

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени С.П.Королева

Д.Н.ЛЫСЕНКО, А.С.ГОРЯЧЕВ,  
И.М.БЕЛОГЛАЗОВ

СБОРКА КЛЕПАНЫХ УЗЛОВ

И

АГРЕГАТОВ САМОЛЕТА

Методические указания  
для курсового проектирования

Часть III

Сборочно-клепальные работы

Рассмотрены и утверждены  
редакционным советом института

17 мая 1972 года

Куйбышев 1973

Отв. редактор - профессор М.И.Разумихин

С Куйбышевский авиационный институт, 1973 г.

Методические указания содержат основные сведения о составе курсового проекта и его выполнении. Они знакомят студента с характером требований, предъявляемых к курсовому проекту, последовательностью разработки его разделов, объемом технологических и конструкторских расчетов, экономических обоснований и графических работ.

Разработка технологических процессов сборки узлов и агрегатов и проектирование необходимой для них технологической оснастки являются самостоятельной творческой работой студента. Методические указания должны оказать ему помощь в выполнении этих задач, внести планомерность в работу, свести к минимуму непроизводительные затраты времени, исключить элементы шаблонности и формализма в работе над проектом, стимулировать творческий подход к выполнению задания с проявлением максимума самостоятельности и инициативы.

Вместе с тем методические указания должны оказать помощь руководителям курсового проектирования в подготовке к занятиям, в оценке выполненных работ, что поможет установить необходимое единообразие в руководстве и требованиях к студентам.

Предлагаемые методические указания представляют собой первую попытку обобщения имеющегося на кафедре опыта по курсовому проектированию и поэтому подлежат дальнейшей обработке и совершенствованию.

## I ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### Цель курсового проектирования

Основной целью проекта является выработка у студентов практических навыков самостоятельного решения частных инженерных задач в области разработки технологии сборки узлов и агрегатов летательных аппаратов и проектирования сборочной оснастки.

Курсовой проект выполняется на 10 семестре и должен в известной мере подытожить знания, полученные студентом при изучении ряда специальных дисциплин, подготовить его к преддипломной практике и работе над дипломным проектом.

В процессе работы над курсовым проектом выявляется степень усвоения студентом 2-ой части курса технологии производства летательных аппаратов, а также таких дисциплин, как конструкция и расчет самолета на прочность, металловедение, экономика и организация производства.

Выясняется способность студента применять теоретические положения указанных дисциплин и сведения, полученные во время пребывания в сборочных цехах на 2-ой технологической практике, для решения конкретных задач, предусмотренных заданием.

Студент должен уметь использовать современные достижения науки и техники в области сборочно-клепальных работ, обосновать техническую и экономическую целесообразность их применения в конкретных условиях, уметь грамотно выполнить необходимые технические и экономические расчеты, а также сборочные и деталировочные чертежи проектируемых приспособлений, четко и логично формулировать свои мысли и предложения.

В процессе работы над курсовым проектом студент укрепляет полученные ранее навыки пользования нормативными материалами, специальной технической и справочной литературой.

#### Задание на курсовой проект

Задание на курсовой проект выдается руководителем проекта и утверждается заведующим кафедрой. Оно оформляется на бланке установленного образца. В нем указывается наименование и номер чертежа узла (агрегата), процесс сборки которого будет разрабатываться, годовая программа выпуска изделий, а также приспособление, которое должно быть спроектировано.

К заданию прилагается сборочный чертеж объекта разработки. Объектами разработки являются узлы самолета (крупные нервюры, лонжероны, шпангоуты, двери, люки) панели (технологические и съемные) и мелкие агрегаты (рули, элероны, щитки, кили).

Отдельные положения задания могут быть уточнены руководителем курсового проекта в процессе разработки его студентом.

Содержание проекта и объем выполняемых работ  
Организация работы над проектом

Проект складывается из двух тесно связанных между собой частей: разработки технологического процесса сборки заданного изделия и проектирования необходимого для сборки приспособления (стапеля).

В первой части решаются следующие вопросы:

изучение чертежей, анализ технологичности конструкции, техническое описание изделия и составление схемы членения его;

составление схемы сборки, требований к поступающим на сборку деталям и схемы увязки заготовительной и сборочной оснастки (схемы обеспечения взаимозаменяемости);

разработка рабочего процесса сборки в двух вариантах, нормирование его, технико-экономическое сравнение вариантов;

оформление технологических карт и разработка циклового графика сборки;

Вторая часть предусматривает:

составление технических условий на проектируемое приспособление;

выбор силовой схемы и схемы фиксации, проведение необходимых прочностных и точностных расчетов;

разработку чертежей общих видов и деталировку.

Работа заканчивается составлением расчетно-пояснительной записки к проекту. Объем работ, выполняемых по курсовому проекту составляет: 0,5 - I лист схема членения; 0,5 - I лист - схема сборки; 0,5 - I лист схема обеспечения взаимозаменяемости; 2,5 - 3,5 листа чертежей приспособления; 25 страниц текста пояснительной записки и 4-6 карт технологического процесса сборки.

Приступая к работе над проектом, студент составляет индивидуальный план выполнения его, который включает перечень этапов работы и сроки их выполнения. Календарный план составляется по установленной форме, утверждается руководителем и является официальным документом, в соответствии с которым студент отчитывается перед руководителем. Сроки выполнения отдельных этапов проекта назначаются, исходя из следующих объемов работы:

Подготовительный этап - 20% ознакомление с заданием, изучение чертежей узла и технических условий на его сборку, ознакомление с литературными источниками и руководящими материалами. Технологический анализ конструкции, разработка схемы членения и схемы сборки, требований на поставку деталей.

Второй этап - 30% разработка и оформление рабочего процесса сборки со всеми расчетами.

Третий этап - 40% выполнение конструкторских разработок со всеми расчетами и описанием спроектированного приспособления и схемы узла заготовительно-штамповочной и сборочной оснастки. Оформление расчетно- пояснительной записки - 10.

Студент обязан организовать свою работу так, чтобы с наименьшей затратой времени и труда обеспечить выполнение всех этапов разработки проекта в установленный срок. Следует помнить, что работа строго по календарному плану гарантирует своевременное качественное выполнение задания.

Непосредственное руководство работой студента над проектом осуществляет руководитель курсового проекта.

Руководство проектом не должно иметь характера "катаскивания" и превращаться в репетиторство и мелочную опеку. Руководитель помогает студенту находить правильные решения, подсказывает источники необходимой информации, но не ограничивает его инициативы и самостоятельности.

Существенное значение для планомерной работы студента над проектом имеет систематический контроль за ходом выполнения разработок. Руководитель проекта на консультациях определяет в соответствии с календарным планом объем выполненной работы. Эти данные фиксируются в групповом журнале для сообщения в деканат.

## II. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ

### Исходные данные для разработки технологических процессов

Исходными данными для проектирования технологических процессов сборки являются рабочие чертежи; технические условия на изготовленные объекты сборки; программа выпуска.

Рабочие чертежи собираемого объекта включают общий вид узла, секций или агрегата, необходимые сечения и стыковые узлы, чертежи подборок - узлов или панелей и др.

Технические условия на изготовление объекта состоят из сведений, касающихся точности, степени сборочной законченности, возможных отклонений от чертежа, требований контроля, испытаний, защиты от коррозии и других.

Производственная программа оказывает влияние на характер технологического членения агрегатов самолета, схему и методы сборки, глубину разработки рабочей технологии, степень механизации производственных процессов, их оснащенность специальным оборудованием и сборочной оснасткой, а также на организационные формы производственного процесса.

На производстве к исходным данным относятся также директивные технологические материалы. Директивные технологические материалы разрабатывают в ОКБ в период проектирования и изготовления опытного образца нового самолета и являются основой для подготовки производства. Директивные технологические материалы содержат схемы конструктивных и технологических разъемов; схемы увязки штамповочной и сборочной оснастки, схемы сборки агрегатов; перечень средств, обеспечивающих взаимозаменяемость узлов, панелей, агрегатов и их секций; перечень и краткие характеристики новых технологических процессов, подлежащих освоению; ведомости специального оборудования; графики проектируемой трудоемкости; графики подготовки и освоения нового самолета в серийном производстве.

### Изучение конструкции и анализ ее технологичности

Изучение конструкции объекта сборки предусматривает детальное рассмотрение узла или панели и входящих деталей, их конструктивных связей с другими сопрягаемыми узлами, анализ техусловий на изготовление по точностным характеристикам для выбора схемы и методов сборки.

Технологичными принято считать такие конструкции, которые при обеспечении эксплуатационных качеств изделия позволяют в условиях производства достичь меньшей трудоемкости изготовления за счет механизации и автоматизации технологического процесса обработки деталей и сборки узлов, секций или агрегатов, снижения стоимости продукции.

Технологичность конструкции самолета определяется формой деталей, узлов, агрегатов; возможностью панелирования агрегатов и их секций; точностью изготовления сборочных единиц; конструкцией стыковых узлов; способами соединения деталей, узлов, секций и агрегатов между собой; материалами заготовок и точностью изготовления деталей; применением нормализованных деталей.

Конструкции сборочных единиц должны обеспечивать возможность максимальной механизации сборочно-клепальных работ. Это возможно в случае, если панели и узлы имеют свободные подходы с обеих сторон к местам клепки; размеры панелей соответствуют техническим характеристикам высокопроизводительного сверлильно-клепального оборудования; стрингеры на панелях одинарной кривизны расположены по процентным линиям, что обеспечивает их прямолинейность и отсутствие закрутки по длине; швы на панелях прямолинейны, шаг заклепок, их размеры и марка материалов одинаковы или имеют минимальное разнообразие; элементы каркаса имеют открытые профили, конструкции деталей обеспечивают возможность применения высокопроизводительных технологических процессов, состоят из легкообрабатываемых материалов.

В конструкциях должно быть как можно меньше разнообразия марок материалов, большое количество монолитных деталей и узлов, полученных штамповкой, литьем или прессованием. Простота конструктивных форм деталей облегчает изготовление заготовительно-штамповочной оснастки и сокращает ее номенклатуру и количество. Для того, чтобы разработать в дальнейшем схему членения и схему сборки, необходимо тщательно разобраться в конструкции, форме, размерах, материалах всех входящих в узел деталей. Также тщательно следует изучить все вошедшие в конструкцию узла нормалы (заклепки - их марки, размеры количество, болты, гайки, шайбы, шплинты и др). Установить характер посадки болтов, чтобы решить вопрос о точности и технологии получения отверстий в сопрягаемых деталях.

Заканчивается изучение конструкции заданного объекта сборки составлением технического описания и характеристикой его технологичности.

### Ш. РАЗРАБОТКА СХЕМ ЧЛЕНЕНИЯ И СХЕМ СБОРКИ

#### Схемы членения

Опыт производства летательных аппаратов показывает, что правильное расчленение агрегатов на секции, панели и узлы обеспечивает высокую степень механизации сборочных работ, что ведет к повышению





производительности труда; применение параллельных схем сборки, что снижает цикл изготовления узла или агрегата; разделение и специализацию труда, что способствует сокращению сроков изготовления узла или агрегата и повышает его качество.

Схема членения агрегата или узла в значительной степени определяется теми конструкторско-технологическими особенностями, которые заложены при проектировании изделия. Однако в процессе разработки технологического процесса может выявиться необходимость дополнительного технологического членения, создания дополнительных технологических сборочных единиц (подборок). Если такое дополнительное расчленение обеспечивает высокие технико-экономические показатели, следует идти даже на значительные конструктивные доработки.

На рис. I представлена схема членения руля высоты тяжелого самолета. Конструктивно-технологические особенности руля высоты не позволяют выявить сборочные узлы и подузлы, поэтому на схеме показаны только детали, которые последовательно подаются в стпель сборки руля. При разработке схемы членения детали следует изображать в том виде, в каком они подаются на сборку, со всеми направляющими, сборочными и другими отверстиями.

