МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения лабораторных работ и
расчетно-графического задания
по дисциплине «Компьютерное проектирование электронных устройств»

для студентов специальностей 7.090803 «Электронные системы»,
7.090804 «Физическая и биомедицинская электроника»
всех форм обучения

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол № от . .2005

Харьков НТУ «ХПИ» 2005

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та розрахунково-графічного завдання з дисципліни «Комп'ютерне проектування електроних пристроїв» для студентів спеціальностей 7.090803 «Електронні системи», 7.090804 «Фізична та біомедична електроніка» всіх форм навчання / Уклад. О.А. Бутова, В.В. Замаруєв, О.В. Єресько. – Харків: НТУ "ХПІ", 2005 – с. – Рос. мовою.

Укладачі О.А. Бутова
В.В. Замаруєв
О.В. Єресько

Рецензент Н.О. Тімченко

Кафедра промислової та біомедичної електроніки

СОДЕРЖАНИЕ

Общие положения..... 5

1. Конструирование элементов, узлов и устройств электронной аппаратуры……... 6

1.1 Модульный принцип конструирования, конструктивная иерархия элементов, узлов и устройств…… 8

1.2 Основные модули…… 12

2. Основы механической обработки…….. 17

2.1 Обработка деталей на токарных станках…….. 17

2.2 Обработка деталей фрезерованием…… 19

2.3 Обработка деталей на сверлильных станках…… 20

2.4 Изготовлений деталей ЭА методом литья…… 22

2.5 Использование листового материала. Изготовление деталей ЭА холодной штамповкой…… 23

2.6 Методы конструирования механических соединений…… 31

3. Знакомство с основными понятиями Solid Works…… 34

3.1 Панель инструментов……. 35

3.2 Дерево конструирования…… 37

3.3 Символы и условные обозначения…… 38

3.4 Параметры дерева конструирования Feature Manager…… 39

3.5 Настройки пользователя…… 41

3.6 Свойства документа…… 42

3.7 Горячие клавиши…… 43

4. Создание детали……. 44

4.1 Создание нового документа – детали…….. 44

4.2 Создание основания детали (прямоугольника, окружности)…. 44

4.3 Вытяжка основания…… 46

4.4 Создание бобышки……. 48

4.5 Нанесение размеров и вытяжка бобышки…… 49

4.6 Редактирование эскиза…… 50

4.7 Сохранение детали…….. 54

4.8 Создание детали, представляющей собой тело вращения…….. 55

5. Создание массивов……. 57
5.1 Использование прямоугольного массива……..…….. 57
5.2 Использование линейного массива…….. 59
6. Деталь листового материала…….. 61
6.1 Вытяжка тонкостенного элемента……. 61
6.2 Вставка сгибов……. 62
6.3 Откат проектирования……. 64
6.4 Добавление сгибов……... 65
6.5 Вставка отверстий…… 67
7. Использование инструментов формы
и папки Feature Palette…… 69
7.1 Применение инструмента формы……. 69
7.2 Формирование массива элемента формы……. 71
8. Основы сборки……. 72
8.1 Создание сборки……. 72
8.2 Манипулирование компонентами……. 73
8.3 Сопряжение компонентов…….. 74
9. Принципы построения чертежей…… 77
9.1 Открытие основной надписи чертежа…… 80
9.2 Настройка параметров оформления чертежа…… 81
9.3 Создание чертежа детали…… 82
9.4 Нанесение размеров на чертеж…….. 83
9.5 Вставка именованного вида…… 86
9.6 Создание чертежа детали из листового металла…….. 87
9.7 Добавление разреза на чертеж детали…… 89
Список источников информации……. 91
Приложение А…… 92
Приложение Б…… 96
Приложение В…… 102

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Данные методические указания предназначены для студентов кафедры “Промышленная и биомедицинская электроника”, обучающихся по специальностям “Электронные системы” и “Физическая и биомедицинская электроника” дневной и заочной форм обучения. Лабораторные работы и расчетно-графическое задание (РГЗ) являются составной частью учебного плана при изучении курса “Компьютерное проектирование электронных устройств”. Тему расчетно-графического задания выдает руководитель РГЗ из состава преподавателей кафедры; одной из тем РГЗ может быть разработка конструкции корпуса электронного устройства, разработка конструкции вентильного блока преобразователя.

Целью выполнения РГЗ является углубление знаний, приобретаемых студентами при изучении курса “Компьютерное проектирование электронных устройств”, ознакомление с современными тенденциями использования САПР, приобретение навыков оформления конструкторских документов.

