

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени С. П. КОРОЛЕВА

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

СБОРКА
КЛЕПАНЫХ УЗЛОВ
И АГРЕГАТОВ САМОЛЕТА

Учебное пособие

Учебное пособие знакомит студентов с требованиями, предъявляемыми к курсовому проекту, последовательностью разработки его разделов, объемом технологических и конструктивных 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. Учебное пособие должно 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 учебное пособие должно оказать помощь руководителям курсового проектирования в подготовке к занятиям, в оценке выполненных работ, что поможет установить необходимое единообразие в руководстве и требованиях к студентам.

Темплан 1980 г. поз. 1014.

Рецензенты: В. Мосоулин, В. В. Чернов

Утверждено на редакционно-издательском
совете института 17.11.78 г.

1. ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1. 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 в 10-м семестре, на вечернем факультете — в 11-м 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 части курса технологии производства летательных аппаратов, посвященной сборочно-клепальным процессам, а также таких дисциплин, как конструкция и расчет самолета на прочность, металловедение, экономика и организация производства. Выясняется способность студента применить творческие положения указанных дисциплин и сведения, полученные во время пребывания в сборочных цехах на 2-й 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 выполнять необходимые технические и экономические расчеты, а также сборочные и деталировочные чертежи проектируемого приспособления, четко и логично формулировать свои мысли.

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

1.2. 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 изделия, а также приспособление, которое должно быть спроектировано:

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

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

1.3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ

Проект состоит 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 разработка схемы его членения;

разработка схемы сборки, требований к поступающим на сборку деталям и схемы увязки заготовительной и сборочной оснастки;

техническое обоснование и разработка рабочего процесса сборки в двух вариантах, нормирование его, экономическое сравнение вариантов;

оформление технологических карт;

разработка циклового графика сборки (обязательна, если объектом сборки являются агрегаты или крупногабаритные, сложные и трудоемкие узлы и панели).

Вторая часть предусматривает:
разработку технических условий на проектируемое приспособление;

выбор и обоснование метода базирования, проведение необходимых прочностных и точностных расчетов;

разработку чертежей общих видов приспособления и отдельных его узлов.

Работа заканчивается составлением расчетно-пояснительной записки к проекту.

Содержание отдельных частей (разделов) проекта и ориентировочный объем работ по их выполнению приведены в табл. 1.

Таблица 1

| Содержание разделов проекта | Ориентировочный объем работ | | | |
|---|-----------------------------|----------------|---------------------|----------------------------|
| | % от полного объема | % этапа работы | графич. (формат 24) | текстовый (формат 11) стр. |
| 1. Разработка технологического процесса сборки | | | | |
| Краткое описание объекта сборки | 2 | | | 1—2 |
| Анализ технологичности конструкции и предложения по ее повышению | 2 | 1 этап | | 1—2 |
| Разработка схемы членения | 5 | 30 | 1 лист | |
| Разработка схемы сборки | 4 | | 0,5 л | 1—2 |
| Разработка схемы увязки оснастки и ее обоснование | 5 | | 0,5 л | 2—3 |
| Разработка рабочего технологического процесса сборки в двух вариантах | 10 | | | 3—4 |
| Разработка условий на поставку узлов и деталей | 2 | | | 1—2 |
| Нормирование технологического процесса | 5 | | | 2—3 |
| Сравнение вариантов технологического процесса и их технико-экономический анализ | 10 | 2 этап | | 3—4 |
| Разработка циклового графика сборки | 5 | 25 | | 1—2 |
| Оформление технологического процесса сборки на картах установленного образца | 5 | | | 7—9 |
| Всего по разделу 1 | 55 | | 2—2,5 л | 20—30 |

| Содержание разделов проекта | Ориентировочный объем работ | | | |
|---|-----------------------------|----------------|---------------------|----------------------------|
| | % от полного объема | % этапа работы | графич. (формат 24) | текстовый (формат 11) стр. |
| 2. Проектирование сборочного приспособления | | | | |
| Разработка технических условий на проектируемое приспособление | 2 | 3 этап | | 1—2 |
| Выбор и обоснование метода базирования | 3 | 25 | | 1—2 |
| Разработка конструктивной схемы сборочного приспособления и оформление чертежей | 20 | | 2—2,5 л | |
| Расчет элементов сборочного приспособления на жесткость и прочность | 4 | 4 этап | | 1—2 |
| Расчет точности сборки | 4 | 20 | | 3—4 |
| Описание конструкции сборочного приспособления и методов его монтажа | 2 | | | 2—3 |
| Всего по разделу 2 | 35 | | 2—2,5 | 8—13 |
| Составление расчетно-пояснительной записки | 10 | | | |
| Всего по проекту | 100 | | 4—5 л | 30—46 |

Студент обязан организовать свою работу так, чтобы с наименьшими затратами времени и труда в установленный срок разработать проект. 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 характер «натаскивания» 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.

2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

2.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Исходными данными для проектирования технологических процессов сборки являются рабочие чертежи узла (агрегата), технические условия на их изготовление, программа выпуска.

Рабочие чертежи включают общий вид узла, секции или агрегата, необходимые сечения и стыковые элементы.

Технические условия на изготовление объекта состоят из сведений о точности, степени сборочной законченности, возможных отклонениях от чертежа, требованиях контроля, испытаниях, защите 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 оснащение 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, они 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 подготовки и освоения нового самолета в серийном производстве.

2.2. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И АНАЛИЗ ЕЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Изучение конструкции объекта сборки предусматривает детальное рассмотрение узла, панели или агрегата и входящих деталей, их конструктивных связей с другими сопрягаемыми сборочными единицами, анализ технических условий на изготовление по точности и другим характеристикам для выбора оптимальной схемы и методов сборки. Технологичными принято считать такие конструкции, которые при обеспечении конструктивных и эксплуатационных качеств изделия, заложенных в его проекте, позволяют в условиях современного производства достичь меньших затрат в период запуска, освоения и серийного производства нового изделия за счет механизации и автоматизации технологических процессов обработки деталей и сборки узлов, панелей, секций или агрегатов и минимальной длительности производственного цикла. Технологичность конструкции является, таким образом, важнейшей характеристикой степени совершенства изделия. Технологичность конструкции летательного аппарата определяется геометрической формой деталей, узлов и агрегатов, точностью изготовления сборочных единиц, конструкцией стыковых элементов, способами соединения деталей, узлов, секций и агрегатов между собой, материалами заготовок, точностью изготовления деталей, степенью применения нормализованных деталей и другими параметрами.

Конструкция сборочных единиц должна обеспечить возможность максимальной механизации и автоматизации сборочно-клепальных работ. Это возможно в случае, если узлы или панели имеют свободные подходы с обеих сторон к местам клепки, форма и размеры панелей соответствуют техническим характеристикам высокопроизводительного сверлильно-клепального оборудования, стрингеры на панелях расположены по процентным линиям, что обеспечивает их прямолинейность и отсутствие закрутки по длине, элементы каркаса имеют открытые профили и удобный подход для инструмента клепальных прессов и автоматов, шаг заклепок, их размеры, марки материалов имеют минимальное разнообразие. В конструкциях узлов и агрегатов должно быть меньшее разнообразие марок материалов, большое количество монолитных деталей и узлов, полученных прогрессивными технологическими процессами: штамповкой, прессованием, литьем с минимальными припусками на обработку. Простота конст-

руктивных форм деталей облегчает изготовление оснастки обрабатывающих цехов, сокращает ее номенклатуру и количество, снижает ее трудоемкость и себестоимость изготовления.

Чтобы разработать в дальнейшем схему членения и схему сборки, необходимо: тщательно разобраться в конструкции, форме, размерах, материалах всех входящих в сборочную единицу деталей, следует изучить все вошедшие в конструкцию узла нормы (заклепки, их типы, марки, размеры, количество, болты, гайки, шайбы, шпильки и др.), установить характер посадки болтов (чтобы решить вопрос о точности и технологии получения отверстий в сопрягаемых деталях). Технологичность конструкции на производстве оценивают сначала качественно, а затем количественно посредством системы показателей согласно ГОСТу 14.201-73 «Общие правила обработки конструкции изделия на технологичность» (ЕСТПП 1975 год, стр. 96).

Отработка конструкции изделия на технологичность производится на всех стадиях разработки изделия при техническом оснащении производства и изготовлении изделия. Качественная оценка технологичности при сравнении вариантов конструкции в процессе проектирования изделия осуществляется на основе опыта разработчиков, предшествует количественной оценке и определяет ее целесообразность.

Количественная оценка технологичности конструкции изделия выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требованиям технологичности конструкции. Величина количественных показателей определяется на основе статистических данных по изделиям — представителям с целью отработки на их основе базовых показателей, задаваемых разработчикам соответствующими министерствами или ведомствами. Номенклатура показателей должна быть минимально необходимой и может изменяться с увеличением информации о конструкции и технологии ее производства.

Количественные (относительные) показатели технологичности конструкций изделий принято рассматривать отдельно для деталей и для сборочных единиц. При анализе технологичности конструкций деталей анализируют: коэффициент использования материала (КИМ), т. е. отношение веса обработанной детали к весу затраченного материала; коэффициент точности обработки; коэффициент шероховатости поверхности; коэффициент стандартизации деталей; относительную трудоемкость изготовления и др. При оценке техноло-

гичности сборочных единиц анализируется: коэффициент компоновки из стандартных и унифицированных деталей; коэффициент трудоемкости сборки; коэффициент прессовой клепки; коэффициент автоматической клепки; коэффициент точности сборки, т. е. объем «классных» отверстий; коэффициент механизации сверлильно-зенковальных работ и др.

В условиях ОКБ и на заводах при анализе технологичности разработчиком задаются базовые показатели, с которыми и сравниваются расчетные.

Студенты при анализе технологичности сборочных единиц по указанию преподавателя должны рассмотреть, в основном, качественные и отдельные количественные показатели, которые в целом позволяют сделать объективные выводы.

3. РАЗРАБОТКА СХЕМ ЧЛЕНЕНИЯ И СХЕМ СБОРКИ

3.1. СХЕМЫ ЧЛЕНЕНИЯ

Опыт производства летательных аппаратов показывает, что правильное расчленение агрегата 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 конструктивно-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. 1 (см. вкладку) 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 сбор-

ки руля. При разработке схемы членения детали следует изображать в том виде, в каком они подаются на сборку, т. е. со всеми направляющими, сборочными и другими отверстиями.

3.2. 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 общесборочные приспособления 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.

Принципиально схемы сборки показывают последовательность соединения деталей в сборочные единицы (рис. 2).

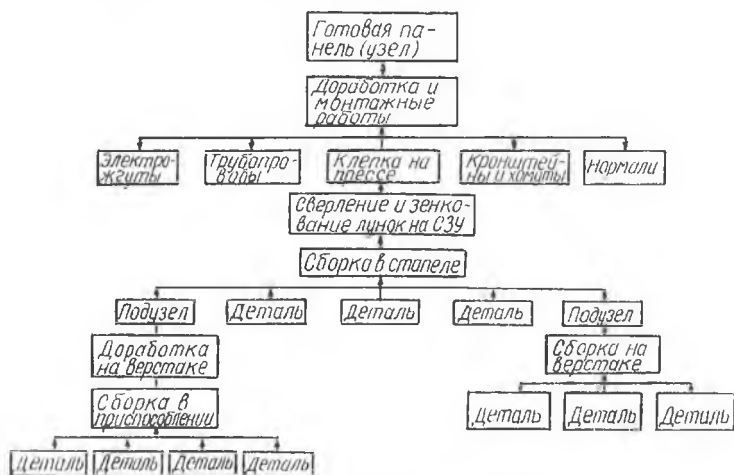


Рис. 2. Типовая схема сборки

В схемах сборки принято указывать не только детали и узлы, идущие на сборку, но также и рабочие места, на которых осуществляются сборочные и вспомогательные операции (стапели, верстаки, сверлильно-зенковальные установки, клепальные прессы и т. д.).

Примеры оформления схем сборки имеются в кабинете курсового проектирования.

3.3. МЕТОДЫ СБОРКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В САМОЛЕТОСТРОЕНИИ

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

Первый этап — это установочные работы, которые 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 (СО), а также сборка по разметке и по заранее отработанным (базовым) поверхностям.

2. Детали или узлы устанавливаются по базам, расположенным на специальном носителе размеров и форм — сборочном приспособлении. Сюда относятся сборка «от обшивки» (с базой от внешней или внутренней поверхности), сборка «от каркаса», сборка с базированием по КФО (координатно-фиксирующим отверстиям) и БФО (базовым фиксирующим отверстиям).

Каждый из перечисленных методов сборки характеризуется особенностями базирования, степенью обеспечения взаимозаменяемости при сборке и объемом оснащения. Поэтому каждый метод сборки имеет свои точностные и экономические показатели.

3.4. 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 штырем фиксатора (любой конструкции). Точность установки деталей обеспечивается точностью переноса отверстия на детали и размерами фиксатора.

