

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(национальный исследовательский университет)**

**Р.Р. АНАМОВА, С.А. ЛЕОНОВА,
Т.М. ХВЕСЮК, Г.К. ХОТИНА**

**ПОСТРОЕНИЕ И ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ
ИЗДЕЛИЙ ЛА СЛОЖНОЙ ФОРМЫ**

Учебное пособие

Утверждено
на заседании редсовета
20 ноября 2020 г.

Москва
Издательство МАИ
2021

Анамова Р.Р., Леонова С.А., Хвесюк Т.М., Хотина Г.К.

Построение и чтение чертежей изделий ЛА сложной формы:
Учеб. пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2021. — 92 с.: ил.

В учебном пособии обоснована необходимость приобретения фундаментальных знаний по общетехнической дисциплине “Инженерная графика” в сочетании с практическим курсом компьютерных возможностей, позволяющая интегрироваться в системы разработки изделий авиационного назначения на современном уровне. Последовательность приобретаемых знаний в процессе изучения дисциплины “Инженерная графика” приводит к пониманию физического смысла своих действий на стадии разработки твердотельных моделей в среде геометрического твердотельного моделирования с последующими действиями по оформлению чертежей. Перечислены темы фундаментального курса дисциплины “Инженерная графика”. Описаны конструктивные особенности изделий авиационной техники, в частности узлов системы управления летательным аппаратом.

Для студентов дневной и вечерней форм обучения, изучающих специализированный раздел курса “Инженерная графика”.

Рецензенты:

кафедра “Инженерная графика” МГТУ им. Н.Э. Баумана
(доц. *О.А. Яковун*);

канд. физ.-мат. наук *Л.В. Гуров*

ISBN978-5-4316-0810-0

© Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет), 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью учебного пособия является систематизация инженерной подготовки специалистов конструкторских специальностей авиационной промышленности. Актуальность работы обоснована необходимостью приобретения фундаментальных знаний общетехнической дисциплины “Инженерная графика” в сочетании с практическим курсом компьютерных возможностей, позволяющей интегрироваться в системы разработки изделий авиационного назначения на современном уровне.

В учебном пособии дан перечень тем фундаментального курса дисциплины “Инженерная графика”, которыми студент конструкторских специальностей должен владеть, приступая к выполнению графических работ специализированного раздела курса. Описаны конструктивные особенности изделий авиационной техники, в частности узлов системы управления летательным аппаратом, без знания которых невозможно выполнение раздела курса, ориентированного на освоение правила построения, выполнения и оформления конструкторских документов изделий авиационного назначения.

На конкретном примере рассмотрены особенности выполнения конструкторских документов сборочных единиц летательных аппаратов, в частности систем управления с помощью жесткой и гибкой проводки. Приведены примеры разработки сборочных чертежей изделий, включающих бесчертежные детали. Особое внимание уделено способу разработки конструкторской документации сборочных единиц агрегатов систем управления летательных аппаратов на основе трехмерной электронной модели. В качестве обучающего метода чтения чертежа предложено виртуальное макетирование как способ воспроизведения твердотельных моделей по чертежам.

Программное обеспечение твердотельного моделирования основано на современных технологиях виртуальной реальности, позволяющих заменить физический прототип изделия его виртуаль-

ным аналогом и в процессе компьютерного анализа электронной модели решать поставленные задачи, в частности разработки конструкторских документов в соответствии с нормативными документами государственных стандартов ЕСКД.

В результате изучения данного пособия студенты приобретают навыки конструирования изделий сложных форм средствами компьютерной графики от модели до выпуска конструкторской документации. Такой подход, позволяющий приобрести навыки конструирования и проектирования уже на начальной стадии обучения, очень важен для конструкторских специальностей технических вузов.

В оформлении представленных в учебном пособии 3D-моделей и чертежей принимали участие студенты конструкторских специальностей Московского авиационного института.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БЧ	— бесчертежная деталь
ГОСТ	— Государственный стандарт
ЕСКД	— Единая система конструкторской документации
ЖЦИ	— жизненный цикл изделия
КД	— конструкторская документация
ЛА	— летательные аппараты
ОСТ	— отраслевой стандарт
ПК	— персональный компьютер
ПО	— программное обеспечение
САПР	— система автоматизированного проектирования
СГМ	— система геометрического моделирования
3D-модель	— трехмерная модель
CAD (Computer Aided Design)	— автоматизированное проектирование

1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ДИСЦИПЛИНЫ “ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА” ДЛЯ КОНСТРУКТОРСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Приступая к выполнению работ по специализированной части дисциплины “Инженерная графика”, студенты конструкторских специальностей должны владеть знаниями в области проекционного и машиностроительного черчения. Ниже перечислены темы, относящиеся к этим разделам.

1. Основные правила выполнения чертежей

1.1. Знание стандартов ЕСКД “Общие правила выполнения чертежей”.

1.2. Изучение правил построения изображения предметов (изделий) на чертежах, в том числе правил: нанесения размеров; заполнения основной надписи; построения аксонометрических проекций.

2. Правила выполнения чертежей деталей

2.1. Изучение правил выполнения чертежей деталей: выявление геометрических форм деталей, выбор главного изображения и общего количества изображений, выполнение разрезов и сечений, нанесение размеров и обозначение шероховатости поверхностей детали. Обучение правилам написания технических требований на чертежах деталей и сборочных чертежах. Выполнение рабочих чертежей деталей, изготовленных разными способами: со снятием и без снятия слоя материала.

2.2. Изучение правил условного изображения и обозначения неразъемных и разъемных соединений на чертежах; изучение правил изображения крепежных изделий и их обозначения на чертежах.

3. Правила выполнения и оформления конструкторской документации на сборочные единицы

3.1. Изучение нормативно-технических документов “Виды изделий”, составление схемы деления на сборочную единицу.

3.2. Выполнение полного комплекта конструкторских документов на изделие (чертежи или эскизы деталей, сборочные чертежи входящих в изделие сборочных единиц, спецификации к ним).

4. Особенности выполнения и оформления конструкторской документации на изделия авиационной техники

4.1. Изучение правил выполнения чертежей изделий летательных аппаратов, изготовленных из листового материала, литых и штампованных изделий с последующей механической обработкой (кронштейны, качалки, рычаги и др.); изделия из сортаментного материала (пруток, профиль и др.); деталей со сложным контуром и сложной формой (канал воздухозаборника, патрубки и др.).

4.2. Изучение правил выполнения чертежей совместно обработанных деталей; групповых чертежей деталей и их сборочных единиц; изображения и обозначения на чертежах некоторых стандартных элементов деталей ЛА: отбортовок, подсечек и т.п.

4.3. Изучение требований и правил выполнения конструкторских документов сборочных единиц ЛА:

- с разъемными соединениями;
- с неразъемными соединениями (сварными, клепаными, армированными и др.);
- с “бесчертежными” деталями, на которые допускается не выполнять отдельных чертежей.

Для выполнения специализированного задания (этап 4), связанного с разработкой конструкторской документации (чертежей изделий, сборочных чертежей, спецификаций) изделий авиационного назначения, необходимо рассмотреть конструктивные особенности деталей и узлов механической части проводки управления ЛА.

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОВОДКИ УПРАВЛЕНИЯ ЛА

Самолет как система представляет собой совокупность взаимосвязанных управляющих подсистем. Совокупность бортовых устройств, обеспечивающих управление системами и агрегатами самолета, а также управление самолетом в целом, называют системой управления самолетом. В частности, прямое управление рулевыми поверхностями, управление шасси, управление закрылками реализуется через жесткую проводку управления, которая выполняется с помощью движущихся поступательно жестких тяг, изготавливаемых из тонкостенных дюралевых, стальных, титановых труб с наконечниками. Наконечники нерегулируемые и регулируемые (для регулировки длины тяги) обеспечивают соединение тяг между собой и присоединение их к качалкам и рычагам проводки управления. Для уменьшения трения все шарниры жесткой проводки снабжаются шарикоподшипниками. На рис. 2.1 показана принципиальная схема системы управления рулем направления при помощи жесткой проводки управления, где стрелкой показано направление полета (НП) летательного аппарата.

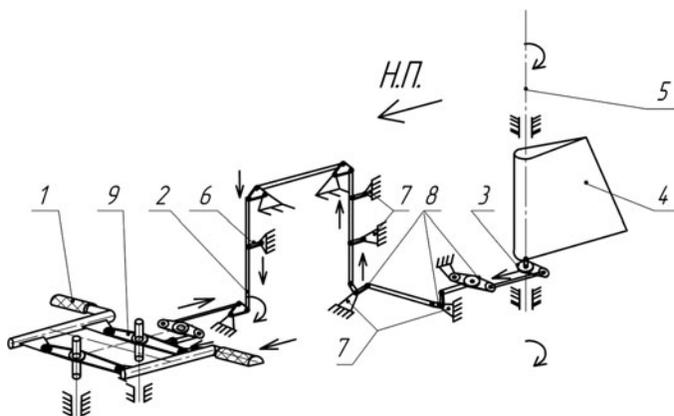


Рис. 2.1. Принципиальная схема системы управления рулем направления при помощи жесткой проводки управления

Летчик перемещает педаль 1 ногого управления и через систему жестких тяг 2 при помощи рычага 3, неподвижно соединен-

ного с рулем направления 4, поворачивает руль относительно оси 5. Поддерживающие качалки, поводки 6 обеспечивают прямолинейность трассы управления. При помощи силовых качалок 8 и коромысла 9 производится прокладка трассы управления в наиболее удобных по соображениям компоновки, местах. За счет разных плеч качалок 8 изменяются направления движения тяг и усилия в проводке управления. Все качалки опираются на конструкцию планера самолета при помощи кронштейнов 7.

К летательным аппаратам предъявляются требования повышенной прочности и жесткости конструкций при минимальном весе. Эти требования обуславливают конструктивные формы деталей и применяемые для их изготовления материалы. Например, в деталях для уменьшения веса используют отверстия облегчения; для увеличения жесткости делают ребра, рифты, различные отбортовки и другие элементы. Широко применяют литые и штамповку деталей из алюминиевых, магниевых и титановых сплавов, тонколистовой и профилированный прокат, порошковую металлургию. Используются современные методы изготовления деталей, сборочных единиц (узлов) и агрегатов, в частности из композиционных материалов и пенокерамики. Для соединения деталей в сборочные единицы применяются сварка, клепка, пайка, опрессовка и др. Стандартизированные изделия изготавливаются, как правило, по отраслевым стандартам. В конструкциях ЛА обязательно предусматривается контровка всех разъемных соединений. Широко применяется герметизация изделий.

Летательные аппараты имеют вертикальную плоскость симметрии, поэтому многие изделия, расположенные по разные стороны от плоскости симметрии, являются как бы зеркальными отображениями друг друга (правые и левые изделия относительно направления полета). Эта конструктивная особенность отражается на так называемых групповых чертежах, объединяющих два исполнения и содержащих соответствующие текстовые указания.

На рис. 2.2 изображена сборочная единица механической проводки “Кронштейн с качалками”, состоящей из кронштейна (рис. 2.3) из двух одинаковых качалок (рис. 2.4).

Крепление деталей механической проводки к силовым элементам ЛА, например силовыми шпангоутами, выполняется при помощи болтов и гаек (рис. 2.2). Это связано с тем, что искажения передаваемых перемещений в значительной степени зависят от жесткости самого кронштейна и его конструктивно грамотного крепления к

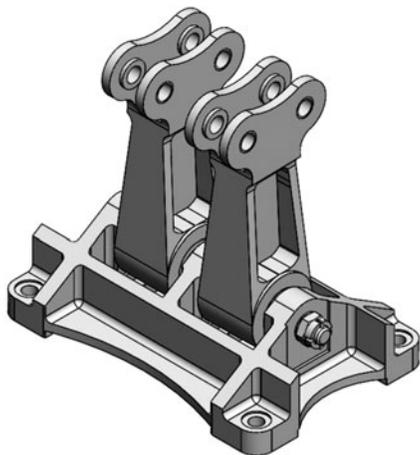


Рис. 2.2. Кронштейн с качалками в сборе

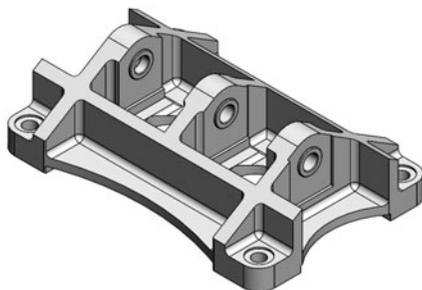


Рис. 2.3. Кронштейн

каркасу. Кронштейн представляет собой консольную балку или раму. Для снижения веса в стенках кронштейна делают отверстия облегчения. Контактные поверхности (бобышки) выступают над

поверхностью основания для уменьшения площади обработки основания кронштейна. Перепад составляет 1...3 мм. В отверстиях соединения качалки с кронштейном запрессовываются стальные втулки. Болты, соединяющие кронштейн с силовыми элементами, как правило, стопорятся кернением. Кронштейны и качалки изготавливаются из алюминиевых сплавов (литьем или горячей штамповкой).

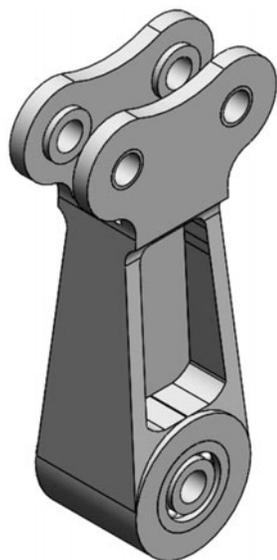


Рис. 2.4. Качалка

Передача движения и изменение направления проводки управления обеспечивают качалки (рис. 2.4) и рычаги.

Качалки бывают трех типов: несилловые (поводки), поддерживающие тяги при их большой длине; силовые (поворотные), изменяющие направление и плоскость действия сил в проводке; коромысловые, которые обеспечивают взаимное расположение тяг под углом 180 град. Какой бы

разнообразной формы ни встречались качалки, все они имеют три основных элемента: тело качалки, проушины (рис. 2.5) или вилки для соединения с тягой, ступицу с подшипниками качения (рис. 2.6).

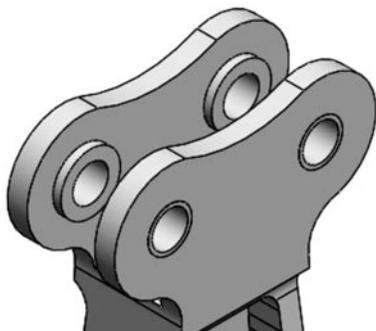


Рис. 2.5. Проушины в теле качалки

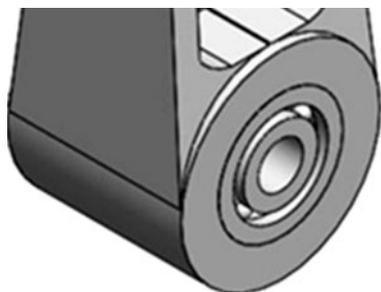


Рис. 2.6. Ступица качалки с подшипниками

Тело качалки представляет собой тонкостенную конструкцию с ребрами жесткости и отверстиями облегчения. Ступица — это центральная часть детали с отверстием для соединения с кронштейном. Для обеспечения прочности наружный диаметр ступицы принимают равным 1,5—2,0 диаметра отверстия. Для предотвращения перекоса детали на валу длина ступицы должна быть не менее диаметра отверстия.

При установке подшипников в ступице в конструкции изделия должно быть обеспечено вращение качалки на оси и отсутствие осевого люфта. На практике применяют три основных способа установки подшипников в ступице качалки (рис. 2.7—2.9).

На рис. 2.7 и 2.8:

1 — ступица качалки;

2 — распорная втулка (внутренняя);

3 — подшипник;

4 (рис. 2.8) — втулка распорная (внешняя) по ОСТ 1 11112-73 или ОСТ 1 11113-73.

На рис. 2.7 изображена схема установки подшипников с двухсторонней расточкой гнезд.

Заделку подшипников производят по ОСТ 1 03841-76 (путем обкатки шариком и др.). Во избежание перетяга при затяжке болтом во время установки качалки в проушины кронштейна внут-

ренные кольца подшипников распираются втулкой (поз. 2), выполненной в виде катушки.

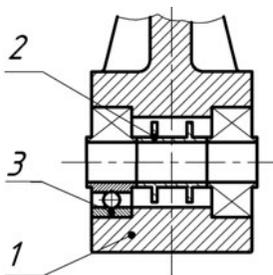


Рис. 2.7. Схема установки с двухсторонней расточкой гнезд под подшипники

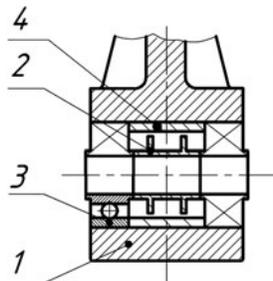


Рис. 2.8. Схема установки подшипников при сквозной расточке

Этот способ установки подшипников обеспечивает наиболее надежную осевую фиксацию и надежную передачу боковых нагрузок.

На рис. 2.8 показана установка подшипников при сквозной расточке. Эта конструкция более технологична, но допускаемые осевые нагрузки в этом случае меньше, так как воспринимаются они лишь заделкой подшипников. Чтобы подшипники не “утапливались” при затяжке болтовым комплектом, устанавливают распорные втулки для внутренних (поз. 2) и наружных колец (поз. 4) подшипников. Внутренняя распорная втулка (поз. 2) выполняется в виде катушки.

Усовершенствованный способ установки со сквозной односторонней расточкой изображен на рис. 2.9. Внешняя распорная втулка заменена разжимными стопорными кольцами по ОСТ 1 10790-72. На рисунке:

- 1 — ступица качалки;
- 2 — распорная втулка (внутренняя);
- 3 — подшипник;
- 4 — разжимное стопорное кольцо по ОСТ 1 10790-72.

Соединение кронштейна с качалкой выполняется с помощью болтового комплекта (рис. 2.10). На рисунке:

- 1 — качалка в сборе;
- 2 — кронштейн;

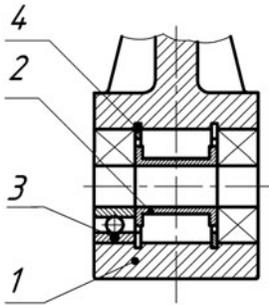


Рис. 2.9. Схема установки подшипников при сквозной расточке с разжимными стопорными кольцами

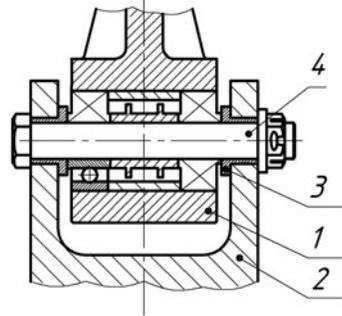


Рис. 2.10. Схема соединения качалки с кронштейном с помощью болтового комплекта

3 — втулка для запрессовки (ОСТ 1 10211-78);

4 — болтовой комплект, состоящий из:

- болта для шарнирных соединений (ОСТ 1 31133-80) ;
- гайки корончатой (ОСТ1 33042-80) или прорезной (ОСТ 1 33048-80);
- шайбы (ОСТ 1 34507-80);
- шплинта (ГОСТ 397-79).