#### Схемы сборки

Многочастность конструкции планера самолета значительно усложняет процессы сборки. Порядок поступления на сборку сборочной единицы (например, секции), входящих в нее элементарных деталей и сборочных единиц младшего порядка (панелей, узлов) определяется так называемой схемой сборки.

Схемы сборки должны быть подчинены основному правилу: подавать на общую сборку сборочной единицы меньше элементарных деталей и больше максимально укомплектованных младших сборочных единиц. Даже при сборке узлов и панелей полезно выделить под сборки (подузлы). Это правило позволяет упростить общесборочное приспособление и способствует сокращению сборочного цикла за счет возможного расширения фронта работы.

Окончательное решение о приемлемости варианта членения и схемы сборки на производстве принимается после экономического анализа. С этой целью производится сравнительный расчет приведенных затрат по вариантам.

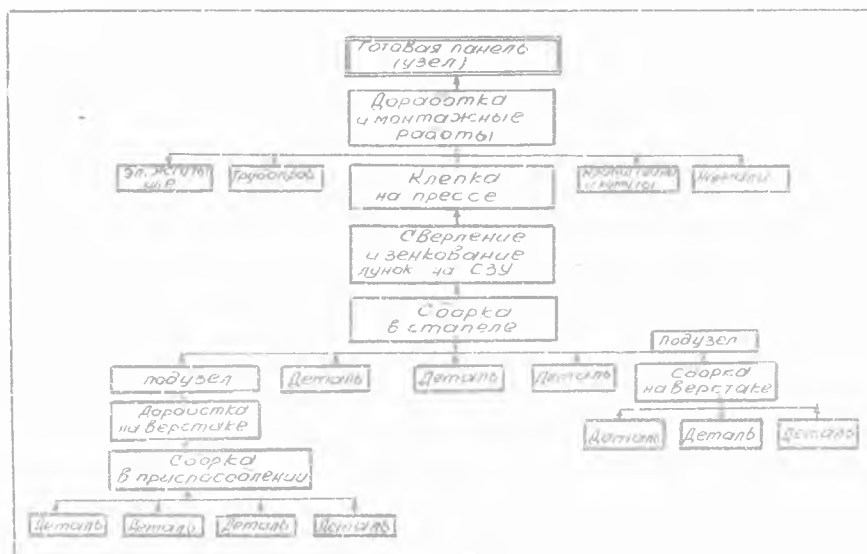


Рис.2.Типовая схема сборки

Принципиально схемы сборки показывают последовательность соединения деталей в сборочные единицы (рис. 2). В схемах сборки принято учитывать не только детали и узлы, идущие на сборку, но также и рабочие места, на которых осуществляются сборочные и вспомогательные операции (станки, верстаки, сверлильно-зенковальные установки, клепальные прессы и т.д.).

Примеры оформления схем сборки имеются в кабинете курсового проектирования.

### Методы сборки, применяемые в самолетостроении

Рабочий процесс сборки любой клепаной самолетной конструкции состоит из отдельных технологически разрозненных частей, каждая из которых по своему влияет на процесс, на его трудоемкость и цикл. Эти части являются в общем случае и последовательными этапами сборки.

Установочные работы (этап I) в значительной степени влияют на точность обводов и расположение стыковых соединений, прочность собираемой конструкции и определяют величину затрат на оснастку. В зависимости от выбранного способа базирования деталей конструкции в процессе сборки - возможны две различные группы методов сборки:

1. Детали устанавливаются по базам, расположенным на основной (базовой) детали. К этой группе относится сборка по сборочным отверстиям (БО); сборка по заранее отработанным (базовым) поверхностям.

2. Детали или узлы устанавливаются по базам, расположенных на специальном носителе размеров и форм - сборочном приспособлении. Сюда относятся сборка в приспособлении с компенсацией погрешностей входящих деталей, например, сборка "от обшивки", сборка "от каркаса" без компенсации, сборка с базированием по КФО (координатно-фиксирующим отверстиям).

Каждый из перечисленных методов сборки характеризуется особенностями базирования, степенью обеспечения взаимозаменяемости при сборке и объемом оснащения. Поэтому каждый метод сборки определяется своими точностными и экономическими показателями.

#### Характеристика методов сборки и их применение

Первая группа методов сборки получила широкое распространение вне зависимости от класса машин. Основным достоинством этих методов является простота технологических процессов сборки, дешевизна сборочной оснастки.

Сборка по сборочным отверстиям (СО). В этом случае детали устанавливаются во взаимно правильное положение путем совмещения отверстий базовой и входящих деталей с последующей их фиксацией цилиндрическим штифем фиксатора (любой конструкции). Точность установки деталей обеспечивается точностью переноса отверстий на детали и размерами фиксаторов.

Сборка по СО может широко применяться, особенно при сборке плоских листов с профилями, шпильками и др. (т.е. в паре конструктивно связанных деталей). Исключения составляют детали, допускающие на расположение которых относительно конструкторских баз меньше погрешностей процесса сборки по СО, например, детали стыковых узлов.

Условиями для сборки по СО являются возможность соединения деталей с помощью пружинных или винтовых фиксаторов и макетных болтов, а также возможность получения заданной точности узла. Последняя в значительной степени определяется взаимным расположением СО относительно контура детали. В связи с этими основными средствами переноса СО в случае плоских узлов являются шаблоны. В случае сборки пространственных узлов используются пространственные носители размеров - ШОК и кондукторы.

Сборка по СО обеспечивает снижение трудоемкости и затрат на оснащение агрегатно-сборочных цехов, получение стабильных размеров, однако этому методу сборки присущи недостатки, в частности, увеличение объемов заготовительно-штамповочных работ из-за необходимости получения большого числа отверстий и обеспечения большей точности деталей, поступающих на сборку.

Сборка по разметке (по чертежу). Данный метод применим при сборке плоских узлов и панелей с одинарной кривизной в мелкосерийном производстве.

Установка деталей осуществляется по линиям разметки, нанесенным на базовой детали. Например, по линиям, нанесенным рабочим-сборщиком, по вырезам на специальном разметочном шаблоне с помощью грифельного карандаша или, наконец, методом фотопечати в заготовительном цехе. В этом случае в качестве негатива используются конструктивные плазы на винипрозе или термопрейсе. К недостаткам этого метода относится его большая трудоемкость по сравнению со сборкой по СО и низкая точность. Взаимное смещение собираемых деталей колеблется в пределах 1 - 2 мм и более и зависит от квалификации исполнителя.

Сборка по базовой детали. Наиболее простым методом сборки является сборка по базовым поверхностям. Этот метод применим при сборке изделий из жестких деталей, например, амортизатора шасси. При этом одна из деталей узла выбирается в качестве основной (например, шток) и несет базы для установки входящих деталей, имеющих ответные установочные базы. Точность установки деталей определяется точностью выполнения посадочных поверхностей и обеспечивается принятой в машиностроении системой допусков и посадок. Наибольший эффект обеспечивается при использовании цилиндрических поверхностей сопряжений.

Сборка в приспособлениях. Вторую группу методов сборки составляют те, при которых положение деталей и узлов в конструкции определяется базами, расположенными на сборочном приспособлении. Поэтому приспособление можно рассматривать как форму, размеры и конфигурация которой копируются в процессе сборки. Кроме того, оно обеспечивает придание определенной формы нежестким деталям и узлам, задает определенное положение инструментам относительно собираемого изделия. При сборке в приспособлениях различают базирование по контуру (по обводам) деталей и базирование по отверстиям, имеющимся на устанавливаемых в приспособления деталях.<sup>x)</sup> При базировании на контуры деталей, определяющие наружные обводы агрегатов, возможна сборка с компенсацией погрешностей изготовления входящих деталей.

При этом благодаря усилию зажимов, вызывающих незначительное упругое деформирование (или перемещение) деталей зазоры между установочными базами (фиксаторами приспособления) и деталями собираемой конструкции выбираются до нуля. Это позволяет получить высокую точность выполнения контуров объекта сборки при меньшей точности изготовления деталей, но требует усложнения конструкции сборочного приспособления.

Характерным примером такой сборки является сборка панелей, в которых поперечный набор соединится с обшивкой непосредственно или через стрингеры с помощью промежуточных элементов-компенсаторов. Конструкция сборочного приспособления несколько упрощается, если базироваться на каркас объекта сборки, однако использовать здесь компенсаторы не представляется возможным. В связи с этим базирование от каркаса вызывает снижение точности сборки. Упрощение конструкции фиксирующих элементов стальной достигается базированием по системе координатно-фиксирующих отверстий (КФО) и базово-фиксирующих отверстий (БФО).

Технологические особенности процессов сборки по КФО и БФО. При базировании узлов по КФО отверстия расположены на плоских поверхностях деталей и могут быть легко закордированы в системе конструктивного плаза с последующим переносом на осна. су и детали с помощью плаз-кондуктора с шагом кратным 50 мм.

x) К таким отверстиям можно отнести отверстия стыковых узлов, а также и технологические отверстия типа СО, БО, КФО.

Сборка осуществляется установкой и фиксацией сборочных единиц (деталей и узлов) по отверстиям в узлах фиксации сборочных приспособлений. Эти сборочные единицы служат базой для всех последующих насаждаемых деталей.

При системе БФО на базовый узел, зафиксированный в приспособлении, наложение входящих узлов и деталей осуществляется по отверстиям базового узла, ответные отверстия предусматриваются в насаждаемых узлах и деталях. При этом БФО переносятся на фиксаторы сборочных приспособлений с помощью шаблонов, макетов поверхности, монтажных эталонов или эталонных деталей.

Все три системы отверстий (СО, КФО и БФО) выполняют роль установочных и фиксирующих баз, в связи с этим метод сборки по отверстиям можно обобщить как метод сборки по УФО - установочно-фиксирующими отверстиями.

В практике встречаются случаи, когда сборка осуществляется с применением нескольких методов. Такое базирование называется комбинированным.

#### Проектирование схем увязки заготовительной и сборочной оснастки

Вследствие погрешностей, возникающих на различных этапах сборки, размеры собираемого узла, панели или агрегата отличаются от размеров, предусмотренных чертежами и техническими условиями.

Причинами погрешностей при сборке являются погрешности сборочной оснастки или базовой детали: погрешность базирования деталей по фиксаторам и упорам приспособления или по СО базовой детали; погрешности, не зависящие от принятого метода сборки.

Сюда относятся погрешности от упругой деформации деталей, поводки от клепки, смещение фиксаторов приспособления под действием силовых и температурных факторов и т.п.

Величина погрешностей в значительной степени определяется схемой увязки оснастки и точностными характеристиками переноса размеров на отдельных этапах сборки ( подробнее см. раздел III).

Эталонно-шаблонный метод увязки. Для достижения требуемой точности изготовления и увязки собираемых изделий разрабатываются схемы увязки заготовительной и сборочной оснастки. В самолетостроении для обеспечения взаимозаменяемости применяется система, основанная на использовании плазово-шаблонного метода производства.

В настоящее время преимущественное распространение получили эталонно-шаблонный и макетно-инструментальный метод увязки сборочной и заготовительно-штамповочной оснастки. Принципиальная схема увязки оснастки при эталонно-шаблонном методе представлена на рис.3.