Базирование по СО может широко применяться при сборке плоских листов с профилями, кницами и другими деталями (например, при сборке стенок лонжеронов, нервюр и шпангоутов со стойками, профилями и накладками).

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. Последнее в значительной степени определяется взаимным расположением СО относительно контура детали. В связи с этим основными средствами переноса СО для плоских деталей узлов являются шаблоны. Для выполнения СО в пространственных деталях узлов используются пространственные носители — 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: невысокая точность, 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 в мелкосерийном производстве при сборке плоских узлов и панелей с одинарной кривизной.

Установка деталей осуществляется по линиям разметки, нанесенным на базовую деталь, например, по линиям, нанесенным рабочим—сборщиком по вырезам на специальном разметочном шаблоне, или, наконец, методом фотопечати в заготовительном цехе. В этом случае в качестве негатива используются конструктивные плазы на виннпрозе или термо-

прейсе. 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 достигается при использовании цилиндрических поверхностей сопряжений.

Сборка в приспособлениях. Вторую группу методов сборки составляют те методы, при которых положение деталей и узлов определяется базами, расположенными на сборочном приспособлении, поэтому приспособление можно рассматривать как форму, размеры и конфигурация которой копируются в процессе сборки. Кроме того, оно придает определенную форму нежестким деталям и узлам, задает определенное положение инструмента относительно собираемого изделия. При сборке в приспособлениях различают базирование по контуру (по обводам) деталей и базирование по отверстиям, имеющимся на устанавливаемых в приспособлениях деталях*). При базировании по контуру деталей, определяющих наружные обводы агрегатов, возможна сборка с компенсацией погрешностей изготовления входящих деталей. При этом, благодаря усилению зажимов, вызывающих незначительное упругое деформирование (или перемещение) деталей, зазоры между установочными базами (фиксаторами приспособления) и деталями собираемой конструкции снижаются до минимума. Это позволяет добиться высокой точности выполнения объекта сборки при меньшей точности изготовления деталей, но требует усложнения конструкции сборочного приспособления. Характерным примером такой сборки является сборка панелей, в которых поперечный набор соединяется с обшивкой непосредственно или через стрингеры с помощью промежуточных элементов-компенсаторов.

* К таким отверстиям принято относить технологические отверстия (СО, КФО, ВФО), а также отверстия стыковых болтов (ОСБ).

Конструкция сборочного приспособления несколько упрощается, если базировать на каркас объекта сборки, однако использовать здесь компенсаторы не представляется возможным. В связи с этим базирование от каркаса снижает точность сборки. Сборка от каркаса применяется для таких нерасчлененных конструкций с тонкими аэродинамическими профилями, как рули, триммеры, створки и т. д.

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

При системе БФО на базовый узел, зафиксированный в приспособлении, установка входящих узлов и деталей осуществляется по отверстиям базового узла, ответные отверстия предусматриваются во входящих 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, БФО) выполняют роль установочных и фиксирующих баз, в связи с этим метод сборки по отверстиям можно обобщить как метод сборки по УФО — установочно-фиксирующим отверстиям.

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

3.5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМ УВЯЗКИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ И СБОРОЧНОЙ ОСНАСТКИ

Вследствие погрешностей, возникающих на различных этапах изготовления деталей и 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. К последним 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 5).

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 широкое распространение получили эталонно-шаблонный и макетно-инструментальный методы увязки сборочной и заготовительно-штамповочной оснастки.

Эталонно-шаблонный метод увязки. Принципиальная схема увязки оснастки при эталонно-шаблонном методе представлена на рис. 3.

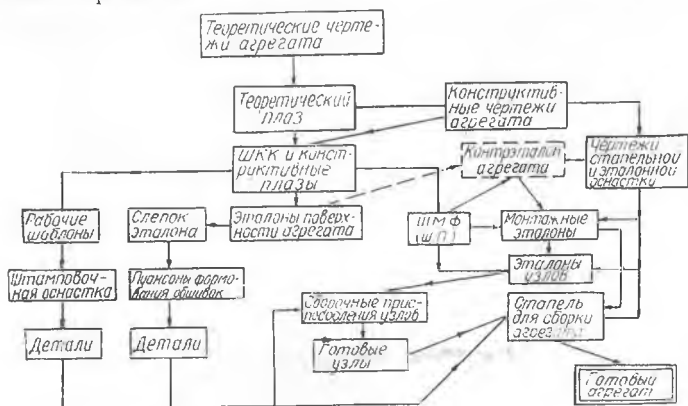


Рис. 3. Схема увязки оснастки при эталонно-шаблонном методе

Для увязки сложной заготовительной и сборочной оснастки используются эталоны поверхностей агрегатов, которые полностью воспроизводят агрегаты по размерам и формам.

Эталон поверхности изготавливается 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 летательного аппарата.

Для деталей, которые выходят на аэродинамический кон-

гур, по эталону поверхности изготавливают пескослепки, с них также методом слепка изготавливают обтяжные пуансоны.

По эталону поверхности изготавливают контрэталон агрегата, предназначенный для изготовления монтажного эталона агрегата и отдельных эталонов узлов. Монтажный эталон имеет элементы, воспроизводящие аэродинамический контур агрегата и его стыковые узлы.

Представленная на рис. 3 принципиальная схема является полной схемой увязки. При мелкосерийном и опытном производстве могут быть отклонения от нес. 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 в основном применяется макетно-инструментальный или, как еще его 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 стенда (заливка вилок в стаканы балок и рам), плазмокондуктора (заливка втулок в рубильниках), калибров разъемов.

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

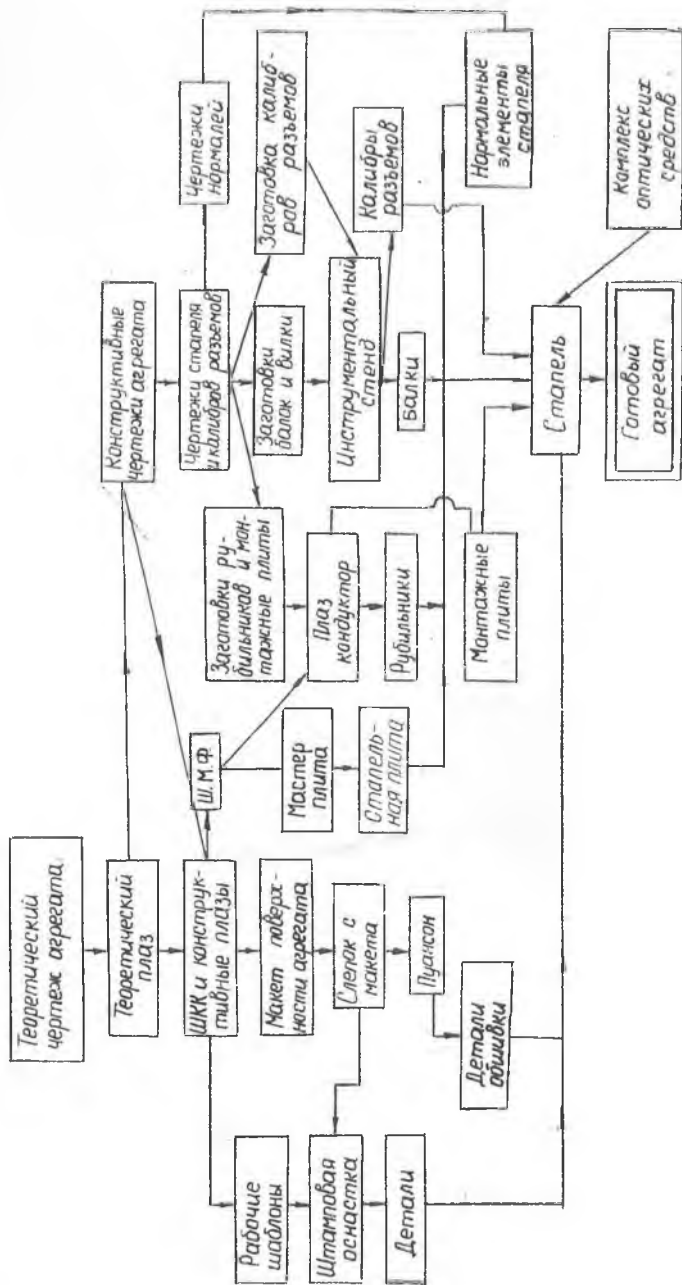


Рис. 4. Схема увязки оснастки при макетно-инструментальном методе

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

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

В последние годы получил широкое применение, так называемый, «бесплазовый» метод увязки [22], принципиальная схема которого представлена на рис. 5.

Основным источником всей информации о теоретических обводах являются аналитически заданные теоретические чертежи. Эта информация с помощью ЭВМ может быть превращена в программы для электронных координатографов и станков с числовым программным управлением (СЧПУ).

С помощью координатографов на конструктивных плазах вычерчиваются теоретические контуры и теоретические оси. На основе конструктивных чертежей на конструктивном плазе вручную вычерчиваются все элементы и контуры, которые трудно задать в аналитическом виде. Снятие с конструктивного плаза числовых данных о контурах и превращение их в программы производится с помощью установки для записи программ с плаза (УЗП-1П). С помощью специальной аппаратуры эти программы переводятся на магнитную ленту и используются на станках с ЧПУ при изготовлении шаблонов, а также некоторых элементов штамповочной оснастки (формблоков, болванок и др.). Некоторые плоские детали типа накладок и стенок могут изготавливаться непосредственно на СЧПУ.

Объемные элементы сборочной оснастки при «бесплазовом» методе увязки изготавливаются с помощью инструментального стенда.

Плоские элементы сборочной оснастки типа рубильников, ложементов и плит могут изготавливаться непосредственно на СЧПУ (с предварительной разделкой базовых отверстий на координатно-расточных станках).

Описанные выше методы увязки и монтажа сборочной оснастки являются основными в производстве летательных аппаратов. Однако при выполнении курсового проекта могут

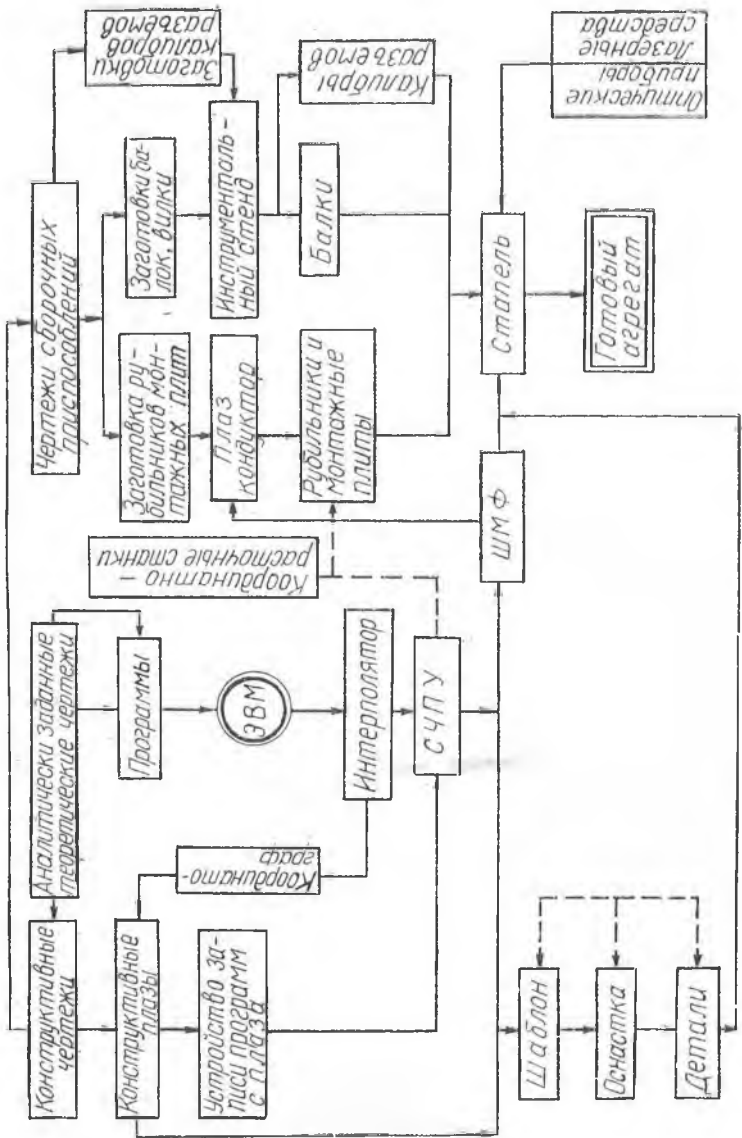


Рис. 5. Схема увязки оснастки при бесплазовом методе

быть использованы и другие методы монтажа оснастки (по шаблону ШМФ, на координатных плитах, с помощью координатно-оптических и лазерно-центрирующих систем). При этом правые части схемы увязки претерпят значительные изменения.

Таким образом, при разработке схемы увязки студент должен иметь в виду, что ее необходимо представлять конкретно для заданного узла или агрегата и принятых методов монтажа оснастки.

Примеры оформления схем увязки имеются в кабинете курсового проектирования.

4. РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

4.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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

Технологический процесс сборки любой клепаной конструкции состоит из ряда типовых операций, варианты выполнения которых приведены в табл. 2.

В зависимости от технологичности изделия 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 поставки на сборку узлов и деталей и ведомости потребных нормалей и материалов.

| Этапы сборки (группы операций) | Возможные операции | Варианты выполнения операций | Примечание |
|--|--|---|--|
| Установка, фиксация и закрепление собираемых элементов | Установка и фиксация Закрепление | По разметке, по сборочным отверстиям, по фиксаторам сборочного приспособления По фиксаторам приспособления и штырям по КФО, зажимами приспособления, съёмными зажимами (струбцинами, пружинными фиксаторами, штырями), контрольными болтами, контрольными заклепками | Без пригонки или с пригонкой По просверленным заранее отверстиям или со сверлением для них отверстий |
| Подготовка отверстий | Сверление Зенкование Развертывание Протягивание Упрочняющая обработка Штамповка лунок Снятие заусенцев и очистка от стружки | С разметкой по чертежу, с разметкой по шаблону, по направляющим отверстиям, по кондукторам Отдельно, после сверления, совместно со сверлением Вручную, пневмонструментом, на станках Переносными силовыми головками, долгами, раскатниками В каркасах — пневмомолотками, в обшивках — на прессах Шпателями, сверлами | Пневматическими дрелями, на стационарных установках или на клещевых автоматах Для болтов высоких классов точности и заклепок с высоким сопротивлением срезу Обязательно при герметической клепке |

| Этапы сборки (группы операций) | Возможные операции | Варианты выполнения операций | Примечание |
|--------------------------------------|--|---|---|
| Собственно сборка (соединение) | <p>Обезжиривание герметических швов и прокладка герметиков</p> <p>Клепка различного рода заклепками</p> <p>Постановка болтов и винтов</p> <p>Контровка</p> | <p>Пневмомолотками, переносными прессами, на стационарных прессах, на клепальных автоматах</p> | |
| Освобождение от фиксаторов и зажимов | <p>Снятие съёмных фиксаторов и зажимов</p> <p>Освобождение от зажимов приспособлений</p> | | Освобождение от фиксаторов может идти непосредственно после 1 этапа, если сверление и клепка ведутся на стационарном оборудовании |
| Внестанпельная доработка | <p>Сверление</p> <p>Клепка</p> <p>Развертывание или протягивание отверстий</p> <p>Постановка болтов</p> <p>Разделка стыков</p> | <p>Пневмонструментом или на стенках, на прессах</p> <p>На универсальных станках или специальных разделочных станках</p> | Объем доработки зависит от характера процессов, степени загрузки станелей и ряда других причин |

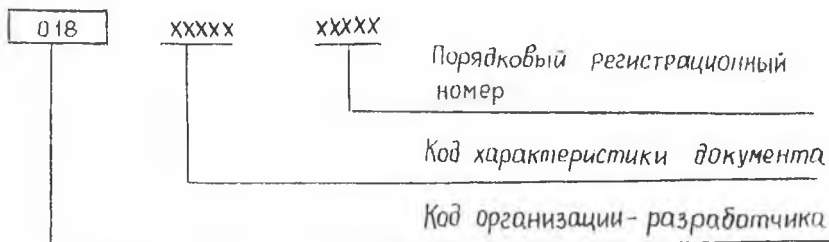
Здесь не указаны монтажные процессы, выполняемые при внестанпельной доработке панелей, секций, агрегатов, так как они составляют особую группу внестанпельных работ.

После этого технолог (студент) может приступить к разработке и оформлению на картах рабочего технологического процесса. Технологический процесс оформляется на операционных картах ГОСТ 3.1407-74, форма 1, 1а, 2 и 2а. Примеры заполнения операционных карт приведены в кабинете для курсового проектирования. Затем производится нормирование процесса. Одновременно по тарифно-квалификационному справочнику определяется 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, которые выбираются по каталогам и записываются в технологические карты.

При оформлении рабочего технологического процесса могут применяться следующие формы: титульный лист — ГОСТ 3.1104-74, форма 2; маршрутная карта — ГОСТ 3.1105-74, форма 4 и 4а; ведомость оснастки — ГОСТ 3.1105-74, форма 9 и 9а; карта эскизов — ГОСТ 3.1105-74, форма 5; операционная карта технического контроля — ГОСТ 3.1502-74, форма 2 и др. Технологические документы должны обозначаться по системе обозначения — ГОСТ 3.1201-74.

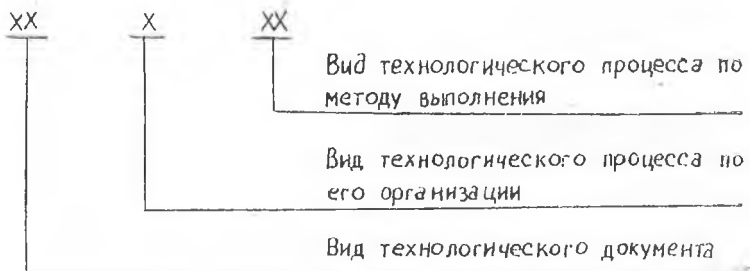
Устанавливается следующая структура обозначения документов:



После кода организации—разработчика и кода характеристики документа ставят точку. Устанавливаются следующие основные признаки характеристики документа:

- вид технологического документа;
- вид технологического процесса по его организации или метод его организации;
- вид технологического процесса по методу выполнения.

Устанавливается следующая структура и длина кода характеристики документа;



Порядковые регистрационные номера документам присваивают с 00001 по 99999 в пределах каждого кода характеристики документов. Код организации—разработчика в курсовом проекте принимается 018 (18— код кафедры производства л. а.). Код характеристики документа назначают по табл. 1—3 приложения. Пример обозначения операционной карты технологического процесса слесарных, слесарно-сборочных и электромонтажных работ: [018], 60088, 00025.

4.2. РАЗРАБОТКА УСЛОВИЙ НА ПОСТАВКУ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ

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

В условиях поставки узла указывают укомплектованность узла, перечисляют 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 в записке в виде таблицы (табл. 3).

Таблица 3

| Эскиз детали или узла | Номер детали или узла | Наименование | Степень законченности |
|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------------------------|
| | 0300-40-01 | Профиль | Припуск с двух сторон 5 мм; НО |
| | 0200-50-02 | Косынка | СО по чертежу |

4.3. 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 экономическое сравнение возможных его вариантов.

Для этого студент, консультируясь у преподавателя, выбирает два технологических процесса, одинаковых по качественным показателям, но различных по характеру выполнения, и проводит их экономическое сравнение. Сравнение ведется по технологической себестоимости, по ее изменяющимся статьям. При практических расчетах обычно ограничиваются включением в технологическую себестоимость только расходов на заработную плату производственным рабочим — $Z_{пр}$; расходов на эксплуатацию оборудования и его амортизацию — O ; расходов на эксплуатацию приспособления — $П$ и инструмента — $И$. Стоимость основных и вспомогательных материалов можно не учитывать, так как она обычно не меняется при изменении технологического процесса сборки узлов:

$$C = Z_{пр} + O + П + И.$$

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

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

2. Определяются текущие затраты на одно изделие:

$$A = Z_{пр} + O_y + П_y + И_y,$$

где O_y , $П_y$, $И_y$ — затраты на универсальное оборудование, приспособление и инструмент.

3. Определяются единовременные затраты для каждого варианта:

$$B = O_c + P_c + I_c,$$

где O_c , P_c , I_c — затраты на специальное оборудование, приспособление и инструменты.

4. Определяется технологическая себестоимость одного изделия:

$$C_r = A + \frac{B}{N},$$

где N — годовая программа или суммарные расходы на годовую программу выпуска изделий

$$C_{r \text{ год}} = A N + B.$$

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

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

4.4. 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 — $\Pi_{ст}$. Продолжительность выполнения операций определяется по формуле

$$\Pi_{op} = \frac{T}{K},$$

где T — трудоемкость;

Π — 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 графики работ по сменам согласно прилагаемой схеме (табл. 4).

Таблица 4

| Наименование операций и переходов | Трудоемкость, н/час | Кол-во однов. работающих. | Цикл, время, час | 1 смена | | 2 смена | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------------|------------------|---------|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | часы | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

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.

5. РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ СБОРКИ

5.1. 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. Последняя и характеризует качество технологического процесса и его оснащения.

Задачи студента при выполнении проекта — определить

ожидаемую точность, сопоставить ее с заданной, а также провести анализ тех технологических или конструктивных мероприятий, которые необходимы для получения точности в соответствии с ТУ.

При производстве летательных аппаратов широкое применение нашел 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 δ_A и δ_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 C_{A-B} характеризуется разностью погрешностей их изготовления:

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

Для расчетов точностных параметров изделий применяется аппарат теории размерных цепей. Рекомендуется ознакомиться с ее основными понятиями по учебнику [23].

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

$$L_{зам} = \sum_{i=1}^n A_i L_i, \quad (3)$$

где L_i — составляющие звенья размерной цепи;

A_i — передаточное отношение, характеризующее влияние составляющих звеньев на замыкающее звено;

$A_i = 1$ — для увеличивающих звеньев, с ростом которых увеличивается замыкающее звено;

$A_i = -1$ — для уменьшающих звеньев, с ростом которых уменьшается замыкающее звено.

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

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

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

В проектных расчетах студент будет иметь дело со сборочными и полными 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 возможные отклонения замыкающего звена. Более правильным является расчет, основанный на принципах теории вероятностей.

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

Δ_y — координаты центра группирования погрешностей сборки;

δ_y — среднеквадратичного отклонения или половины поля допуска замыкающего звена.

Эти величины определяются по формулам:

$$\begin{aligned} \Delta_y &= \sum_{i=1}^n (A_i \Delta_i + A_i \delta_i \alpha_i); \\ \delta_y &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2 K_i^2 \delta_i^2}, \end{aligned} \quad (5)$$

где Δ_i — координата середины поля допуска составляющего звена;

δ_i — половина поля допуска составляющего звена;

α_i — коэффициент относительной асимметрии распределения составляющего звена;

K_i — коэффициент относительного рассеивания размера составляющего звена.

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

Для других видов распределения α_i и K_i определяются из экспериментов и приводятся в таблицах.

Координата середины поля допуска составляющего звена равна

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

где BO_i — верхнее и NO_i — нижнее предельные отклонения.

При симметричном расположении допуска $\Delta_i = 0$.

Половина поля допуска равна

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

Предельные отклонения замыкающего размера (размера собранного изделия) будут равны

$$\begin{aligned} \text{ВО}_z &= \Delta_z + \delta_z, \\ \text{НО}_z &= \Delta_z - \delta_z. \end{aligned} \quad (8)$$

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 табл. 5.

Т а б л и ц а 5

| Агрегаты | Части агрегатов | Отклонения от теоретического контура |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Фюзеляж | Носовая часть | $\pm 2,0$ |
| | Средняя и хвостовая части | $\pm 3,0$ |
| Крыло | Передняя часть 30—40% | $\pm 1,0$ |
| Стабилизатор | | |
| Киль | Центральная и хвостовая части | $\pm 2,0$ |
| Мотогондолы | Передняя часть (20%) | $\pm 1,0$ |
| | Задняя часть | $\pm 2,0$ |

5.2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПОГРЕШНОСТИ

Погрешности, определяющие точность выполнения собираемых изделий, можно разделить на три основные группы, как это показано в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

| Группа | Вид погрешности | Принятое обозначение |
|--|--|-----------------------|
| Погрешности изготовления рабочего посетителя-размера | Погрешность изготовления базовой детали | $\delta_{\text{баз}}$ |
| | Погрешность изготовления приспособления для сборки | $\delta_{\text{пр}}$ |

| Группа | Вид погрешности | Принятое обозначение |
|---|---|---|
| Погрешность увязки | Погрешность взаимной увязки отверстий базовой и устанавливаемой деталей | C_{co} (дет ₁ — дет ₂) |
| | Погрешность взаимной увязки контуров базовой и устанавливаемой детали | C_{kop} (пр — дет) |
| | Погрешность взаимной увязки сборочных приспособлений | C_{kop} (дет ₁ — дет ₂) |
| | Погрешность взаимной увязки сборочных приспособлений | $C_{пр}$ (объект ₁ — объект ₂) |
| | Погрешность увязки контура и сборочных отверстий детали | $C_{дет}$ (kop — кфо) |
| | Погрешность увязки контура и координатно-фиксирующих отверстий детали | $C_{дет}$ (kop — со) |
| Погрешности, не зависящие от метода базирования | Погрешности, вызванные клепкой, сваркой | $\delta_{кл}$ |
| | Погрешности, вызванные температурными изменениями | δ_t |
| | Погрешности, вызванные деформациями сборочных приспособлений | δ_f |
| | Погрешности, вызванные изменением толщины материала | δ_s |

Статистические характеристики производственных погрешностей на разных этапах переноса размеров и величины коэффициентов α_i и K_i приведены в табл. 7.