Резьбовая часть болта не входит в проушину соединения, а заканчивается под шайбой. Стопорение болтового комплекта в данном случае выполняется с помощью шплинтов по ОСТ 1 39502-77.

Для увеличения поверхности смятия под соединительные болты в отверстия проушин качалки (см. рис. 2.5), кронштейна (рис. 2.10, поз. 3), запрессовываются стальные или бронзовые втулки (ОСТ 1 11118-73 — ОСТ 1 11122-73). В случае износа такие втулки могут быть легко заменены.

На подвижных деталях управления ЛА накапливается статическое электричество, которое вносит ошибки в показания приборов, а в случае появления искры может привести к пожару.

Для снятия статического электричества между тягой и качалкой, качалкой и кронштейном ставят перемычки металлизации (сплетенный из проволоки пояс).

После того как выбрана схема конструкции качалки, необходимо наметить способ ее изготовления, который в значительной степени зависит от серийности производства.

Наиболее эффективным способом при серийном производстве является штамповка и литье. Снижение серийности позволяет ис-

пользовать и другие способы: сварку, фрезерование из плиты. Качалки проводки изготавливаются из алюминиевых сплавов.

3. СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Исходным материалом для разработки конструкторской документации сборочной единицы являются специализированные изделия — составные части агрегата ЛА.

На рис. 3.1, *а-ж* изображены некоторые модели изделий авиационного назначения.



Рис. 3.1 (начало)

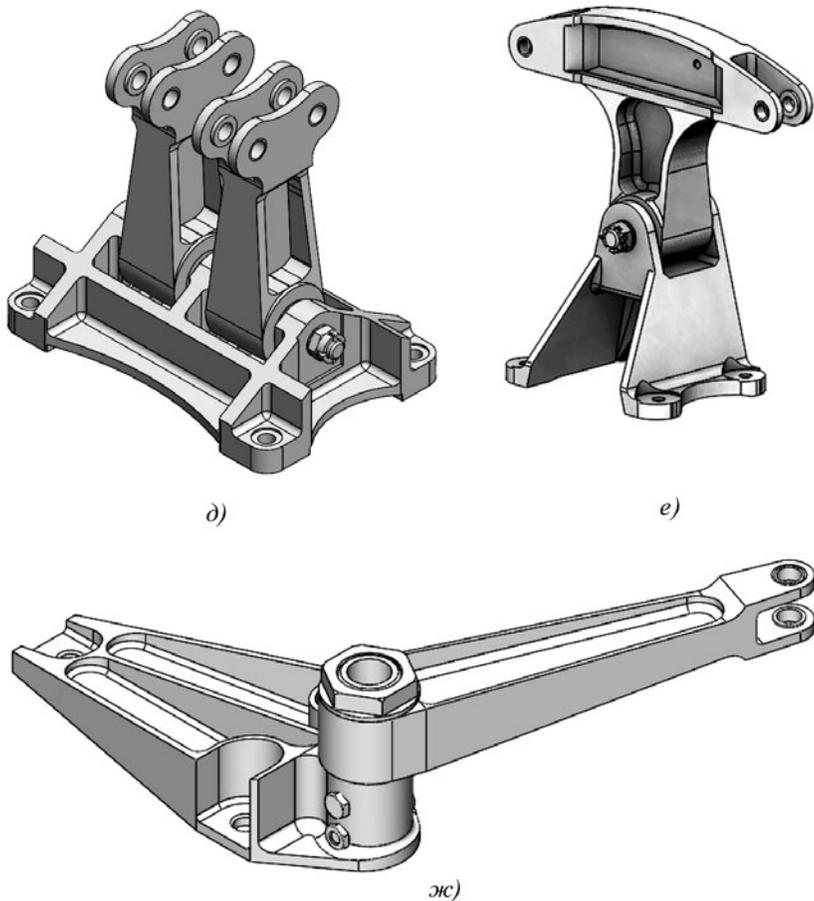


Рис. 3.1 (окончание). Модели сборочных единиц
авиационного назначения

Разработка конструкторских документов сборочных единиц специализированных изделий может быть выполнена по двум направлениям (рис. 3.2).

Направление 1 — это традиционное выполнение либо с помощью чертежно-графических инструментов (карандаш, рейшина, ластик), либо с помощью электронно-графического инструмента, отвечающего требованиям ЕСКД. К таким электронно-графическим инструментам, в частности, относятся САД-системы КОМПАС, AutoCAD.



Рис. 3.2. Структурная схема разработки конструкторских документов сборочных единиц

Направление 2 связано с разработкой твердотельной модели сборочной единицы и ее составляющих частей средствами компьютерной графики с применением программных продуктов твердотельного моделирования, таких как SolidWorks, КОМПАС-3D или иных доступных для разработчика программ с последующим отображением моделей на плоскости и оформлением конструкторских документов в соответствии с требованиями ЕСКД. Вопрос разработки геометрических твердотельных моделей и получение конструкторских документов будет вынесен в отдельный раздел.

В процессе разработки конструкторской документации специализированного изделия необходимо выполнить:

- схему деления изделия на составные части;
- спецификацию изделия;
- чертежи (эскизы) на все составные части изделия (детали и сборочные единицы);
- сборочный чертеж (эскиз) изделия.

Схема деления изделия на составные части выполняется на формате А4 или А3 по правилам, изученным в предыдущих работах курса “Инженерная графика”. Чертежи (эскизы) выполняются на выбранных в зависимости от сложности изделия форматах бумаги в соответствии с правилами выполнения чертежей (эскизов) изделий: геометрия изделия, размеры, шероховатость поверхностей, технические требования.

Напомним, что истинную величину элементов, а также их положение в деталях задают при помощи размеров (размеров формы и размеров положения). Размеры должны быть нанесены геометрически правильно, в соответствии с ГОСТ 2.307-2011, и техноло-

гически верно. На чертежах (эскизах) деталей всегда указывают натуральные размеры.

Размеры предпочтительно располагать вне контура детали. В случае соединения вида с разрезом размеры внешних форм располагают со стороны вида, а внутренних форм — со стороны разреза. При наличии нескольких одинаковых элементов необходимо, помимо типоразмера, указать их количество.

Размеры на чертеже наносят от баз. Размерной базой может быть поверхность (обычно плоскость), линия или точка, от которых ведут отсчеты размеров остальных элементов. По назначению размерные базы делятся на конструкторские, технологические, сборочные, измерительные, установочные и т.д.

Конструкторской базой детали называют поверхность, линию или точку, по отношению к которой ориентируют положение детали в собранном механизме. Конструкторскими базами могут быть и геометрические элементы, в частности ось симметрии.

Технологической базой (основной или вспомогательной) называют поверхность, по отношению к которой ориентируют обрабатываемые поверхности при их изготовлении.

При нанесении линейных размеров придерживаются принципа незамкнутой цепочки, т.е. один из размеров формы остается свободным. Как правило, для внешнего контура свободным оставляют размер высоты того элемента, который имеет максимальную ширину, для внутреннего — элемента, имеющего минимальную ширину. Если есть необходимость в простановке такого размера — его указывают как справочный.

На деталях, изготовленных отливкой, штамповкой, ковкой с последующей механической обработкой некоторых поверхностей, к которым относятся специализированные изделия, наносятся две системы размеров: одна — для необработанных поверхностей, другая — для обработанных. Только один размер по любой из координат должен связать базу размеров необработанных поверхностей с базой обработанных поверхностей.

Сведения, которые конструктор указывает непосредственно на изображениях, могут быть дополнены техническими требованиями, которые располагаются над основной надписью. Между текстовой частью и основной надписью не допускается располагать таблицы, изображения и т.п.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Каждый пункт начинается с красной строки. Если чер-

теж выполняется на нескольких листах, технические требования помещают только на первом листе.

Технические требования группируют и излагают в такой последовательности:

1. Требования, необходимые для изготовления изделия:

а) требования, предъявляемые к материалу, из которого изготавливается деталь, и к свойствам материала готовой детали;

б) требования к качеству поверхности;

в) размеры и указания о предельных отклонениях размеров, формы и расположения поверхностей;

г) требования к расположению отдельных элементов конструкции;

д) требования, предъявляемые к настройке и регулировке изделия (например, наличие зазоров);

е) другие требования к качеству изделия (например, бесшумность).

2. Требования к приему, испытанию и хранению изделия.

При разработке конструкторской документации сборочной единицы специализированного изделия учитываются некоторые отраслевые особенности — совмещение сборочного чертежа с чертежом детали. В этом случае деталь не имеет отдельного чертежа и называется “бесчертежной” (БЧ деталь). Такой подход дает экономию времени за счет уменьшения количества конструкторских документов. В общем случае в сборочной единице может быть несколько БЧ деталей.

Сборочный чертеж с БЧ деталью должен содержать следующую информацию:

1) данные, необходимые для сборки и контроля сборочной единицы (изображение, размеры, позиции, технические требования);

2) данные, необходимые для изготовления и контроля БЧ детали (геометрическая форма, размеры, технические требования).

Сведения о шероховатости БЧ детали указывают в технических требованиях к сборочному чертежу.

В спецификации для сборочной единицы с БЧ деталью сначала записывают детали, изготавливаемые по отдельным чертежам, и только потом БЧ детали, для которых в графе формат пишут “БЧ” (без чертежа); в графе “Обозначение” записывают обозначение детали; в графе “Наименование” — наименование детали. Марку материала записывают под наименованием изделия.

К деталям, на которые допускается не выпускать отдельные чертежи, относятся следующие:

1. Детали больших размеров и сложной конфигурации, соединенные с деталями простой формы и небольших размеров путем запрессовки, пайки, сварки, клепки, завальцовки и другими подобными способами. При этом на детали простой формы выпускается отдельный чертеж.

2. Детали простой формы, изготавливаемые из сортаментного материала (труб, листов, стандартных профилей и т.д.). В этом случае в спецификации указывают полное обозначение материала и размер заготовки.

3. Детали больших размеров и сложной конфигурации, соединенные со стандартными изделиями (подшипниками, втулками и др.).

4. Детали, входящие в сборочную единицу, образуемые путем наплавки на неё или заливки элементов этой детали металлом, пластмассой, резиной (так называемые армированные детали).

На этапе изучения основных правил построения, выполнения и оформления конструкторских документов изделий авиационной техники студент должен иметь представление о назначении изделия и технологии изготовления сложных деталей ЛА. Эти знания в дальнейшем необходимо применить при выполнении чертежей или эскизов в соответствии с государственными или отраслевыми стандартами

Разработка конструкторских документов специализированного изделия начинается с выяснения названия, назначения и принципа работы. Далее необходимо разобрать изделие с условием запоминания порядка разборки. Определяются составные части изделия: сборочные единицы, детали, стандартные изделия, бесчертежные детали.

Сборочные единицы могут быть разъемными, допускающими многократную разборку и сборку, и неразъемными (сварными, клепаными), а также изготовленными методом запрессовки, завальцовки.

В качестве примера рассмотрим разработку конструкторской документации для сборочной единицы изделия авиационного назначения, изображенного на рис. 3.3, в состав которой входят две сборочные единицы: 1 — кронштейн (рис. 3.4); 2 — поводок (рис. 3.5), соединенные болтовым комплектом: болт с отверстием под шплинт, гайка корончатая, шайба, шплинт.

В состав сборочной единицы “Кронштейн” (рис. 3.4) входит непосредственно кронштейн — отливка из алюминиевого сплава, например АЛ9-1-Т5 контр. 2 ОСТ 1 90021-79, с частичной механической обработкой и две втулки, применяемые с целью увеличения прочности и износостойкости подвижных и неподвижных соединений. Втулки, применяемые в соединениях и передачах (поводках), запрессовывают в отверстия изделий, выполненных из материала меньшей прочности (кронштейны, качалки и т.п.). Втулки подбираются из таблиц отраслевых авиационных стандартов в зависимости от формы (гладкие или с буртиком) с учетом параметров: внешнего диаметра и внутреннего диаметра цилиндрической поверхности втулки и длины. Изготавливаются втулки, в частности, из стали 30ХГСА или бронзы БРАЖМЦ10. Запрессовывать втулки в тонкостенные корпуса рекомендуется на сыром грунте ФЛ-086. При выступании торца запрессованной втулки допускается заделка заподлицо с восстановлением фасок.

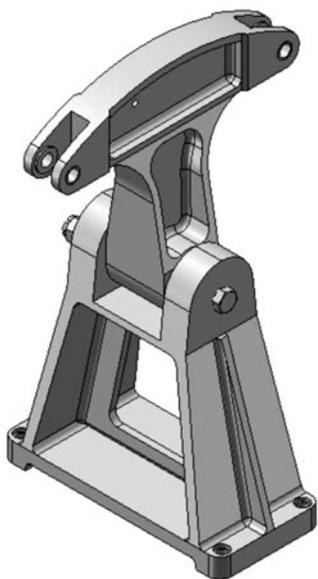


Рис. 3.3. Кронштейн с поводком

Сборочная единица “Поводок” состоит непосредственно из детали “Поводок”, выполненной методом штамповки из алюми-

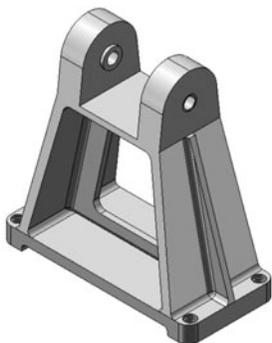


Рис. 3.4. Кронштейн

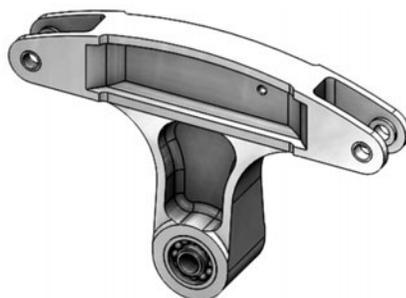


Рис. 3.5. Поводок

ниевых деформируемых сплавов, например АК6Т1 гр. контр. 3 ОСТ 1 90073-72, с частичной механической доработкой. Далее в проушины изделия запрессовываются втулки. Назначение втулок описано при рассмотрении сборочной единицы “Кронштейн”. В сборочной единице “Поводок” — четыре втулки, вставленные в проушины изделия (рис. 3.6).

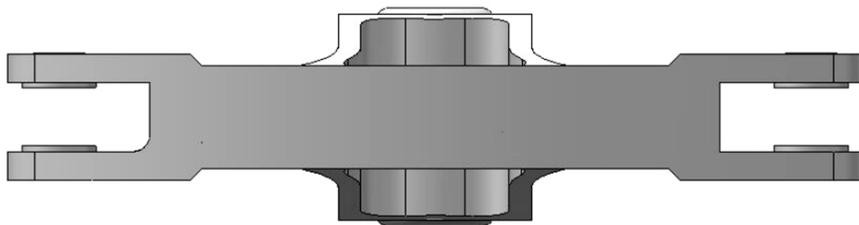


Рис. 3.6. Сборочная единица “Поводок” (вид сверху)

Следующим этапом при рассмотрении сборочной единицы “Поводок” является выбор подшипников и способ их установки в центральную часть (ступицу) детали. Рекомендовано в тягах управления, поводках, качалках применять шариковые однорядные радиальные подшипники или шарнирные. Если на торцевой части подшипника в изделии не выбито его условное обозначение, то подбор подшипника выполняется из каталога с учетом типа (радиальный шариковый), внутреннего диаметра, соответствующего диаметру вала (болта), и внешнего диаметра, соответствующего внутреннему диаметру ступицы. Например, радиальный однорядный шарикоподшипник типа 980079Ю устанавливается на вал, диаметр d которого равен 9 мм, а внешний диаметр подшипника D соответствует внутреннему диаметру ступицы, равному 24 мм.

Три наиболее применяемых на практике способа установки подшипников в ступице изделий рассмотрены в разделе “Конструктивные особенности деталей и узлов механической части проводки управления ЛА”. Разработчик вправе обоснованно выбрать любой из описанных способов.

В данном случае будем рассматривать способ установки подшипников при сквозной расточке центральной части поводка как наиболее технологичный. Для предотвращения смещения колец подшипников при затяжке болтовым комплектом, как известно,

устанавливается распорная втулка (внутренняя), выполненная в виде катушки, и втулка распорная (внешняя) по ОСТ 1 11112-73 или ОСТ 1 11113-73.

Соединение сборочных единиц “Кронштейн” и “Поводок” выполняется болтовым комплектом, состоящим из болта для шарнирных соединений (ОСТ 1 31133-80); гайки корончатой (ОСТ 1 33042-80) или прорезной (ОСТ 1 33048-80); шайбы (ОСТ 1 34507-80); шплинта (ГОСТ 397-79). Резьбовая часть болта не должна входить в проушину соединения, а должна заканчиваться под шайбой. Стопорение болтового комплекта в данном случае выполняется с помощью шплинта по ОСТ 1 39502-77.

Для наилучшего понимания изделия и установления взаимосвязи составляющих элементов разработка конструкторской документации начинается с разработки схемы деления изделия на составные части.

При составлении схемы деления изделия необходимо:

а) присвоить обозначения всем составным частям изделия, которые изготавливаются по отдельным чертежам, дать им наименования;

б) определить наличие составных частей изделия, имеющих зеркальное отображение, подобрать детали и сборочные единицы для выполнения групповых чертежей;

в) определить наличие деталей, которые должны или могут быть изготовлены по сборочному чертежу соответствующей сборочной единицы (бесчертежных деталей), присвоить им порядковые обозначения. На основе справочного материала подобрать все данные, необходимые для однозначного определения стандартных (по ГОСТ или ОСТ) деталей. На рис. 3.7 изображена схема взаимосвязь составных частей изделия “Кронштейн с поводком”.

На базе этой схемы на формате А4 или А3 выпускается конструкторский документ с кодом Е1 (ГОСТ 2.711-82 — схема деления изделия на составные части).

Изделиям, их составным частям и всем конструкторским документам присваиваются обозначения, по которым они учитываются при производстве и хранении. В соответствии с ГОСТ 2.201-80 обозначение состоит из индекса организации разработчика (первые четыре символа); далее шесть символов относятся к квалификационной характеристике изделия. Последние три цифры обозначают порядковый номер в пределах данной характеристики.