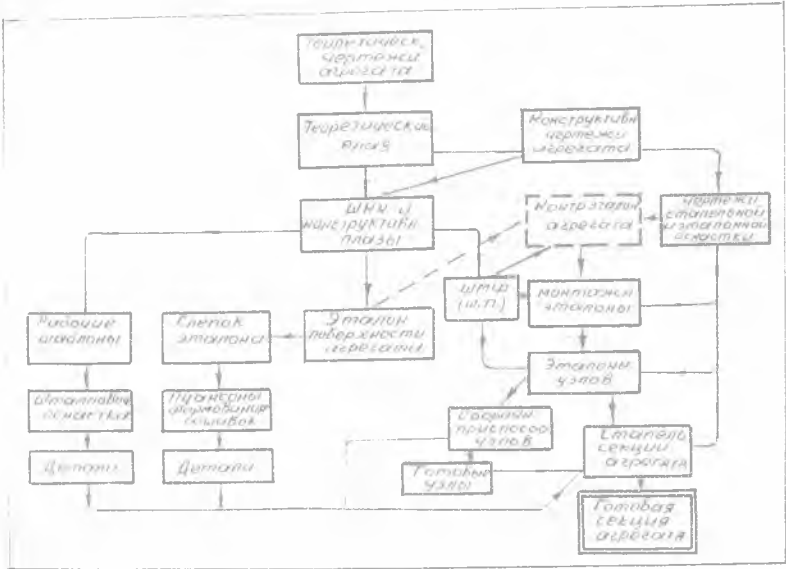


Рис. 3. Схема увязки оснастки при эталонно-шаблонном методе

В качестве исходного эталона для увязки сложной заготовительной и сборочной оснастки используются эталоны поверхностей агрегатов, которые полностью воспроизводят агрегаты по размерам и формам.

Эталоны поверхности изготавливаются на отдельные агрегаты в основном двойной кривизны типа мото-гондол или фонарей пилотов и увязываются между собой через систему плоских шаблонов и инструментальную оснастку, что обеспечивает достаточную точность изготовления самолета.

Для деталей, которые выходят на аэродинамический контур, по эталону поверхности изготавливают пескослепки, с них также методом слепок изготавливают обтяжные пуансоны.

По эталону поверхности изготавливают контрэталоны агрегата, предназначенный для изготовления монтажного эталона агрегата и отдельных эталонов узлов.



Монтажный эталон обрабатывается по поверхности декал и несет на себе все стыковые узлы. На стыки агрегатов и вилки также изготавливается своя группа эталонно-контрольных оснастки.

Представленная на рис. 3 принципиальная схема является базовой схемой увязки. При мелкосерийном и опытном производстве могут быть отклонения от нее. Контрольные и монтажные эталоны в этом случае не изготавливаются. Монтаж сборочных приспособлений ведут обычным путем с использованием плаз-кондуктора, инструментального стэнда и калибров разъемов.

В тех случаях, когда обшивки отдельных агрегатов имеют одинарную кривизну и для их изготовления не нужны обтяжные пуансоны, эталоны поверхности вообще не изготавливаются. Монтажный эталон в этом случае делается непосредственно по шаблонам ЦМФ. Таким образом эталонно-шаблонный метод обеспечивает наиболее точную увязку контрольно-измерительной, рабочей и сборочной оснастки, а также межзаводскую взаимозаменяемость.

Однако этот метод имеет ряд существенных недостатков, среди которых следует отметить сложность и большую трудоемкость изготовления эталонов крупногабаритных агрегатов, узкий фронт работ, длительный цикл подготовки производства.

Макетно-инструментальный метод увязки. При изготовлении самолетов тяжелого и среднего типов основное применение нашел макетно-инструментальный или как его еще называют координатно-шаблонный метод увязки. По сравнению с эталонно-шаблонным методом он проще, обеспечивает более короткие сроки подготовки производства при достаточно высокой точности изготовления сборочной оснастки.

Принципиальная схема этого метода представлена на рис. 4.

Увязка оснастки производится с помощью инструментального стэнда (заливка вилок в стаканы балок и рам) плаз-кондуктора (заливка втулок в рубильниках), калибров разъемов.

При макетно-инструментальном методе увязки не исключается наличие местных эталонов поверхности, которые предназначены для изготовления заготовительной оснастки в виде обтяжных и гибочных пуансонов. Если обшивки отдельных агрегатов не имеют двойной кривизны и не требуют отделки, необходимость в эталонах поверхности отпадает.

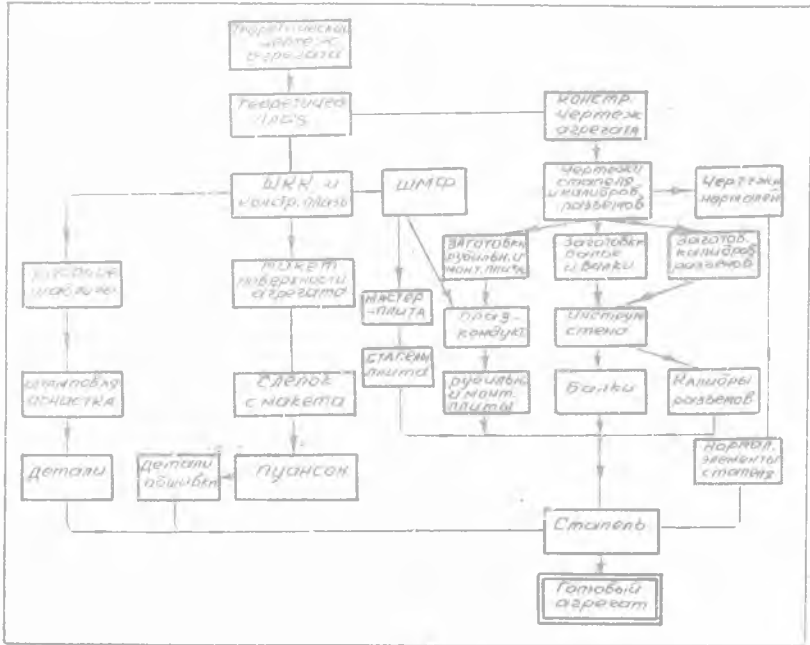


Рис.4. Схема узязки оснастки при макетно-инструментальном методе

Исходными элементами для узязки оснастки являются конструктивные плазы и шаблоны ШКК, по которым, как видно из рис. 4, выполняется группа рабочих шаблонов для изготовления деталей и стапельные шаблоны ШМФ для изготовления элементов сборочных приспособлений.

Для обеспечения взаимозаменяемости агрегатов по стыкам применяются разнообразие калибры разъемов. Калибры разъемов служат для установки в приспособлениях фиксаторов стыковых узлов, а также для узязки сборочной оснастки сопрягаемых по стыкам агрегатов, их секций и других подборок.

Обычно на заводах схемы сборки и узязки проектируются раздельно. При выполнении курсового проекта эти схемы, особенно для простых узлов, можно объединять.

При проектировании единой схемы сборки и узязки следует указать последовательность поступления на сборку деталей и узлов. Для каждой типовой детали указать заготовительную оснастку (применяемые шаблоны, инструменты, оборудование и т.д.). Кроме того, если отдельные детали предварительно собираются в под сборки, необходимо указать приспособления для их сборки и средства для изготовления этих приспособлений.

При разработке схемы узязки студент должен иметь в виду, что ее необходимо представлять конкретно для заданного узла или агрегата.

При выборе узязки необходимо также руководствоваться экономическими и точностными требованиями.

Примеры оформления схем узязки имеются в кабинете курсового проектирования.

#### IV. РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

##### Основные положения

При разработке технологического процесса сборки необходимо установить план и содержание сборочных операций и входящих в них переходов и наиболее рациональную последовательность их выполнения.

Технологический процесс сборки любой клепаной конструкции состоит из ряда типовых операций и вариантов их выполнения, приведенных в таблице I.

Таблица I

Этапы сборки (группы операций)	Возможные операции	Варианты выполнения операций	Примечание
1	2	3	4
1. Установка, фиксация и закрепление собираемых элементов	Установка и фиксация закрепление	По разметке, по чертежу, по месту. По сборочным отверстиям по фиксаторам сборочного приспособления По фиксаторам приспособления и штырям по КФО Зажимами приспособления Объемными зажимами (струбцинами, пружинными, фиксаторами, штырями) Контрольными болтами Контрольными заклепками	Без пригонки или с пригонкой  По просверленным заранее отверстиям или со сверлением для них отверстий

Продолж. табл. 1

1	2	3	4
2. Подготовка отверстий	Сверление  Зенкование  Развертывание  Протягивание  Штамповка блунок  Снятие заусенцев и очистка от стружки  Обезжиривание герметических швов и прокладке герметиков	С разметкой по чертежу С разметкой по шаблонам По направляющим отверстиям По кондукторам  Отдельно, после сверления Совместно со сверлением  Вручную пневмоинструментом на станках  переносными силовыми головками  в каркасах-пневмомолотками в обжимках на прессах  шпательми сверлами	Пневматическими дрелями или на стационарных установках           для точных болтов, для заклепок с высоким сопротивлением срезу      Обязательно при герметической клепке
3. Собственно сборка (соединение)	Клепка различного заклепками  Установка болтов и винтов Контровка	пневмомолотками переносными прессами на стационарных прессах	
4. Освобождение от фиксаторов и зажимов	Снятие съемных фиксаторов и зажимов  Освобождение от зажимов приспособления Выемка из приспособления		
5. Внестанпельная доработка	Сверление  Клепка Развертывание или протягивание отверстий	пневмоинструментом или на станках и прессах	Объем доработки зависит от характера процессов, степени загрузки станпелы и ряда других причин

Продолж. табл. I

1	2	3	4
	Постановка болтов Разделка стыков	На универсальных станках или специальных разделочных стендах	

Примечание. Здесь не указаны монтажные процессы, выполняемые при внестаночной доработке панелей, секций, агрегатов, т.к. они составляют особую группу внестаночных работ.

В зависимости от технологичности и величины производственной программы необходимо всемерно механизировать основные и вспомогательные процессы, исключая или сводя к минимуму подгоночные и трудоемкие ручные работы. Вместе с разработкой технологических процессов сборки составляют условия на проектирование сборочной оснастки и средств контроля, выбирают транспортные и подъемные устройства, составляют условия поставка на сборку узлов и деталей и ведомости потребных нормалей и материалов.

После этого технолог (студент) может приступить к разработке и оформлению на картах рабочего технологического процесса. Затем производит его нормирование. Одновременно по тарифно-квалификационному справочнику определяет специальность и разряд работы. В пояснительной записке необходимо привести несколько примеров нормирования характерных операций.

При проектировании технологического процесса необходимо применять современные высокопроизводительные инструменты и оборудование, которое выбирается по каталогам и заносится в технологические карты.

#### Разработка условий на поставку узлов и деталей

Условия на поставку деталей и узлов разрабатываются технологиями агрегатных цехов и определяют ту степень законченности, с какой должны поступать детали и отдельные узлы в данной агрегатный цех на сборку конкретной сборной единицы.

В условиях поставки узла указывают укомплектованность узла, перечисляются детали, входящие в его конструкцию. В условиях на поставку деталей определяется степень их готовности, т.е. указывается наличие припусков. Технологических отверстий (СО,НО,КФО), наличие и диаметр стыковочных отверстий оговариваются места, где их не должно быть.

Условия на поставку узлов и деталей должны быть оформлены на листе в записке по схеме (таблица 2.

Таблица 2

№№ пп	Эскиз детали или узла	Номер детали или узла	Наименование	Степень законченности
1.		0300-40-01.		Припуск с двух сторон 5 мм; Н.О.
2.		0300-50-02		

Сравнение вариантов технологических процессов

Для сборки узла или агрегата может быть разработано несколько вариантов технологических процессов, из которых необходимо выбрать оптимальный. Варианты могут отличаться как методами базирования или схемой сборки, так и способами и средствами выполнения отдельных операций и переходов. Для правильного выбора оптимальной схемы технологического процесса необходимо провести его экономическое сравнение.

