**Змістовний модуль 2. Методичні вказівки до виконання технологічної частини дипломного проекту бакалавра**

**Тема 5. *Методичні вказівки щодо розроблення директивних технологічних матеріалів. Посилання виконано до літератури [1].***

## 4.1. Состав исходных технических документов и параметров для разработки процессов сборки, монтажа заданных объектов

Для разработки технологии СМР заданного объекта конструкции самолета (вертолета) необходимы следующие исходные данные:

1) ***конструкторские чертежи*** объекта и его техническое описание с приведением характерных параметров по надежности, ресурсу, по номенклатуре материалов, крепежа, герметичности и т.п.;

2) ***технические условия*** на сборку, монтаж, регулировку, испытания, на состояние поставки входящих в объект подсборок и деталей; указания по допускам на размеры и формы; грунтовые и лакокрасочные покрытия; степень сборочной законченности;

3) ***программы выпуска*** изделий;

4) ***схема членения*** сборочного объекта на подсборки и детали; состав элементов монтажа;

5) ***директивные технологические материалы***, на основе которых разрабатывается серийная технология СМР;

6) стандартные документы единой системы технологической документации (***ЕСТД***) и ***ЕСТПП***.

Студент, имея конкретное задание на объект сборочно-монтажных работ, собирает ***конструкторские чертежи*** объекта сборки или ***принципиальные и монтажные схемы*** для объекта монтажа, необходимые к ним технические пояснения, спецификации. Они должны включать в себя общий вид сборочной единицы или объекта монтажа, необходимые для расшифровки всех мест конструкции (или монтажа) разрезы, сечения, места стыковки со смежными узлами, панелями, деталями, места крепления монтажных узлов.

***Технические условия*** (ТУ) назначают в целях получения качественной сборочной единицы или объекта монтажа. Их назначает конструктор. Они регламентируют параметры точности размеров, веса, покрытий поверхностей, термообработку, использование жестких калибров, шаблонов, средств контроля и т.п. В некоторых случаях ТУ назначает разработчик технологии.

Приводятся ТУ в конструкторской документации, ДТМ и ***производственных инструкциях*** (ПИ).

***Производственная программа*** влияет на схему технологического членения, схему и метод сборки, уровень подробности рабочей технологии, степень механизации СМР, уровень оснащения, организационную форму работ.

Базовый вариант ***схемы членения*** сборочной единицы принимаетсяпо материалам заводской практики, а в процессе работы над проектом она может видоизменяться с учетом технико-экономического обоснования.

***Директивные технологические материалы*** представляют собой своеобразные тезисы для разработки рабочей временной и серийной технологий СМР. Они включают в себя рекомендации по схеме сборки, методам сборки, схемам увязки оснастки, по выбору типовых сборочно-монтажных техпроцессов (укрупненные технологии сборки агрегатов, отсеков, специальных узлов самолета) и схемы крупно-сборочной оснастки или специального оборудования. Такие материалы собираются на практике, а затем в период курсового проектирования могут уточняться с учетом задания на проект и расчетных обоснований.

Со стандартами ***ЕСТПП*** и ***ЕСТД*** студенты знакомятся на лекционных курсах по техническим дисциплинам, на заводах во время практики и изучают их в период курсового проектирования. Такие стандарты имеются в методическом кабинете кафедры 104.

## 4.2.2. Общие технологические требования к конструкциям самолетов и вертолетов

Технологичность ***ЛА*** в значительной степени определяется рациональным выбором аэродинамических обводов, к которым предъявляют такие основные требования:

***1. Простота аэродинамических форм*** агрегатов планера и всех входящих в конструкцию элементов.

***2.*** Преимущественное применение ***поверхностей одинарной кривизны***, т.е. прямолинейных образующих, что обеспечивает:

1) простоту, точность и оперативность выполнения геометрических расчетов контуров и поверхностей при подготовке управляющих программ для оборудования с ЧПУ, при автоматизированном изготовлении плазов и обводообразующей оснастки;

2) высокую точность и простоту выполнения увязки конструкции агрегатов. В случае линейчатой поверхности, заданной плоскими сечениями, контуры всех промежуточных сечений определяются простым расчетом или графическим построением на одной проекции;

3) предельное упрощение обработки и контроля рабочих контуров и поверхностей плоской и объемной оснастки;

4) устранение необходимости изготовления шаблонов продольного набора сечений агрегата;

5) увеличение количества однотипных деталей и узлов (шпангоутов, нервюр, листов обшивки);

6) снижение трудоемкости изготовления технологической оснастки и ее номенклатуры.

Если применяется ***поверхность двойной кривизны***, то резко увеличивается номенклатура оснащения (специальные обтяжные пуансоны, макеты поверхностей, штампы и т. п.) и усложняются сборочные приспособления, техпроцессы сборки.

