сборка ведется в стапеле (рис. 1.5, а).

а)

б)

б)

Рис. 1.5. Неразъемные стыки:

а – компенсирующий; б – смешанный

Смешанный стык (например, фланцевый и «ухо-вилка») очень сложно выполнить, он трудоемок, сборка таких соединений требует большого количества подгоночных работ, добиться точного прилегания плоскостей фланцев не удается, совпадение отверстий обеспечить не всегда можно без доработок (см. рис. 1.5, б).

Организация и этапы сборочных работ

Организация технологии сборки планера самолета в значительной степени зависит от назначения и общей компоновки самолета, внешних аэродинамических обводов, степени конструктивно-технологического членения планера, расположения силового набора в отсеках и агрегатах планера, оформления и выполнения конструктивных, технологических и эксплуатационных разъемов.

Но классическим приемом организации сборочных работ является деление всего сборочного производства на три этапа:

узловая сборка, на которой собирают сборочные единицы типа лонжеронов, нервюр, шпангоутов, створок шасси и панелей. Трудоёмкость этих работ составляет 12 – 15 % всей трудоемкости изготовления планера;

агрегатная сборка, включающая сборку отсеков, секций, мелких и крупных агрегатов, соединение отсеков в агрегат. От общей трудоемкости этот вид работ составляет 18 – 32 %;

общая сборка самолета, на которой проводят окончательную сборку самолета из агрегатов, монтаж коммуникаций и оборудования на агрегатах, испытательные работы коммуникаций и оборудования на нормальное функционирование, а также нивелировочные работы. Трудоёмкость работ по стыковке отсеков и агрегатов, соединению коммуникаций лежит в пределах 12 – 20 % всей трудоемкости изготовления самолета.

Заключительным этапом сборочных работ являются работы по проверке работоспособности каждой из самолетных систем, нивелирование самолета в целом и испытательные полеты.

Общая трудоёмкость сборочных работ составляет 42 – 67 % от всей трудоемкости изготовления самолета.

На этапе узловой сборки применяют достаточное количество механизированного и автоматизированного оборудования и инструмента, которые позволяют значительно снизить трудоёмкость сборки узлов, подузлов и панелей и сократить применение ручного труда на сборке.

Наиболее трудоемкой и дорогой частью сборочных работ является агрегатная сборка, поскольку из-за сложности форм аэродинамических обводов агрегата трудно обеспечить механизацию сборочных работ, необходимо применять дорогостоящие клепальные автоматы и станки.

Схемы сборок и цикловые графики в самолетостроении

Теоретически сборку планера самолета можно вести:

только из деталей и небольшого количества узлов;

из большого количества узлов и панелей, предварительно собранных на других участках.

В зависимости от выбранного варианта сборки сборочные работы проводят по дифференцируемой или недифференцируемой схеме.

Дифференцируемая схема сборки применяется для сборки агрегатов, собираемых из узлов. Только небольшая часть деталей, преимущественно жестких, поступает сразу в стапель сборки. К агрегатам, к которым применима дифференцируемая схема сборки, относятся отсеки фюзеляжа, кессон крыла и отъемная часть крыла, центроплан. Такая сборка применяется при серийном (мелкосерийном) производстве, когда используется достаточно большое количество сборочных приспособлений и сборщиков.

Если же сборка узла или агрегата проводится в основном из деталей, то сборку определяют как недифференцируемую. При такой схеме сборки применяют труд сборщиков более высокой квалификации, сложные сборочные приспособления. Недифференцируемая схема сборки в основном используется в индивидуальном и опытном производстве при производстве небольших самолетов.

В зависимости от организации сборочных работ в самолетостроении различают последовательную и последовательно-параллельную схемы сборок. При этом оперируют понятиями: трудоёмкость сборки Фсб и цикл сборки Цсб.

Трудоёмкость сборки Тсб (часы) – это время, затраченное непосредственно на сборочные работы (без учета перерывов и нерабочих часов).