Для этого студент, консультируясь у преподавателя выбирает два технологических процесса одинаковых по качественным показателям, но различных по характеру выполнения и приводит их экономическое сравнение. Сравнение ведется по технологической себестоимости, по ее изменяющимся статьям. При практических расчетах обычно ограничиваются включением в технологическую себестоимость только расходов на материалы (герметики), полуфабрикаты (заклепки, болты, гайки и др.)-М; заработной платы производственных рабочих - Зпр; расходов по эксплуатации оборудования и его амортизации - О; расходов на эксплуатацию приспособления - П и инструмент - И т.е.

$$C = M + \text{Зпр.} + O + П + И.$$

В некоторых случаях в расчеты можно включать и другие элементы себестоимости (стоимость энергии, зарплату наладчиков и т.п.). Если же в сравниваемых вариантах техпроцессов некоторые статьи будут одинаковы, их можно исключить при расчете технологической себестоимости. Порядок расчетов при сравнении вариантов по технологической себестоимости следующий:

1. Рассчитывают затраты по каждой составляющей технологической себестоимости для каждого варианта.

2. Определяют текущие затраты на одну деталь

$$A = M + \text{Зпр.} + O_u + П_u + И_u,$$

где  $O_u$ ,  $П_u$ ,  $И_u$  - затраты на универсальное оборудование, приспособление и инструмент.

3. Определяют затраты единовременные для каждого варианта

$$B = \frac{O_c + П_c + И_c}{N},$$

где  $O_c$ ,  $П_c$ ,  $И_c$  - затраты на специальное оборудование, приспособления и инструменты;  $N$  - годовая программа.

4. Определяют технологическую себестоимость одной детали

$$\text{Стд} = A + \frac{B}{N}$$

или суммарные расходы на годовую программу выпуска деталей

$$\text{Ст.год} = A N + B.$$

5. Построив график  $C = f(N)$ , определяют оптимальный вариант технологического процесса для данного масштаба производства.

Примечание. Рекомендуется пользоваться методикой, предложенной в методическом пособии [8].

#### Разработка циклового графика сборки

В цикловом графике сборки дается краткий перечень выполняемых операций, указывается трудоемкость и длительность выполнения операций, а также количество одновременно работающих на каждом задании.

Суммируя длительность последовательно выполняемых операций, определяют технологический цикл всего процесса сборки, а также цикл сборки узла или агрегата в стапеле - цех. Продолжительность выполнения операций определяется по формуле

$$Ц_0 = \frac{T}{\Pi \cdot k}$$

где T - трудоемкость;  $\Pi$  - количество одновременно работающих; k - коэффициент переработки норм, обычно равен 1,05-1,15.

При разработке циклового графика следует особо обратить внимание на правильную компоновку сменных заданий. Операции желательно компоновать так, чтобы цикловое время их выполнения было кратно одной смене. Если это не удастся сделать, можно расчленить отдельные операции по переходам.

Определив сменные задания, количество одновременно работающих на каждом задании и цикловое время их выполнения, строят график работ по смене согласно прилагаемой форме (таблица 3)

Таблица 3

№ п/п	Наименование операций и переходов	Трудоемкость	Кол-во одно- работ	Цикл- вре- мя час	I смена								2 смена							
					ч а с ы															
					1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8

- 1.
- 2.
- 3.

Цикловой график характеризует длительность процесса сборки узла или агрегата и является важным документом для планирования всех работ в цехе, а также исходным документом для разработки графиков поточной сборки при крупносерийном производстве (образцы оформления цикловых графиков имеются в кабинете курсового проектирования).

#### У. РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ СБОРКИ

##### Основные понятия и формулы расчета

Разработка технологического процесса сборки узла или агрегата и приспособления для сборки должна заканчиваться проверкой точности собираемого изделия и приспособления.



Различают, заданную (требуемую) точность, которую назначает конструктор при разработке рабочих чертежей изделия; действительную точность, получаемую в результате изготовления изделия и определяемую измерением его, и ожидаемую (расчетную) точность, устанавливаемую расчетом. Она и характеризует качество технологического процесса и его оснащения.

Задачей студента при выполнении проекта является определение этой точности, сопоставление ее с заданной, а также анализ тех технологических или конструктивных мероприятий, которые необходимы для получения точности в соответствии с ТУ.

В самолетостроении при изготовлении основных агрегатов планера применяют принцип связанного изготовления деталей. При этом очень важное значение приобретает не только, и не столько точность изготовления деталей, как точность их увязки. Если точность изготовления двух объектов А и Б, соединяемых между собой в узел, характеризуется их погрешностями изготовления  $\delta_A$  и  $\delta_B$ , равными разности между их действительными ( $A_d, B_d$ ) и номинальными размерами ( $A_n, B_n$ )

$$\delta_A = A_d - A_n; \quad \delta_B = B_d - B_n, \quad (1)$$

то погрешность их увязки  $\delta_{A-B}$  - характеризуется разностью погрешностей их изготовления

$$\delta_{A-B} = \delta_A - \delta_B. \quad (2)$$

Для расчетов точностных параметров изделий применяется аппарат теории размерных цепей. Рекомендуется ознакомиться с ее основными понятиями по учебнику.

При курсовом проектировании будут применяться только плоско-параллельные или скалярные размерные цепи. Размер замыкающего звена в этом случае определяется по уравнению размерной цепи.

$$\Delta_{зам} = \sum_{i=1}^m A_i \Delta_i, \quad (3)$$

где  $\Delta_i$  - составляющие звенья размерной цепи;  $A_i$  - передаточное отношение, характеризующее влияние составляющих звеньев на замыкающее звено;  $A_i = 1$  - для увеличивающих звеньев;  $A_i = -1$  - для уменьшающих звеньев, с которым которых уменьшается замыкающее звено.

Если составляющие звенья размерной цепи выполнены с производственными погрешностями  $\Delta_i$ , то в силу замкнутости размерной цепи замыкающее звено получит производственную погрешность, определяемую уравнением производственных погрешностей

$$\Delta_{зам} = \sum_{i=1}^m A_i \Delta_i \quad (4)$$

При расчетах в курсовом проекте ограничиваются составлением этих уравнений, не составляя уравнений размерных цепей.

В проектных расчетах студент будет иметь дело со сборочными и полными технологическими размерными цепями, описывающими весь процесс переноса размеров как при изготовлении деталей, так и при сборке узла (агрегата).

Решение уравнений производственных погрешностей (4) может быть выполнено расчетом на максимум - минимум, когда получают максимально-минимально-возможные отклонения замыкающего звена. Более правильным является расчет, основанный на принципах теории вероятностей.

В этом случае решение уравнений погрешностей сводится к определению двух основных статических характеристик погрешности замыкающего звена:

$\Delta_{\Sigma}$  - координаты центра группирования погрешностей сборки;  
 $\sigma_{\Sigma}$  - среднеквадратичного отклонения или половины поля допуска замыкающего звена.

Эти величины определяются по формулам

$$\begin{aligned} \Delta_{\Sigma} &= \sum (A_i \Delta_i + A_i \delta_i d_i) \\ \sigma_{\Sigma} &= \pm \sqrt{\sum A_i^2 K_i^2 \delta_i^2} \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\Delta_i$  - координата середины поля допуска, составляющего звена;  
 $\delta_i$  - половина поля допуска составляющего звена;  
 $d_i$  - коэффициент относительной асимметрии распределения составляющего звена;  
 $K_i$  - коэффициент относительного рассеивания размера составляющего звена.

В случае нормального распределения (по закону Гаусса)  $\Delta_i$  и  $K_i$  соответственно равны 0 и 1.

Для других видов распределения  $d_i$  и  $K_i$  определяются из экспериментов и производятся в таблицах.

Координата середины поля допуска составляющего звена равна

$$\Delta_i = \frac{BO_i + HO_i}{2}, \quad (6)$$

где  $BO_i$  — верхнее и  $HO_i$  — нижнее предельные отклонения.

При симметричном расположении допуска  $\Delta_i = 0$ .

Половина поля допуска равна

$$\delta_i = \frac{BO_i - HO_i}{2} \quad (7)$$

Предельные отклонения замыкающего размера (размера собранного изделия) будут равны

$$BO_\Sigma = \Delta_\Sigma + \delta_\Sigma \quad (8)$$

$$HO_\Sigma = \Delta_\Sigma - \delta_\Sigma$$

Полученные при расчетах отклонения не должны превышать отклонений, заданных техническими условиями на изделие. Если на чертеже узла или агрегата нет конкретных указаний о точности (допусках) готового изделия, можно ориентироваться на данные, приведенные в таблице 4.

Таблица 4.

Агрегаты	Части агрегатов	Отклонения от теоретического значения, мм
Фюзеляж	Носовая часть	+ 2,0
	Средняя и хвостовая части	± 3,0
Крыло	Передняя часть	+ 1,0
Стабилизатор	30-40%	
Киль	Центральная и хвостовая части	± 2,0
Моторгондолы	Передняя часть (20%)	+ 1,0
	Задняя часть	± 2,0

#### Производственные погрешности

Погрешности, определяющие точность выполнения собираемых изделий, можно разделить на три основные группы, как это показано в таблице [5].

Таблица 5

Группа	Вид погрешности	Принятое обозначение
Погрешности изготовления рабочего носителя размера	Погрешность изготовления базовой детали	$\delta_{\text{баз}}$
	Погрешность изготовления приспособления для сборки	$\delta_{\text{пр.}}$
Погрешности увязки	Погрешность взаимной увязки отверстий в базовой и устанавливаемой деталях	$C_{\text{со}}(\text{дет}_1 - \text{дет}_2)$
	Погрешность взаимной увязки контуров базовой и устанавливаемой детали	$C_{\text{кон}}(\text{дет}_1 - \text{дет}_2)$
	Погрешность взаимной увязки контуров приспособления и устанавливаемой детали	$C_{\text{кон}}(\text{пр} - \text{дет})$
	Погрешность взаимной увязки сборочных приспособлений	$C_{\text{пр}}(\text{объект} - \text{объект}_2)$
	Погрешность увязки контура и сборочных отверстий детали	$C_{\text{дет}}(\text{кон} - \text{отв})$
	Погрешность увязки контура и координатно-фиксирующих отверстий детали	$C_{\text{дет}}(\text{кон} - \text{кфр})$
Погрешности не зависящие	Погрешности, вызванные клепкой сварной	$\delta_{\text{кл}}$
	Погрешности, вызванные температурными изменениями	$\delta_t$
	Погрешности, вызванные деформациями сборочных приспособлений	$\delta_f$
	Погрешности, вызванные изменением толщины материала	$\delta_s$

Статистические характеристики производственных погрешностей на разных этапах переноса размеров и величины коэффициентов  $k_i$  и  $k_i'$  приведены в таблице 6.