| Обозначение этапа | Техн. процесс или метод переноса размера | Отклонения контура, мм | Отклонения между осями отверстий, мм | a_i | K_i |
|----------------------|--|---------------------------|--|-------|-------|
| ТП-КП | Расчерчивание | 0; -0,1 | ±0,05 | 0 | 1 |
| КП-ОК | Фотопечать | ±0,1 | ±0,05 | 0 | 1 |
| ОК-ШК | Припиловка | 0; -0,15 | ±0,1 | 0,5 | 1,4 |
| ШК-ШВК | То же | 0; +0,15 | ±0,1 | 0,5 | 1,4 |
| ШК-ШРД | — | +0,3; 0 | ±0,1 | 0,5 | 1,4 |
| ШРД-ШФ | — | 0; -0,5 | ±0,2 | 0 | 1 |
| ШФ-деталь | Фрезерование | ±0,2 | ±0,15 | 0,5 | 1,4 |
| ШК-ШОК | Припиловка | +0,2; 0 | ±0,15 | 0,5 | 1,4 |
| КП-ШМФ | То же | +0,1; 0 | — | 0,5 | 1,4 |
| ШФМ-рубильн. | — | ±0,2 | — | 0,5 | 1,4 |
| Рубильник-ПК | Слепок | ±0,1 | ±0,15 | 0,5 | 1,4 |
| ШВК-формблок | Припиловка | ±0,2 | ±0,15 | 0,5 | 1,4 |
| КП-ШКС | То же | 0; -0,2 | — | 0,5 | 1,4 |
| ШКС-КШКС | — | ±0,2; 0 | ±0,15 | 0,5 | 1,4 |
| КШКС-МП | — | -0,2; 0 | ±0,35 | 0,5 | 1,4 |
| ШОК-болванка | Пригонка | +0,2; 0 | ±0,02 | 0 | 1 |
| ПК-приспособл. | Фиксация штырями | ±0,1 | ±0,02 | 0 | 1 |
| ИС-приспособл. | То же | ±0,1 | ±0,1 | 0 | 1 |
| МЭ-приспособл. | Фикс. штыри | ±0,1; 0 | — | 0 | 1,1 |
| Формблок-деталь | Штамп. резиной | +0,3; 0 | — | 0 | 1 |
| Болванка-деталь | Сверление | +1,5; +0,5 | ±0,2 | 0 | 1,4 |
| ШОК-деталь | Пригонка | — | ±0,1 | 0,5 | |
| ШКС-штамп | | +0,3; 0 | | | |

| Обозначение этапа | Техн. процесс или метод переноса размера | Отклонения контура, мм | Отклонения между осями отверстий, мм | a_f | K_f |
|----------------------------|--|------------------------|--------------------------------------|-------|-------|
| Штамп-деталь | Штамповка | $\pm 0,2; 0$ | — | 0,2 | 1,1 |
| МП-КЭ | Слепок | $+0,1; 0$ | $\pm 0,1$ | 0 | 1 |
| КЭ-МЭ | То же | $0; -0,1$ | $\pm 0,1$ | 0 | 1 |
| ШК-ШГП | Припиловка | $+0,2; 0$ | — | 0,5 | 1,4 |
| ШГП-пуансон | То же | $\pm 0,2$ | — | 0,5 | 1,4 |
| Пуансон-деталь | Глубка на ПГР | $+0,5; 0$ | — | 0,2 | 1,2 |
| Кондуктор-деталь | Сверление | — | $\pm 0,05$ | 0 | 1,0 |
| СЧПУ-шаблон | Механич. обраб. | $\pm 0,1$ | $\pm 0,1$ | 0 | 1 |
| СЧПУ-рубильник ложемент | То же | $\pm 0,15$ | — | 0 | 1 |
| ШКС-копир. | Припиловка | $+0,2; 0$ | — | 0,5 | 1,4 |
| Копир-обшивка | Штамповка-гибка | $+1,5; 0,5$ | — | 0,2 | 1,1 |
| ШВК-макетный шлангоут | Припиловка | $\pm 0,2$ | $\pm 0,1$ | 0,5 | 1,4 |
| ПК-макетный шлангоут | Разметка отверстий | $\pm 0,1$ | $\pm 0,1$ | 0,5 | 1,4 |

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

Определяют по формулам (6), (7) и табл. 7 величины Δ_i , δ_i , α_i и K_i . Затем по формулам (5) находят Δ_{Σ} , δ_{Σ} и величины VO_{Σ} , HO_{Σ} (формула 8). Расчет величин Δ_{Σ} , δ_{Σ} удобно вести, записав все данные и вычисления в табл. 8.

Таблица 8

| № п. п. | Обознач. этапа | Технолог. процесс | Откл., мм | δ_i , мм | α_i | Δ_i , мм | α_i | K_i | $\Delta_i \cdot \alpha_i$, мм | $\alpha_i \cdot \delta_i$, мм | Δ_i^2 , δ_i^2 , мм ² |
|---------|----------------|-------------------|-----------|-----------------|------------|-----------------|------------|-------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| | | | | | | | | | | | |

5.3. ВЛИЯНИЕ НА ТОЧНОСТЬ СБОРОЧНОГО ПРОЦЕССА МЕТОДА БАЗИРОВАНИЯ

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

$$\delta_{сб} = \delta_{пр} + C_{кон(пр-дет)} + \delta_{кл} + \delta_f + \delta_l, \quad (9)$$

где $\delta_{сб}$ — погрешность готового агрегата;

$\delta_{пр}$ — погрешность сборочного приспособления;

$C_{кон(пр-дет)}$ — погрешность взаимной увязки контуров приспособления (например, рубильников) и устанавливаемой детали (например, обшивки);

$\delta_{кл}$, δ_f , δ_l — погрешности, вызываемые клепкой, деформацией приспособления, изменением температуры.

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

$$\delta_{кл} + \delta_f + \delta_l = 0,4 \delta_{сб}, \quad (10)$$

получим

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

Погрешность увязки контуров приспособления и обшивки (зазор между рубильником и обшивкой) можно значительно

уменьшить за счет установки специальных прижимов в приспособлениях. В этом случае формула для расчета $\delta_{сб}$ будет иметь вид

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

Коэффициент прижима характеризует компенсацию погрешности и определяется по табл. 9.

Таблица 9

| | | | | | |
|------------------|-----|------|------|------|------|
| $l_{пр}/l_{дет}$ | 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 $l_{пр}$ — расстояние между прижимами;

$l_{дет}$ — длина детали.

Сборка с базой на внешнюю поверхность каркаса. Для сборки узлов типа нервюр, шпангоутов, лопжеронов в приспособлениях следует пользоваться формулой (12), так как детали, образующие обвод, могут быть прижаты к контурным фиксаторам (ложементам) прижимами.

При сборке агрегатов и секций с базой на внешнюю поверхность каркаса уменьшить погрешность увязки $C_{кон (прижим-деталь)}$ за счет установки прижимов не представляется возможным. Кроме того, вносится дополнительная погрешность в толщине обшивки δ_s . Тогда формула (11) примет вид

$$0,6 \delta_{сб} = \delta_{пр} + C_{кон (пр-дет)} + 2 \delta_s \quad (13)$$

При сравнении формул (12) и (13) видно, что способ сборки от каркаса менее точен. Для повышения точности обвода допускается компенсация путем правки каркаса или установки прокладок. В этом случае погрешность увязки должна быть принята равной (0,5—0,6) $C_{кон (пр-дет)}$.

Сборка по сборочным отверстиям. Для сборки стенки нервюры с двумя поясами (дет₁, дет₂) формула будет иметь вид

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

где $\delta_{баз}$ — погрешность базовой детали (стенки);

$C_{\text{дет. (кон-со)}}$ — погрешность увязки контура и СО первого и второго пояса;

$\delta_{\text{кл}}$ — погрешность от клепки;

$2\delta_{\text{фик}}$ — погрешность фиксирования (зазор между отверстием и штырем-фиксатором).

Приняв

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

получим

$$0,7 \delta_{\text{сб}} = \delta_{\text{баз}} + C_{\text{дет. (кон-со)}} + C_{\text{дет. (кон-со)}}. \quad (16)$$

Компенсация в этом случае невозможна. При сборке агрегата из узлов, собранных по СО, надо добавлять погрешности обшивок $2\delta_s$.

$$0,7 \delta_{\text{сб}} = \delta_{\text{баз}} + C_{\text{дет. (кон-со)}} + C_{\text{дет. (кон-со)}} + 2\delta_s. \quad (17)$$

Сборка по КФО. При этом методе сборка происходит в приспособлении, поэтому $\delta_{\text{баз}} = \delta_{\text{пр}}$.

Приняв

$$\delta_{\text{кл}} = \delta_j + \delta_l + 2\delta_{\text{фик}} = 0,5 \delta_{\text{сб}} \quad (18)$$

получим общее уравнение в виде

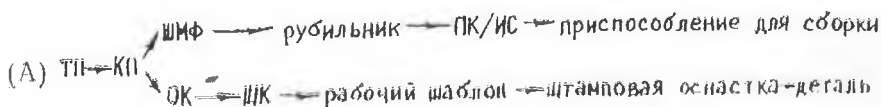
$$0,5 \delta_{\text{сб}} = \delta_{\text{пр}} + C_{\text{дет. (кон-кфо)}} + C_{\text{дет. (кон-кфо)}} + 2\delta_s. \quad (19)$$

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

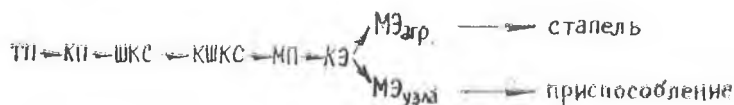
5.4. СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ПОГРЕШНОСТЕЙ.

УЧЕТ СХЕМЫ УВЯЗКИ СБОРОЧНОЙ И ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ОСНАСТКИ

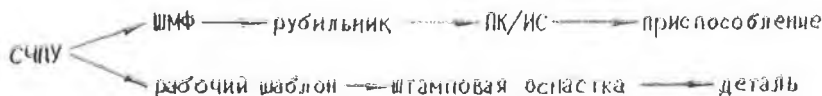
При связанном изготовлении деталей происходит накопление погрешностей на всех этапах переноса размеров, начиная с первоисточника (обычно с теоретического плаза). Число и характер этих этапов зависит от принятой схемы увязки заготовительной и сборочной оснастки. Она записывается в форме так называемой структурной схемы увязки оснастки. Например, для макетно-инструментального (иначе координатно-шаблонного) метода увязки структурная схема записывается так:



Для эталонно-шаблонного метода она будет иметь вид:



Для бесплазового метода запишется так:



Для определения погрешности сборки узла, изготовления детали или приспособления необходимо суммировать все погрешности одной ветви, начиная от первоисточника.

При определении погрешности увязки приспособления, деталей между собою или деталей с приспособлениями суммируются погрешности несвязанных этапов по обеим ветвям.

Приняв по данным табл. 7 величины погрешностей и записав их на стрелках, связывающих этапы, получим уравнение погрешностей. При сборке по СО и КФО необходимо показать как погрешности по контурам (выше стрелки), так и погрешности отклонения отверстий от контура (ниже стрелки).

5.5. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ТОЧНОСТИ СБОРКИ

Пример 1. Заданный по ТУ допуск на отклонение фюзеляжа от теоретического контура $\sigma_{сб} = \delta_{ту} = \pm 2$ мм. Требуется определить допуск на контур шпангоута в том же сечении, а также ожидаемую точность его сборки.

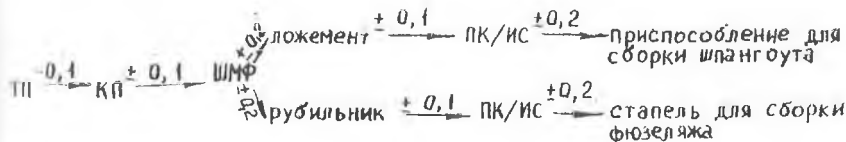
Допуск на узел определяется по формуле

$$\delta_{уз} = \delta_{ту} - C_{пр(агр-узел)}, \quad (20)$$

где $C_{пр(агр-узел)}$ — погрешность увязки сборочных приспособлений для сборки фюзеляжа и шпангоута.

Для расчета $C_{пр(агр-узел)}$ составляем структурную схему, приняв метод увязки макетно-инструментальный.