В результате выполнения лабораторных работ и РГЗ выполняется основной комплект конструкторских документов изделия. Спецификация и сборочный чертеж изделия оформляются в соответствии с ЕСКД и представляются в электронном виде. В состав изделия должны входить детали, выполненные как из листового материала с применением операций гибки, так и с использованием других методов обработки материала.

После изучения каждой темы студент должен уметь ответить на контрольные вопросы, приведенные в приложении А.

Варианты заданий для выполнения лабораторных работ и РГЗ приведены в Приложении Б и В.

Студент защищает РГЗ перед комиссией, в состав которой должно входить не менее 2-х преподавателей.

1 КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ, УЗЛОВ И УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Создание изделий промышленной и биомедицинской электроники, как и другой радиоэлектронной аппаратуры, в дальнейшем - ЭА, начинается с разработки конструкторской документации (КД). Для ускорения проектирования и изготовления ЭА необходимо максимально использовать стандартные и разработанные ранее устройства, узлы и детали. Конструкторская документация должна выполняться с учетом требований соответствующих стандартов [1-4].

При разработке КД устанавливаются следующие виды изделий:

- ***деталь*** – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, деталь может иметь защитное или декоративное покрытие;
- ***сборочная единица*** – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сваркой, пайкой, клепкой, развальцовкой, склеиванием, сшивкой, укладкой и т. п.);
- ***комплекс*** – два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например, вычислительный комплекс;
- ***комплект*** – два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например, комплект запасных частей, комплект измерительных инструментов и т. п.

Конструкторскими документами являются графические (чертежи, схемы) и текстовые (спецификации, технические условия, пояснительные записки и т.п.) документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Документация подразделяется на проектную и рабочую.

На стадии разработки рабочей документации обязательными являются документы (в скобках указан код документа):

- ***чертеж детали*** - документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для его изготовления и контроля;
- ***сборочный чертеж*** (СБ) - документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля;
- ***спецификация*** - документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

Обязательными проектными документами являются:

- ***ведомость*** технического предложения, эскизного проекта, технического проекта - документ, содержащий перечень документов, вошедших в техническое предложение, эскизный проект, технический проект.
- ***пояснительная записка*** (ПЗ) - документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений.
- ***чертеж общего вида*** (ВО) - документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия. Сопровождается техническими требованиями к изделию (например, в части покрытий, пропитки обмоток, методов сварки). Чертеж должен содержать сведения о составных частях изделия в таблице, выполненной на том же листе или на отдельных листах формата А4. Можно приводить соответствующие сведения на полках линий – выносок или оформлять в виде спецификаций, рекомендуется записывать последовательно: изделия заимствованные, покупные, вновь разрабатываемые.

При определении комплектности конструкторских документов на изделие различают: основной конструкторский документ, основной комплект конструкторских документов, полный комплект конструкторских документов.

Основными конструкторскими документами являются: для деталей - чертеж детали; для сборочных единиц, комплексов и комплектов - спецификация.

Основной комплект конструкторских документов изделия объединяет конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию в целом, например, сборочный чертеж, принципиальная электрическая схема, технические условия и др. В основной комплект документов изделия не входят конструкторские документы составных частей.

Полный комплект конструкторских документов изделия состоит из основного комплекта конструкторских документов на данное изделие и основных комплектов конструкторских документов на все его составные части.

Номенклатура конструкторских документов на изделие определяется в зависимости от стадий его разработки [5].

1.1 Модульный принцип конструирования, конструктивная иерархия элементов, узлов и устройств

Снизить затраты на разработку, изготовление и освоение производства ЭА, обеспечить совместимость и преемственность аппаратурных решений при одновременном улучшении качества, увеличении надежности и срока службы позволяет использование *модульного принципа конструирования* [6].

Под ***модульным принципом конструирования*** понимается проектирование изделий ЭА на основе конструктивной и функциональной взаимозаменяемости составных частей конструкции — *модулей.*

Модуль — составная часть аппаратуры, выполняющая в конструкции подчиненные функции, имеющая законченное функциональное и конструктивное оформление и снабженная элементами коммутации и механического соединения с подобными модулями и с модулями низшего уровня в изделии.

Модульный принцип конструирования предполагает *разукрупнение (разбивку, расчленение)* электронной схемы ЭА на функционально законченные подсхемы (части), выполняющие определенные функции. Эти подсхемы чаше всего разбиваются на более простые и так до тех пор, пока электронная схема изделия не будет представлена в виде набора модулей разной сложно-

сти, а низшим модулем не окажется корпус интегральной микросхемы (МС). Модули одного уровня объединяются между собой в ЭА на какой-либо конструктивной основе (несущей конструкции).