Таблица 6

Обозначение	Техн. процесс или метод	Отклонения кон-тура мм	Отклонения между осями отверстий мм	$k_i$	$k_i'$
1	2	3	4	5	6
ТИ-КИ	расчерчивание	$\pm 0,1$	$\pm 0,05$	0	1
КИ-ЭК	заготовка	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	0	1
ЭК-ШК	шлифовка	$\pm 0,15$	$\pm 0,1$	0,5	1,4
ШК-ШВК	шлифовка	$\pm 0,15$	$\pm 0,1$	0,5	1,4

Продолж. табл. 6

1	2	3	4	5	6
ШК-ШРД	- " -	0,3;0	$\pm 0,1$	0,5	1,4
ШРД-ШФ	- " -	0;-0,5	$\pm 0,1$	0,5	1,4
ШФ-деталь	фрезерование	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	0	1
ШК-ШОК	приловка	0,2;0	$\pm 0,15$	0,5	1,4
КП-ШМФ	- " -	0;1;0	$\pm 0,15$	0,5	1,4
ШМФ-рубильн.	- " -	$\pm 0,2$	-	0,5	1,4
Рубильник-ШС	слепок	$\pm 0,1$	-	0,5	1,4
ШВК-формблок	припиловка	$\pm 0,2$	$\pm 0,15$	0,5	1,4
КП-ШКС	- " -	0;-0,2	$\pm 0,15$	0,5	1,4
ШКС-КШКС	- " -	$\pm 0,2;0$	-	0,5	1,4
КШКС-МП	- " -	0,2;0	$\pm 0,15$	0,5	1,4
ШОК-болванка	пригонка	0,2;0	$\pm 0,05$	0,5	1,4
ПК-приспособлен.	фиксация штырями	$\pm 0,1$	$\pm 0,02$	0	1
ИС-приспособл.	- " -	$\pm 0,1$	$\pm 0,02$	0	1
МЭ-приспособ.	фикс.штыри	$\pm 0,1;0$	$\pm 0,1$	0	1
Формблок-деталь.	штамп.резиной	0,3;0	-	0	1
Болванка-деталь		$\pm 1,5;+0,5$	-	0,2	1,1
ШОК-деталь	сверление	-	$\pm 0,2$	0	1
ШКС-штамп	пригонка	0,3;-0,6	$\pm 0,1$	0,5	1,4
Штамп-деталь	шт-ка	0,2;0	-	0,2	1,1
МП-КЭ	слепок	0,1;0	$\pm 0,1$	0	1
КФ-МЭ	- " -	0;-0,1	$\pm 0,1$	0	1
ШК-ШГП	припиловка	0,2;0	-	0,5	1,4
ШГП-пуансон	- " -	$\pm 0,2$	-	0,5	1,4
Пуансон-деталь	гибка на ПРР	$\pm 0,5$ 0	-	0,2	1,2
Кондуктор-деталь	сверление	-	$\pm 0,05$	0	1,0

В таблице 6 даны величины производственных погрешностей для деталей образующих контур и для самолетов, скорость полета которых превышает 900 км/час.

Для других случаев студент может при согласовании с руководителем увеличить допуски на этапах переноса размеров в 1,5-2 раза.

В соответствии с принятым технологическим процессом сборки изделия составляют для полной технологической размерной цепи уравнение производственных погрешностей.

Определяют по формулам (6), (7) и таблице 6 величины  $\Delta_i, \delta_i, d_i, \kappa_i$ . Затем по формулам (5) находят  $\Delta_{\Sigma}, \delta_{\Sigma}$  и величины  $\delta_{\Sigma}, \kappa_{\Sigma}$  (формула 8). Расчет величин  $\Delta_{\Sigma}, \delta_{\Sigma}$  удобно вести, записав все данные и вычисления в таблицу 7.

Таблица 7

№ п	Бознач. этапа	Технол. процесс	Отклон. мм	$\delta_i$ мм	$A_i$	$\delta_i$ мм	$d_i$	$\kappa_i$	$\Delta_i$ мм	$A_i$ мм	$A_i \delta_i$ мм	$A_i d_i$ мм	$A_i \delta_i \kappa_i$ мм <sup>2</sup>

### 3. Влияние на прочность сборочного процесса метода базирования

Сборка с базированием на внешнюю поверхность обшивки (от обшивки"). Точность выполнения аэродинамического контура агрегата в этом случае определяется уравнением

$$\delta_{\Sigma \delta} = \delta_{пр} + C_{кон} (пр-дет) + \delta_{кл} + \delta_{\pm} + \delta_{\pm}$$

где  $\delta_{\Sigma \delta}$  - погрешность готового агрегата;  $\delta_{пр}$  - погрешность сборочного приспособления;  $C_{кон} (пр-дет)$  - погрешность взаимной увязки контуров приспособления (например, рубильников) и устанавливаемой детали (например, обшивки);  $\delta_{кл}, \delta_{\pm}, \delta_{\pm}$  - погрешности вызываемые клепкой, деформацией приспособления, изменением температуры.

Принимая приближенно их сумму, равной 40% погрешности сборки, т.е.

$$\delta_{кл} + \delta_{\pm} + \delta_{\pm} = 0,4 \delta_{\Sigma \delta}, \quad (10)$$

получим

$$0,6 \delta_{\Sigma \delta} = \delta_{пр} + C_{кон} (пр-дет). \quad (11)$$

Сборка "от обшивки" с компенсацией. Погрешность увязки контуров приспособления и обшивки (зазор между рубильником и обшивкой) можно значительно уменьшить, за счет установки специальных прижимов в приспособлении. В этом случае формула для расчета  $\delta_{св}$  будет иметь вид

$$0,6 \delta_{св} = \delta_{пр} + C_{кон} (пр-дет) K_{приж}. \quad (12)$$

Коэффициент прижима характеризует компенсацию погрешности и определяется по таблице 8.

Таблица 8

$l_{приж} / C_{дет}$	0,5	0,33	0,25	0,18	0,15
K приж.	0,6	0,5	0,25	0,20	0,10
Кол-во прижимов	3	4	5	7	8

Здесь  $l_{приж}$  - расстояние между прижимами;  $C_{дет}$  - длина детали.

Сборка с базой на внешнюю поверхность каркаса (приспособления).

Для сборки деталей типа нервюр, шпангоутов, лонжеронов в приспособлениях следует пользоваться формулой (12), так как детали, образующие обвод, могут быть прижаты к контурным фиксаторам (лонжемам) прижимами.

При сборке агрегатов и секций (носков, хвостовиков) необходимо учесть погрешности в толщине обшивки. Тогда формула получает вид

$$0,6 \delta_{св} = \delta_{пр} + C_{кон} (пр-дет) K_{приж} + 2\delta_s^1 \quad (13)$$

При сравнении формул (12) и (13) видно, что способ сборки "от каркаса" менее точен.

Примечание. Если нервюры секции штампованные, то применять компенсацию (формула (12) нельзя. Для повышения точности обвода каркаса и лучшего прилегания обшивки допускается компенсация в виде правки каркаса.

Сборка по сборочным отверстиям. Для сборки, стенки нервюры с двумя поясами ( $дет_1$  и  $дет_2$ ) формула будет иметь такой вид:

$$\delta_{св} = \delta_{баз} + C_{дет_1} (кон-св) + C_{дет_2} (кон-св) + \delta_{кл} + 2\delta_{фик}. \quad (14)$$

где  $\tilde{\Delta}_{\text{баз}}$  - погрешность базовой детали (станки);  $C_{\text{дет}}(\text{кон-1})$  - погрешность увязки контура и со первого и второго пояса;  $\Delta_{\text{кл}}$  - погрешность от клепки;  $2\tilde{\Delta}_{\text{фик}}$  - погрешность фиксирования (зазор между отверстием и штырем-фиксатором),

приняв

$$\tilde{\Delta}_{\text{кл}} + 2\tilde{\Delta}_{\text{фик}} = 0,3 \tilde{\Delta}_{\text{сб}} \quad (15)$$

получим

$$0,7 \tilde{\Delta}_{\text{сб}} = \tilde{\Delta}_{\text{баз}} + C_{\text{дет}}(\text{кон-со}) + C_{\text{дет}_2}(\text{кон-со}) \quad (16)$$

компенсация в этом случае невозможна. При сборке агрегата из узлов, собранных по СД, надо добавлять погрешности обшивок  $2\tilde{\Delta}_{\text{сб}}$

$$0,7 \tilde{\Delta}_{\text{сб}} = \tilde{\Delta}_{\text{баз}} + C_{\text{дет}}(\text{кон-со}) + C_{\text{дет}_2}(\text{кон-со}) + 2\tilde{\Delta}_{\text{сб}} \quad (17)$$

Сборка по КвО. При этом методе сборка происходит в приспособлении, поэтому

$$\tilde{\Delta}_{\text{баз}} = \tilde{\Delta}_{\text{пр}}$$

приняв

$$\tilde{\Delta}_{\text{кл}} + \tilde{\Delta}_{\text{с}} + \tilde{\Delta}_{\text{л}} + 2\tilde{\Delta}_{\text{фик}} = 0,5 \tilde{\Delta}_{\text{сб}}, \quad (18)$$

получим общее уравнение в виде

$$0,5 \tilde{\Delta}_{\text{сб}} = \tilde{\Delta}_{\text{пр}} + C_{\text{дет}_1}(\text{кон-кфр}) + C_{\text{дет}_2}(\text{кон-кфр}) + 2\tilde{\Delta}_{\text{с}} \quad (19)$$

Примечание. При выводе формул (13), (17), (19) примем приближенно, что зазор между каркасом и обшивкой равен нулю.

#### Составление уравнений погрешностей.

#### Учет схемы увязки сборочной и заготовительной оснастки.

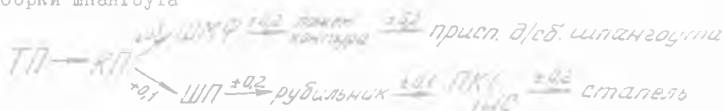
#### Пример расчета

При связанном изготовлении деталей происходит накопление погрешностей на всех этапах переноса размеров, начиная с первоисточника (обычно с теоретического плана). Число и характер этих этапов зависят от принятой схемы увязки заготовительной и сборочной оснастки. Она





Для решения вопроса о величине допуска на контур шпангоута пишем структурную схему для стапеля фюзеляжа и приспособления для сборки шпангоута



Допуск на узел определяется по формуле

$$\delta_{уз} = \delta_{сб} - C_{пр}(\text{агр-узел}),$$

где  $C_{пр}(\text{агр-узел})$  - является погрешностью увязки приспособления для узла и стапеля для агрегата. Она равна сумме погрешностей независимых этапов

$$C_{пр}(\text{агр-узел}) = \Sigma_{\text{несвяз}} = \sqrt{0,1^2 \cdot 3 + 0,2^2 \cdot 4} = 0,435 \text{ мм}$$

Таким образом, погрешность узла должна быть

$$\delta_{узл.} = \pm 1,8 - 0,435 = \pm 1,36 \text{ мм}$$

Сравним полученный допуск на шпангоут с той точностью, которую обеспечивает сборка. Условия сборки позволяют использовать для расчета формулу (12)

$$0,6 \delta_{сб} = \delta_{пр} + C_{кон}(\text{пр-дет}) K_{прим}$$

Для определения  $\delta_{пр}$  и  $C_{кон}(\text{пр-дет})$  составляем таблицу 9.

По формуле (5) определяем координату центра группирования погрешности приспособления  $\Delta_{\Sigma пр}$  и погрешности увязки  $\Delta_{\Sigma C_{кон}(\text{пр-дет})}$ , а также среднеквадратичные отклонения для них  $\delta_{\Sigma пр}$  и  $\delta_{\Sigma C_{кон}(\text{пр-дет})}$ .

Для приспособления берем все погрешности, связанные с его изготовлением и получаем

$$\delta_{\Sigma пр} = \sqrt{(0,25 + 0,49 + 7,84 + 1) \cdot 10^{-2}} = \sqrt{9,58 \cdot 10^{-2}} = \pm 0,31 \text{ мм}$$

$$\Delta_{\Sigma пр} = -0,05 + 0,25 + 0,025 + 0,1 = 0,125 \text{ мм}$$

Допуск приспособления будет =  $0,175 \pm 0,31 \text{ мм}$  ( $0,25 \pm 0,31$ ).

Для расчета точности увязки учитываем все несвязанные этапы в обеих ветвях:

## VI. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

### Разработка технических условий на проектируемые приспособления

Приступая к выполнению второй части курсового проекта – разработке конструкции заданного приспособления – студент составляет технические условия на его проектирование. На производстве конструктор по оснастке получает тех.условия от технолога, разработавшего технологический процесс. При курсовом проектировании студент выполняет эту работу сам. Для лучшего понимания всех вопросов проектирования полезно еще раз предварительно ознакомиться с соответствующими главами учебников и учебных пособий [1]; [3], а затем и со специальной литературой.