***3. Рациональное членение конструкции*** ***ЛА*** на сборочные единицы, что позволяет:

1) увеличить фронт СМР, сокращая сроки производства, улучшить качество сборочной единицы;

2) расширить применение средств механизации и автоматизации СМР;

3) улучшить возможности транспортировки отдельных крупных сборочных единиц и их частей при сборке ***ЛА***;

4) повысить производительность и условия труда сборщиков;

5) существенно снизить себестоимость СМР.

Подробнее о членении читайте в подразд. 4.2.5.

***4.*** Широкое применение в конструкции ***стандартных узлов и деталей***. Параметры таких деталей и узлов имеют высокое качество, тщательно отработаны, их изготовление и сборку можно вести на специализированных участках с низкой себестоимостью, образовывая заранее необходимый задел перед сборкой.

***5. Унификация элементов конструкции***. Унификация – это рациональное сокращение номенклатуры элементов одинакового функционального назначения. ***Однотипность*** деталей в составе конструкции ***уменьшает разновидность*** техпроцессов, оснастки, при этом сокращаются затраты на ТПП и в основном производстве ***ЛА***.

***6.*** Возможно большая ***конструктивная преемственность.*** Применение в изделии ряда деталей, сборочных единиц, монтажей, приборов, бортовых систем, раннее используемых в производстве, позволяет сократить затраты на разработку и освоение техпроцессов, на доводку оснастки, повысить качество изделия, сократить сроки освоения новых ***ЛА***.

***7.*** Максимальное использование в конструкции ***материалов с хорошими технологическими свойствами*** (обрабатываемость, легкость деформирования, свариваемость и т.п.). Использование таких материалов (см. приложение 5) позволяет упростить процессы обработки и сборки и, следовательно, снизить трудоемкость изготовления ЛА, сократить номенклатуру инструмента и оснастки, удешевить ТПП.

***8.*** Сокращение ***многодетальности*** и ***номенклатуры используемых марок материалов***, что приводит к улучшению всех технико-экономических показателей ТПП и СМР. Здесь следует расширять ***монолитность*** в конструкции агрегатов, панелей, узлов.

***9. Панелирование конструкций***, т.е. разделение агрегатов, отсеков, секций на ***сборные*** или ***монолитные панели***. Сам факт вычленения панелей сопровождается значительным расширением фронта СМР, активным использованием прессовой и автоматической клепки (или сварки), что существенно улучшает и качество изделий, и технико-экономические показатели производства.

***10. Наличие свободных подходов в конструкции*** к местам соединений и ***применение компенсаторов*** для снижения требований к точности увязки сопрягаемых элементов конструкции и уменьшения подгоночных операций.

***11. Конструкция стыков по разъемам*** должна обеспечивать соединение сборочных объектов, по возможности, ***без совместной обработки*** сборочных баз и, таким образом, отвечать требованиям взаимозаменяемости по стыкам. Наиболее технологичными являются ***фланцевые стыки***, которые легко увязываются с помощью мастер-плит. ***Вильчатые стыки*** являются наименее технологичными с точки зрения увязки их сборочных баз между собой. Требуют также разделки или совместной обработки сборочных баз ***телескопические*** и ***ленточные стыки,*** что снижает уровень их технологичности.

***12. Ориентация конструкций на определенный метод сборки.*** Сборочная единица должна быть приспособлена к выбранному методу сборки. Так, чтобы применить сборку по ***КФО,***  агрегаты и отсеки, имеющие замкнутую конструкцию, нужно расчленить на «открытые» панели и узлы, причем шпангоуты должны иметь стыки, совпадающие со стыками панелей, а между отдельными сегментами шпангоутов должны быть компенсирующие зазоры.

***13.***Отсутствие чрезмерно ***высоких требований к точности размеров, форм*** и ***чистоте обработки*** поверхностей элементов конструкции. Снижение на 1-2 квалитета точности и на 1-2 класса чистоты обработки кронштейнов может вдвое уменьшить затраты на механическую обработку.

Кроме того, улучшается технологичность объекта, если:

1) панели и узлы имеют ***открытые двусторонние подходы*** к месту клепки;

2) размеры панелей соответствуют характеристикам клепальных и сварочных автоматов, клепальным прессам, сверлильно-зенковальному оборудованию;

3) стрингеры на панелях одинарной кривизны расположены по ***процентным линиям***, что обеспечивает их ***прямолинейность*** и отсутствие ***закрутки*** по длине;

4) швы на панелях прямолинейны, шаг заклепок одинаков и заклепки одного типоразмера;

5) элементы каркасов имеют ***открытые профили***.

## 5.2. Методы сборки, применяемые в авиастроении

Целью сборочного процесса является получение новых свойств объекта при объединении его компонентов для совместного функционирования.