Возможен и другой подход к проектированию, когда частям детально разработанной функциональной схемы изделия ставятся в соответствие схемы выбранной серии *микросхем,* а электрическая схема изделия как бы «покрывается» электрическими схемами микросхем. При этом отдельные части схемы изделия могут оказаться непокрытыми микросхемами существующих серий, тогда такие подсхемы реализуются дискретными *электрорадиоэлементами* (ЭРЭ). В результате будет получен набор корпусов МС и ЭРЭ, реализующий схему изделия. Эти МС и ЭРЭ устанавливаются и коммутируются между собой в модулях следующего уровня иерархии, которые устанавливаются и коммутируются в модуле более высокого уровня, и т. д. В зависимости от сложности проектируемого изделия будет задействовано разное число уровней модульности (уровней конструктивной иерархии).

Конструкция современной ЭА представляет собой некоторую *иерархию* модулей (порядок в расположении модулей от низшего к высшему), каждая ступень которой называется ***уровнем модульности***. При выборе числа уровней модульности проводится ***типизация*** модулей, т. е. сокращение их разнообразия и установление таких конструкций, которые выполняли бы самые широкие функции в изделиях определенного функционального назначения. Функциональное многообразие изделий достигается использованием различного числа уровней модульности с возможностью конструктивного оформления высшего и, следовательно, самого сложного модуля в виде законченного изделия.

В зависимости от уровня интеграции конструкции выделяют четыре основных *уровня модульности*.

Модулем *первого уровня* является *электронный компонент.* В зависимости от исполнения аппаратуры модулем нулевого уровня служат ЭРЭ и МС.

К модулям *второго и третьего уровня* относятся частные конструкции, которые не имеют самостоятельного применения, так как и схемотехни-

чески и конструктивно являются частями более высокого уровня модульности.

К модулям *второго уровня* относятся печатные платы с электронными компонентами, типовой элемент замены (ТЭЗ), ячейка — печатная плата с установленными на ней модулями первого уровня и электрическим соединителем, частичные вставные блоки.

К модулям *третьего уровня* относятся блочные каркасы и комплектные блоки. Основным конструктивным элементом модуля третьего уровня является *панель* с ответными *соединителями* модулей второго уровня

К модулям *четвертого уровня* относятся законченные конструкции электронной аппаратуры в виде блоков, пультов, шкафов, стоек.

Модульный принцип конструирования предусматривает несколько уровней коммутации:

- коммутация печатным и (или) проводным монтажом электронных компонентов на плате;
- коммутация печатным или объемным монтажом ответных соединителей модулей второго уровня в блоке;
- электрическое объединение блоков в стойке и стоек между собой жгутами и кабелями.

Таблица 1.1 - Связь между конструктивной и схемной модульностью

Конструктивная модульность	Схемная модульность
Корпус микросхемы	Логический элемент
ТЭЗ, ячейка	Функциональный узел
Комплектный блок	Функциональный блок
Блок, стойка, шкаф	Устройство

Необходимо отметить, что приведенная в табл. 1.1 связь конструктивной и схемной модульности условна. Она имеет отношение к аппаратуре, реализуемой на микросхемах малой степени интеграции, и в общем случае зависит от функциональной сложности проектируемого изделия и степени интеграции применяемых МС. Большие интегральные схемы (БИС) реали-

зуют функционально законченное устройство (например, преобразователь интерфейсов, ШИМ – контроллер, аналогово-цифровой преобразователь). Весьма возможно, что несложная система будет конструктивно выполнена на одной печатной плате.