Начиная разработку технических условий по проектированию, нужно внимательно просмотреть уже сделанную работу, начиная с анализа чертежа изделия. Следует обратить внимание на расположение всех конструкторских баз (осей) изделия, на технические требования к точности контуров (обводов), расстояний между стыковыми элементами, на допуски, приведенные на чертеже. Следует просмотреть принятую схему сборки, схему увязки заготовительной и сборочной оснастки, требования к поставке деталей (наличие припусков, технологических отверстий).

Технические условия на проектирование приспособления (стапеля) обычно содержат следующие основные указания:

- а) положение собираемого узла или агрегата в приспособлении;
- б) основные сборочные базы, которые должны быть использованы при сборке;
- в) перечень деталей, которые должны быть зафиксированы при сборке – (схема фиксации);
- г) степень точности сборки изделия по обводам и стыковым размерам, которая должна быть обеспечена приспособлением;
- д) специальную контрольно-мерительную оснастку, (макеты, эталоны, шаблоны), используемая для изготовления и контроля приспособления.

При проектировании крупных сборочных стапелей в технических требованиях указывают также

- е) способы закладки узлов в приспособление и способы выемки готового изделия (вручную, тележками, краном и т.п.);
- ж) механизацию перемещения подвижных элементов стапеля (стапельных плит, рубильников, катучих балок, тяжелых фиксаторов и т.п.);

з) средства механизации самих производственных процессов, которые необходимо встроить в приспособление (сверляльные головки, клепальные скобы и т.п.);

4) требования к оргнастиг ступени (площадкам, трапам, лестницам, подводам воздуха, электроэнергии, освещению);

в) разные специальные требования (по обеспечению техники безопасности, по монтажу ступени и др).

Разрабатывая технические условия, студент должен дать конкретные указания по каждому пункту применительно к заданному для разработки узлу или агрегату, а не переписывать общие положения из учебников и пособий. Формулировка технических условий по пунктам а, б, в, и д особых затруднений не представляет, т.к. они достаточно освещены в учебной литературе. Может вызвать затруднение пункт "г" (назначение точности сборки), т.к. на многих чертежах узлов самолета отсутствует допуск на точность контуров и только имеется указание "по шаблону, снятому с плаза". В этом случае необходимо, исходя из общих соображении о назначении узла, при консультации преподавателя задать эти допуски.

Переходя к процессу проектирования приспособления, необходимо помнить, что одним из важнейших технико-экономических требований к конструкции является широкое использование нормализованных элементов ступеней (каркасов, фиксирующих и зажимных устройств). Поэтому необходимо проработать вопросы нормализации ступенчатой оснастки [2]; [3]; [5]; [6].

### Разработка конструктивной схемы приспособления

Обычно применяется следующий порядок проектирования сборочных приспособлений: разработка эскизного проекта; разработка рабочих чертежей общих видов; разработка детальных рабочих чертежей.

В эскизном проекте разрабатывают основную конструктивную схему приспособления, на которой указывают положение собираемого изделия; расположение и виды фиксаторов, типы колонн каркаса, положение балок и оргнастиги (помостов, трапов). имея такую схему, можно провести расчет балок и колонн каркаса приспособления на жесткость.

При конструировании приспособлений средних и малых размеров эскизное проектирование совмещается с разработкой рабочих чертежей общих видов, как это и делается при курсовом проектировании. Начинает разработку конструктивной схемы с нанесения на листе в удобном масштабе контуров узла в двух - трех проекциях, а также оски базовых линий -

Таблица 9

Обознач. этапа	Техн. процесс	Отклон. мм	$\delta_i$	$A_i$	$\Delta_i$	$\delta_i$	$K_i$	$\Delta_i A_i$	$A_i \delta_i$	$\Delta_i^2$	$A_i^2 \delta_i^2 \Delta_i^2$
ТП-КП		-0,1	0,05	1	-0,05	0	1	-0,05	0	0,25	$10^{-2}$
КП-ОК		$\pm 0,1$	0,1	1	0	0	1	0	0	1	$10^{-2}$
ОК-ШК		0; -0,15	0,075	1	-0,075	0,5	1,4	-0,075	0,375	1	$10^{-2}$
ШК-ШТ		0,2, 0	0,1	1	0,5	0,5	0,1	0,05		1,96	$10^{-2}$
ШТ-оправ.		$\pm 0,2$	0,2	1	0	0,5	1,4	0	0,1	7,84	$10^{-2}$
Оправка-проф.		$\pm 0,5$	0,25	1	0,25	0,2	1,2	0,25	0,05	9	$10^{-2}$
КП-ШМФ		0,1, 0	0,05	1	0,05	0,5	1,4	0,05	0,025	0,49	$10^{-2}$
ШМФ		$\pm 0,2$	0,2	1	0	0,5	1,4	0	0,1	7,84	$10^{-2}$
Ложем.-приспос.		$\pm 0,1$	0,1	1	0	0	1	0	0	1	$10^{-2}$

$$\sigma_{\Sigma} C_{кон} (пр-дет) = \sqrt{1+1+1,96+7,8+2+9+2+0,1+1} \cdot 10^{-2} = \sqrt{20,23} \cdot 10^{-2} = \pm 2,55 \text{ мм}$$

$$\Delta_{\Sigma} C_{кон} (пр-дет) = -0,075 + 0,0375 + 0,1 + 0,05 + 0,25 + 0,05 + 0,025 + 0,1 = 0,587 \text{ мм}$$

Допуск на увязку будет равен  $0,587 \pm 0,55$  мм. Подставляем полученные значения в формулу (12)

$$0,6 \delta_{сб}^* = \delta_{пр}^* + C_{кон} (пр-дет) \cdot K_{приж}$$

Приняв  $K_{приж} = 0,2$  (7 прижимов), получим

$$\delta_{сб}^* = \frac{(0,125 \pm 0,31) + (0,587 \pm 0,55) \cdot 0,2}{0,6} = 0,4 \pm 0,7 \text{ мм}$$

Погрешность сборки  $\begin{matrix} +11 \\ -0,3 \end{matrix}$  меньше, чем допуск на контур шпангоута, равный  $\pm 1,36$

это оси симметрии, продольные и поперечные оси, строительные горизонталы, оси стрингеров, нервур, шпангоутов и т.п. Из них выбираются строительные оси приспособления, чтобы был выдержан принцип "единства баз".

Затем на этом чертеже размечают положение фиксирующих элементов (фиксаторов). Как известно, фиксаторы по назначению разделяют на 4 группы: фиксаторы для деталей и узлов из профилей; фиксаторы для деталей и узлов из листа; фиксаторы стыковых узлов; съемные фиксаторы - струбицы, пружинные, контрольные и макетные болты. Конструкции фиксаторов достаточно полно рассмотрены в учебной литературе и в РТМ. Необходимо ознакомиться с этой литературой. На чертеже наносят оси фиксаторов, а затем эскизно и их конструкцию. Количество фиксаторов профилей (стрингеров, поясов и лонжеронов и др.) определяется из условия обеспечения точности контура собираемого узла.

Как известно полное отклонение полученного контура сборочной единицы от теоретического будет равно

$$\Delta = \Delta \text{ пр.} + \Delta \text{ деф.},$$

где  $\Delta$  - полное отклонение контура сборочной единицы;  $\Delta \text{ пр.}$  - отклонение от теоретического контура по производственным причинам;

$\Delta \text{ деф.}$  - отклонение контура сборочной единицы от теоретической, обусловленное деформацией элементов конструкции при их установке в приспособлении.

Сборочная единица должна удовлетворять техническим условиям на изготовление при  $\Delta \leq \tilde{\delta}$ , где  $\tilde{\delta}$  - допустимое отклонение по Г.Э. Отсюда  $\Delta \text{ деф.} = \tilde{\delta} - \Delta \text{ пр.}$

Если известно допустимое отклонение  $\Delta \text{ деф.}$  элементов конструкции, их прочностные характеристики и условия нагружения, то можно определить расчетным путем расстояния между фиксаторами. В основу методики расчета положен принцип, по которому приспособление и собираемое в нем изделие рассматривают как единую систему, где фиксирующие элементы приспособления являются опорами для элементов конструкции.

В общем случае определяют расстояния между фиксаторами для каждого элемента конструкции, расположенного в данной зоне и выбрав наименьшее, принимают его за расчетное.

Практически расчет достаточно проводить лишь для продольного набора - стрингеров (поясов, балок и лонжеронов). Для упрощения расчета стрингер рассматривают как упругую балку, лежащую на двух опорах. Наибольший прогиб от собственного веса определяется

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{P L^4}{EJ} = 0,13 \frac{P L^4}{EJ}$$

где  $P$  - вес I погонного метра профиля, кг;  $L$  - расстояние между опорами, м;  $EJ$  - жесткость профиля, кгм<sup>2</sup>.

Приравнявая прогиб профиля допустимой деформации  $\Delta$  дер., определяют расстояние между фиксаторами профиля

$$L = \sqrt{\frac{\Delta_{дер} \cdot EJ_c}{0,13 P}}$$

где  $EJ_c$  - жесткость профиля (стрингера).

Такие расчеты (очень приближенные) зачастую не делают, а принимают шаг фиксаторов равным шагу поперечного набора (нервюр, шангоутов) и располагают их вблизи от элементов поперечного набора. Это относится и к фиксаторам листовых деталей, ложементам и рубильникам. Уже при разработке конструктивной схемы должен быть выбран тип ложементов и рубильников (конструкция, материал), чтобы при расчете жесткости каркаса можно было обоснованно задать вес комплекта ложементов и рубильников.

Выбирая тип рубильника необходимо ознакомиться по данным учебной литературы с их характеристиками и обосновать выбор того или иного типа. жесткость рубильников зависит от габаритов, размеров и способа крепления к каркасу. Крепление рубильников к каркасу может выполняться тремя способами: в вилках, расположенных на верхней и нижней балках; шарнирно на нижней балке с соединением свободных концов накладной скобой и винтом; к нижней балке в двойной вилке или в двух разнесенных вилках; в этом случае консольные концы также должны соединяться накладной скобой с винтом.

Практика проектирования оснастки дает следующие размеры (сечений рубильников, отлитых из вторичного алюминиевого сплава; исходя из размера  $L$  - расстояния между осями вилок на верхней и нижней балках.

$L \leq 1$ м; ширина	$\alpha = 50+80$ мм
$L = 1+2,5$ м; ширина	$\alpha = 100+180$ мм
$L = 2,5$ м; ширина	$\alpha = 150+200$ мм

Толщина выбирается по размеру вилок не менее 20 мм. Сечение ру-  
льных вил по всей длине принимается постоянным. Наметив по конструк-  
тивной схеме положение фиксаторов профилей и листовых деталей, нахо-  
дят оси расположения фиксаторов узлов разъемов и эскизно намечают их  
размеры. для этого надо ознакомиться с литературными данными о фикса-  
торах (по учебникам и РТМ). Как известно, они разделяются на две основ-  
ные группы: фиксаторы разъемов типа "ухо-вилка" и фиксаторы фланцевых  
разъемов. Позже при разработке детальных чертежей студент должен будет  
просчитать их на жесткость. Сейчас он только выбирает тип фиксатора и  
его основные размеры из конструктивных соображений. Фиксаторы могут  
быть неподвижными или подвижными. Неподвижные применяются в том случае,  
если не мешают выемке собранного изделия. если мешают выемке, то для  
узлов "ухо-вилка" их делают откидными или выдвжными. Для откидных  
фиксаторов принимают обычно отношение плеча заделки  $l$  (расстояние  
между отверстиями двойной вилки или двух вилок) к вылету (консоли)  
 $l/L$  - (расстояние между фиксирующим штырем и отверстием узла) равно

$$l/L = (1/3 \div 1/5).$$

Размеры сечения рычага принимают: ширина  $a = (0,2+0,3)L$  и тол-  
щина  $b = (0,1+0,2)a$ .