По табл. 7 определяем погрешность на всех этапах переноса размеров при изготовлении сборочных приспособлений:



Для определения погрешности увязки берем только не-
связанные этапы переноса размеров. Для них все допуски
симметричные. Поэтому координата середины поля допусков
равна 0:

$$\Delta_z C_{пр} (\text{агр-узел}) = 0.$$

Половину поля допусков определим по формуле (5):

$$\delta_z = C_{пр} (\text{агр-узел}) = \sqrt{4 \cdot 0,2^2 + 2 \cdot 0,1^2} = \pm 0,425 \text{ мм.}$$

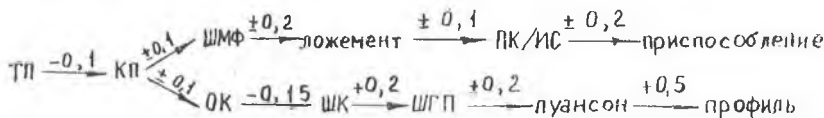
Таким образом, допуск на сборку шпангоута будет равен

$$\delta_{уз} = \pm 2 \pm 0,425 = \pm 1,575 \text{ мм.}$$

Ожидаемую точность сборки шпангоута определим по фор-
муле (12):

$$0,6 \delta_{сб} = \delta_{пр} + 2 C_{кон} (\text{пр-дет}) K_{прж}.$$

Составим структурную схему, где в верхней ветви отра-
зим все этапы переноса размеров при изготовлении приспособ-
ления для сборки шпангоута, в нижней — при изготовле-
нии профиля шпангоута:



Для определения $\delta_{пр}$ и $C_{кон} (\text{пр-дет})$ составим табл. 10.
По формулам (5) определим середину и половину поля до-
пусков для сборочного приспособления, для чего берем все
этапы переноса размеров при его изготовлении (верхняя
ветвь):

$$\Delta_z \delta_{пр} = (-0,05 + 0,05 + 0,025 + 3 \cdot 0,1) = 0,325 \text{ мм;}$$

$$\delta_z \delta_{пр} = \sqrt{(0,25 + 0,49 + 1,96 + 5,6 \cdot 2) \cdot 10^{-2}} = \pm 0,36 \text{ мм.}$$

Таким образом, погрешность изготовления приспособления
будет равна

$$\delta_{пр} = (0,325 \pm 0,36) \text{ мм.}$$

| Этапы | Отклонение, мм | δ_i , мм | A_i | Δ_i , мм | α_i | K_i | Δ_i, A_i , мм | A_i, δ_i, α_i , мм | A_i^2, δ_i^2, K_i^2 , мм ² |
|----------------------|-------------------|-----------------|-------|-----------------|------------|-------|-------------------------|-----------------------------------|---|
| ТП-КП | -0,1; 0 | +0,05 | 1 | -0,05 | 0 | 1 | -0,05 | 0 | $0,25 \cdot 10^{-2}$ |
| КП-ОК | -0,1; +0,1 | 0,1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | $1 \cdot 10^{-2}$ |
| ОК-ШК | -0,15; 0 | 0,075 | 1 | -0,075 | 0,5 | 1,4 | -0,075 | 0,0375 | $1,1 \cdot 10^{-2}$ |
| ШК-ШГП | 0; 0,2 | 0,1 | 1 | 0,1 | 0,5 | 1,4 | 0,1 | 0,05 | $1,96 \cdot 10^{-2}$ |
| ШГП-луансон | -0,2; +0,2 | 0,2 | 1 | 0 | 0,5 | 1,4 | 0 | 0,1 | $5,6 \cdot 10^{-2}$ |
| Луансон-профиль | 0; 0,5 | 0,25 | 1 | 0,25 | 0,2 | 1,2 | 0,25 | 0,05 | $9 \cdot 10^{-2}$ |
| КП-ШМФ | 0; +0,1 | 0,05 | 1 | 0,05 | 0,5 | 1,4 | 0,05 | 0,025 | $0,46 \cdot 10^{-2}$ |
| ШМФ-ложемент | -0,2; +0,2 | 0,2 | 1 | 0 | 0,5 | 1,4 | 0 | 0,1 | $1,96 \cdot 10^{-2}$ |
| Ложемент-ПК | -0,1; +0,1 | 0,1 | 1 | 0 | 0,5 | 1,4 | 0 | 0,1 | $5,6 \cdot 10^{-2}$ |
| ПК/ИС-приспособление | -0,2; +0,2 | 0,2 | 1 | 0 | 0,5 | 1,4 | 0 | 0,1 | $5,6 \cdot 10^{-2}$ |

Определим погрешность увязки $C_{\text{кон (пр-дет)}}$, для чего берем все несвязанные этапы:

$$\Delta_{\Sigma} C_{\text{кон (пр-дет)}} = (-0,075 + 0,25 + 0,05 + 0,05 + 3 \cdot 0,1 + 0,0375 + 0,025) = 0,637 \text{ мм};$$

$$\delta_{\Sigma} C_{\text{кон (пр-дет)}} = \sqrt{(1 + 1,1 + 2 \cdot 1,96 + 3 \cdot 5,6 + 0,49 + 9) \cdot 10^{-2}} = \pm 0,568 \text{ мм}.$$

Таким образом, погрешность увязки будет равна

$$C_{\text{кон (пр-дет)}} = (0,637 \pm 0,568) \text{ мм}.$$

Определим точность сборки шпангоута по формуле (12). Примем коэффициент прижима $K_{\text{приж}}$ равным 0,1 (8 прижимов по длине профиля). Тогда

$$\delta_{\text{шп}} = \frac{(0,325 \pm 0,36) + 0,1 (0,637 \pm 0,568)}{0,6} = (0,66 \pm 0,68) \text{ мм}.$$

Погрешность сборки допуска на контур шпангоута, равно го $\pm 1,575$ мм.

Пример 2. Определить погрешность сборки фюзеляжа с базой на наружный контур обшивки. Метод увязки — «бесплазовый». Воспользуемся формулой (12). Для определения $\delta_{\text{пр}}$ и $C_{\text{кон (пр-дет)}}$ составим структурную схему:

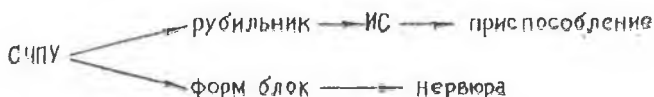


Определив из табл. 7 погрешность всех этапов переноса размеров, составляем табл. 10 и рассчитываем $\delta_{\text{пр}}$, $C_{\text{кон (пр-дет)}}$ а затем и $\delta_{\text{сборки}}$.

Пример 3. Определить погрешность сборки триммера с базой на контур каркаса. Метод увязки — «бесплазовый», рубильники стапеля и формблок изготавливаются непосредственно на СЧПУ.

Точность сборки определяется по формуле (13).

Для расчета $\delta_{\text{пр}}$ и $C_{\text{кон (пр-дет)}}$ составляем структурную схему:



Погрешностью выполнения фиксирующих отверстий в рубльниках стапеля на координатно-расточных станках можно пренебречь.

Определив погрешность всех этапов переноса размеров, можно найти $\delta_{пр}$ и $S_{кон (пр-дет)}$, а затем и $\delta_{сб}$.

Коэффициент правки $K_{пр}$ можно принять равным 0,5—0,6. Погрешность на толщину обшивки $\delta_s = (0,1 \div 0,5)$.

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

6.1. 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 техусловия 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 [2], [3], [14]; а затем и со специальной литературой.

Разрабатывая технические условия на проектирование, нужно внимательно просмотреть уже проделанную работу, начиная с анализа чертежа изделия. Следует обратить внимание на расположение всех конструкторских баз (осей) изделия, на технические требования к точности контуров (обводов), на расстояния 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) назначение приспособления;
- б) положение собираемого узла или агрегата в приспособлении;

в) основные сборочные базы, которые должны быть использованы при сборке;

г) перечень деталей, которые должны быть зафиксированы при сборке (схема фиксации);

д) степень точности сборки изделия по обводам и стыковым разъемам, которая должна быть обеспечена приспособлением;

е) специальная контрольно-мерительная оснастка (макеты, эталоны, шаблоны), используемая для изготовления и контроля приспособления.

При проектировании крупных сборочных ступеней в технических требованиях указывают также:

ж) способы закладки узлов в приспособление и способы выемки готового изделия (вручную, тележками, краном и т. п.);

з) механизацию перемещения подвижных элементов ступени (стapelных плит, рубильников, катучих балок, тяжелых фиксаторов и т. п.);

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

к) требования к оргоснастке ступени (площадкам, трапам, лестницам, подводкам воздуха, электроэнергии, освещению);

л) 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, так как они достаточно освещены в учебной литературе. Может вызвать затруднение пункт «д» (назначение точности сборки), так как на многих чертежах узлов самолета отсутствуют допуски на точность контуров и только имеется указание «по шаблону, снятому с плаза». В этом случае необходимо, исходя из общих соображений 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 стальной оснастки [2], [3], [10], [11], [14].

6.2. 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 оргоснастки (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. Начинают разработку конструктивной схемы с нанесения на лист в удобном масштабе контуров узла в двух-трех проекциях, а также сетки базовых линий — это оси симметрии, продольные и поперечные оси, строительные горизонталы, оси стрингеров, нервюр, шпангоутов и т. п. Из них выбирают строительные оси приспособления, чтобы был выдержан принцип «единства баз».

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

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

$$\Delta = \Delta_{\text{пр}} + \Delta_{\text{деф}} \quad (20)$$

где $\Delta_{пр}$ — отклонение от теоретического контура по производственным причинам;

$\Delta_{деф}$ — отклонение контура сборочной единицы от теоретического, обусловленное деформацией элементов конструкции при их установке в приспособлении.

Сборочная единица должна удовлетворять техническим условиям на изготовление: при $\Delta \leq \delta$, где δ — допустимое отклонение по ТУ. Отсюда $\Delta_{деф} \leq \delta - \Delta_{пр}$.

Если известно допустимое отклонение $\Delta_{деф}$ элементов конструкции, их прочностные характеристики и условия нагружения, то можно определить расчетным путем расстояние 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 расстояние 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 собственной массы определяется по формуле

$$f = \frac{5}{384} \frac{PL^4}{EI} = 0,13 \frac{PL^4}{EI}, \quad (21)$$

где P — масса одного погонного метра профиля, кг;

L — расстояние между опорами, м;

EI — жесткость профиля, кгГм².

Приравняв прогиб профиля допустимой деформации $\Delta_{деф}$, определяют расстояние между фиксаторами профиля:

$$L = \sqrt[4]{\frac{\Delta_{деф} EI}{0,13 P}}. \quad (22)$$

Такие расчеты (очень приближенные) зачастую не делают, а принимают шаг фиксаторов равным шагу поперечного набора (нервюр, шпангоутов) 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 массу комплекта ложементов и рублильников.

Выбирая тип рублильника, необходимо ознакомиться по данным учебной литературы с их характеристиками и обосновать выбор того или иного типа. Жесткость рублильников зависит от габаритов, размеров и способа закрепления к каркасу. Крепление рублильников 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 последнем случае консольные концы также должны соединяться накладной скобой с винтом.

Практика проектирования оснастки дает следующие размеры ширины рублильников, отлитых из вторичного алюминиевого сплава, исходя из размера L — расстояния между осями вилок на верхней и нижней балках:

$L \leq 1$ м, ширина $a = 50 \dots 80$ мм;

$L = 1 \div 2,5$ м, ширина $a = 100 \dots 180$ мм;

$L \geq 2,5$ м, ширина $a = 150 \dots 200$ мм.

Толщина выбирается по размеру вилок не менее 20 мм. Сечение рублильников по всей длине принимается постоянным.

Наметив по конструктивной схеме положение фиксаторов профилей и листовых деталей, наносят оси расположения фиксаторов узлов разъемов и эскизно намечают их размеры. Для этого надо ознакомиться с литературными данными о стыковых фиксаторах (см. РТМ). Они разделяются на две основные группы: фиксаторы разъемов типа «ухо-вилка» и фиксаторы фланцевых разъемов. Студент выбирает тип фиксатора и его основные размеры из конструктивных соображений. Фиксаторы могут быть неподвижными и подвижными. Неподвижные применяются в том случае, если они не мешают выемке собранного изделия. Если мешают выемке, то для узлов «ухо—вилка» их делают откидными или выдвигными. Для откидных фиксаторов обычно отношение плеча заделки l (расстояние между отверстиями двойной вилки или двух вилок) к вылету L (расстояние между фиксирующим штырем и отверстием узла) равно $l/L = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5}\right)$. Размеры сечения рычага принимают: ширина $a = (0,2-0,3)$ и толщина $b = (0,1-0,2) a$.

Для выдвигных фиксаторов практикой выработаны такие

соотношения: максимальный вылет скалки (вала) $L \leq 5D$, где диаметр скалки $D = (3 \div 5) d$, 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 фи́гнгов или узлов профилей разъема (уголков, гребенок).

Крупные плиты для повышения жесткости снабжаются сварным трубчатым каркасом [2], [14]. 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. После выбора и размещения фиксирующих элементов можно закончить конструктивную схему приспособления, нанеся на сделанном чертеже элементы каркаса — стойки, колонны, рамы, балки. Перед этим следует ознакомиться по учебным пособиям и РТМ с нормализованными элементами каркасов, их разновидностями, типоразмерами, выбрать элементы по конструктивным соображениям и провести следующий этап — рассчитать элементы приспособления на жесткость.