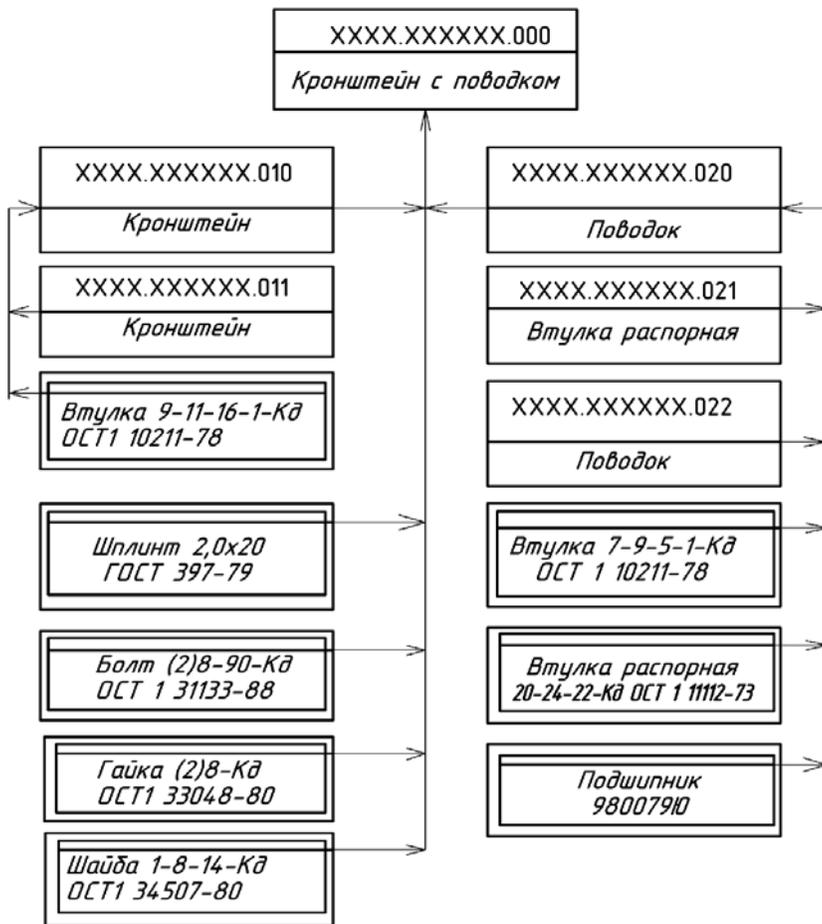


Рис. 3.7. Схема взаимосвязи составляющих элементов изделия “Кронштейн с поводком”

Классификационная характеристика определяется по единому классификатору в зависимости от вида изделия, свойств и функционального назначения.

На учебных чертежах обозначения строятся следующим образом:

Первые четыре цифры: номер факультета, номер курса, номер группы. Например 1203 (факультет — 1; курс — 2; группа — 03); 6209 (факультет — 6; курс — 2; группа — 09).

Следующие шесть символов включают в себя номер работы (например, 7): далее две цифры — номер варианта (например 86); далее три цифры — номер конструктивной группы по нормали 57АО (в частности, номер 050 относится к системе управления ЛА).

Последняя группа из трех цифр в соответствии с ГОСТом 2.201-80 относится к номеру детали, сборочной единицы или изделия.

Так, обозначение в схеме деления (рис. 3.7) изделия “Кронштейн с поводком”, изображенного на рис. 3.3, будет следующим:

1203.786050.000 или **6209.786050.000**

Схема деления изделия на составные части является исходным материалом для составления спецификаций, фрагменты которых изображены на рис. 3.8—3.10.

Напомним, что целью является разработка эскизов по исходной модели в ручном режиме на выбранном формате в клетку, поскольку прежде всего студентов необходимо научить эскизной проработке материала. Приобретение навыков и умений чертить от руки является одним из преимуществ разработки эскизов изделий. При составлении эскизов изделий следует руководствоваться общими правилами, изложенными выше. Кроме того, необходимо уделить внимание вопросам оптимального построения графических изображений: выбор и размещение главного изображения; выбор наименьшего и достаточного количество изображений; замена полных изображений местными; установление логической связи между изображениями и размерами; исключение повторений информации на чертеже; применение выносных элементов и т.д.

Проекционные виды сборочной единицы “Кронштейн” выбираются путем отображения предмета на плоскости (рис. 3.11—3.14).

Принятые и согласованные с преподавателем проекционные виды переносятся на эскизную проработку. При компоновке эскиза необходимо учесть расположение технических требований на изделие (рис. 3.15). Выполняются необходимые разрезы (полные, местные); сечение тонкой стенки (вынесенное). Литейные радиусы на эскизе не изображаются. Сведения о технологии изготовления изделия отображаются в технических требованиях.

Для нанесения размеров необходимо с помощью знаков шероховатости отметить поверхности, которые подвергаются механи-

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A3			XXX.XXXXXX.000СБ	Сборочный чертеж		
A3			XXX.XXXXXX.000Е1	Схема деления		
<i>Сборочные единицы</i>						
A4		1	XXXX.XXXXXX.010	Кронштейн	1	
A4		2	XXXX.XXXXXX.020	Поводок	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		3		Шплинт 2,0x20 ГОСТ397-79	1	
		4		Болт (2)8-90-Кд ОСТ1 31133-88	1	
		5		Гайка(2) 8-Кд ОСТ1 33048-80	1	
		6		Шайба 1-8-14-Кд ОСТ1 34507-80	1	
XXXX.XXXXXX.000						
Изм./Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Кронштейн с поводком		
Разраб.	Иванов И.И.					
Проб.	Леонова С.А.					
Н.контр.						
Утв.	Хвезяк Т.М.			Гр.ХХ-ХХХ		
				Лит.	Лист	Листов
				4		1
				Формат А4		

Рис. 3.8. Фрагмент спецификации на изделие “Кронштейн с поводком”

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
А3			XXXX.XXXXXX.010СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
Б4	1		XXXX.XXXXXX.011	Кронштейн А19-1-Т5 гр.контр.2 ОСТ1 90021-79	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		2		Втулка 9-11-16-1-Кд ОСТ1 10211-78	2	
XXXX.XXXXXX.010						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Иванов И.И.				Лит.	Лист
Проб.	Леонова С.А.				1	Листов
Н.контр.					7	
Утв.	Хвасюк Т.М.				Гр.ХХ-ХХХ	
<i>Копировал</i>					<i>Формат А4</i>	

Рис. 3.9. Фрагмент спецификации на сборочную единицу “Кронштейн”

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A3			XXXX.XXXXXX.020СБ	Сборочный чертёж		
<i>Детали</i>						
A4	1		XXXX.XXXXXX.021	Втулка распорная	1	
B4	2		XXXX.XXXXXX.022	Поводок		
				АК6 Т1 гр.контр.З		
				ОСТ 1 90073-72	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		3		Втулка 7-9-5-1-Кд		
				ОСТ 1 10211-78	4	
		4		Втулка распорная		
				20-24-22-Кд ОСТ 1 11112-73	1	
		5		Подшипник 980079Ю	2	
XXXX.XXXXXX.020						
Изм./Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб.		Иванов И.И.				
Проб.		Леонова С.А.				
Н.контр.						
Утв.		Хвесьяк Т.М.				
<i>Поводок</i>				Лит.		Лист
						Листов
						1
				<i>Гр.ХХ-ХХХ</i>		
<i>Копировал</i>				<i>Формат</i>		<i>A4</i>

Рис. 3.10. Фрагмент спецификации на сборочную единицу “Поводок”

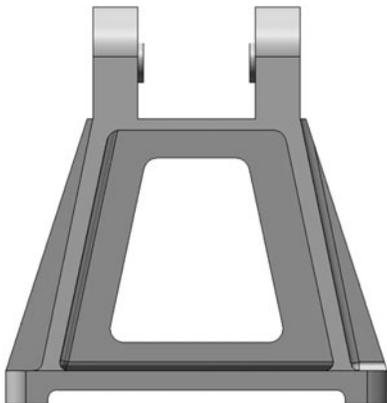


Рис. 3.11. Фронтальный вид
(спереди)

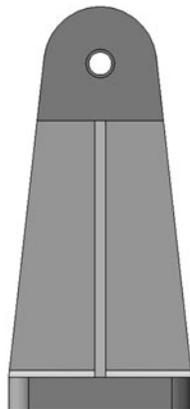


Рис. 3.12. Профильный вид
(справа)

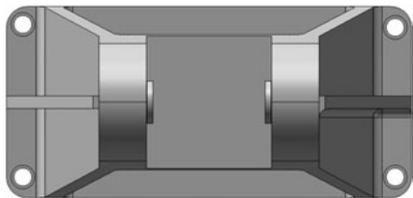


Рис. 3.13. Горизонтальный вид
(вид Сверху)



Рис. 3.14. Вид снизу

ческой обработке, далее необходимо определить базы (литейную и механическую) и связать их размером. В дальнейшем размеры должны наноситься только от своих баз (размеры механически обрабатываемых поверхностей — от базы механической обработки, размеры для литых поверхностей — от литейной базы); также необходимо проверить наличие габаритных размеров. Аналогичные действия выполняются и для сборочной единицы “Поводок”, эскиз которого изображен на рис. 3.16.

Работа завершается выполнением сборочного эскиза изделия “Кронштейн с поводком” (рис. 3.17).

4. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТРЕХМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ

4.1. Общие сведения о системах трехмерного моделирования

В главе 3 “Специфика разработки конструкторской документации сборочных единиц авиационного назначения” упоминается о двух направлениях разработки конструкторских документов сборочных единиц (см. рис. 3.2):

1 — выполнение конструкторской документации с натуры по имеющимся деталям эскизно с помощью чертежных инструментов либо в 2D-системах компьютерной графики;

2 — выполнение конструкторской документации по трехмерной электронной модели, созданной на основании имеющихся деталей в 3D-системах компьютерной графики.

И здесь встает вопрос о выборе программного продукта для трехмерного моделирования. Распространенной является классификация существующих САПР по принципу функциональности: системы нижнего уровня (MasterCAM, T — FlexCAD, OmniCAD и т.п.), среднего уровня (SolidWorks, SolidEdge, Inventor, Mechanical Desktop, DesignSpace и т.д.) и верхнего уровня (Pro/ENGINEER, CATIA, Unigraphics, CADD5, Euclid, ADAMS, ANSYS и др.)

Системы нижнего уровня (“легкие” САПР) служат для выполнения почти всех работ с двумерными чертежами и имеют ограниченный набор функций по трехмерному моделированию. С помощью этих систем выполняется порядка 90% всех работ по проектированию. Имеющиеся ограничения иногда создают сложности в использовании таких систем. САПР нижнего уровня изначально были предназначены для создания чертежей отдельных деталей и сборок. Поэтому платой за дополнительные возможности по трехмерному моделированию является усложнение интерфейса и меньшее удобство в работе.

Системы среднего уровня предназначены для объемного моделирования. Они обладают возможностями САПР нижнего уровня, а также позволяют работать с довольно большими сборками. По некоторым параметрам они уже не уступают “тяжелым” САПР, а в удобстве работы — даже превосходят их. Обязательным условием

является наличие функции обмена данными (или интеграции). Такие САПР представляют собой не просто программы, а программные комплексы, т.к. в их состав включены различные специализированные программные модули, позволяющие производить инженерные расчеты.

Системы верхнего уровня (“тяжелые” САПР) специализируются на 3D-моделировании и применяются для решения наиболее трудоемких задач: моделирования поведения сложных механических систем в реальном масштабе времени, прочностных расчетов, оптимизирующих расчетов с визуализацией результатов, расчетов температурных полей и теплообмена и т.д. Обычно в состав системы входят как графические модули, так и модули для проведения расчетов и моделирования, постпроцессоры для станков с ЧПУ. Этот класс САПР является наиболее мощным по своим функциональным возможностям, однако такие САПР довольно сложны в работе, а также имеют значительную стоимость.

Ниже приведен краткий обзор САПР, наиболее широко применяемых для трехмерного моделирования и разработки конструкторской документации.

КОМПАС-3D — система трехмерного моделирования нижнего уровня:

- соответствие чертежей требованиям ЕСКД;
- полная интеграция со всеми популярными САД/САМ/САЕ-системами; простота освоения; полностью русскоязычный интерфейс;
- собственное математическое ядро; возможности параметризации; автоматическая генерация чертежей по модели; ограниченные возможности по трехмерному моделированию.

SolidWorks — система твердотельного моделирования среднего уровня:

- прикладные модули для инженерных расчетов; встроенный интерфейс прикладного программирования;
- поддержка трансляции данных с использованием нейтральных форматов; двунаправленная ассоциативность;
- автоматическая генерация чертежей по модели;
- поддержка жизненного цикла изделия;
- оптимальное соотношение “цена — качество”. Сложности при построении больших сборок.

Pro/ENGINEER — CAD/CAM/CAE-система верхнего уровня (PLM-система):

- полная ассоциативность; высокое быстродействие;
- функциональность;
- трехмерная параметризация;
- поддержка PDM (обмен данными с другими САПР);
- соответствие чертежей требованиям ЕСКД;
- закрытая система (отсутствует возможность подключения пользовательских программных модулей).

CATIA — CAD/CAM/CAE-система верхнего уровня:

- поддержка форматов нейтрального файла;
- развитые возможности трехмерного моделирования; большой набор дополнительных прикладных модулей; удобство работы с большими сборками;
- поддержка ЖЦИ. Отсутствие специализированных модулей формирования проектных альтернатив;
- высокая стоимость;
- сложности при выполнении КД по правилам ЕСКД; высокое потребление ресурсов ПК.

• **КОМПАС-3D** разрабатывается российской компанией «АСКОН» с 1999 года. Система создана на базе ядра геометрического моделирования, разработанного специалистами фирмы. Основные задачи, решаемые системой — формирование трехмерной модели, отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как типичные, так и нестандартные конструктивные элементы с целью передачи геометрии в различные расчетные пакеты или пакеты разработки управляющих программ, а также создание конструкторской документации на разработанные детали. Моделирование твердого тела в системе осуществляется последовательным выполнением булевых операций над объемными примитивами. КОМПАС-3D позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Наличие собственного математического ядра и параметрических технологий позволяет производить некоторые расчеты (масса, объем, площадь поверхности, координат центра тяжести, осевых и центробежных моментов инерции, направления главных осей инерции и т.п.) непосредственно в КОМПАС-3D.

Функциональные возможности КОМПАС-3D:

- моделирование изделий с целью создания конструкторской и технологической документации (сборочных чертежей, спецификаций, детализовок и т.д.);
- создание модели изделия с целью расчета его технических характеристик;
- передачи геометрии смоделированных изделий в расчетные пакеты;
- моделирование деталей для передачи геометрии в пакеты разработки управляющих программ;
- создание изометрических изображений (например, для составления каталогов, создания иллюстраций к технической документации и т.д.).

С помощью команд экспорта созданную в КОМПАС-3D модель можно передать в форматах IGES, SAT и STL в другие системы с целью дальнейшей ее обработки. Трехмерные модели КОМПАС-3D могут быть прочитаны системой SolidWorks с помощью специального модуля сопряжения.

• **SolidWorks** представляет собой программный комплекс САПР для автоматизации работ на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Система создана одноименной американской компанией на базе геометрического ядра Parasolid для использования на персональных компьютерах в операционной среде Windows. В данной САПР применяются принципы трехмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования. Программа позволяет создавать объемные детали и составлять сборки в виде трехмерных электронных моделей, которые в дальнейшем применяются для получения двухмерных чертежей и спецификации. К несомненным преимуществам системы относится двунаправленная ассоциативная связь между чертежами и твердотельными моделями: любые изменения в модели детали сразу же отражаются на чертеже и в модели сборки, а любые изменения детали в файле сборки автоматически сохраняются в файле детали.

Процесс построения 3D-модели основан на формировании объемных геометрических элементов и выполнении над ними различных операций. При этом модель создается из шаблонных элементов (так называемых “блоков”). Редактирование модели производится путем добавления/удаления данных блоков или посредством изменения их характерных параметров. Трехмерная модель

содержит подробное описание свойств объекта (масса, объем, моменты инерции) и позволяет работать в виртуальном трехмерном пространстве, благодаря чему компьютерная модель максимально приближается к облику будущего изделия, что позволяет полностью исключить этап макетирования. В программе также существует возможность придать проектируемому изделию реалистичность отображения в соответствии с выбранным материалом для пробной оценки концепции изделия и дизайна.

Для упрощения работы с 3D-моделью и повышения её наглядности в программе используется “Дерево построения”, с помощью которого можно отслеживать операции, произведенные с моделью, и редактировать их.

К достоинствам программного пакета относится удобство работы с комплексными сборками, в которых количество компонентов может составлять сотни тысяч единиц. В SolidWorks существует специальный режим, который позволяет оптимально распределить аппаратные и программные ресурсы и, тем самым, сэкономить время на перестроение и загрузку сборки.

Другим преимуществом пакета является автоматическое создание чертежей по заданной трехмерной модели, что позволяет исключить возможные ошибки, возникающие при построении проекций сложных сборок вручную. После того, как конструктор создал 3D-модель детали или сборки, он может автоматически получить рабочие чертежи с изображениями всех основных видов, проекций, сечений и разрезов, а также с проставленными размерами. Программа поддерживает различные чертежные стандарты: ANSI, GOST, ISO, JIS, DIN, GB и BSI. Система SolidWorks распознает следующие типы файлов: нейтральные форматы (IGES, XMT_TXT, SAT, STL, STEP, X_B, STP, VDA, WRL, X_T, XMT_BIN); прямые трансляторы (DXF, DWG, NX). Благодаря этому возможен импорт поверхностей из других систем с использованием форматов IGES, STEP, DXF, SAT. С помощью нейтральных форматов возможно взаимодействие SolidWorks с САПР для радиотехнических расчетов: CST MicrowaveStudio, HFSS и др.

В SolidWorks представлены экспертные системы, а также целый ряд прикладных модулей и библиотек для работы с ними. Среди них: библиотеки стандартных изделий (SolidWorks Toolbox): крепеж, подшипники, прокатный сортамент, кулачки, шкивы, шестерни и т.п.; CosmosWorks — система инженерных расчетов на основе метода конечных элементов (напряжения и деформа-

ции, продольного сгиба); DesignWorks — система инженерных расчетов (кинематический анализ сборок, расчет прочности, тепловой расчет); SolidWorks Routing — модуль для проектирования трубопроводов; SolidWorks Motion — приложение для комплексного динамического и кинематического анализа механизмов; SolidWorks Simulation — модуль для расчета на прочность конструкций (деталей и сборок) в упругой зоне и др.

Большим преимуществом системы является наличие встроенного интерфейса прикладного программирования SolidWorks API, который позволяет разрабатывать специализированные приложения, обеспечивающие решение прикладных инженерных задач и интеграцию САПР, PDM и ERP с целью создания единой информационной системы предприятия. По оценке экспертов, система SolidWorks обладает оптимальным значением параметра “цена—качество” среди систем среднего уровня.