Цикл сборки Цсб  это полное время между двумя последовательными выпусками сборочных единиц с учетом перерывов, нерабочих часов. Цикл определяется в часах, днях при указании числа смен в день. Эмпирическая формула для расчёта цикла сборки, связывающая трудоёмкость и цикл сборки по участкам сборки, записывается следующим образом:

Ц = п Т ,

1

*i*

сб  р  к

где п – число участков сборки с заданной трудоёмкостью; р – количество рабочих, проводящих сборочные работы, на отдельных участках сборки; кi – коэффициент, учитывающий загруженность производства.

Последовательная сборка сборочной единицы идет в основном из деталей в одном сборочном приспособлении; конструкция собираемой сборочной единицы не расчленена на узлы и панели (непанелированная конструкция).

Сборка ведется поэтапно (вначале идет сборка каркаса, затем соединение каркаса с обшивками) в одном или двух сборочных приспособлениях. Сборка отличается повышенной трудоёмкостью и длительным циклом. Иллюстрация схемы сборки последовательным способом приведена на рис. 1.6.

1-й этап 2-й этап

Детали

Сборка каркаса

Соединение каркаса с обшивками

Готовое изделие

Рис. 1.6. Блок-схема последовательной сборки

Последовательно-параллельная сборка относится к сборке конструкции, расчлененной на панели и узлы (применяют при сборке агрегатов, редко для сборки сложных узлов). Панели, узлы, подсборки предварительно собирают в нескольких различных несложных сборочных приспособлениях еще на этапе узловой сборки, при этом нет стесненных условий труда сборщиков, привлекается большее количество сборщиков, что ведет к уменьшению общего цикла сборки агрегата.

Эта схема сборки наиболее широко применяется в самолетостроении, так как имеет меньший цикл сборки агрегата; используется большее количество недорогой оснастки. Иллюстрация последовательно-параллельной схемы сборки приведена на рис. 1.7.

Детали

Узловая сборка

Сборка агрегата (кессон крыла)

Сборка нервюр

Сборка лонжерона

Сборка панели 2

Сборка панели 1

Готовое изделие

Рис. 1.7. Блок-схема последовательно-параллельной сборки агрегата

Иллюстрации схем сборок во времени (цикловой график) приведены на рис. 1.8  1.9.

2

2

2

2

2

2

2

2

2

Сборка лонжерона

Часы

Часы

Часы

Часы

Часы

Часы

Часы

Часы

Часы

Выемка изделия

Контроль качества клепки

- клепка со стенкой

- сверление

- фиксация

- установка

**Фитинги с поясами**:

- фиксация

- установка

**Стенка**:

Рис. 1.8. Иллюстрация последовательной схемы сборки лонжерона

Из рис. 1.8 следует, что сборка клепаного узла состоит из последовательно проводимых операций установки, фиксации, сверления и клепки соединяемых элементов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сборка кессона ОЧК | Часы | Часы | Часы | Часы | Часы | Часы | Часы | Часы |
| Сборка верхней панели |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |
| Сборка нижней панели |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
| Сборка лонже- рона 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
| Сборка лонже- рона 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
| Сборка нервюр1  16 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
| Установка лонжерона 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |
| Установка лонжерона 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| Установка нервюр |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |

Рис.1.9. Иллюстрация последовательно-параллельной сборки ОЧК

Из рис. 1.9 следует, что сборка клепаной конструкции кессона крыла ведется по дифференцируемой, последовательно-параллельной схеме сборки: на участках узловой сборки параллельно собирают в различных сборочных приспособлениях панели, лонжероны, нервюры, затем уже готовые узлы поступают в стапель окончательной сборки кессона, и сборка идет последовательным поступлением узлов в стапель окончательной сборки агрегата.

При выборе схем сборок необходимо в первую очередь учитывать мощность предприятия, программу выпуска изделия, конструкцию изделия, используемые в нем материалы, выбранные методы и способы базирования основных деталей.