После разработки конструкции общего вида сборочного приспособления студент должен разработать чертежи отдельных узлов, а в некоторых случаях и деталей. Разработке подлежат оригинальные конструкции фиксаторов, прижимов, средств механизации и т. п. Чертежи конструкции должны иметь необходимую информацию: габаритные размеры, допуски и посадки на месте сопряжения деталей, виды покрытий, а также спецификацию деталей, входящих в данный узел. В ряде случаев студенты выполняют чертежи деталей: рубильников, ложементов (корпусов), стапельных и кондукторных плит, а также отдельных элементов фиксаторов: ух, вилка, гребенки и т. д. В детальных чертежах дается необходимая информация: размеры деталей, допуски и посадки, шероховатость поверхностей, термообработка и вид покрытия.

6.3. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ НА ЖЕСТКОСТЬ

На рис. 6 показаны некоторые примеры конструктивных схем каркасов стапелей. Для выбора сечений несущих элементов производят расчет их на жесткость. Для этого на основе конструктивных схем должны быть составлены расчет-

ные схемы с указанием длины элементов, характера заделки балок и характера нагрузки (рис. 7, 8, 9).

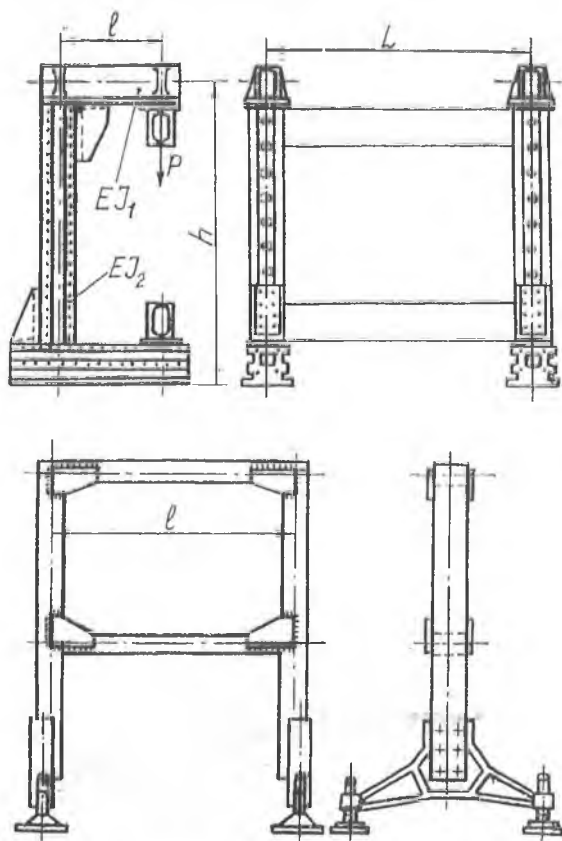


Рис. 6. Конструктивные схемы каркасов ступелей

Каркасы сборочных ступелей, с точки зрения строительной механики, являются пространственными, многократно статически неопределимыми системами, распределение усилий в которых зависит не только от характера внешней нагрузки, но и от жесткости составляющих каркас элементов. В таких системах невозможен подбор сечений элементов непосредственно из условий деформации. Потребные сечения в этом случае могут быть определены только путем последовательных приближений. Такой метод подбора сечений явля-

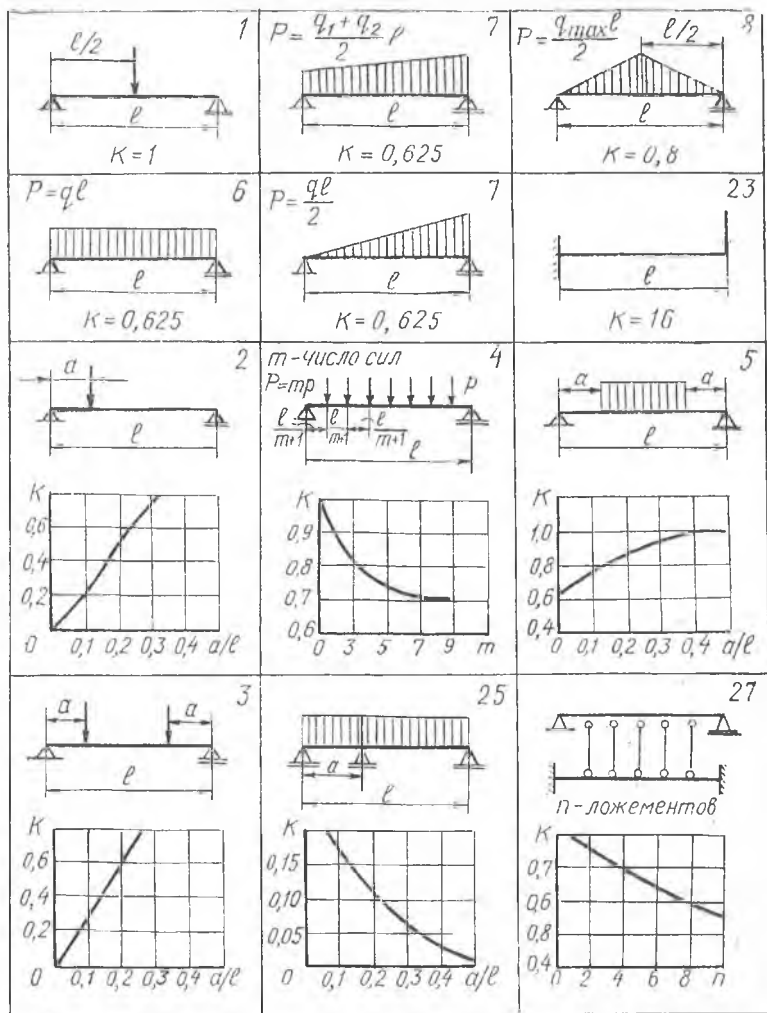


Рис. 7. Расчетные схемы и коэффициенты к расчету балок сталебей (схемы пронумерованы в соответствии с РТМ [11])

ется слишком трудоемким и малоприменимым для практического применения. Поэтому в практических расчетах пользуются упрощенными расчетными схемами, расчленяя весь каркас на простейшие элементы — балки, рамы, для которых можно заранее разработать расчетные таблицы и графики.

Методика расчета каркасов и других элементов приспособления на жесткость достаточно полно изложена в литературе [2], [3], [7].

На кафедре производства летательных аппаратов КуАИ разработана более удобная для практического пользования методика, которая кратко изложена ниже. При составлении

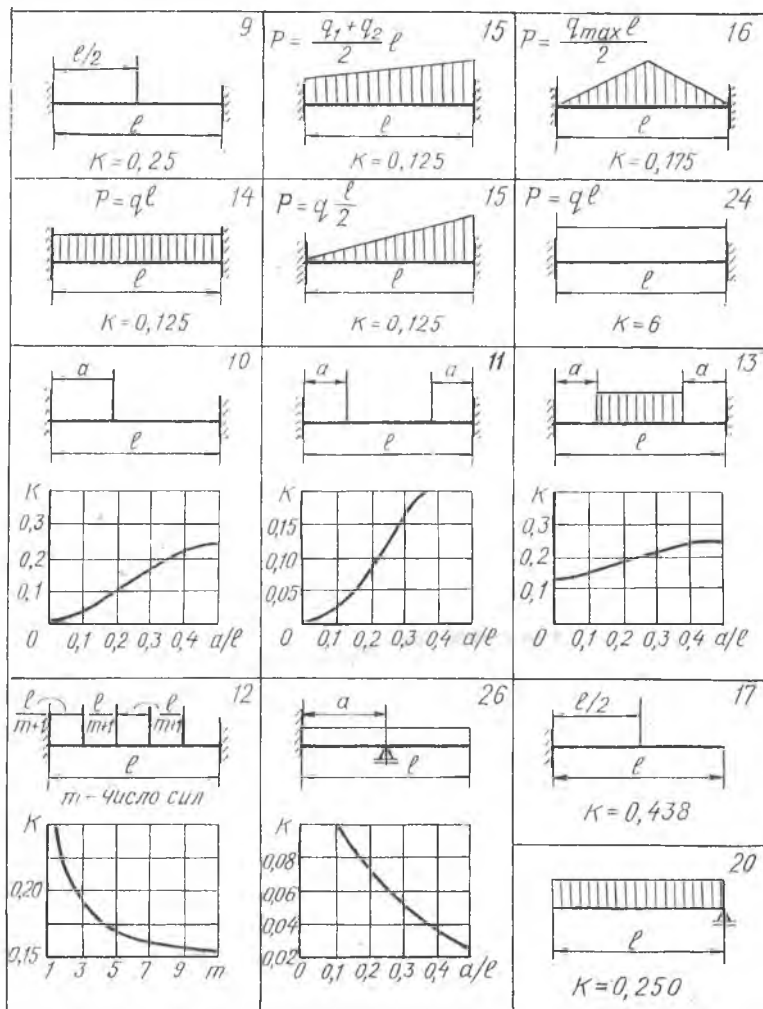


Рис. 8. Расчетные схемы и коэффициенты к расчету балок ступеней (схемы пронумерованы в соответствии с РТМ [11])

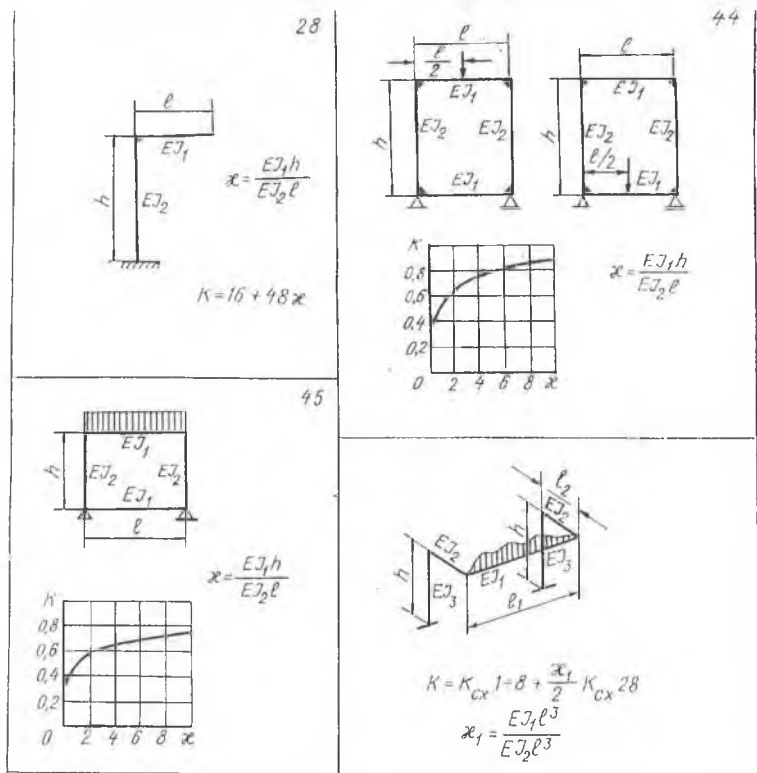


Рис. 9. Расчетные схемы и коэффициенты к расчету рам ступеней (схемы пронумерованы в соответствии с РТМ [11])

расчетных схем по этой методике используются следующие положения.

Концы балок каркаса следует считать защемленными, если они закрепляются сверху на колонне или на нижней опоре, а также при креплении балок к боковой стороне колонны не менее, чем по двум плоскостям (к колонне и к кронштейну).

Во всех остальных случаях крепления по одной плоскости (например, на кронштейне, на поперечной консольной или двухопорной балке) заделку следует считать шарнирной.

Если неразрезная балка закреплена на нескольких промежуточных опорах по одной плоскости на каждой опоре, то

Смысл коэффициента K в том, что он дает возможность разнообразные формы прогиба балок в зависимости от способа закрепления концов и характера распределения нагрузки свести к единой формуле:

$$f = \frac{K P_{\text{пер}} l^3}{EI} . \quad (23)$$

Поэтому принято, что в простейшем случае, когда балка свободно лежит на двух опорах и груз действует в середине ее, коэффициент равен 1, и формула имеет вид

$$f = \frac{P_{\text{пер}} l^3}{EI} . \quad (24)$$

Из курса сопротивления материалов известно, что для этого случая формула прогиба будет иметь вид

$$f = \frac{1}{48} \frac{P l^3}{EI} .$$

Значит, мы заменили коэффициент $\frac{1}{48}$ коэффициентом $K=1$. Это дает возможность пересчитать коэффициенты для любых случаев.

На рис. 7, 8, 9 приведены величины коэффициентов K для некоторых расчетных схем. Имея теперь для всех случаев единую формулу

$$f = \frac{K P_{\text{пер}} l^3}{EI} , \quad (25)$$

можем, задавшись значением $f = 0,1$ мм, построить кривые зависимости $K P_{\text{пер}}$, l и EI .

Подобные кривые показаны на рис. 10, 11. Здесь в координатах l и $K P_{\text{пер}}$ построены кубические параболы для тех значений жесткости балки, которые соответствуют прогибу $f = 0,1$ мм при нагрузке балки сосредоточенной силой посередине пролета ($K = 1$). Найдя величину $K P_{\text{пер}}$ и зная l , с помощью графика (см. рис. 10, 11) находим требуемую жесткость балки или рамы $E I_{\text{потр}}$. Действительная жесткость балки должна быть не меньше потребной. По рис. 12 в соответствии с найденной жесткостью $E I$ подбираем размеры нормализованных балок 1-го или 2-го типа.