• **Pro/ENGINEER** — система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения (САПР верхнего уровня), разработанная американской фирмой PTC (Parametric Technology Corporation). С помощью Pro/ENGINEER осуществляется поддержка жизненного цикла изделия в соответствии с концепцией CALS-технологий, включая двунаправленный обмен данными с другими Windows-приложениями и создание интерактивной документации. Основное преимущество Pro/ENGINEER — поддержка всех этапов проектирования изделия: трехмерное моделирование, расчет и оптимизация конструкции, создание рабочих чертежей и подготовка к производству изделия на станках с ЧПУ. Являясь PLM-системой (имеет прямой доступ в систему поддержки ЖЦИ Windchill PDMLink), PRO/ENGINEER охватывает все сферы проектирования, технологической подготовки производства и изготовления изделия.

К достоинствам рассматриваемой системы относятся: широкие возможности трехмерного моделирования и оптимизации конструкции, интеграция с системой MathCAD; полная ассоциативность, т.е. любое изменение, вносимое в проект, автоматически отражается во всех зависимых поставляемых компонентах без необходимости преобразования данных. Это позволяет сэкономить время и избежать ошибок конструирования при преобразовании.

Ядро Pro/ENGINEER использует технологию Proven Technology, основанную на граничных представлениях. В отличие от извест-

ных технологий трехмерного проектирования ACIS, Parasolid, используемых в конкурирующих продуктах (UNIGRAPHICS, I—EAS, CADD5, EUCLID), Proven echnology предъявляет жесткие требования к проектируемой геометрии (геометрия должна быть определена однозначно). Такие ограничения позволяют достичь полного соответствия геометрии полученной детали заданным размерам, что наиболее критично при дальнейшей работе над моделью (изготовление технологической оснастки, подготовка программ для обработки на станках с ЧПУ и т.д.).

Система Pro/ENGINEER хорошо работает на рабочих станциях, в т.ч. небольшой производительности, обеспечивая привлекательную альтернативу между ценой и выполняемыми функциями. Позволяет сохранять файлы в следующих форматах: DXF, DWG, PRO/E, Unigraphics NX3 и NX4. Для написания небольших программных приложений существует интерфейс программирования Visual Basic API, однако его функции ограничены, а возможность подключать разработанные пользователем прикладные модули отсутствует.

• CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) — комплексная система автоматизированного проектирования (CAD), технологической подготовки производства (CAM) и инженерного анализа (CAE). Разработана в 1998 году на основе ядра CNEXT, которое содержит средства как для описания геометрии изделия, так и для описания процессов его создания, с возможностью сохранять и накапливать используемые при этом приемы и методы в виде корпоративных знаний.

Система включает инструменты 3D-моделирования, подсистемы программной имитации сложных технологических процессов, развитые средства анализа и единую базу данных текстовой и графической информации. CATIA позволяет эффективно решать задачи технической подготовки производства — от внешнего (концептуального) проектирования до выпуска чертежей, спецификаций, монтажных схем и управляющих программ для станков с ЧПУ.

Основные преимущества программного комплекса CATIA:

- широкие возможности расчёта методом конечных элементов и функций работы с поверхностями;
- большой набор программных модулей для разнообразных отраслей промышленности;
- удобство проектирования несколькими разработчиками одновременно;

- удобство работы с большими сборками;
- обеспечение возможности подготовки к стадии быстрого прототипирования, поддержка конвертации в STL-формат.

Основные недостатки системы:

- высокая стоимость;
- почти полное отсутствие учебной литературы на русском языке;
- сложность в освоении;
- потребление значительных ресурсов ПК;
- небольшие возможности системы построения фотореалистичного изображения;
- сложности с модификацией импортированных моделей.

Линейка программных продуктов CATIA предназначена для семи основных отраслей промышленности: аэрокосмической, автомобильной, судостроения, машиностроения, электроники, отрасли строительства заводов, а также для производства товаров широкого потребления.

CATIA имеет в своем составе богатый набор дополнительных прикладных модулей, которые соответствуют специализации различных отраслей промышленности. Среди них: комплекс модулей для проектирования трубопроводных систем — Tubing Diagrams, Piping Design, Tubing Design и т.д.; модули для проектирования систем вентиляции — HVAC Diagram и HVAC Design; комплекс модулей для проектирования электрических систем — Electrical Part Design, Electrical Assembly Design, Electrical Wire Routing и др.; модули для проектирования волноводов — Waveguide Diagram и WaveguideDesign и др.

Стоит отметить, что САПР “тяжелого” уровня не оптимальны для выпуска и корректировки конструкторской документации. Между тем, на большинстве российских предприятий, к сожалению, выпуск КД по-прежнему составляет максимальную долю затрат на проектирование изделия, что связано с отсутствием повсеместного внедрения поддержки ЖЦИ в соответствии с концепцией CALS-технологий. Это затрудняет использование “тяжелых” САПР на российских предприятиях.

К САПР как к базовому решению для интеграции с прикладным модулем трассировки волноводных трактов предъявляются следующие требования (приведены по степени значимости):

- наличие интерфейса прикладного программирования;
- широкие возможности по трехмерному моделированию;

- возможность обмена данными с другими САПР (в т.ч. со специализированными программами для радиотехнических расчетов и инженерных расчетов);
- наличие прикладных модулей инженерного анализа;
- поддержка российских стандартов;
- оптимальное соотношение “цена—качество”.

В результате проведенного анализа САПР можно сделать вывод, что для обучения студентов трехмерному моделированию наиболее оптимальными являются САПР среднего уровня. Необходимо отметить, что для них основные функции трехмерного моделирования являются общими и основываются на булевых операциях (сложение, вычитание объемов).

Итак, какой бы системой геометрического моделирования не пользовался разработчик, суть моделирования изделий сводится к следующему:

- 1 — разработка эскиза модели;
- 2 — разработка электронной модели, на основании которой выполняется чертеж изделия.

Анализируя набор разнообразных сборочных единиц и разнообразных деталей, авторы пришли к выводу, что для профессиональной работы с инструментами 3D-моделирования необходимо приобретение навыков построения сложных эскизов, на основе которых формируется твердотельная электронная модель изделия; освоение команд рисования, таких как линия, осевая линия, окружность, различные способы построения дуг и т.д. (команды объекта эскиза); команд, объединенных в блок инструментов эскиза (скругление, фаски, смещение объектов, отсек, зеркальное отображение и т. д.); умение проставлять размеры, работать с различного рода ограничениями, такими как взаимосвязи и привязки.

Перед началом разработки эскиза выполняется анализ исходной детали. Выявляются ее особенности: симметричность, повторяющиеся элементы, расположение плоскости эскиза в пространстве и др. Это поможет оптимально применить команды эскиза, быстрее и качественнее сформировать электронную модель.

В данной главе рассмотрим направление, когда разработка конструкторской документации выполняется на основе трехмерной электронной модели, разработанной на базе реального изделия в 3D-системе компьютерной графики, в частности в среде SolidWorks.

В качестве примера разработки модели сборочной единицы и последующего создания чертежей будем использовать изделие авиационного назначения “Кронштейн с поводком”, состоящее из деталей “Кронштейн” и “Поводок” (рис. 4.1,*а-в*).

В общем виде алгоритм разработки моделей в среде SolidWorks сводится к выполнению следующих действий:

1. Активизация меню Эскиз.
2. Выбор плоскости построения (Спереди, Сверху, Справа) на Дереве Конструирования.
3. Построение эскиза изделия.
4. Выбор команд моделирования объема из меню Элементы.

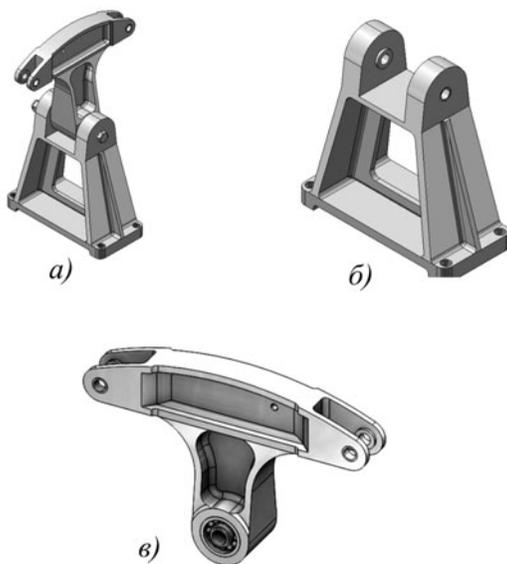
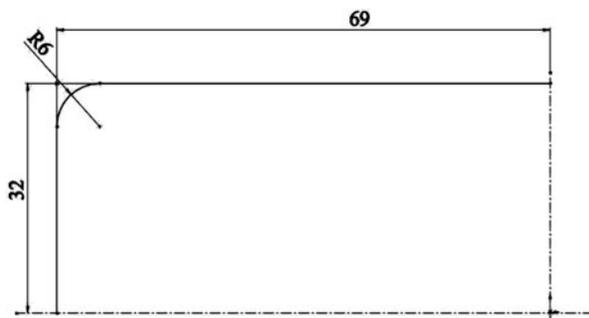


Рис. 4.1. Сборочная единица “Кронштейн с поводком”:
а — сборочная единица “Кронштейн с поводком”; *б* — сборочная единица “Кронштейн”; *в* — сборочная единица “Поводок”

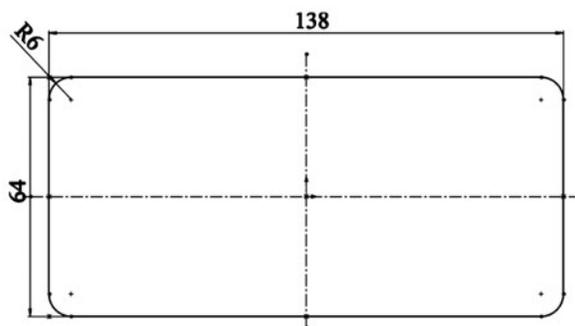
4.2. Алгоритм разработки модели сборочной единицы изделия “Кронштейн”

Рассмотрим алгоритм одного из способов разработки твердотельной модели изделия “Кронштейн” (рис. 4.1,*б*) в среде твердотельного геометрического моделирования SolidWorks.

Шаг 1. Разработка твердотельной геометрической модели заготовки изделия “Кронштейн”. Создание твердотельной геометрической модели заготовки начинается с рисования эскиза. После запуска программы SolidWorks, создания документа “Новый”, выбора шаблона “Деталь” раскрывается пользовательский интерфейс. На панели инструментов, путем нажатия на кнопку Эскиз, открывается поле для построения двумерного эскиза. На “Дереве конструирования” выбирается горизонтальная плоскость проекций (в системе трехмерного моделирования SolidWorks горизонтальная плоскость называется **Сверху**). Построение эскиза, как и любого изображения на чертеже, начинается с рисования осевых линий. При этом начало системы координат модели желательно совместить с центром интерфейса. Используя такие команды, как “линия”, “скругление”, прорисовываем одну четвертую часть основания (рис. 4.2,*а*), контур которого уточняется с помощью нане-



а)



б)

Рис. 4.2. Эскиз заготовки изделия “Кронштейн”

сения размеров путем нажатия на кнопку **Автоматическое нанесение Размеров**. Необходимо отметить, что в большинстве современных систем трехмерного моделирования при нанесении размеров на произвольный контур происходит перестроение контура в соответствии с введенными значениями размеров. Если контур симметричен, целесообразно для экономии времени выполнить построения только одной его части, а затем симметрично отразить ее относительно горизонтальной и (или) вертикальной оси. Как правило, для этого существует команда **Зеркальное отражение объектов**. Таким образом, получаем замкнутый контур (рис. 4.2,б) горизонтального изображения эскиза заготовки (Вид **Сверху**). Построение эскиза завершается сохранением файла (**Файл, Сохранить как**).

Объемная модель твердого тела формируется с помощью команды 3D-моделирования (**Вытянутая бобышка**). Для выполнения этой команды на панели инструментов необходимо нажать на кнопку “Элементы”. В диалоговом окне команды **Вытянутая бобышка** выбираются условия вытягивания основания: **От** (Плоскость для эскиза); **Направление 1** (На заданное расстояние); глубина D1 (142 мм). На рис. 4.3 показана 3D-модель заготовки изделия “Кронштейн”.

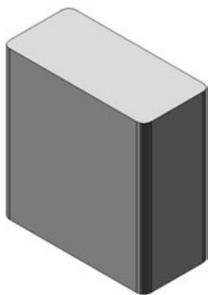


Рис. 4.3. Геометрическая модель формы заготовки изделия “Кронштейн”

Шаг 2. *Конструирование опорной поверхности в нижней части формы заготовки модели кронштейна.* Согласно описанному алгоритму моделирования изделия выполняется переход в меню **Эскиз**. Выбирается плоскость построения эскиза. Это фронтальная плоскость проекции (**Спереди**). Находим ее на **Дереве конструирования**. Выполняется визуализация плоскости проекции. Дополнительно для отображения фронтального вида необходимо выбрать плоскость **Спереди** в меню **Стандартные виды**, изобра-

женной на панели интерфейса в виде куба, либо нажать на кнопку изображенной в виде перпендикуляра стрелки к плоскости. Для рисования эскиза с помощью мыши указывается плоскость построения. В данном случае это фронтальная плоскость (**Спереди**). Построение эскиза начинается с проведения вертикальной осевой линии (кнопка **Осевая линия** на панели инструментов) (рис. 4.4). На расстоянии от нижней плоскости основания модели выполняется построение замкнутого контура высотой 5 мм от основания заготовки и шириной 106 мм. С учетом технологии изготовления подобных деталей (литьё с частичной механической обработкой) острые углы скругляются радиусом 3 мм. На панели инструментов находится команда **Скругление**, которая требует выбора элементов скругления (вертикальная и горизонтальная линии эскиза) и параметра скругления (радиус 3 мм). Нанесение размеров и их корректировка выполняются командой **Автоматическое нанесение Размеров**. Поскольку элемент симметричен относительно вертикальной оси, построение эскиза реализуется для одной из сторон контура с последующим применением команды **Зеркальное отображение**, путем выборки элементов для симметричного отображения и указанием оси симметрии (вертикальная ось). Удаление материала в нижней части заготовки реализуется путем перехода в меню “**Элементы**” и выбора команды “**Вытянутый вырез**” (рис. 4.5). В диалоговом окне команды выбирается способ постро-

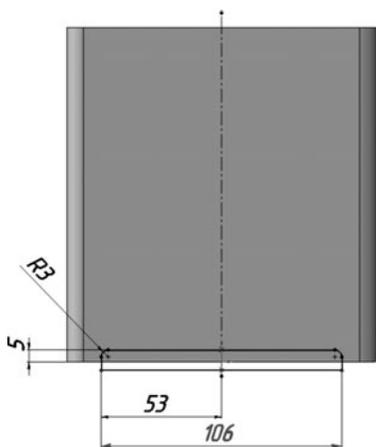


Рис. 4.4. Эскиз выреза основания кронштейна

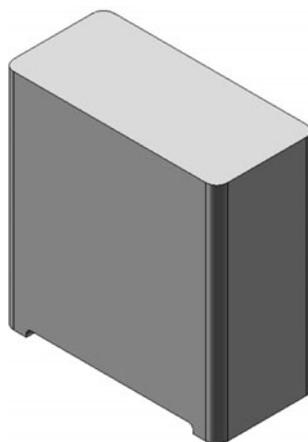


Рис. 4.5. Модель опорной поверхности кронштейна

ения выреза: **От** (Плоскость для эскиза); **Направление 1** (Насквозь оба направления).

Шаг 3. Моделирование отверстия в центральной части заготовки модели “Кронштейн”. Алгоритм удаления массы тела в центральной части модели заготовки изделия “Кронштейн” аналогичен алгоритму, описанному в шаге 2. На **Дереве конструирования** и в меню **Стандартные виды** выбирается плоскость **Спереди**. Курсором мыши указывается плоскость построения эскиза. Из начальной точки проводится вертикальная осевая линия. Далее, используя команды **Линия**, **Скругление**, **Автоматическое нанесение размеров**, **Зеркальное отображение**, выполняется построение замкнутого контура (рис. 4.6). Удаление материала в твердотельной модели реализуется командой **Вытянутый вырез** меню **Элементы** (рис. 4.7). В диалоговом окне команды выбирается способ построения выреза: **от** (Плоскость для эскиза); **Направление 1** (Насквозь оба направления).

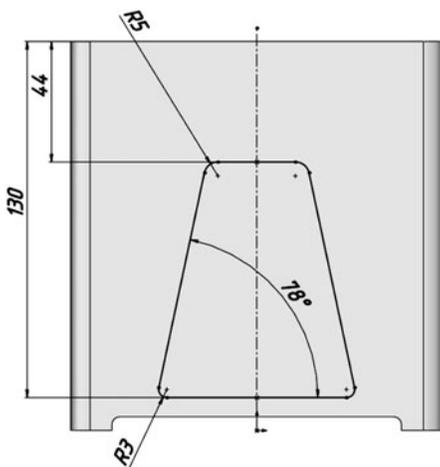


Рис. 4.6. Эскиз сквозного отверстия

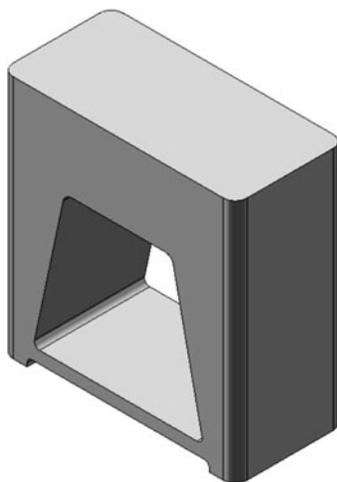


Рис. 4.7. Модель заготовки со сквозным отверстием

Шаг 4. Коррекция боковых сторон твердотельной модели “Кронштейн”. В соответствии с вышеописанным алгоритмом формирование фронтального изображения модели сводится к удалению материала, в том числе в боковых ее частях. Для выполнения

этой задачи с одной из сторон рисуют эскиз замкнутого контура (рис. 4.8), который зеркально отображается относительно вертикальной оси. Далее выполняются переход в меню **Элементы** и активизация команды **Вытянутый вырез** (рис. 4.9). В диалоговом окне команды выбирается способ моделирования удаления материала: **От** (Плоскость для эскиза); **Направление 1,2** (Насквозь).