Сам процесс объединения компонентов получил название сборочного.

Структурно сборочный процесс включает в себя такие последовательно выполняемые работы:

– установочные работы для определения положения компонентов (деталей, сборочных единиц) относительно исходных баз или друг относительно друга;

– фиксацию достигнутого состояния одним из видов соединений (заклепочного, сварного, клеевого, комбинированного и т.п.).

Содержание метода сборки составляет совокупность приемов, определяющих положение компонентов, достигаемое в процессе сборки, или так называемое их базирование.

Реализация этого процесса обеспечивается наличием баз (совокупность поверхностей, линий или точек, находящихся на устанавливаемой детали и ответных, находящихся на базовой детали или объекте, с которыми собирается деталь).

Поэтому следует различать сборку по собственным базам, находящимся на собираемых компонентах, и по внешним, не входящим в конструкцию компонентов. По этим признакам выделяются две основные группы методов сборки:

1. Детали устанавливаются по внешним базам, расположенным на основной (базовой) детали. К этой группе относятся методы сборки: по сборочным отверстиям (СО), специально полученным на деталях; по разметке на базовой детали; по привалочным поверхностям.

2. Детали или узлы устанавливаются по базам, расположенным на специальном носителе размеров – сборочном приспособлении, стенде. Сюда относится сборка в приспособлении с компенсацией погрешностей входящих деталей, например, сборка «от обшивки», сборка «от каркаса» без компенсации, сборка «от каркаса» с использованием систем фиксирующих отверстий (так называемых БО и их разновидности по методу получения – КФО или БФО), сборка по лучу ЛЦИС.

Наибольшее распространение в современном самолетостроении получили такие методы сборки:

1) по сборочным отверстиям (СО);

2) по разметке на базовой детали;

3) по привалочным поверхностям (на посадках) на деталях;

4) в приспособлении с базированием деталей и узлов на их обводы и контуры;

5) в приспособлении с базированием деталей или узлов по специальным отверстиям (КФО, БФО);

6) в специальной системе оптико-механического стенда или системе опорных лучей лазерных источников.

Каждый из перечисленных методов характеризуется особенностями базирования, степенью обеспечения взаимозаменяемости при сборке, объемом оснастки, а также определенными точностными и экономическими характеристиками.

## 5.2.2. Основные факторы, определяющие выбор метода сборки

Практическая реализация применения того или иного метода сборки обусловливается комплексом факторов, зависящих от конструктивно-технологических характеристик объектов сборки, экономической целесообразности их применения и производственных условий их выполнения.

К числу главных факторов следует отнести:

1. Конструктивные особенности самолета как объекта сборки. Уровень требований к обеспечению точности выполнения геометрических форм и размеров, степень взаимозаменяемости частей планера и отдельных элементов. Эти требования выполняются, если сборочные базы в процессе сборки будут сохранять постоянство расположения по отношению к конструкторским базам, обеспечивать возможность беспрепятственной установки и закрепление всех собираемых деталей в процессе сборки, т.е. такое базирование, которое гарантирует получение заданной точности размеров и форм собираемых изделий.

2. Объем производства, определяющий целесообразность затрат на технологическое оснащение при различных методах сборки.

3. Технический и технологический уровни современного производства и перспективы их развития.

***Конструктивно-технологические факторы.*** Технология сборки и монтажа самолетных конструкций, включая выбор метода сборки, схем сборки, технологической последовательности выполнения операций, состава и количества сборочной и контрольно-испытательной оснастки, оборудования и инструмента, в значительной степени зависит от конструкции собираемых изделий и ее особенностей. Прежде всего, следует отметить влияние структурных свойств самолета как объекта производства: степень членения планера на конструктивно-технологические самостоятельные части, характеры сопряжений между сочленяемыми деталями и другими элементами конструкций, формы изделия, функциональное назначение отдельных элементов конструкции, степень точности выполнения размеров и форм, взаимного расположения и перемещения элементов конструкции, степень производственной и эксплуатационной взаимозаменяемостей.

Технологическое совершенство конструкции как признак возможности использования прогрессивных технологических процессов и форм организации труда влияет на все производственные технико-экономические показатели производства. При этом путем улучшения технологичности конструкции самолета можно добиться уменьшения трудоемкости сборочно-монтажных работ в два-три раза.

К числу основных технологических требований, предъявляемых к конструкциям самолетов при их сборке, следует отнести прежде всего обеспечение возможности уменьшения трудоемкости и сокращения циклов сборки, возможность сборки изделия в целом из совокупности самостоятельных специфицированных сборных частей; возможность использования методов сборки, обладающих минимальными затратами на их осуществление и минимальными объемами ручных пригоночных работ.