При определении коэффициента K для рам необходимо сначала задаться отношением $\chi = \frac{E I_1 h}{E I_2 l}$, которое следует выбирать на основании опыта или используя метод последовательных приближений (см. пример расчета),

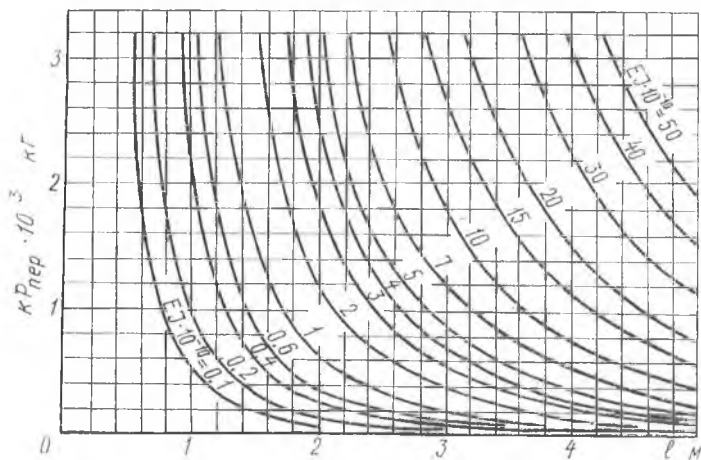


Рис. 10. Графики для подбора сечений балок

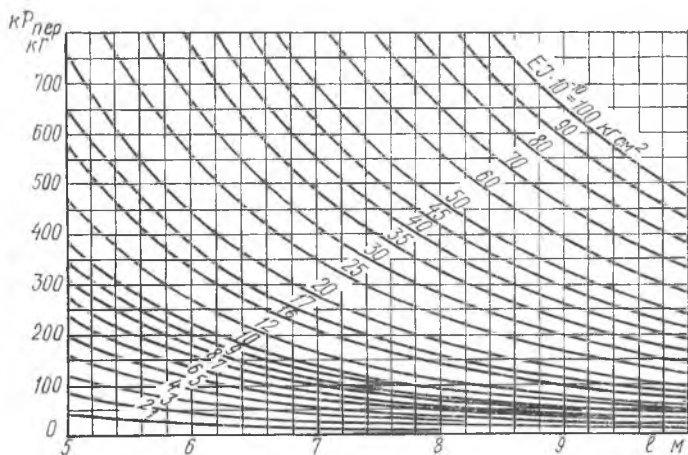
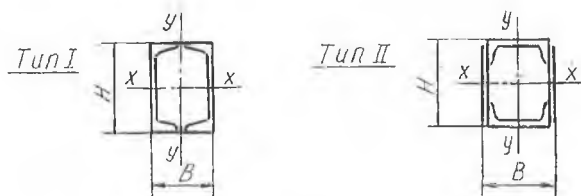


Рис. 11. Графики для подбора сечений балок

В случае необходимости с помощью графика и расчетных схем, зная поправочный коэффициент K , можно определить величину деформации элемента каркаса от заданной нагрузки P_3 .

Для этого по заданному пролету и жесткости балки с помощью диаграммы определяем нагрузку $K P_{пер}$, которая да-



| | | | | | | | | | | |
|-----------|----|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Тип балок | I | <i>N</i> сечения | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | <i>N</i> швеллера | 12 | 14а | 16а | 18а | 20а | 24а | 27 | 30 |
| | | <i>H</i> мм | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 240 | 270 | 300 |
| | | <i>B</i> мм | 104 | 124 | 136 | 148 | 160 | 190 | 190 | 200 |
| | | <i>EJ_x</i> · 10 ¹⁰ кгсм ² | 0,13 | 0,23 | 0,35 | 0,50 | 0,70 | 1,34 | 1,75 | 2,44 |
| | | <i>EJ_y</i> · 10 ¹⁰ кгсм ² | 0,09 | 0,16 | 0,22 | 0,30 | 0,40 | 0,74 | 0,83 | 1,08 |
| | | <i>q</i> кг/м | 20,9 | 26,7 | 30,6 | 34,9 | 39,6 | 51,7 | 55,3 | 63,6 |
| | | <i>N</i> швеллера | 20а | 24а | 24а | 24а | 30 | 30 | 30 | 30 |
| | II | <i>H</i> мм | 250 | 250 | 300 | 350 | 300 | 350 | 400 | 500 |
| | | <i>B</i> мм | 220 | 260 | 260 | 260 | 320 | 320 | 320 | 320 |
| | | <i>EJ_x</i> · 10 ¹⁰ кгсм ² | 1,48 | 1,77 | 2,82 | 4,19 | 3,39 | 5,00 | 6,95 | 12,1 |
| | | <i>EJ_y</i> · 10 ¹⁰ кгсм ² | 1,67 | 2,72 | 3,05 | 3,37 | 5,06 | 5,57 | 6,07 | 7,07 |
| | | <i>q</i> кг/м | 72,5 | 84,6 | 92,4 | 100,0 | 104,5 | 112,2 | 120,0 | 136,6 |

Рис. 12. Типы и рекомендуемые сечения швеллерных балок

ет прогиб в 0,1 мм при загрузке балки сосредоточенной силой в середине пролета ($K = 1$).

При заданной расчетной схеме коэффициент будет равен K_3 . Определяем нагрузку, дающую прогиб в 0,1 мм, для заданной схемы нагружения:

$$P_{(0,1)} = \frac{K P_{\text{пер}}}{K_3} \quad (26)$$

Находим действительный прогиб данной системы:

$$f_{\text{действ}} = \frac{P_3}{P_{(0,1)}} \cdot 0,1 \quad (27)$$

Пример расчета. Конструктивная и расчетная схемы стапеля для сборки руля направления показаны на рис. 13. Исходные данные для расчета: масса агрегата 200 кг, число пар рубильников — 12, средняя масса пары рубильников — 30 кг, общая масса рубильников — 360 кг.

Принимаем переменную нагрузку равной

$$P_{\text{пер}} = 200 + 360 = 560 \text{ кг.}$$

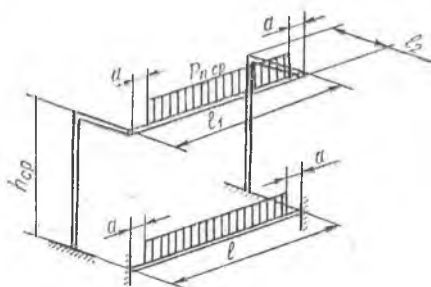
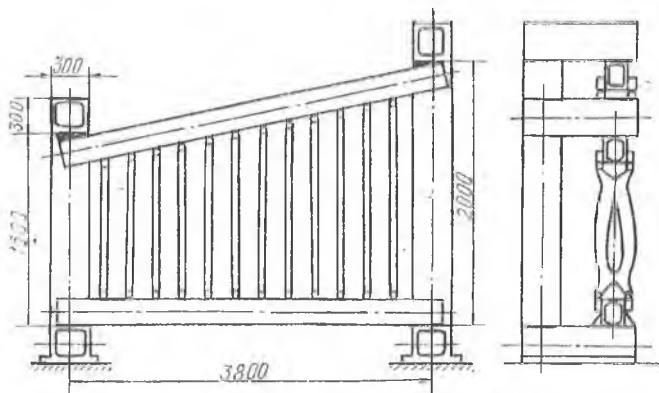


Рис. 13. Конструктивная и расчетная схемы станеля для сборки руля направления: $l = 3800$; $l_1 = 3800$; $l_2 = 600$; $h_{cp} = 1900$; $a = 380$; $P_{n\text{cp}} = 280 \text{ кг}$

Распределяем нагрузку поровну между верхней и нижней балками. Подбираем сечение нижней балки. Поправочный коэффициент переменной нагрузки по схеме 13 (см. рис. 8) при $\frac{a}{l} = 0,1$ будет $K = 0,155$. Расчетная нагрузка $K P_{n\text{cp}} = 0,155 \cdot 280 = 43 \text{ кг}$. По диаграмме рис. 10 находим для $l = 3,8 \text{ м}$ требуемую жесткость:

$$EI_{\text{потр}} = 0,6 \cdot 10^{10} \text{ кг см}^2.$$

По таблице рекомендуемых сечений (см. рис. 12) принимаем балку типа 1 с сечением № 5 и жесткостью $EI_x = 0,7 \cdot 10^{10} \text{ кг см}^2$.

Подбор сечения верхней балки. Принимаем схему 47 (см. рис. 9). Поправочный коэффициент K к переменной нагрузке будет

$$K = K_{(cx 1 + cx 8)} + \frac{z_1}{2} K_{cx \cdot 28}.$$

По расчетной схеме 5 при $\frac{a}{l} = 0,1$ получим $K_{сх5} = 0,745$.
По расчетной схеме 28, приняв $EI_1 = EI_2 = EI_k = 2,7 \cdot 10^{10}$ и, взяв $h_{ср}$, получаем

$$\chi = \frac{EI_k h_{ср}}{EI_k l_r} = \frac{1,9}{0,6} = 3,17$$

и находим

$$K_{сх. 28} = 16 + 48 \chi = 16 + 48 \cdot 3,17 = 168.$$

1. В первом приближении задаемся $EI_6^I = 2 \cdot 10^{10}$ кгсм² и определяем

$$\chi_1 = \frac{EI_c \cdot l_2^3}{EI_k \cdot l_1^3} = \frac{2 \cdot 10^{10} \cdot 0,6^3}{2,7 \cdot 10^{10} \cdot 3,8^3} = 0,0029.$$

Поправочный коэффициент будет равен

$$K_{сх. 47} = 0,745 + \frac{0,0029}{2} \cdot 168 = 0,99.$$

2. Расчетная нагрузка $K P_{\text{пер верх}} = 0,99 \cdot 280 = 277$ кг.

3. Потребная жесткость верхней балки определяется по графикам ($EI_{\text{потр}} = 3 \cdot 10^{10}$ кгсм², см. рис. 10).

Так как жесткость значительно отличается от принятой выше ($2 \cdot 10^{10}$ кгсм²), то используем 2-е приближение. По таблице рекомендуемых сечений балок выбираем сечение П-4 с жесткостью

$$EI_6^{II} = 4,19 \cdot 10^{10} \text{ кгсм}^2.$$

1. Поправочный коэффициент к переменной нагрузке

$$\chi_1 = \frac{4,19 \cdot 10^{10} \cdot 0,6^3}{2,7 \cdot 10^{10} \cdot 3,8^3} = 0,0061;$$

$$K_{сх. 47} = 0,745 + \frac{0,0061}{2} \cdot 168 = 1,257.$$

2. Расчетная нагрузка

$$K P_{\text{пер}} = 1,257 \cdot 280 = 352 \text{ кг.}$$

3. Потребная жесткость верхней балки $EI_{\text{потр}} = 4 \cdot 10^{10}$ кгсм². Разница между EI_6^{II} и $EI_{\text{потр}}$ невелика, поэтому оставляем для верхней балки сечение П-4.

По изложенной выше методике можно рассчитать на жесткость элементы каркасов сборочных приспособлений трубчатых конструкций. Размеры труб необходимо подбирать по сортаментам ГОСТ 8734-75 «Трубы стальные бесшов-

ные холоднодеформированные» и ГОСТ 8732-70 «Трубы стальные бесшовные горячекатаные».

В случае необходимости могут быть рассчитаны и принятые 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 определить 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:

$$P_{\text{ср}} = 2 F [\tau_{\text{ср}}],$$

где $P_{\text{ср}}$ — расчетная нагрузка на срез;

F — площадь сечения болта (штыря);

$\tau_{\text{ср}}$ — 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 скалке (или перпендикулярно плоскости откидной планки), можем рассчитать сечение скалки или планки, а также проверить жесткость их, определив $f_{\text{max}} = \frac{1}{3} \frac{PL^3}{EI}$ и считая, что f_{max} не должно превышать $0,1$ мм, как это было принято при определении жесткости блоков стапеля.

Проверив расчетами элементы приспособлений их компоновку, можно закончить вычерчивание общего вида, выбрав конструкцию и нанеся на чертеже 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 РТМ. Если нельзя выбрать зажим из имеющихся в альбомах нормалей и если 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 быст-

родействие, отсутствие повреждения поверхности детали, обеспечение хорошего доступа в рабочую зону. При крупносерийном производстве и большом количестве прижимов следует подумать о применении групповых гидравлических и пневматических прижимных устройствах.

6.4. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

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

Размеры основных форматов указаны в табл. 10.