Для выдвжных фиксаторов практикой выработаны такие соотношения:  
максимальный вылет скалки (вала)  $l \leq 10D$ , где диаметр скалки  
 $D = (3+5)d$ , а  $d$  - диаметр отверстия фиксируемого стыкового  
узла. Если необходимо значительно повысить жесткость фиксатора, то  
применяют конструкцию со сдвоенными скалками.

Стапельные плиты служат для фиксации отдельных фитингов или  
узлов профилей разъема (уголков, гребенок).

Крупные плиты для повышения жесткости снабжаются сварным труб-  
чатым каркасом [5] [6]. Практикой установлено, что плиты длиной до  
1 м можно выполнять без каркаса, принимая для плит длиной до 500 мм  
толщину 20-25 мм, для плит длиной свыше 500 мм толщину 30-35 мм.

Теперь можно закончить конструктивную схему приспособления, на-  
неся на сделанном чертеже элементы каркаса - стойки, колонны, рамы,  
балки. Перед этим следует ознакомиться по учебным пособиям и РТМ с  
нормализованными элементами каркасов, их разновидностями, типоразме-  
рами, выбрать элементы по конструктивным соображениям и провести  
следующий этап - рассчитать каркас на жесткость.



### Расчет приспособления на жесткость и прочность

Методика расчета каркасов и других элементов приспособлений на жесткость достаточно полно изложена в литературе [3]; [7] и [10]. После расчета каркаса окончательно уточняют размеры его элементов - колонн, балок, кронштейнов.

В случае необходимости могут быть повторно просчитаны и приняты размеры фиксаторов (выдвижных и откидных) стыковых узлов. Методика их расчета такова. В процессе сборки изделия в стапеле подобного рода фиксаторы подвергаются нагрузке, связанной с деформацией собираемого агрегата, главным образом, от напряжений, вызываемых клепкой.

Практически определение величины этих нагрузок невозможно, так как они зависят от очень многих факторов. Поэтому расчетные нагрузки задают из условий эксплуатации, считая, что в любом случае напряжение в деталях не должно превосходить предела текучести.

Для всех фиксаторов типа "ухо-вилка" расчетная нагрузка определяется напряжениями на срез в сечении болта (штыря), диаметр которого известен.  $P_{ср} = 2F \cdot [\sigma_{ср}]$

где  $P_{ср}$  - расчетная нагрузка на срез;  $F$  - площадь сечения болта (штыря);  $[\sigma_{ср}]$  - предел текучести материала на срез, принимаемый равным (0,6-0,7)  $\sigma_s$ , т.е. 0,6-0,7 предела текучести материала на растяжение. Считая эту нагрузку приложенной по оси болта (штыря) и направленной перпендикулярно к скале (или перпендикулярно плоскости откидной планки) можем рассчитать прочное сечение скалки или планки, а также проверить жесткость их, определив  $f_{max} = 1/3 \frac{P_{ср}^3}{EJ}$  и считая, что  $f_{max}$  не должно превышать 0,1 мм, как это было принято при определении жесткости балок стапеля.

Проверив расчетами элементы приспособлений и их компоновку, можно закончить вычерчивание общего вида, выбрав конструкцию и нанеся на чертеж нужные прижимные элементы. Перед этим необходимо по учебным пособиям еще раз ознакомиться с конструкциями прижимов, их разновидностями, достоинствами и недостатками разных типов, просмотреть нормализованные конструкции зажимов в ИТМ. Если нельзя выбрать зажим из имеющихся в альбомах нормалей и придется конструировать его вновь, то надо максимально использовать нормальные элементы - рычаги, винты, скобы и т.п. Следует помнить основные требования к прижимам: надежное закрепление деталей; достаточное оыстродействие; отсутствие повреждения поверхности детали; обеспечение хорошего доступа в рабочую зону.

При крупносерийном производстве и большом количестве прижимов следует подумать о применении групповых гидравлических или пневматических прижимных устройствах.

### Расчет фундаментов

Фундамент служит для передачи веса ступеля и более равномерно-го распределения его на грунт. Практически все грунты (кроме скального) могут деформироваться и под большой нагрузкой дать осадку, которая приведет к искажению размеров ступеля и нарушению точности сборки агрегата.

Размеры фундаментов для сборочных приспособлений должны быть подобраны таким образом, чтобы удельное давление на грунт всего сооружения не превышало допустимых величин, зависящих от характеристики грунта, и была обеспечена прочность самого фундамента. Допустимые расчетные давления на грунт при глубине заложения 400-800 мм приведены в таблице Ю.

Таблица Ю

Группа	Наименование грунтов	Допустимое расчетное давление $q_{доп}$ кг/см <sup>2</sup> при глубине заложения	
		$H = 400$ мм	$H = 800$ мм
Прочные	Песок крупный, гравий, галька, щебенистый грунт с песчаным заполнением	2,8	3,4
	Глина твердая и суглинок с малой степенью влажности	2,2	2,6
Средней прочности	Песок мелкий и средний, влажный	1,5	1,9
	Глина и суглинок в твердом и пластичном состоянии, супесь	0,94	1,14
Слабые	Пылевидный песок, насыщенный водой, глина мягкая	0,63	0,76
	Песчаные и глинистые грунты с прослойками ила или торфа	0,47	0,57

При курсовом проектировании студент может использовать приближенные методы расчета фундаментов, что вполне отвечает требованиям точности результатов и экономит время.

Приближенный расчет фундаментов производится следующим образом. Фундамент и грунт рассчитывается на статические вертикальные нагрузки. Сплошной фундамент под всем стапелем обычно не делается, так как значительная часть его в промежутках между опорами не воспринимает нагрузок, передающихся на него через опоры и колонны. Поэтому заранее намечается схема расположения фундаментов под опорами и ведется расчет каждого фундамента в отдельности.

За расчетную нагрузку  $Q_{расч}$  действующую на фундамент определенной опоры, принимают равнодействующую всех сил веса элементов стапеля и других объектов, приходящихся на данную опору, т.е.

$$Q_{расч} = Q_{ст.} + Q_{агр.} + Q_{проч.},$$

где  $Q_{ст.}$  - вес элементов стапеля приходящийся на данный фундамент;  $Q_{агр.}$  - часть веса сборного агрегата, передающаяся на рассчитываемый фундамент;  $Q_{проч.}$  - часть веса людей, находящихся на стапеле (сборочном приспособлении), вспомогательной оснастки и механизмов, закрепленных на стапеле и передающих свой вес фундаменту.

Расчетная нагрузка для определения давления на грунт равна

$$P_{расч} = Q_{расч.} + G_{фунд.},$$

где  $G_{фунд.}$  - вес предполагаемого фундамента (подсчитывается исходя из объемного веса;  $\gamma_v = 2300 \text{ кг/м}^3$  - для бетона на природном камне;  $\gamma_v = 1800 \text{ кг/м}^3$  - для бетона на кирпичном щебне).

При подсчете действующих нагрузок необходимо найти точки их приложения и произвести подсчет координат точки приложения равнодействующей силы относительно края фундамента.

Вес колонн, оснований, плит и других элементов стапеля, стоящих на рассматриваемом фундаменте, считаются силами, действующими только на данный фундамент. Вес продольных балок, рубильников, собираемого агрегата, расположенных в пролете, распределяется между опорами в соответствии со значениями реакций опор, найденными при расчете балок и колонн на жесткость от постоянной и переменной нагрузок.

В общем случае необходимая опорная площадь колонны находится следующим образом:

$$F_{опорн.} = \frac{Q_{расч.}}{\gamma_{допуст.} \cdot \gamma_{фунд.}}$$

где  $\overset{\text{допуст}}{F_{\text{фунд}}}$  - допустимое удельное давление на фундамент или бетонную плиту пола цеха.

для площади подошвы фундамента

$$F_{\text{подошва}}^{\text{фунд.}} = \frac{P_{\text{расч.}} + G_{\text{фунд.}}}{F_{\text{допуст.}}^{\text{грунт.}}}$$

Определение площади опоры или подошвы фундамента ведется для ориентировочного определения их размеров. В дальнейшем по установленным конструктивным размерам проверяется удельное давление.

Необходимо, чтобы  $F_{\text{расч.}} \leq F_{\text{допуст.}}$  как поверхности фундамента, так и грунта.

Малые приспособления для сборки шпангоутов, нервюр и других узлов, а также небольшие ступели, устанавливаемые на стойках и колоннах малого веса, могут быть поставлены без фундамента на пол цеха.

В этом случае  $F_{\text{расч.}}^{\text{расч.}} \leq F_{\text{фунд.}}^{\text{допуст.}}$

Бетонные полы в агрегатных цехах с толщиной слоя 150-200 мм выдерживают нагрузку  $F_{\text{пол}}^{\text{бет.}} \leq 1,5 - 2 \text{ кг/см}^2$ .

В тех случаях, когда опорная площадка стойки или колонны мала и  $F_{\text{расч.}}^{\text{расч.}} > F_{\text{фунд.}}^{\text{допуст.}}$ , между стойки и полом устанавливается большее по площади основание, нормализованное или из листового стали толщиной 15-20 мм.

При расчете удельного давления на грунт принимает линейный закон распределения давления по подошве фундамента.

В зависимости от расположения точки приложения равнодействующей силы выбирается соответствующая расчетная схема (рис. 5).

Схема А. Представляет простейший случай.

Удельное давление на грунт распределяется равномерно

$$F_{\text{расч.}} = \frac{P_{\text{расч.}}}{F} \text{ кг/см}^2,$$

где  $F = a \cdot b$  - площадь подошвы фундамента в  $\text{см}^2$ ;  $a, b$  - ширина и длина прямоугольной подошвы фундамента в см.

Схема Б. Внецентренное нагружение. При этой нагрузке имеем

$$F_{\text{расч.}} = \frac{P_{\text{расч.}}}{F} \pm \frac{M}{W},$$

Схема А

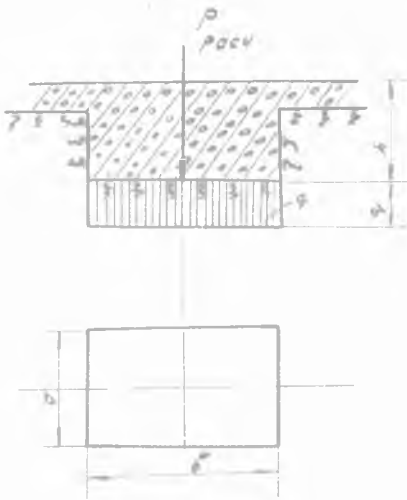


Схема Б

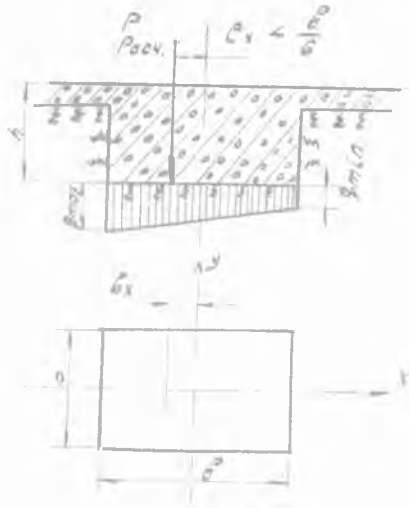


Рис. 5. Расчетная схема фундаментов

А - центральное нагружение

Б - внецентральное нагружение

а частные значения будут

$$q_{max} = \frac{P_{расч}}{F} + \frac{M}{W} \quad \text{и} \quad q_{min} = \frac{P_{расч}}{F} - \frac{M}{W}$$

где  $M = P \cdot e_x$  - момент силы;  $P_{расч}$  - относительно центра площади подошвы фундамента, кг, см;  $e_x$  - эксцентриситет приложения нагрузки;  $W_y = \frac{bl^2}{6}$  - момент сопротивления прямоугольной подошвы фундамента, см<sup>3</sup>.