***Членение конструкции.*** Рациональное членение планера самолета на самостоятельные сборочные единицы закладывается в конструкцию на этапе проектирования изделий и разработки директивных технологических материалов. Целесообразность членения планера самолета на отдельные узлы, панели, секции и агрегаты вытекает из необходимости введения конструктивных и эксплуатационных разъемов и стыков, обеспечивающих удобство транспортировки и обслуживания изделий, быструю замену малоресурсных частей самолета. Дополнительное членение конструкций на самостоятельные технологические сборки и подсборки направлено главным образом на упрощение сборки и монтажа, расширение фронта работ, использование средств механизации и автоматизации.

На практике рациональность принятого варианта членения конструкции планера самолета оценивают сравнением его технико-экономических показателей с другими возможными вариантами.

Характер соединений элементов конструкций. Варианты конструктивного оформления сопряжений, разъемов и стыков между деталями и частями самолета многообразны.

От качества выполнения разъемов, стыков и сопряжений зависят весьма важные геометрические характеристики планера, обеспечивающие аэродинамические и эксплуатационные параметры самолета. Возможные конструктивные решения стыков, разъемов и сопряжений направлены на обеспечение: а) заданных аэродинамических контуров; б) потребных перемычек в сопрягаемых элементах; в) минимальных зазоров между сопрягаемыми элементами; г) сопряжений, обуславливаемых функциональными требованиями конструкции. Эти виды сопряжений оказывают существенное влияние на характеристики прочности конструкций планера летательных аппаратов, и поэтому к ним предъявляются повышенные требования по обеспечению точности заданных перемычек. Выполнения этих требований можно достичь, используя в качестве сборочных баз системы отверстий – СО, КФО, БФО или поверхности упоров базово-фиксирующих устройств сборочных приспособлений. В некоторых случаях обеспечения заданных перемычек можно добиться и разметкой после того, как детали будут зафиксированы в сборочном положении любым другим способом.

В табл. 5.5 приведены основные факторы и принимаемые решения по выбору метода сборки.

Таблица 5.5

Влияние конструктивно-технологических факторов  
на выбор метода сборки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Фактор | | Характеристика объекта сборки | | Влияние на выбор метода сборки |
| Членение планера самолета на конструктивно-технологические самостоятельные части | | Расчленен на агрегаты | | Сборка производится из отдельных деталей в сборочном приспособлении с базированием «от обшивки» или «от каркаса» |
| Расчленен на агрегаты, отсеки, секции | | Используются все методы сборки  Сборка по БО ограничена применением КФО и БФО |
| Расчленен на агрегаты, отсеки и панели | | Используются все методы сборки  Наиболее благоприятные условия для сборки по БО |
| Жесткость элементов конструкции | | Узлы, панели  и секции жесткой конструкции | | Предпочтительно использование методов сборки по чертежу и по БО |
| Узлы, панели и секции маложесткой конструкции | | Сборку осуществляют в сборочных приспособлениях с базированием на поверхности деталей или по СО в поддерживающих приспособлениях |
| Узлы, панели, секции нежесткой конструкции (деформирующиеся под воздействием собственной массы) | | Сборку выполняют в сборочных приспособлениях с базированием «от обшивки» |
| Геометрическая форма собираемых конструкций | | Плоские узлы, панели | | Предпочтительно использовать сборку по СО |
| Панели и секции с поверхностью одинарной кривизны | | Предпочтительно использовать сборку по СО и КФО |
| Геометрическая форма собираемых конструкций | Панели и секции с двойной и знакопеременной кривизной поверхности | | Для сборки могут быть использованы методы сборки в приспособлениях и по УФО  Сборка по УФО требует дополнительных затрат на обеспечение совпадения КФО и СО | |
| Конструктивное оформление внутреннего набора | Сборочные единицы с продольным набором деталей каркаса | | Широко применяется сборка по СО | |
| Сборочные единицы с поперечным набором деталей каркаса | | Возможно широкое применение сборки по КФО | |
| Смешанной конструкции | | Используется сборка по СО и КФО, а также сборка «от обшивки» и «от каркаса» | |
| Характер соединения каркаса с обшивкой | Детали каркаса соединяются с обшивкой непосредственно | | Осуществима сборка по УФО наряду с другими методами сборки | |
| Детали каркаса соединяются с обшивкой через детали-компенсаторы | | Сборку ведут в сборочных приспособлениях с базированием «от обшивки» Сборка по УФО затруднена | |
| Степень точности геометрических размеров и форм | Объекты сборки первой зоны точности | | Предпочтительна сборка в приспособлениях с базированием «от обшивки» | |
| Объекты сборки второй зоны точности | | Возможно широкое использование метода сборки по УФО наряду с другими методами сборки | |