Таблица 10

| Обозначение формата | 44 | 24 | 22 | 12 | 11 |
|----------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Размеры сторон формата, мм | 1189×841 | 594×341 | 594×420 | 297×420 | 297×210 |

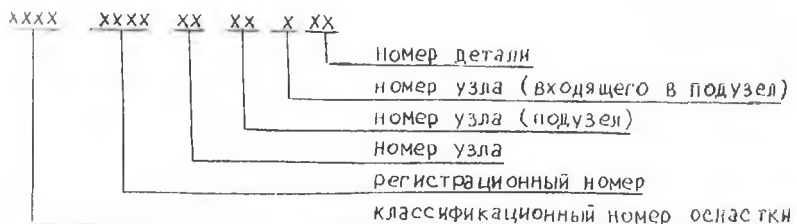
Основные надписи для чертежей и схем должны быть выполнены по форме 1 (ГОСТ 2.104-68), а текстовые документы (спецификация, пояснительная записка) по формам 2 и 2а (ГОСТ 2.104-68). Порядок заполнения спецификации следующий. Вначале заносится исходная документация: чертеж, схемы, ТУ, затем сборочные единицы, потом детали оригинальные, далее стандартные, прочие изделия, материалы и, наконец, комплекты запасных частей. Более подробно рекомендации по выполнению спецификации можно найти в ГОСТ 2.108-68. Обозначение шероховатости поверхностей производить по ГОСТ 2789-73 и ГОСТ 2309-73.

При оформлении чертежей общих видов и узловых необходимо давать примечание:

текстовую часть, состоящую из технических требований, основных характеристик, маркировки приспособления, способа монтажа оснастки и т. п., а также таблицы с размерами и другими параметрами в соответствии с ГОСТ 2.316-68 «Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц».

6.5. ШИФРОВКА ЧЕРТЕЖЕЙ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

При оформлении чертежей приспособления студент должен присвоить ему определенный шифр в соответствии со следующей системой обозначения:



Пример обозначения спецификации общего вида:

$xxxx—xxxx.00.00.000$

Пример обозначения сборочного чертежа:

$xxxx—xxxx.00.00.000$ сб.

Пример обозначения первой детали, входящей в сборочный чертеж:

$xxxx—xxxx.00.00.001$

Пример обозначения первого узла:

$xxxx—xxxx.01.00.000$ сб.

Пример обозначения первого подузла, входящего в первый узел:

$xxxx—xxxx.01.01.000$ сб.

Пример обозначения первого узла, входящего в первый подузел:

$xxxx—xxxx.01.01.100$ сб.

Пример обозначения первой детали, входящей в узел:

$xxxx—xxxx.01.01.101$

и т. д.

Классификационные номера необходимо присваивать оснастке в соответствии с конструктивно-эксплуатационной характеристикой по табл. 11.

7. 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 (30—46 страниц). Не следует приводить длинных выписок из учебников и технической литературы, повторяющих известные положения и доказательства.

Наиболее ценным является изложение собственных мыслей студента, его выводов, рекомендаций, пояснений и расчетов.

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

Пояснения и расчеты сопровождаются эскизами, графиками и другими видами иллюстраций и должны иметь порядковые номера, в тексте на них делаются ссылки.

Расчеты выполняются по формулам, подстановкой в них 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, приложение (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 зачетную книжку студента оценку ставит руководитель проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абибов А. Л.* и др. Технология самолетостроения. М.: Машиностроение, 1970.
2. *Бойцов В. В.* Нормализованные приспособления для сборки агрегатов самолета. М.: Оборонгиз, 1955.
3. *Бойцов В. В.* и др. Сборочные и монтажные работы. М.: Оборонгиз, 1959, ч. 2.
4. *Григорьев В. П.* Технология самолетостроения. М.: Оборонгиз, 1960.
5. *Григорьев В. П.* Взаимозаменяемость агрегатов в самолетостроении. М.: Машиностроение, 1969.
6. *Григорьев В. П.* Сборка клепаных агрегатов самолетов и вертолетов. М.: Машиностроение, 1975.
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. МАТИ, 1975.
9. *Разумихин М. И.* Клепка узлов и агрегатов самолета: Конспект лекций. КуАИ, 1967, ч. 1—3.
10. *Разумихин М. И.* Приспособления для сборки агрегатов самолета: Конспект лекций. КуАИ, 1969, ч. 1.
11. *Разумихин М. И., Исаюк И. И.* Приспособления для сборки агрегатов самолета: Конспект лекций. КуАИ, 1973, ч. 2.
12. *Горбунов М. Н.* Основы технологии производства самолетов. М., Машиностроение, 1976.
13. *Степанченко В. А.* Технический прогресс в самолетостроении. М.: Машиностроение, 1975.
14. *Григорьев В. П., Ганиханов Ш. Ф.* Приспособления для сборки узлов и агрегатов самолетов и вертолетов. М.: Машиностроение, 1977.
15. Государственные стандарты Союза ССР. Единая система конструкторской документации. Комитет стандартов мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. М., 1969.
16. Единая система технологической подготовки производства. М., 1975.

17. Стандарт предприятия СТП 302-0994-76. Комплексная система управления качеством продукции. Оснастка технологическая. Технические условия на изготовление и сборку.

18. Шероховатость поверхности (параметры, характеристики и обозначения) ГОСТ 2789-73 и ГОСТ 2.309-73. Госкомитет стандартов Совета Министров СССР.

19. Заклепки повышенного качества ГОСТ 14797-75 — ГОСТ 14803-75. Госкомитет стандартов Совета Министров СССР.

20. ЕСТД. Система обозначения технологических документов. ГОСТ 3.1201-74.

21. ЕСТД. Правила оформления документации на процессы сборочных, слесарно-сборочных и электромонтажных работ ГОСТ 3.1407-71.

22. *Разумихин М. И., Юреник Т. А.* Математические методы в плазово-шаблонном производстве. КуАИ, 1974.

23. *Дунаев Л. Ф.* Размеры цепи. М.: Машиностроение, 1963.

24. *Белянин П. Н.* Производство широкофюзеляжных самолетов. М.: Машиностроение, 1979.

25. *Вагнер Е. Т.* и др. Лазерные и оптические методы контроля в самолетостроении. М.: Машиностроение, 1977.

26. *Волошин И. Н.* Обеспечение точности обводов клепаных агрегатов самолетов. М.: Машиностроение, 1979.

27. *Кичкин И. И., Сифняков Э. П.* Патентные исследования при курсовом и дипломном проектировании в высших учебных заведениях. М.: Высшая школа, 1979.

Таблица 1

| Код | Вид технического документа |
|-----|---|
| 01 | Комплект технологических документов |
| 10 | Маршрутная карта |
| 20 | Карта эскизов |
| 25 | Технологическая инструкция |
| 30 | Комплектовочная карта |
| 40 | Ведомость документов |
| 41 | Ведомость расцеховки |
| 42 | Ведомость оснастки |
| 43 | Ведомость материалов |
| 44 | Ведомость деталей (сборочных единиц) |
| 45 | Ведомость изделий |
| 50 | Карта технологического процесса |
| 60 | Операционная карта |
| 71 | Операционная расчетно-технологическая карта |
| 72 | Ведомость операций |

Таблица 2

| Код | Вид технологического процесса по его организации или метод его организации |
|-----|--|
| 0 | Без указаний* |
| 1 | Единичный процесс (операция) |
| 2 | Типовой процесс (операция) |
| 3 | Групповой метод (операция) |

* Код 0 «Без указания вида технологического процесса» проставляют при наличии в документе нескольких видов или отсутствии необходимости обозначения конкретного вида.

| Код | Вид технологического процесса по методу выполнения |
|-----|---|
| 00 | Без указаний вида технологического процесса** |
| 01 | Технологический процесс изготовления изделия |
| 02 | Ремонт |
| 03 | Технический контроль |
| 04 | Перемещение |
| 05 | Складирование |
| 06 | Раскрой и отрезка заготовок |
| 07 | Изготовление деталей из отходов |
| 10 | Литье |
| 11 | Литье в песчаные формы |
| 12 | Литье в металлические формы |
| 13 | Литье в оболочковые формы и облицованные кокли |
| 14 | Литье по выплавляемым моделям |
| 15 | Изготовление стержней |
| 20 | Ковка и горячая штамповка |
| 21 | Ковка, горячая и холодная штамповка |
| 30 | Холодная штамповка |
| 40 | Механическая обработка |
| 41 | Обработка на многошпиндельных автоматах и полуавтоматах |
| 42 | Обработка на многошпиндельных и одношпиндельных автоматах и полуавтоматах |
| 43 | Обработка на одношпиндельных автоматах и полуавтоматах |
| 44 | Обработка на автоматах продольного точения |
| 45 | Групповая наладка на многошпиндельных и одношпиндельных автоматах |
| 46 | Обработка на станках с числовым программным устройством (ЧПУ) |
| 50 | Термическая обработка |
| 51 | Термическая обработка с нагревом ТВЧ |
| 60 | Изготовление деталей из пластмасс |
| 61 | Прессование деталей из пластмасс |
| 62 | Литье деталей из пластмасс под давлением |
| 63 | Экструзия деталей из пластмасс |

** Код 00 «Без указания вида технологического процесса» проставляют при наличии в документе нескольких видов или отсутствии необходимости обозначения конкретного вида.

| Код | Вид технологического процесса по методу выполнения |
|-----|---|
| 65 | Изготовление деталей методом порошковой металлургии |
| 70 | Нанесение защитного и защитно-декоративного покрытия |
| 71 | Нанесение химического, электрохимического покрытий и химическая обработка |
| 72 | Электрохимическая обработка |
| 73 | Нанесение лакокрасочного покрытия |
| 74 | Нанесение стеклоэмалевого и полимерного покрытия |
| 75 | Электрофизическая обработка |
| 76 | Электронская и электронимпульсная обработка |
| 77 | Электроконтактная обработка |
| 78 | Анодно-механическая обработка |
| 79 | Ультразвуковая обработка |
| 80 | Пайка |
| 81 | Пайка в печи и в ванне |
| 82 | Газопламенная пайка и пайка паяльником |
| 88 | Слесарные, слесарно-сборочные и электромонтажные работы |
| 89 | Обмоточно-изолированные и пропиточно-сушильные работы |
| 90 | Сварка |
| 91 | Дуговая и электрошлаковая сварка |
| 92 | Газовая сварка и резка |
| 93 | Точечная контактная и шовная контактная сварка |
| 94 | Стыковая контактная сварка |
| 95 | Электронно-лучевая сварка |
| 96 | Сварка трением |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| 1. ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА | 3 |
| 1.1. Цель курсового проектирования | 3 |
| 1.2. Задание на курсовой проект | 4 |
| 1.3. Содержание проекта и объем выполняемых работ. Органи- зация работы над проектом | 4 |
| 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ | |
| 2.1. Исходные данные для разработки технологических про- цессов | 7 |
| 2.2. Изучение конструкции и анализ ее технологичности | 8 |
| 3. РАЗРАБОТКА СХЕМ ЧЛЕНЕНИЯ И СХЕМ СБОРКИ | 10 |
| 3.1. Схемы членения | 10 |
| 3.2. Схемы сборки | 11 |
| 3.3. Методы сборки, применяемые в самолетостроении | 12 |
| 3.4. Характеристика методов сборки и их применение | 13 |
| 3.5. Проектирование схем увязки заготовительной и сбороч- ной оснастки | 15 |
| 4. РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ | 21 |
| 4.1. Основные положения | 21 |
| 4.2. Разработка условий на поставку узлов и деталей | 25 |
| 4.3. Сравнение вариантов технологических процессов | 26 |
| 4.4. Разработка циклового графика сборки | 27 |
| 5. РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ СБОРКИ | 28 |
| 5.1. Основные понятия и формулы расчета | 28 |
| 5.2. Производственные погрешности | 31 |
| 5.3. Влияние на точность сборочного процесса метода бази- рования | 35 |
| 5.4. Составление уравнений погрешностей. Учет схемы увязки сборочной и заготовительной оснастки | 37 |
| 5.5. Примеры расчета точности сборки | 38 |

| | |
|--|----|
| 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ | |
| 6.1. Разработка технических условий на проектируемые приспособления | 42 |
| 6.2. Разработка конструктивной схемы приспособления | 44 |
| 6.3. Расчет элементов каркаса приспособления на жесткость | 47 |
| 6.4. Оформление графических работ | 60 |
| 6.5. Шифровка чертежей приспособления | 61 |
| 7. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ. ЗАЩИТА ПРОЕКТА | 63 |
| ЛИТЕРАТУРА | 64 |
| Приложение ГОСТ 3.1201-79 | 66 |

*Алексей Степанович Горячев, Игорь Михайлович Белоглазов,
Дмитрий Николаевич Лысенко*

СБОРКА КЛЕПАНЫХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ САМОЛЕТА

Учебное пособие

Редактор П. В. Касаткина
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Е. Д. Антонова

Формат 60×81¹/₁₆. Высокая печать. Литературная гарнитура.
Е000110. Сдано в набор 11.03.80 г. Подписано в печать 19.06.80 г.
Бумага оберточная. Усл. п. л. 4,42. Уч.-изд. л. 4,3. Тир. 1500 экз. Зак. 125.
Цена 15 коп.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт им. С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Типография УЭЗ КуАИ, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.