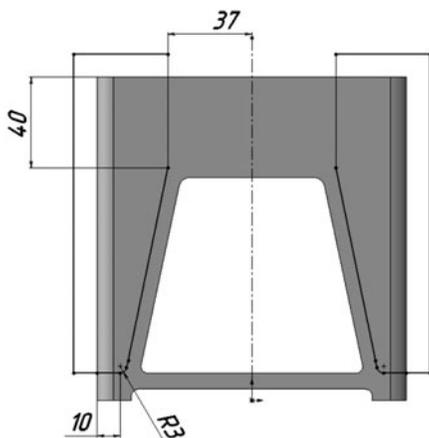


Рис. 4.8. Эскиз коррекции боковых сторон изделия

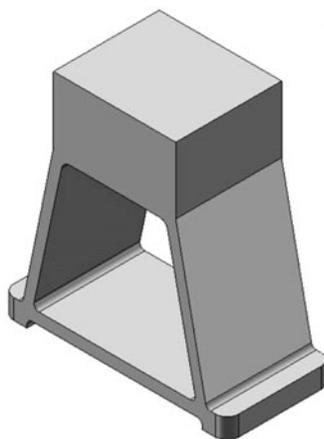


Рис. 4.9. Модель коррекции боковых сторон изделия

Шаг 5. Моделирование формы профиля твердотельной модели изделия “Кронштейн”. Дальнейшие действия по моделированию изделия направлены на формирование его профильного изображения. В **Дереве конструирования** и в меню **Стандартные виды** на панели инструментов **Эскиз** выбирается профильная плоскость проекции (в системах твердотельного моделирования это плоскость **Справа**). Курсором мыши указывается плоскость построения эскиза. Из исходной точки эскиза восстанавливается осевая линия. Поскольку изображение симметрично относительно вертикальной оси, построение эскиза выполняется для одной из сторон с применением команд **Дуга**, **Линия**. Для построения линии касательной к дуге радиусом 20 мм применяется команда **Добавить взаимосвязь**. Для эффективного способа работы в системе SolidWorks используется контекстное меню, которое предоставляет доступ к множеству различных инструментов и команд. Меню отображается нажатием на правую кнопку мыши. Удаление части линии вы-

полняется с помощью команды **Отсечь объекты**. Форма профиля уточняется с помощью команды **Автоматическое нанесение Размеров**. Замкнутый контур профиля изделия реализуется командой **Зеркальное отображение** с указанием объектов для зеркального отображения относительно вертикальной линии (рис. 4.10).

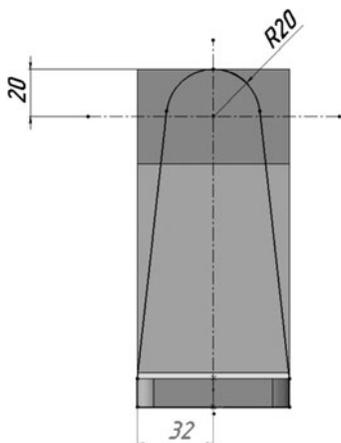


Рис. 4.10. Эскиз коррекции профильного контура

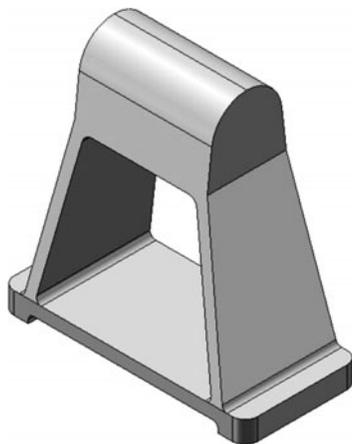


Рис. 4.11. Модель коррекции профильного изображения

Используя команду **Вытянутый вырез** в меню **Элементы**, формируют модель изделия (рис. 4.11). В диалоговом окне команды выбирается способ построения выреза: **От** (Плоскость для эскиза); **Направление 1** (Насквозь в обе стороны). При выполнении выреза необходимо отслеживать удаление массы тела снаружи, а не внутри контура эскиза. В противном случае необходимо подключить опцию команды **Переставить сторону для выреза**.

Шаг 6. Моделирование сквозного отверстия в верхней части модели. Моделирование сквозного отверстия диаметром 11 мм на профильной плоскости проекции (**Справа**) в меню **Эскиз** начинается с прорисовки центровых осевых линии, центр которых совпадает с центром дуги радиусом 20 мм (рис. 4.12). На панели инструментов выбирается команда **Окружность**. Размеры, как обычно, уточняются командой **Автоматическое нанесение размеров**.

Формирование выреза в твердотельной модели (рис. 4.13) выполняется командой **Вытянутый вырез** в меню **Элементы**. В диа-

логовом окне команды выбираем способ моделирования выреза: **От (Поверхности)**; **Направление 1** (Насквозь в оба направления).

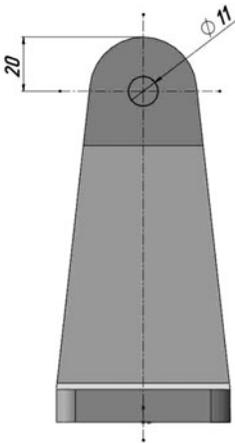


Рис. 4.12. Эскиз построения отверстия под втулки

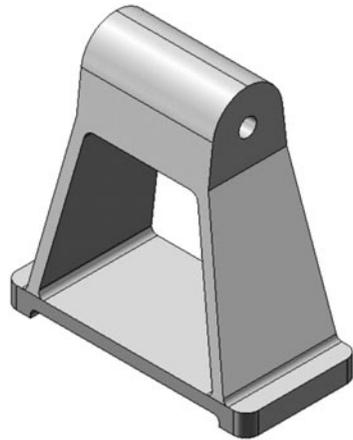


Рис. 4.13. Модель кронштейна с отверстием под втулки

Шаг 7. Моделирование тонкой стенки. Ниже описан один из способов моделирования тонкой стенки в детали “Кронштейн”. Для этого в **Дереве конструирования** и в меню **Стандартные виды** на панели инструментов **Эскиз** выбирается профильная плоскость проекции (в системах твердотельного моделирования это плоскость **Справа**). Курсором мыши указывается плоскость построения эскиза. Выполняется рисование осевой и эскиза замкнутого контура тонкой стенки (рис. 4.14). Объемная модель твердого тела (рис. 4.15) формируется с помощью команды **Вытянутая бобышка** в меню **Элементы**. В диалоговом окне команды устанавливаем способ построения модели: **От (Плоскость для эскиза)**; **Направление 1,2** (Насквозь).

Шаг 8. Коррекция форм боковых сторон тонких стенок. Для удаления массы тела справа и слева на тонких стенках в меню **Эскиз** выбирается фронтальная плоскости проекции (**Спереди**). Курсором мыши указывается плоскость построения. Из начальной точки восстанавливается осевая линия. Построение замкнутого контура выполняется с одной стороны с последующим его отображением на другую сторону относительно вертикальной оси (рис. 4.16). Формирование модели реализуется командой **Вытянутый вырез** в

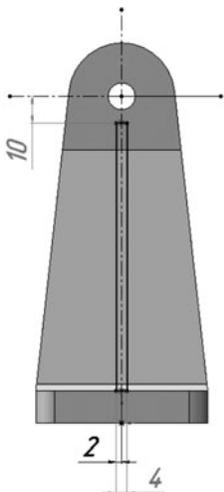


Рис. 4.14. Эскиз формы тонкой стенки

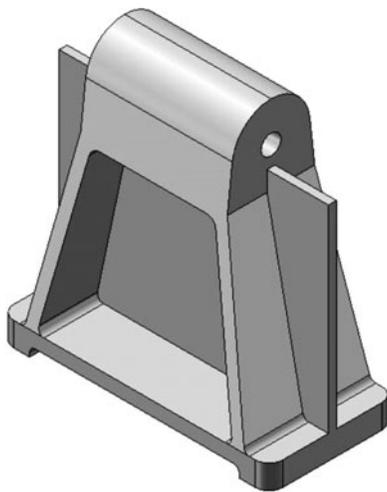


Рис. 4.15. Модель изделия с тонкой стенкой

меню **Элементы** (рис. 4.17). В диалоговом окне команды устанавливается способ построения модели: **От** (Плоскость для эскиза); **Направление 1,2** (Насквозь).

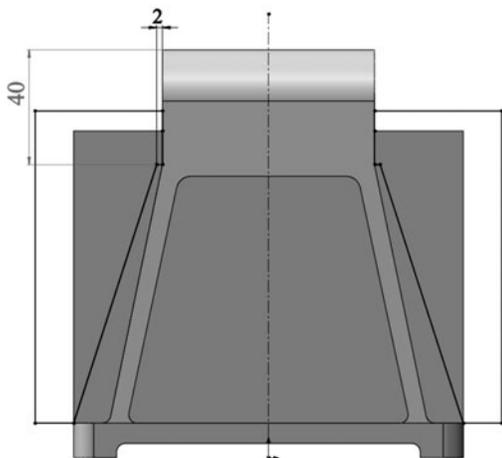


Рис. 4.16. Эскиз фронтального изображения тонких стенок

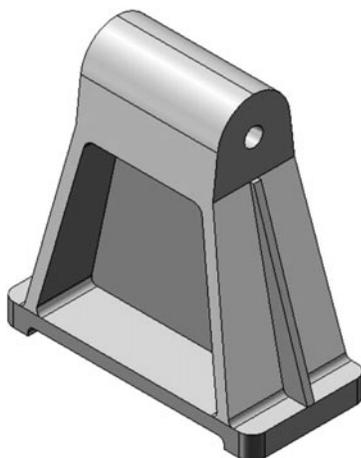


Рис. 4.17. Модель изделия с тонкими стенками

Шаг 9. Моделирование отверстия облегчения в центральной части модели. С целью уменьшения массы изделия в центральной его части выполняется отверстие облегчения. В **Дереве конструирования** и в меню **Стандартные виды** меню **Эскиз** устанавливается фронтальная плоскость проекции (**Спереди**). Курсором мыши указывается плоскость построения эскиза. Из исходной точки эскиза восстанавливается осевая линия. Далее, с использованием команды **Смещение объектов** панели **Инструменты эскиза**, в центральной части фронтальной проекции модели выполняется построение эскиза замкнутого контура отверстия облегчения. Команда **Смещение объектов** позволяет выполнить эквидистантное смещение линий на заданном расстоянии в заданном направлении (рис. 4.18). Удаление массы тела реализуется с помощью команды **Вытянутый вырез** в меню **Элементы**. В диалоговом окне команды устанавливается способ построения модели: **От** (Плоскость для эскиза); **Направление 1,2** (Насквозь). Для получения наглядного изображения на панели инструментов **Стандартные виды** выбирается кнопка **Изометрия** (рис. 4.19).

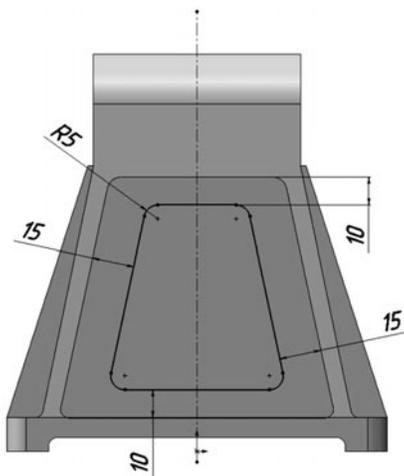


Рис. 4.18. Эскиз формы центрального отверстия облегчения

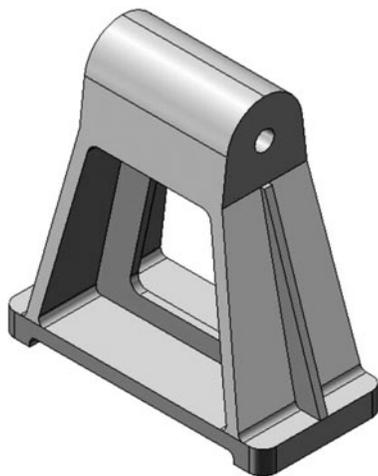


Рис. 4.19. Модель кронштейна с отверстием облегчения

Шаг 10. Моделирование проушин в теле кронштейна. Построение эскиза формы проушин в теле кронштейна выполняется на фронтальной плоскости проекции (рис. 4.20). В **Дереве констру-**

ирования и в меню **Стандартные виды** меню **Эскиз** устанавливается фронтальная плоскость проекции (**Спереди**). Курсором мыши указывается плоскость построения эскиза. Из исходной точки эскиза восстанавливается осевая линия, относительно которой реализуется построение замкнутого прямоугольного контура с шириной 42 мм и глубиной 40 мм. Выдавливание массы тела в твердотельной модели выполняется командой **Вытянутый вырез** в меню **Элементы**. В диалоговом окне команды выбираем способ построения выреза: **От** (Плоскость для эскиза); **Направление 1** (Насквозь); **Направление 2** (Насквозь все). Для наглядного изображения на панели инструментов **Стандартные виды** выбирается **Изометрия** (рис. 4.21).

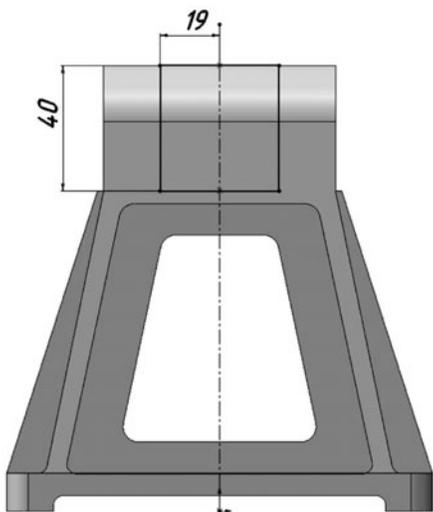


Рис. 4.20. Эскиз контура проушины

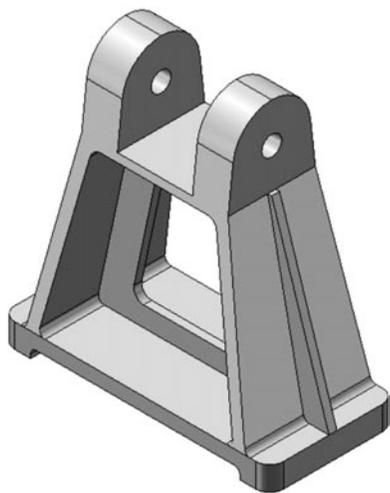


Рис. 4.21. Модель кронштейна с проушинами

Шаг 11. Моделирование отверстий под крепежные болты. Построение отверстий под крепежные болты выполняется в меню **Эскиз** на виде **Сверху** с помощью команды **Окружность**. В данном случае диаметр отверстий равен 6 мм. Центры окружностей определяются размерами, указанными на рис. 4.22. Так как положение окружностей симметрично относительно осевых линий, то на первом этапе рекомендуется нарисовать одну окружность, а далее,

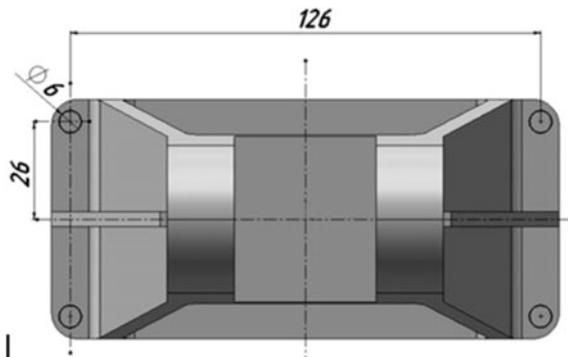


Рис. 4.22. Эскиз отверстий под крепеж

используя команду **Зеркального отображения объектов**, реализовать построение симметричных окружностей. Формирование выреза крепежных отверстий в твердотельной модели (рис. 4.23) выполняется командой **Вытянутый вырез** в меню **Элементы**. В диалоговом окне команды выбираем способ моделирования выреза: **От (Поверхности)**; **Направление 1,2 (Насквозь)**.

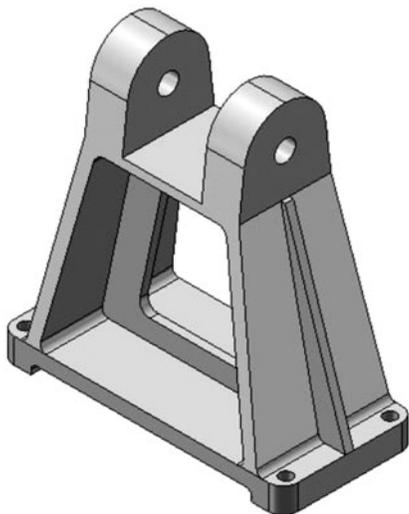


Рис. 4.23. Модель кронштейна с крепежными отверстиями

Шаг 12. Моделирование углублений в отверстиях под крепеж (фрезерование отверстий). Часто в изделиях авиационного назначения с целью упрочнения соединений на местах установки крепежных элементов запрессовываются втулки. В этом случае в отверстиях под крепеж выполняется фрезерование небольших углублений большего диаметра.

Для выполнения этих действий в меню **Эскиз** выбирается вид **Сверху**. Далее прорисовываются окружности (10 мм), центры которых совпадают с центрами отверстий под крепежные элементы

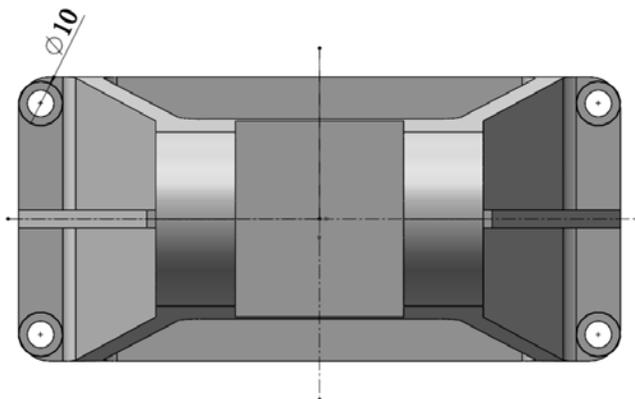


Рис. 4.24. Эскиз углублений в отверстиях под крепеж

(рис. 4.24). Моделирование углублений выполняем с помощью команды **Вытянутый вырез** в меню **Элементы**. В диалоговом окне команды выбираем способ построения выреза: **На заданное расстояние** на глубину 2 мм (рис. 4.25).

Шаг 13. *Скругление острых кромок модели.* Разработка модели изделия “Кронштейн” завершается скруглением кромок твердотельной модели. В меню **Элементы** выбирается команда **Скругление**. Команда запросит радиус скругления (3 мм). Далее операция выполняется поэтапно с указанием совместных граней тела (рис. 4.26).