Пригодность выбранного фундамента проверяется сравнением полученного расчетом  $q_{max} < q_{допуст.}$ , взятым из табличных данных. В том случае, если  $q_{max} > q_{допуст.}$  или  $q_{min} < 0$ , необходимо снизить  $q_{max}$  путем увеличения площади подошвы фундамента или перераспределения площади так, чтобы точка приложения расчетной силы находилась в центре площади или близко к ней.

При укладке бетона в котлован необходимо заложить фундаментные болты по шаблону расположения отверстий в основании коловны. Часто фундаментные болты устанавливаются при монтаже сталея, тогда в фундаменте следует приготовить гнезда глубиной 250-300 мм, закладываемые бетоном впоследствии при постановке болтов. Более подробно с расчетом и проектированием фундаментов под сборочные приспособления студент может ознакомиться в руководящих технических материалах. Там же приведены веса всех нормализованных элементов сборочных приспособлений.

### Оформление графических работ и шифровка чертежей

Оформление чертежей общих видов сборочных приспособлений и детализировки производится в соответствии со стандартами единой системы конструкторской документации. Форматы листов принимаются по ГОСТ 2.301-68.

Размеры основных форматов указаны в таблице II.

Таблица II

Обозначения формата	44	24	22	I2	II
Размеры сторон формата, мм	1189x841	594x341	594x420	297x420	297x210

Основные надписи для чертежей и схем должны быть выполнены по форме I ГОСТ 2.104-68, а текстовые документы (спецификация, пояснительная записка) по формам 2 и 2а ГОСТ 2.104-68. Порядок заполнения спецификации следующий. Вначале заносятся исходная документация: чертеж, схемы, Т.У. затем сборочные единицы, потом детали оригинальные, далее стандартные, прочие изделия, материалы и, наконец, комплекты запасных частей. Более подробно рекомендации по выполнению спецификации можно найти в ГОСТе 2.108-68.

### Шифровка чертежей приспособления

При оформлении чертежей приспособления студент должен присвоить ему определенный шифр в соответствии с имеющимися классификаторами. В связи с тем, что до настоящего времени не изданы стандарты ЕСКД, шифровка вспомогательной оснастки принимается по классификатору [I].

Нормаль АН886 предусматривает только шифровку технологической оснастки, разделяя ее на два класса - НОРМАЛЬНУЮ (универсальную), относимую к классу - 5 и СПЕЦИАЛЬНУЮ, относимую к классу - 6. Это первый знак шифра. Классы разделяются на подклассы по назначению оснастки. Приспособлениям присвоена цифра 3 (второй знак шифра). Подкласс разбит на группы по характеру выполняемой в приспособлениях работы. Приспособлениям для сборки клепальных и клеевых узлов и агрегатов присвоена цифра 4 (третий знак шифра). Группы разбиты на подгруппы по узкому назначению чертежей (четвертый знак шифра). Так 0 - соответствует общесборочному приспособлению, I-приспособлениям только для сверления клепки или склейки, 2-9 различным элементам приспособления. Пятый знак шифра указывает на тот агрегат самолета, для сборки которого предназначено приспособление:

- |                 |                         |
|-----------------|-------------------------|
| 0 - фюзеляж;    | 3 - оперение;           |
| I - центроплан; | 4 - гондола шасси;      |
| 2 - крыло;      | 5 - узлы оборудования;  |
|                 | 6 - гондолы двигателей. |

Таким образом, шифр чертежа 63402 - будет означать специальное приспособление для сборки крыла.

Для дальнейшей детализации шифра в соответствии с узлами самолета используется нормаль 336052 - типовая разбивка чертежей самолета на конструктивные группы:

---

Фюзеляж	- 01	Центроплан	- 10
Носовая часть	- 02	Носок центроплана	- 11 (и I-ый лонжерон)
2-ая часть ф-жа	- 03	Кессон	- 12 (и 2-ой лонжерон)
3-я часть ф-жа	- 04	Хвост часть ц-на	- 13 (и 3-ий лонжерон)
4-ая часть ф-жа	- 05	Оперение	- 30
Мотогондола	- 16	Стабилизатор	- 31
Крыло	- 20	Руль высоты	- 32
Носок крыла (и I лонжерон)	- 21	Руль направления	- 33
Кессон (и 2-ой лонжерон)	- 22	Киль, форкиль	- 34
Хвостов часть кр. (и 3 лонжерон)	- 23	Элероны	- 35
Концевой обтекатель	- 28	Предкрылки	- 36
Подвесные баки	- 64	Закрылки, щитки	- 37
Гондола шасси	- 60		
Створки шасси	- 48		

Пример шифровки сборочного чертежа приспособления для сборки лонжерона центроплана - 6340I-II-5.

дальше, после пяти знаков обозначения, через тире пишут номер узла по типовой разбивке чертежей самолета (II-I-ый лонжерон центроплана), а затем через тире-позиции узла или детали по спецификации общего вида приспособления, например, колонна - 5. Если это нормальная колонна, фиксатор или зажим, то ее шифр можно найти в классификаторе. Этот чертеж и указывают в спецификации.

После графического оформления чертежей приспособления студент должен дать техническое описание его конструкции с необходимыми эскизами и кратко изложить порядок сборки в нем изделия.

В заключение описывается монтаж стапеля (приспособления), с применением средств контрольной оснастки, используемой при монтаже (вертоны, эталоны, монтажные плиты и т.д.), а также оптических приборов или инструментальных средств.

Примеры оформления чертежей сборочных приспособлений имеются в киблете курсового проектирования.

#### УП. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ ЗАЩИТА ПРОЕКТА

Расчетно-пояснительная записка должна содержать необходимые пояснения и расчеты по всем разделам курсового проекта в последовательности их выполнения. Она должна быть достаточно краткой (20-25 страниц). Не следует приводить длинных выписок из учебников и технической литературы, повторяющих известные положения и доказательства.

Наиболее ценным является изложения собственных мыслей студента, его выводов, рекомендации, пояснений и расчетов.

Записка должна быть написана хорошим литературным языком, стилистически и орфографически грамотно. Писать ее следует чисто и аккуратно (четким подчерком) на одной стороне листа. Следует применять общепринятые в научно-технической литературе термины, обозначения и сокращения.

Пояснения и расчеты сопровождаются эскизами, схемами, графиками и другими видами иллюстраций. Они могут быть выполнены карандашом, и должны иметь порядковые номера: в тексте на них делаются ссылки.



Расчеты оформляются выведением формулы, подстановкой в нее числовых данных и приведением окончательного результата. Серьезное внимание при этом должно быть обращено на точность (правильность) вычислений и отсутствие ошибок. Поэтому каждый расчет рекомендуется подвергать повторной проверке.

Заключительная часть записки должна содержать основные положения по технике безопасности и охране труда, которые необходимо соблюдать при осуществлении принятого технологического процесса.

Записка должна иметь титульный лист установленного образца, оглавление, приложения (технологические карты, сводные таблицы, графики и др.), список использованной литературы. Записка представляется в сброшюрованном виде, с приложением задания на проект, в переплете из ватмана.

Выполненный проект после подписания руководителем всех чертежей, технологических карт и пояснительной записки защищается в комиссии из двух преподавателей кафедры (один из них — руководитель проекта).

После ознакомления комиссии с представленными материалами (чертежами и запиской) студент делает краткий доклад (10-12 минут), в котором он формулирует задачи проекта, характеризует объект производства и его особенности, излагает содержание выполненных работ, основные выводы и рекомендации, полученные в результате разработки темы.

Затем члены комиссии задают студенту вопросы по существу выполненной работы и связанных с нею разделов курса технологии производства летательных аппаратов.

По результатам доклада и ответов на вопросы, с учетом глубины и качества проработки темы, комиссия оценивает выполненную студентом работу. В зачетную ведомость и в зачетную книжку студента оценку ставит руководитель курсового проекта.

#### Литература<sup>х)</sup>

1. Абибов А.Д. Технология самолетостроения. Машиностроение, 1970.
2. Григорьев В.П. Технология самолетостроения. Оборонгиз, 1960.

---

<sup>х)</sup> Подробный перечень рекомендуемой литературы для выполнения проекта приведен в программе по курсовому проекту по сборке, имеющейся на кафедре "Производство летательных аппаратов".

3. Бойцов В.В. Сборочные и монтажные работы. Часть П. Оборонгиз, 1959.

4. Григорьев В.П. Взаимозаменяемость агрегатов в самолетостроении. Машиностроение, 1969.

5. Разумихин М.И. Клепка узлов и агрегатов самолета. Конспект лекций, часть I, II, III, КуАИ, 1967.

6. Бойцов В.В. Нормализованные приспособления для сборки агрегатов самолета. Оборонгиз, 1955.

7. Никольский А.А. Вопросы расчета на точность и жесткость сборочных приспособлений в самолетостроении. МАТИ, 1959.

8. Никольский А.А. Экономическое обоснование выбора оптимального варианта технологических процессов. Москва, МАТИ, 1967.

9. Блинов Е.Я. Методическое руководство по расчету ступелей на жесткость. МАТИ, Москва, 1969.

10. Классификатор нормальной и специальной технологической оснастки, Оборонгиз, Москва, 1950.

12. Государственные стандарты Союза ССР. Единая система конструкторской документации. Комитет стандартов мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, Москва, 1969.

13. Бабушкин А.И. Сборка самолетных конструкций постановочно-фиксирующим отъерстиям. ХАИ, Харьков, 1971.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>I. ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА</b>	
Цель курсового проектирования .....	3
Задание на курсовой проект .....	4
Содержание проекта и объем выполняемых работ. Организация работы над проектом.....	5
<b>II. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ</b>	
Исходные данные для разработки технологических процессов.....	6
Изучение конструкции и анализ ее технологичности.....	7
<b>III. РАЗРАБОТКА СХЕМ ЧЛЕНЕНИЯ И СХЕМ СБОРКИ</b>	
Схемы членения.....	8
Схемы сборки.....	10
Методы сборки, применяемые в самолетостроении..	11
Характеристика методов сборки и их применение.	12
Проектирование схем увязки заготовительной и сборочной оснастки.....	15
<b>IV. РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ</b>	
Основные положения.....	19
Разработка условий на поставку узлов и деталей.....	21
Сравнение вариантов технологических процессов..	22
Разработка циклового графика сборки.....	23
<b>V. РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ СБОРКИ...</b>	
Основные понятия и формулы расчета.....	24
Производственные погрешности.....	27
Влияние на прочность сборочного процесса метода базирования.....	30
Составление уравнений погрешностей. Учет схемы увязки сборочной и заготовительной оснастки. Пример расчета.....	32
<b>VI. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.</b>	
Разработка технических условий на проектирование приспособления.....	35

Разработка конструктивной схемы приспособления.....	36
Расчет приспособления на жесткость и прочность..	41
Расчет фундаментов.....	42
Шфровка чертежей приспособления.....	46
УШ. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ. ЗАЩИТА ПРОЕКТА.....	48
Л И Т Е Р А Т У Р А .....	49

Дмитрий Николаевич Лысенко,  
Алексей Степанович Горячев,  
Игорь Михайлович Белоглазов

СБОРКА КЛЕПАНЫХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ САМОЛЕТА  
Методические указания для курсового проектирования  
Часть Ш

Сборочно-клепальные работы  
Редактор - И.С.Колышева  
Техн.редактор - Н.М.Каленюк  
Корректор - Л.В.Сидорова

Подписано в печать 12/ХІ - 73 г. Объем 3,25 печ. л.Тираж 500 экз.  
Формат бумаги 60x84/16. Цена 17 коп.

Куйбышевский авиационный институт имени С.П.Королева, ул. Молодо-  
ская, 151.

Областная типография им. Мяги, г.Куйбышев, ул. Венцека, 60.

Заказ № 8952.