Шаг 14. *Моделирование сборочной единицы изделия “Кронштейн”.* Моделирование сборочной единицы изделия “Кронштейн” предполагает наличие деталей самого кронштейна (рис. 4.26) и двух втулок, так называемые компоненты сборки, которые при выполнении сборки деталей

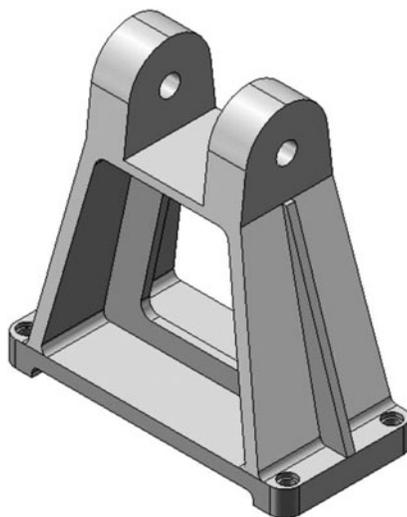


Рис. 4.25. Модель углублений в отверстиях под крепеж

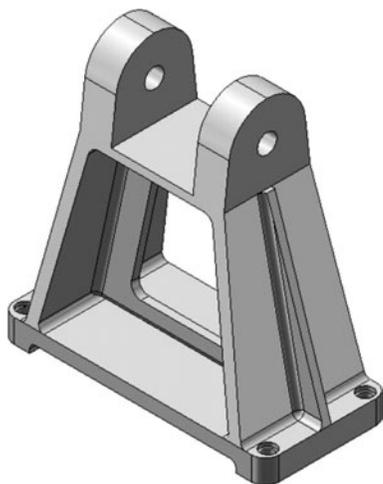


Рис. 4.26.
Модель кронштейна

могут выбираться из библиотеки проектирования, либо, при отсутствии таковых, моделируются самостоятельно. На рис. 4.27 изображен эскиз профиля втулки (вид **Спереди**). Модель втулки реализуется путем вращения данного профиля вокруг оси вращения. Для этой цели применяется команда **Повернутая бобышка/Основание** в среде **Элементы** (рис. 4.28).

Создание изделия из готовых деталей аналогично реальной сборки и в системе геометрического твердотельного моделирования SolidWorks называется “Снизу-вверх”.

Операцию моделирования сборочной модели необходимо начать с создания Нового документа, выбрав в предлагаемом меню шаблон “Сборка”. В результате на экране отображается окно с **Панелью инструментов сборки**. Все выполняемые действия будут отражаться на **Дереве конструирования Сборки**. Дальнейшие действия связаны с выбором деталей или сборки (компонентов) для размещения их в графической области (**Вставка — Компонент — Из файла**). На поле сборки первой обычно выносится деталь, к которой будут в дальнейшем присоединяться остальные детали (рис. 4.29).

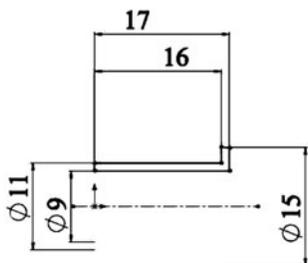


Рис. 4.27.
Эскиз втулки



Рис. 4.28.
Модель втулки

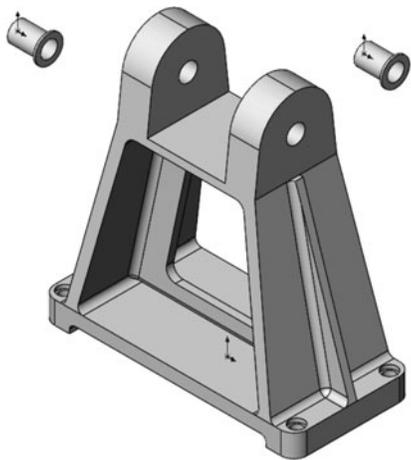


Рис. 4.29. Компоненты сборки

Для удобства сборки исходные точки детали и поля сборки совмещают. Нажатием на левую кнопку мыши осуществляется фиксация детали на поле сборки. При этом на **Дереве Конструирования Сборки** появляется значок (ф). Перед остальными компонентами в данном случае высвечивается знак (-), что обозначает недоопределенность компонентов.

Для однозначного соединения всех компонентов необходимо выполнить сопряжения деталей и контроль правильности установки деталей в сборке.

СГМ SolidWorks предлагает несколько условий сопряжения деталей (**Вставка — Условия сопряжения**): совпадение; параллельность; перпендикулярность; касательность; концентричность. Кроме этого, в меню **Расположение** имеются команды перемещения и вращения компонентов. Работая со всеми этими возможностями, осуществляют сборку изделия.

4.3. Алгоритм разработки модели сборочной единицы изделия “Поводок”

Конструирование изделия “Поводок” (см. рис. 4.1,в) в электронном виде выполняется поэтапно.

Шаг 1. *Рисование эскиза и построение модели заготовки изделия “Поводок”.* После запуска SolidWorks, создания документа

(Новый), выбора шаблона (Деталь) раскрывается пользовательский интерфейс. Активизируется меню Эскиз. На Дереве конструирования выбирается плоскость рисования Спереди. Построение эскиза, как обычно, начинается с рисования осевых линий (рис. 4.30). Центр интерфейса необходимо совместить с центром дуги радиусом 17 мм. Используя такие команды, как окружность, линия, дуга, по трем точкам выполняют построение эскиза, контур которого уточняется с помощью команд Автоматическое нанесение размеров, Добавить взаимосвязь, Отсечение объектов, Зеркальное отображение. В результате строится замкнутый контур (рис. 4.30). Построение эскиза завершается выходом из эскиза рисования и сохранением файла (Файл, Сохранить как). Объемная модель твердого тела формируется путем активизации меню Элементы, выбора команды Вытянутая бобышка. В диалоговом окне команды выбирается способ построения модели: От (Плоскость для эскиза); Направление 1 (На заданное расстояние); D1 (36 мм). Изображение модели заготовки изделия “Поводок” показано на рис. 4.31.

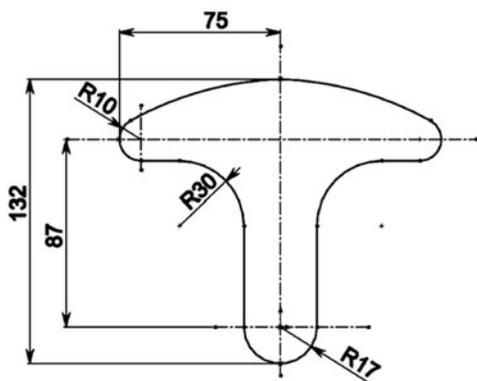


Рис. 4.30. Эскиз заготовки изделия “Поводок”

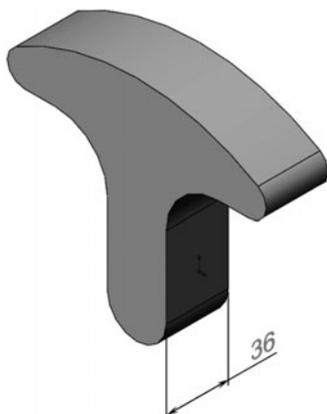


Рис. 4.31. Модель заготовки

Шаг 2. Моделирование отверстий в теле изделия “Поводок”. Как отмечалось выше, какой бы разнообразной формы не встречались изделия типа качалок, все они имеют три основных элемента: проушины, тело качалки и ступица (см. разд. 2). Ступица в общем

случае — это центральная часть детали с отверстием для посадки на вал или ось.

В заготовке модели (см. рис. 4.31) необходимо выдавить отверстия для установки втулок и подшипников. Следуя вышеописанному алгоритму моделирования изделия, выполняют переход в меню **Эскиз**, на **Дереве конструирования** выбирают плоскость построения **Спереди**. Указывается плоскость построения. Восстанавливаются осевые линии. Далее выполняется построение окружности диаметром 24 мм с центром в нулевой точке. На одной из сторон чертится окружность диаметром 9 мм на расстоянии 65 мм от вертикальной оси (рис. 4.32).

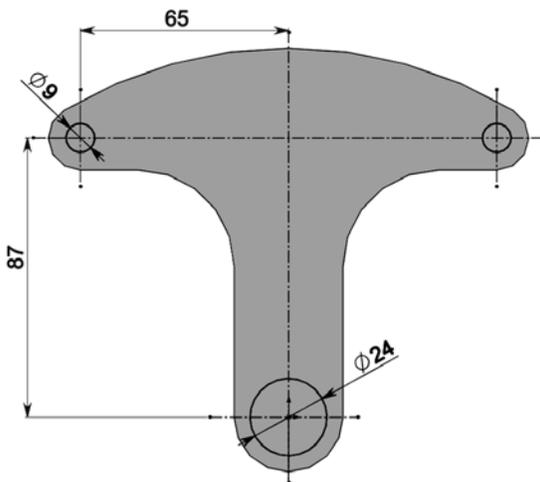


Рис. 4.32. Эскиз поводка с отверстиями

Для простановки размеров активизируется команда **Автоматическое нанесение размеров**. Симметричное отображение окружности диаметром 9 мм относительно вертикальной оси выполняется командой **Зеркальное отображение**. Для формирования объемной модели с выдавленными отверстиями активизируется команда **Вытянутый вырез** меню **Элементы**.

В диалоговом окне команды выбирается способ построения выреза: **От** (Плоскость для эскиза); **Направление 1** (На заданном расстоянии); **D1** (36 мм); **Направление 2** (На заданном расстоянии); **D2** (36 мм) (рис. 4.33).

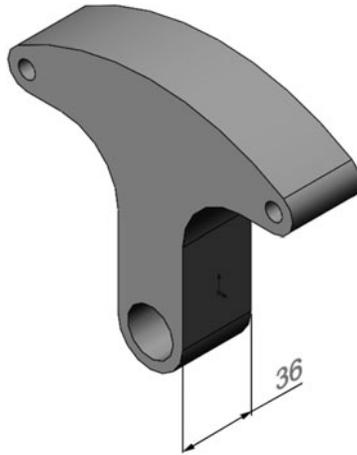


Рис. 4.33. Модель изделия с отверстиями

Шаг 3. Моделирование проушин в верхней части тела “Поводок”. Для моделирования проушин в теле изделия на **Дереве Конструирования** в меню **Эскиз** выбирается плоскость построения **Спереди**. На одной из сторон на плоскости эскиза рисуется прямоугольник с простановкой глубины прорези (16 мм от центра окружности диаметра 9 мм). Прорисовка прямоугольника с противоположной относительно вертикальной оси стороны реализуется командой **Зеркальное отображение** (рис. 4.34). Активизируется команда **Вытянутый вырез** в меню **Элементы**. В диалоговом окне команды выбирается способ удаления массы тела: **От** (Смещение на величину равную 12 мм); **Направлении 1** (на заданное расстояние 12 мм, рис. 4.35).

Шаг 4. Выдавливание массы тела в верхней и нижней части модели. Тело поводка представляет собой тонкостенную конструкцию с ребрами жесткости и отверстиями облегчения. Формирование ребер жесткости путем выдавливания массы тела качалки на верхней и нижней частях модели реализуется путем прорисовки замкнутых контуров для удаления массы тела. При рисовании контуров в меню **Эскиз** применяются команды: **Осевая**; **Линия**; **Окружность**; команда **Реверс**, обеспечивающая смещение кромок во внутрь на расстоянии 4 мм (рис. 4.36,а); команда **Скругление** для создания в нижней части тела модели касательных дуг радиусом 10 мм и 6 мм (рис. 4.36,б). Построение в нижней части тела

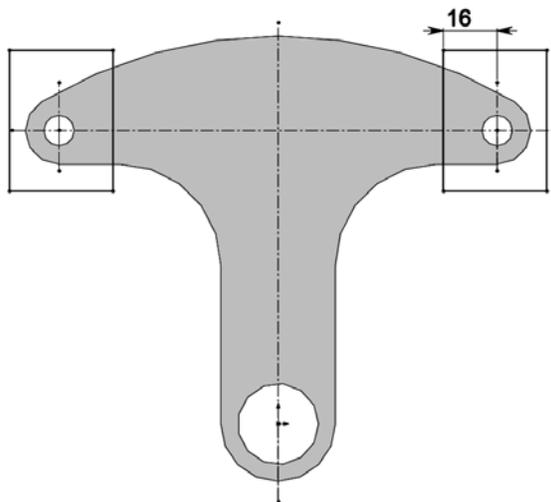


Рис. 4.34. Эскиз изделия с проушинами

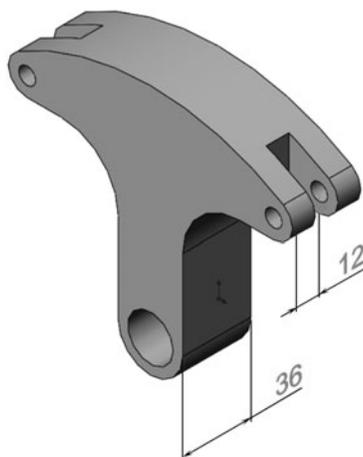


Рис. 4.35. Модель изделия “Поводок” с проушинами

качалки выполняется на одной стороне. Полный контур формируется командой **Зеркальное отображение**. Линии, выходящие за основной контур, обрезаются с помощью команды **Отсечь объекты**.

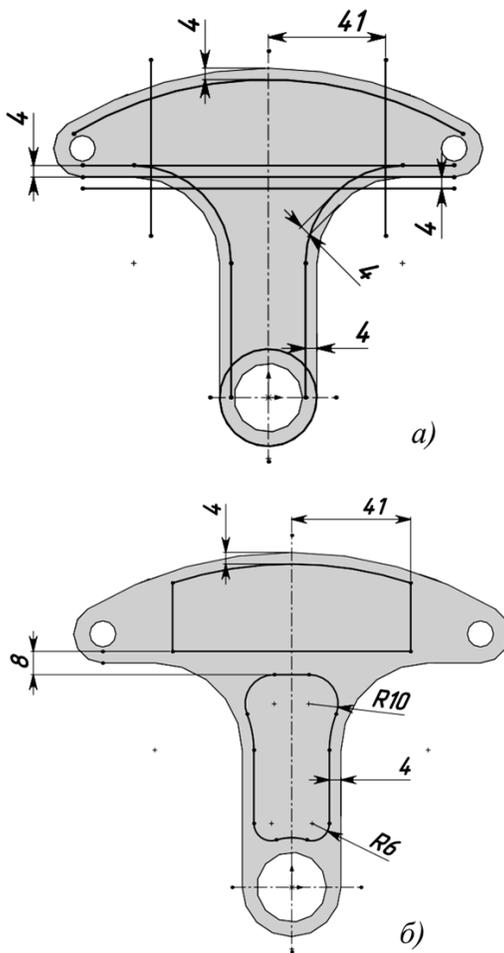


Рис. 4.36. Эскиз тела качалки

Для конструирования твердотельной модели на панели свойств команды **Вытянутый вырез** в меню Элементы задается глубина 16 мм. (рис. 4.37). С использованием любого способа зеркального отображения реализуется удаление массы тела на противоположной стороне модели.

Шаг 5. Построение профиля модели “Качалка”. Следующий этап конструирования изделия “Качалка” сводится к формирова-

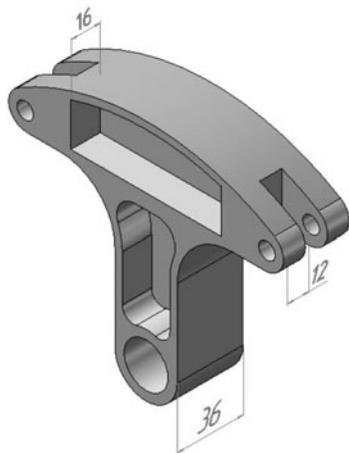


Рис. 4.37. Модель тела качалки

нию профиля модели. На **Дереве конструирования** в меню **Эскиз** указывается плоскость **Справа**. Чертится замкнутый контур, формирующий профильное изображение изделия (рис. 4.38).

Объемная модель строится вызовом команды **Вытянутый вырез** меню **Элементы** с указанием в меню команды следующих параметров: **От** (Плоскость для эскиза); **Направление 1** (Через все); **Направление 2** (Через все). Завершается данная операция восстановлением внешнего контура ступицы (диаметр 34 мм) командой **Вытянутая бобышка** (рис. 4.39).

Этап 6. Завершение конструирования твердотельной модели “Качалка”. Конструирование модели “Качалка” завершается удалением слоя тела на 2 мм в верхней ее части путем прорисовки контура в меню **Эскиз**; активизацией в меню **Элементы** команды **Вытянутый вырез**; созданием фаски в ребрах данного контура с параметрами 45 градусов и стороной 9 мм (команда **Фаска** меню **Элементы**); закруглением внутренних граней

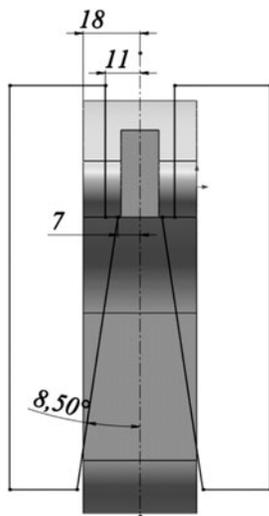


Рис. 4.38. Эскиз профиля тела качалки

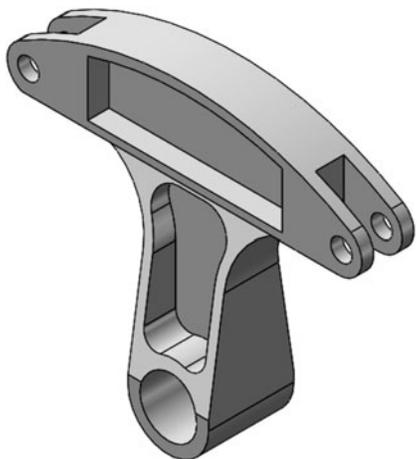


Рис. 4.39. Модель тела качалки

вдоль кромок в нижней части твердотельной модели радиусом 3 мм (команда **Скругление** меню **Элементы**); выдавливанием отверстия диаметром 3,3 мм под нарезку резьбы М4 для установки винта с тросом, снимающим статического напряжения (рис. 4.40—4.42).

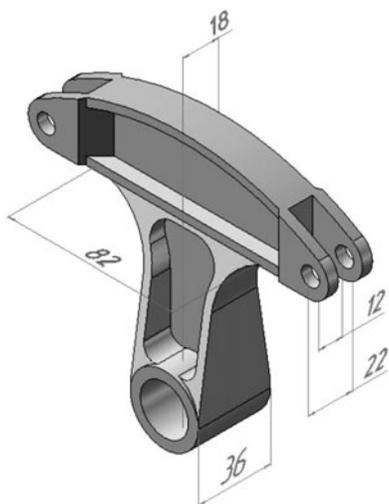


Рис. 4.40. Модель “Качалка” с удалением слоя тела, созданием фасок, закруглением кромок

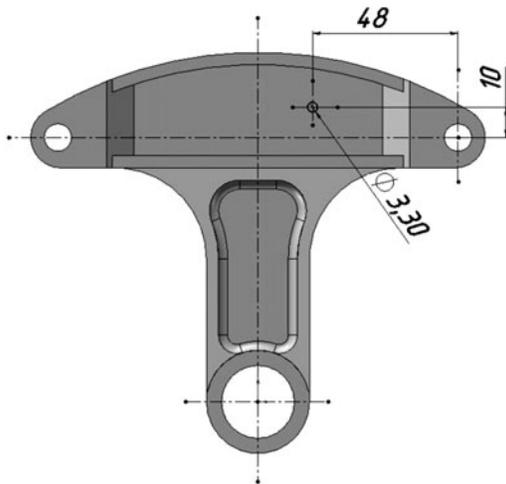


Рис. 4.41. Эскиз модели с отверстием под винт

Операция моделирования сборочной единицы “Поводок” (см. рис. 4.1,б), в состав которой входят изделия в соответствии со спецификацией (см. глава 3, рис. 3.10) аналогична моделированию сборочной единицы “Кронштейн” (см. шаг 14, разд. 4.2).

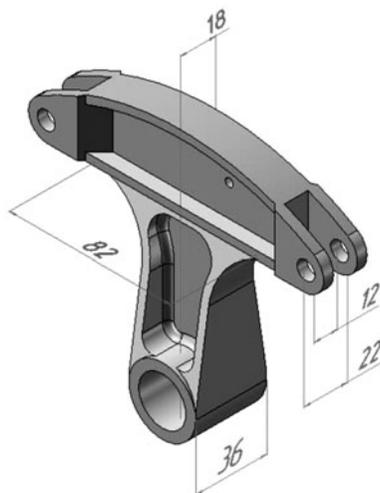


Рис. 4.42. Модель “Качалка”

Шаг 7. Алгоритм разработки чертежей изделий. Разработка чертежа выполняется в среде геометрического моделирования Компас-3D. Для этого необходимо выполнить следующие действия.

1. Сохранить модель как... Сохранение в формате *.stp или *.step.
2. Открыть сохраненный файл в Компас-3D.
3. Сохранить файл модели с расширением m3d.
4. Выполнить операцию построение чертежа в Компас-3D.
5. Добавить главный вид, остальные виды добавить с помощью команды Виды → Проекционные виды. Достроить необходимые разрезы, сечения.
6. Нанести размеры, заполнить основную надпись.
7. Вставить текст: Технические требования.
8. Выпустить спецификацию.
9. В сборочном чертеже расставить позиции в соответствии со спецификацией.
10. Сохранить чертеж.

5. ВИРТУАЛЬНОЕ МАКЕТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ПО ЧЕРТЕЖАМ В СРЕДЕ SolidWorks

Одной из самых сложных задач в курсе инженерной графики является умение читать чертеж, видеть форму реального изделия. Творческий подход к чтению чертежа заключается в анализе формы изделия, в умении расчленить деталь на простые геометрические элементы, увидеть технологические особенности изделия, так как изделия авиационного назначения имеют сложные объемные формы, получаемые литьем или штамповкой, учесть наличие условностей, установленных государственными стандартами. Немаловажным является и наличие пространственного воображения. В качестве помощи студенту предварительно выполняются аксонометрические построения.

Одним из способов обучения чтению чертежей с помощью трехмерного моделирования является твердотельное моделирование, в частности с помощью программы твердотельного геометрического моделирования SolidWorks.

На рис. 5.1 изображен фрагмент чертежа изделия авиационного назначения “Кронштейн”. Перед тем, как приступить к разработке трехмерной электронной модели изделия, проанализируем информацию, изложенную на чертеже.

1. Название изделия. Название изделия указано в основной надписи (см. графу наименование изделия): “Кронштейн”.

2. Назначение изделия. Кронштейн предназначен для крепления деталей механической проводки к силовым элементам ЛА с помощью болтовых элементов. Для этой цели в основании детали выполнены два сквозных отверстия диаметром 8 мм (см. фронтальное и горизонтальное изображения). В верхней части детали, в центральной ее части имеется сквозная прорезь (см. профильную проекцию), образующая проушины с двумя отверстиями диаметром 10 мм. В дальнейшем в эти отверстия запрессовываются втулки с целью увеличения поверхности смятия под соединительный болт. Соединение подвижного элемента типа “качалка”, “поводок”, “рычаг с кронштейном” выполняется с помощью болтового комплекта: болт, гайка, шайба, шплинт.

3. Способ и материал изготовления. Для изготовления кронштейнов используют алюминиевые сплавы (см. основную надпись в графе материалы). Изделие отливается, затем выполняется механическая доработка. Механической обработки требуют отверстия, контактные поверхности бобышек в зоне установки болтов. Бобышки выступают над поверхностью на 1...3 мм. Острые кромки в отлитом изделии округлены (см. шероховатость и технические требования).

4. С целью облегчения конструкции выполнены прорезы на передней и задней сторонах изделия, а также отверстие в основании.

5. Изделие симметрично (см. профильное и горизонтальное изображение), поэтому построение модели кронштейна будем выполнять для одной половины изделия, а далее симметрично отображать вторую.

Этапы моделирования изделия

Этап 1. Построение эскиза модели.

В системах твердотельного моделирования построение модели начинается с начертания эскиза формы заготовки изделия.

За основу эскиза выбираем фронтальное изображение изделия, являющееся боковой стенкой кронштейна (рис. 5.1). После открытия интерфейса нового файла в меню **Эскиз** в дереве конструирования указываем плоскость построения (**Вид Спереди**). По-

строение эскиза начинаем, как обычно, с осевых линий. Активируем команду **Линия (осевая)**. Далее включаем команду **Окружность** и прорисовываем отверстия: одно — в вершине контура боковой стенки и два — в основании. Центр координат совмещаем с центром с верхней окружностью. Расположение центров фиксируем размерами, снятыми с чертежа (рис. 5.2).

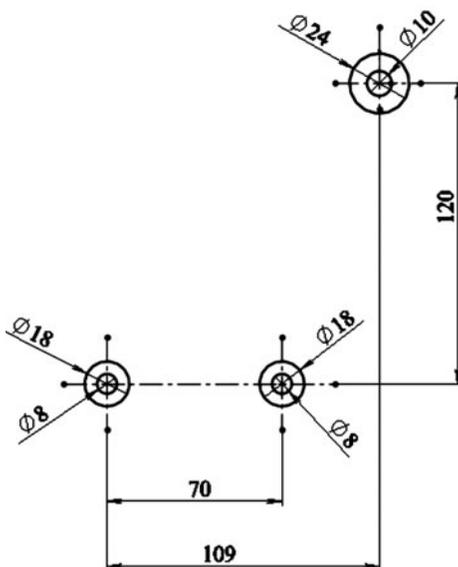


Рис. 5.2. Расположение окружностей на эскизе

Этап 2. Построение касательных дуг. Построение на эскизе касательных дуг радиусами 96 мм и 164 мм может быть реализовано разными способами. Справа на свободном поле чертежа чертим окружность радиуса 96 мм (внешнее касание). Присоединение дуги к окружности выполняем с помощью команды **Добавить взаимосвязи**. Лишние дуги удаляем с помощью команды **Отсечь**, выбранной в меню **Инструменты эскиза**. Для построения дуги радиусом 164 мм используем команду **Дуга через три точки**. Построение дуги (внутреннее касание) выполняем из произвольной точки справа. Указываем размер R164. Если дуга не касается окружности диаметром 24 мм, то ее необходимо привязать командой **Добавить взаимосвязи**. Нижняя точка дуги упирается в окружность

диаметром 18 мм. Положение точки касания определяем размером 2,5 мм, как показано на рис. 5.3 и 5.4.

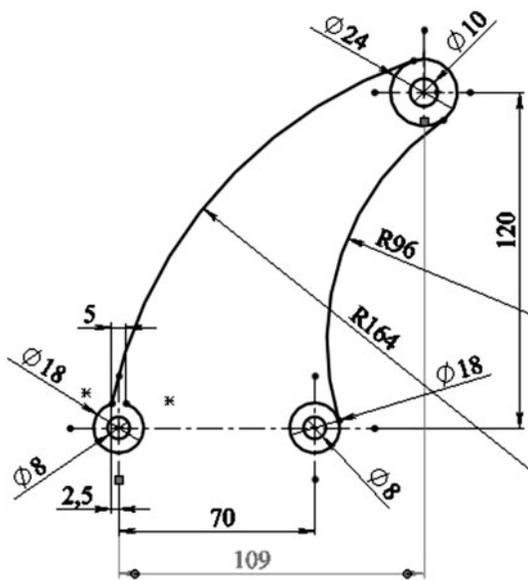


Рис. 5.3. Построение дуг на контуре боковой стенки кронштейна

Плоскость основания кронштейна проецируется в линию, параллельную горизонтальной оси и расположенную на расстоянии 6 мм вниз от нее. Прорисовав линию, контур замыкаем с помощью команды **Скруглить** радиусом 10 мм. Выступающие линии удаля-

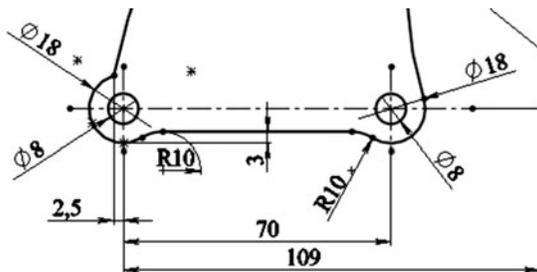


Рис. 5.4. Эскиз контура нижней части боковой стенки кронштейна

ем с помощью команды **Отсечь объекты**. Эскиз для создания трехмерной модели боковой стенки кронштейна готов.

Этап 3. Построение половины формы изделия детали. Как отмечалось, изделие симметрично относительно вертикальной плоскости проекции (см. рис. 5.1, фронтальный вид). Поэтому все дальнейшие построения будем выполнять сначала для одной из половин детали, например для левой стенки (рис. 5.5, 5.6), а затем соединим две стенки перегородкой для получения трехмерной модели кронштейна.

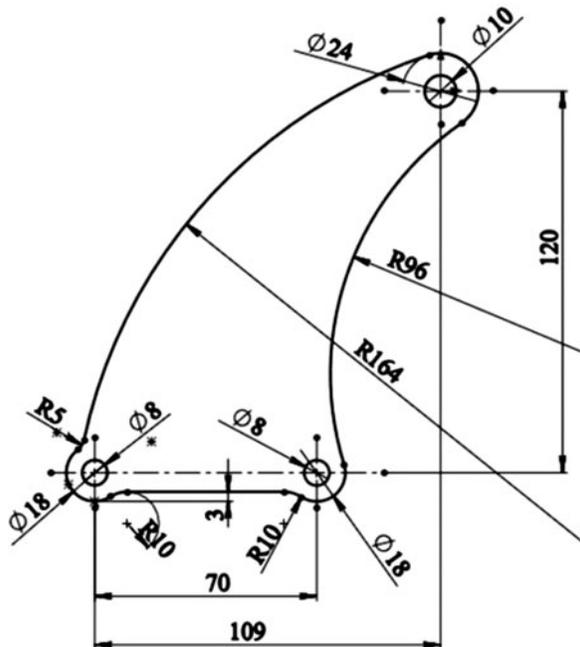


Рис. 5.5. Эскиз боковой стенки кронштейна

После построения эскиза боковой стенки выполняем переход от меню **Эскиз** в меню **Элементы**. Активируем команду **Вытянутая бобышка**. На **Панели свойств** этой команды в строке **“На заданное расстояние”** указываем толщину половины кронштейна — 30 мм. Размер указан на профильном изображении.

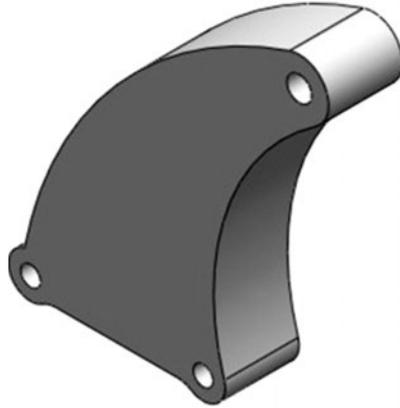


Рис. 5.6. Модель заготовки половины изделия

Этап 4. Моделирование стенок и проушин бобышек изделия. Для моделирования стенок кронштейна активируем меню **Эскиз**. Выбираем плоскость построения эскиза (либо в **Дереве конструирования** (вид спереди), либо с помощью мыши путем указания нужной плоскости). Указываем мышью внутреннюю сторону боковой поверхности кронштейна и создаем на ней эскиз формы перегородки, соединяющей две боковые стенки (рис. 5.7).

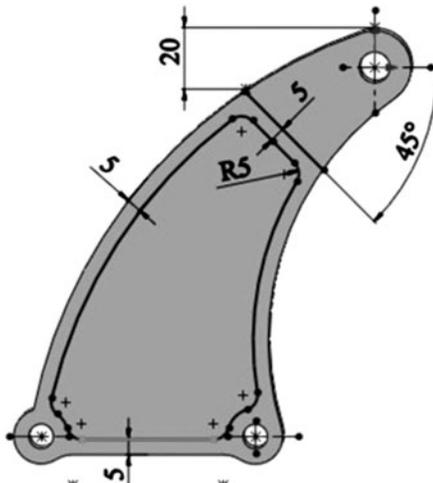


Рис. 5.7. Эскиз стенок и проушин

Для построения внешней формы проушины строим линию под углом 45 градусов к горизонтальной прямой (см. фронтальное изображение). Начальная точка линии принадлежит дуге формы боковой стенки и расположена на расстоянии 20 мм от её вершины (рис. 5.7).

Для построения трехмерного изображения стенок кронштейна (рис. 5.8) выполняем переход от меню **Эскиз** в меню **Элементы**. Для моделирования стенок кронштейна выполняем операцию **Вытянутый вырез**, где указываем величину 25 мм. Толщина стенок 5 мм. Моделирование проушин также выполняем с помощью команды **Вытянутый вырез**. Смещение с внешней стороны составляет 10 мм, а с внутренней 15 мм (см. профильное изображение). Толщина проушины составляет 5 мм (рис. 5.9).

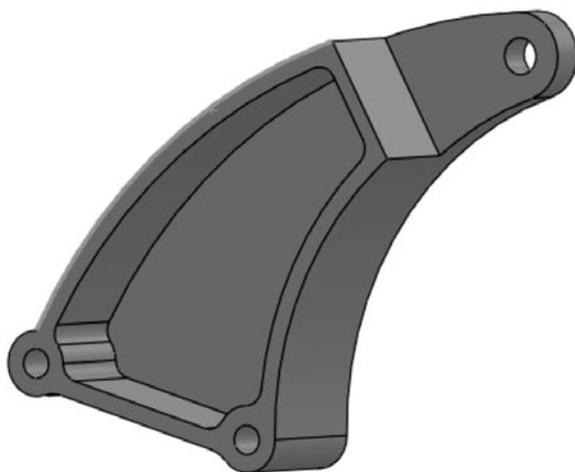


Рис. 5.8. Модель стенок кронштейна

Бобышки под болтовые соединения представляют собой цилиндрические выступы диаметром 24 мм в проушинах (см. рис. 5.1, профильное изображение) и диаметром 18 мм для крепления кронштейна к каркасу самолета (см. рис. 5.1, фронтальное изображение). С технической точки зрения бобышки — это литые утолщения, торцевые стороны которых впоследствии обрабатываются механическим способом (см. рис. 5.1, знаки шероховатости на профильном изображении). Алгоритм построения описан неоднократно: выбираем плоскость, чертим окружность (меню **Эскиз**),

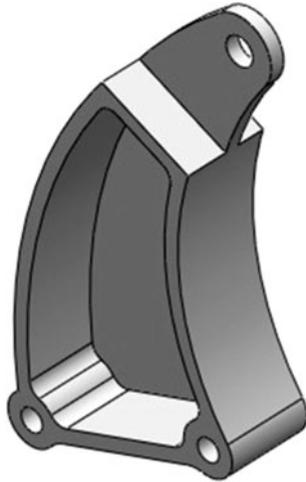


Рис. 5.9. Модель изделия с проушинами

которую вытягиваем на 1 мм от поверхности с помощью команды меню **Элементы** (рис 5.10).



Рис. 5.10. Модель бобышки

Этап 5. Построение отверстия в основании и отверстий на передней и задней стенках кронштейна. Для реализации построений сквозных отверстий чертим эскизы по размерам, представленным на чертеже (см. рис. 5.1, фронтальное и профильное изображения). Эскиз отверстия в основании кронштейна изображен на рис. 5.11, на рис. 5.12 — эскиз сквозных вырезов на передней и задней стенках кронштейна. В обоих случаях трехмерное изображение моде-

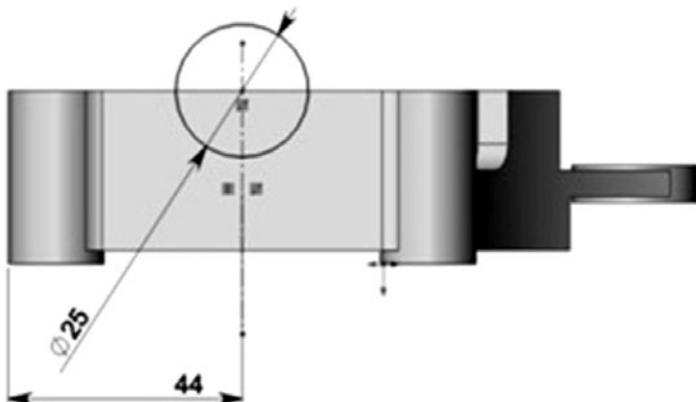


Рис. 5.11. Эскиз отверстия в основании изделия

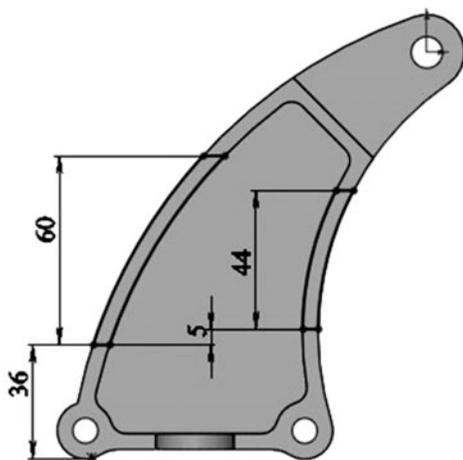


Рис. 5.12. Эскиз вырезов на стенках изделия

лируем с помощью команды **Вытянутый вырез** меню **Элементы**. Результат выполненных действий изображен на рис. 5.13.

Этап 6. Моделирование корпуса кронштейна. Для получения цельной модели кронштейна воспользуемся командой **Зеркальное отражение** (меню **Элементы**), где в меню выбираем операцию **Копировать тело**.левой кнопкой мыши указываем на заготовку. На

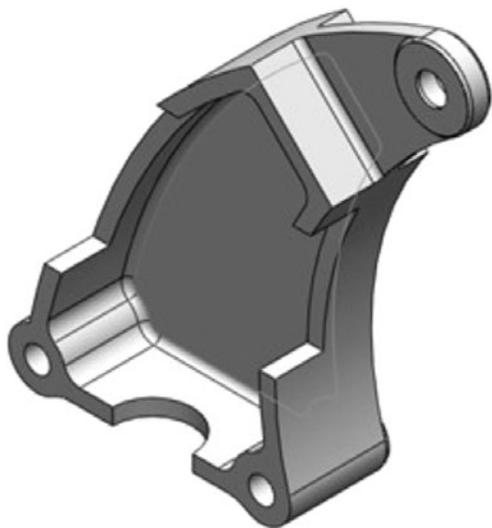


Рис. 5.13. Модель готового изделия

панели свойств выбираем окно **Плоскость** (копировать плоскость), указываем ту плоскость, относительно которой осуществляется зеркальное отражение (в данном случае это плоскость стенки).

На рис. 5.14,*а,б* показано построенное трехмерное изображение изделия с разных сторон.

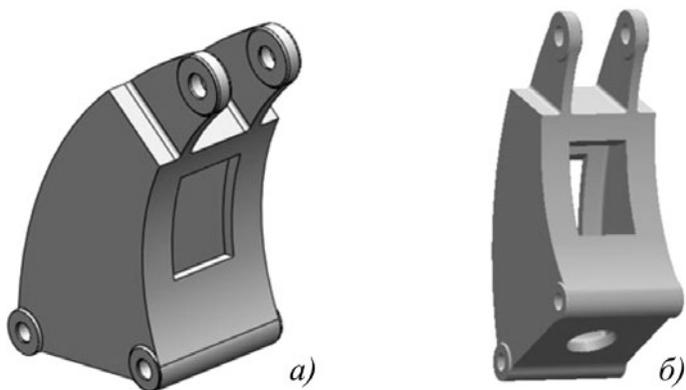


Рис. 5.14. Модель кронштейна

ТИПОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1.1. Детали, изготавливаемые механообработкой из прутка, профиля, плиты:

1. Требование к прочности материала (...)
2. Неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-801.
3. Острые кромки округлить R... мм.
4. Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с дет. ...
5. Детали применять совместно.
6. Размер в скобках истинный - после сборки.
7. Центровые отверстия недопустимо (не писать, если наличие центровых отверстий безразлично).
8. Покрытие поверхности
9. Размеры для справок.
10. Маркировать

1.2. Детали из листового материала

1. Теоретический обвод см. чертеж
2. Изготавливать по шаблону (по болванке).
3. Требование к прочности материала (...)
4. Размер заготовки
5. Размеры даны в плоскости детали.
6. Неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80.
7. Углы разрешается разрезать с последующей сваркой
8. Покрытие поверхности
9. *Размеры для справки.
10. Маркировать.

1.3. Детали, полученные горячей штамповкой, имеющие полностью обработанные поверхности

1. Технические условия на штамповку по ОСТ 1 90073-85.
2. КИМ...(коэффициент использования материала, равный отношению массы детали к массе штамповки).
3. Требование к прочности материала (...)

4. Разрешается изготавливать из ... (плиты, с указанием марки материала и стандарта на него).
5. Неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80
6. Покрытие поверхности
7. Маркировать

1.4. Детали, полученные горячей штамповкой, имеющие обработанные и необработанные поверхности

1. Технические условия на штамповку по ОСТ 190073-85.
2. КИМ (коэффициент использования материала, равный отношению массы детали к массе штамповки).
3. Требования к прочности материала (...)
4. Штамповочные уклоны ... (3° , 5° или 7°).
5. Неуказанные штамповочные радиусы ... (2 или 3 мм).
6. Неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80.
7. Разрешается изготавливать из плиты
8. Покрытие поверхности.
9. Маркировать.

1.5. Литые детали, имеющие обработанные и необработанные поверхности

1. Технические условия на отливку по ОСТ 1 90021-79
2. Требования к прочности материала (...)
3. Литейные уклоны ... по ГОСТ 3212-80.
4. Неуказанные литейные радиусы ... мм.
5. Неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80.
6. Контроль ... (люминесцентный, рентгеновский и др.).
7. Покрытие поверхности
8. Маркировать

1.6. Сборочный чертеж с бесчертежной деталью из горячей штамповки, имеющей обработанные поверхности

1. Заделка подшипников по ... ОСТ
2. Для детали БЧ поз ...:
 - а) технические условия на штамповку по ОСТ 1 90073-85;

- б) КИМ (коэффициент использования материала, равный отношению массы детали к массе штамповки);
 - в) требования к прочности материала (...);
 - г) штамповочные уклоны ... (3?, 5? или 7?);
 - д) неуказанные штамповочные радиусы ... (2 или 3 мм);
 - е) шероховатость поверхности — ;
 - ж) разрешается изготавливать из плиты ... ;
 - з) неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80;
 - и) покрытие поверхности ... ;
 - к) маркировать
3. *Размеры для справок.
 4. Маркировать

1.7. Сборочный чертеж с бесчертежной литой деталью, имеющей обработанные поверхности

1. Втулки ставить на сырой грунтовке ФЛ-086 ГОСТ 16302-79.
2. Для детали БЧ поз ...:
 - а) технические условия на отливку по ОСТ 1 90021-79;
 - б) требования к прочности материала (...);
 - в) литейные уклоны ... по ГОСТ 3212-80;
 - г) неуказанные литейные радиусы ... мм;
 - д) неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80;
 - е) шероховатость поверхности — ;
 - ж) контроль ... (люминесцентный, рентгеновский и др.).
3. *Размеры для справок.
4. Маркировать

1.8. Сборочные единицы из листового материала

1. Сварка по инструкции ПИ
2. Контроль стыков сварных швов
3. Для детали БЧ поз...:
 - а) изготавливать по шаблону;
 - б) требования к прочности материала (...);
 - в) размеры даны в плоскости детали;
 - г) шероховатость поверхности дет. поз... ;
 - д) неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80;
 - е) маркировать.
4. Сварной шов зачистить заподлицо.

5. Покрытие.
6. *Размеры для справок.
7. Маркировать

1.9. Сборочные единицы, изготавливаемые с применением заклепок и болтов

1. Установку заклепок производить по ОСТ...
2. Для детали БЧ поз...
 - а) изготавливать по шаблону, кроме дет. поз...;
 - б) требования к прочности материала (...);
 - в) шероховатость поверхности материала);
 - г) неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80;
 - д) покрытие...;
 - е) маркировать...
3. Отверстия под болты поз... выполнять с шероховатостью .
4. Снять фаски 0,5 x 45° в отверстиях под болты.
5. Затяжка гаек по ОСТ 1 00017-77.
6. Зазор "А" по всему периметру сотового блока заполнить герметиком... .
7. Маркировать... .

1.10. Сборочные единицы механической части проводки управления

1. Осевые биения и люфты не допускаются.
2. Затяжки гаек производить по ОСТ 1 00017-77.
3. Все шарнирные соединения смазать смазкой ЦИАТИМ-201 ГОСТ 1654-70
4. Металлизацию производить по ОСТ 212 СТ 952.
5. *Размеры для справок.

1.11. Детали из листов, профилей, полученные химическим травлением

1. Теоретический обвод см. чертеж
2. Изготавливать по шаблону.
3. Требования к прочности материала (...)
4. Размер заготовки... .
5. Неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80.

6. Подсечки по
7. Обработать методом размерного травления по ПИ
8. Покрытие поверхности
9. *Размеры для справок.
10. Маркировать

1.12. Сборочные единицы, изготавливаемые приклежкой или вулканизацией резиновых деталей к металлическим

1. Детали поз... приклеить (вулканизировать) на клее марки
2. Допускается выступание резины над металлом до 0,5 мм, с последующим снятием резины до заданного размера.
3. Неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80.
4. Условия работы
5. Маркировать

1.13. Детали из резины, изготавливаемые в пресс-форме

1. Шероховатость поверхности детали обеспечивается пресс-формой с шероховатостью формующей поверхности не более — .
2. По месту разъема пресс-формы допускается зачистка.
3. Условия работы
4. Маркировать... .

1.14. Детали из композиционных материалов

1. Деталь изготавливать методом ... (намотки, выкладки) из материала ... (марка, ТУ) на основе ленты ... (марка, ТУ).
2. Наружный аэродинамический контур выполнять по
3. Внутренняя поверхность ... (шероховатость, складки и т.д.).
4. Для детали поз ... за нулевое направление углеродного волокна считать направление ..., располагать слои по схеме.
5. Неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80.
6. Механическую обработку производить по ПИ ..., шероховатость обрабатываемых поверхностей — .
7. Острые кромки округлить R... мм и затереть клеем ВК-9.

8. Контроль прочности... .
9. Покрытие
10. Маркировать... .

1.15. Детали из органического стекла

1. Неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80.
2. Торец и фаски по ПИ
3. Оптика не лимитируется.
4. Поверхности... предохранить от механического повреждения по... .
5. Царапины на поверхности стекла не допускаются.
6. Нанесение рисок и надписей производить гравировкой. Глубина гравировки 0,3 мм. Гравировку залить черной (белой) эмалью... .
7. Маркировать

1.16. Паяные сборочные единицы

1. Марка припоя и номер документа на его поставку (ГОСТ).
2. Подготовка под пайку (травление и др.).
3. Термообработка узла после пайки.
4. Вид антикоррозионной защиты (лакокрасочное покрытие).
5. Метод контроля паяного соединения (рентгеноскопический и др.).

1.17. Сотовый наполнитель (деталь)

1. Изготавливать согласно инструкции ПИ ... на клею... .
2. Контур вырезать по шаблону с припуском 6—10 мм для подмятия.
3. Сотовый наполнитель разрешается изготавливать из нескольких частей и склеивать между собой клеем
4. Маркировать ... на бирке.

1.18. Сборочная единица с сотовым наполнителем

1. Обшивки дет. поз. ... с сотовым наполнителем дет. поз. ... склеивать по ПИ ...
2. Для дет. БЧ поз...:
 - а) изготавливать по шаблону;

- б) (требование к прочности материала);
 - в) шероховатость поверхности ;
 - г) маркировать ...
3. Неуказанные предельные отклонения по ОСТ 100022-80.
 4. Перепад высот сопрягаемых элементов, склеиваемых с обшивкой, не более 0,2 мм.
 5. Клепку по периметру обшивки производить после отверждения клея.
 6. Поверхностную герметизацию производить герметиком
 7. Маркировать... на бирке.

1.19. Сборочные единицы с установленными подшипниками

1. Подшипники устанавливать на группе ФЛ-086 (когда наружное кольцо подшипника в гнезде должно быть неподвижно)

или

2. Устанавливать на смазке ПВК, когда должно быть обеспечено движение подшипника вдоль оси отверстия от температурных или других сил.

3. Заделка подшипника по ...(тип) ОСТ 03841-76 (ОСТ 1 03841-76) предусматривает пять типов заделки подшипников в зависимости от прочности материала детали и конструкции заделки:

Тип 1. Сплошная завальцовка путём обкатки шариками без проточки в деталях из алюминиевых сплавов.

Тип 2. Сплошная завальцовка путём обкатки шариками по специальной канавке в деталях из стали.

Тип 3.1. Обжатие пуансоном в деталях из стали и алюминиевых сплавов.

Тип 3.2. Обжатие шариком в деталях из стали и алюминиевых сплавов.

Тип 4. Обжатие пуансоном по специальной проточке в деталях из титановых сплавов.

Тип 5. Установка подшипников с наружным диаметром от 14 мм и более с помощью пружинных упорных плоских внутренних эксцентрических колец (ОСТ 1 10788-72, ОСТ 1 10790-72).

4. Приемка, хранение подшипников и сборка подшипниковых узлов по ОСТ ...

Шероховатость поверхности посадочного отверстия для подшипника в детали должна соответствовать: для диаметров до 80 мм — Ra 0,8; свыше 80 мм — Ra 1,6;

Пример записи в технических требованиях заделки подшипника типа 1:

Заделка 1 — ОСТ 1 03841-76;

То же, заделка типа 3, исполнение 1;

Заделка 3-1-ОСТ 03841-76. 2.

МАТЕРИАЛЫ И ПОЛУФАБРИКАТЫ

На каждом предприятии с учетом конкретного вида выпускаемой продукции с целью сокращения номенклатуры материалов до оптимального минимума разрабатываются “ограничители” сортамента материалов и полуфабрикатов.

Приведенные данные основаны для действующих государственных и отраслевых стандартов, учебного процесса по курсу “Инженерное черчение”.

Материалы для штамповок:

- | | |
|--|--|
| – штамповки из конструкционных сталей | 30ХГСА гр. контр.
ОСТ1 90085-75 |
| – штамповки из жаропрочных коррозионных сталей | 12Х18Н9Т гр. контр. 2
ОСТ1 90176-75 |
| – штамповки из алюминиевых деформируемых сплавов | АК6Т1 гр. контр. 3
ОСТ1 90073-72 |

Материалы для отливок:

- | | |
|----------------------------------|--|
| – отливки из стали | ВНЛ-3 гр. контр. 3
ОСТ 90090-73 |
| – отливки из алюминиевых сплавов | АЛ9-1-Т5 гр. контр. 2
ОСТ1 90021-79 |

Сортаментные материалы:

При применении сортаментного материала (листа, круга, трубы, шестигранника и т.д.) условное обозначение будет содержать наименование сортамента, в числителе — параметры сортамента и ГОСТ на сортамент, в знаменателе — марка и ГОСТ материала.

1. Листовой универсальный прокат из легированной высококачественной стали специального назначения, применяемый в

термически обработанном состоянии. Стандарт на сортамент — ГОСТ 11269-76.

Пример условного обозначения листа толщиной 2, выполненного из стали 30ХГСА:

$$\text{Лист } \frac{2\text{ГОСТ } 19903-74}{30\text{ХГСА ГОСТ } 11269-76} .$$

Пример обозначения листа из алюминия марки АД1, без термической обработки, толщиной 5 мм (стандартная толщина от 5 до 10,5 мм), шириной 1000 мм, длиной 2000 мм, нормальной точности изготовления, обычной отделки поверхности:

$$\text{Лист АД1 } 5 \times 1000 \times 2000 \text{ ГОСТ } 21631-76.$$

Пример обозначения плиты толщиной 20 мм:

$$\text{Плита Д16чт-20 ОСТ } 190124.$$

2. Трубы бесшовные горячедеформированные по ГОСТ 8732-74 из качественной углеродистой и низколегированной стали 10, 20, 09Г2С и других марок. Размерный ряд определяется по наружному диаметру и по толщине стенки. В частности:

Наружный диаметр трубы 25; 28; 32; 38; 42; 45; 50; 54; 57 (мм).

Толщина стенки трубы 2,5; 2,8; 3; 3,5; 4; 6; 7; 8 (мм).

Пример условного обозначения:

труба с наружным диаметром 45 мм, толщиной стенки 3 мм, обычной точности изготовления, из стали марки 10, ГОСТ 8731:

$$\text{Труба } \frac{45 \times 3 \text{ГОСТ } 8732-78}{10 \text{ГОСТ } 8731-74} .$$

3. *Пример условного обозначения круга, прутков:*

круг стальной диаметром 45 ГОСТ 2590-2006 “Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый” из стали 35 ГОСТ 1050-88

$$\text{Круг } \frac{45 \text{ГОСТ } 2590-2006}{35 \text{ГОСТ } 1050-88} .$$

Из алюминия Пруток Д16 кр. 20 ОСТ 190174-75 ;

из стали Пруток 12ХНЗА кр.20 ТУ №.....

4. Прокат калиброванный шестигранный по ГОСТ 8560-78.

Пример условного обозначения шестигранного профиля с размером под ключ 46 мм, из стали 45 ГОСТ 1050-88:

Шестигранник $\frac{46\text{ГОСТ } 8560-78}{45\text{ГОСТ } 1050-88}$.

Примечание. В соответствии с ГОСТ 2.109-73 для документов, выполненных в электронном виде, в обозначении материала детали по стандарту на сортамент допускается заменять горизонтальную черту на косую (/).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Анамова Р.Р., Леонова С.А., Пшеничникова Н.В.* Инженерная и компьютерная графика: Учебник и практикум для прикладного бакалавра. — М.: Юрайт, 2017.
2. *Бабулин Н.А.* Построение и чтение машиностроительных чертежей. — М., 2003.
3. *Бабулин Н.А., Хвезюк Т.М.* и др. Методические указания по применению в конструкциях ЛА готовых изделий и правила изображения их на сборочных чертежах. — М.: Изд-во МАИ, 2010.
4. *Большаков В., Бочков А., Сергеев А.* 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex. Учебный курс. — СПб.: Питер, 2010.
5. *Егер С.М., Матвеев А.М., Шаталов И.А.* Основы авиационной техники: Учебник. — М.: Изд-во МАИ, 1999.
6. *Ендогур А.И.* Проектирование авиационных конструкций. Проектирование конструкций деталей и узлов: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009.
7. *Ганин Н.Б.* Автоматизированное проектирование в системе Компас-3DV12. — М.: ДМК-пресс, 2010.
8. Государственные стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).
9. *Кожухова Е.А., Ульянов К.И., Шелухин А.С.* Гидравлические и пневматические устройства ЛА: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2011.

10. *Куприков М.Ю., Маркин Л.В.* Инженерная графика. — М.: Дрофа, 2010.

11. *Левицкий В.С.* Машиностроительное черчение. — М., 2002.

12. *Куприков М.Ю., Маслов Ю.В., Хотина Г.К., Никишина Л.Б.* Твёрдотельное моделирование деталей в среде геометрического моделирования SolidWorks: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2009.

13. *Хвесюк Т.М.* Типовые технические требования на чертежах. — М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	5
1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ДИСЦИПЛИНЫ “ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА” ДЛЯ КОНСТРУКТОРСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ	6
2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОВОДКИ УПРАВЛЕНИЯ ЛА	8
3. СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	14
4. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТРЕХМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ	32
4.1. Общие сведения о системах трехмерного моделирования	32
4.2. Алгоритм разработки модели сборочной единицы изделия “Кронштейн”	41
4.3. Алгоритм разработки модели сборочной единицы изделия “Поводок”	55

5. ВИРТУАЛЬНОЕ МАКЕТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ	
ПО ЧЕРТЕЖАМ В СРЕДЕ SolidWorks	64
Приложение 1	75
Приложение 2	83
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	86

Тем. план 2021, поз. 15

**ПОСТРОЕНИЕ И ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ
ИЗДЕЛИЙ ЛА СЛОЖНОЙ ФОРМЫ**

**Анамова Рушана Ришатовна
Леонова Светлана Александровна
Хвесьюк Татьяна Михайловна
Хотина Галина Константиновна**

Редактор *М.С. Винниченко*
Компьютерная верстка *Т.С. Евгеньевой*

Сдано в набор 1.04.2021. Подписано в печать 11.06.2021.
Бумага писчая. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 5,35. Уч.-изд. л. 5,75. Тираж 500 экз.
Заказ 047/893.

Издательство МАИ
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4,
Москва, А-80, ГСП-3 125993

Типография Издательства МАИ
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4,
Москва, А-80, ГСП-3 125993