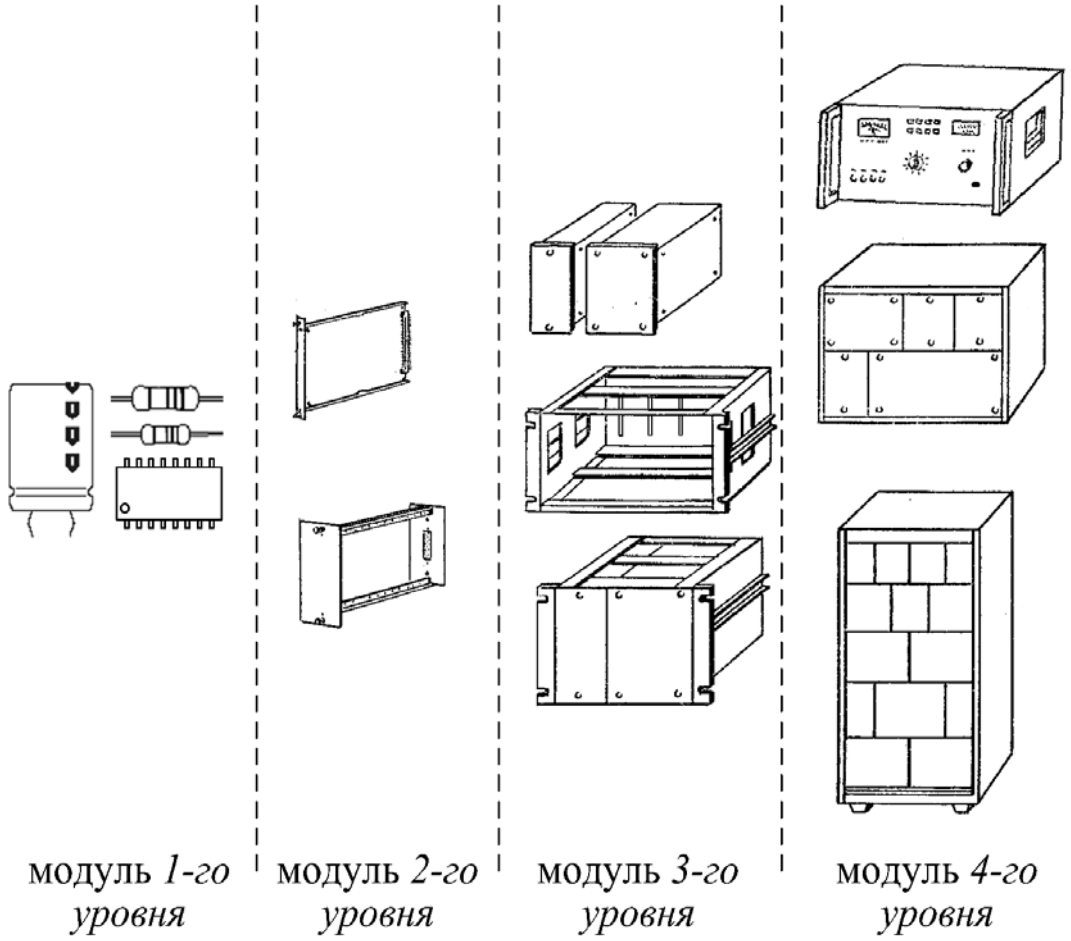


Рисунок 1.1 - Конструктивная иерархия и входимость модулей

При разбивке структурных и функциональных схем необходимо удовлетворить многим и порой противоречивым требованиям:

- функциональной законченности, когда выделяемая подсхема должна обладать необходимой полнотой и выполнять частные функции по приему, обработке, хранению и передаче информации;
- минимизации внешних связей подсхем, либо, если электрические соединители модулей выбраны (заданы), чтобы число внешних связей не превысило число контактов соединителя;

- максимального заполнения отводимого конструктивного пространства (поверхности) модулями (компонентами) (по этой же причине компоненты не должны существенно отличаться между собой по габаритным размерам и массе);
- модули (компоненты) подсхем должны рассеивать приблизительно одинаковые мощности во избежание местных перегревов;
- модули (компоненты) подсхем не должны быть чрезмерно чувствительными к электрическим, магнитным и электромагнитным помехам и не должны создавать чрезмерных помех.

1.2 Основные модули

Модули высших уровней поставляются разработчикам ЭА в виде ***базовых несущих конструкций*** (БНК), которые представляют собой деталь или совокупность деталей, предназначенных для размещения, монтажа составных частей аппаратуры и обеспечения устойчивости ЭА в условиях внешних воздействий. Под БНК понимается стандартная несущая конструкция, служащая для разработки разнообразной ЭА определенного назначения [5,7].

Ускорение разработки и производства аппаратуры, снижение её стоимости можно достигнуть унификацией, нормализацией и стандартизацией основных параметров и типоразмеров печатных плат, блоков, приборных корпусов, стоек, широким применением модульного принципа конструирования.

При конструировании модулей второго уровня выполняются следующие работы:

- изучение функциональных схем с целью выявления одинаковых по назначению подсхем и унификации их структуры в пределах конкретного изделия, что приводит к уменьшению многообразия различных подсхем и, следовательно, номенклатуры различных типов ТЭЗ;
- выбор серии микросхем, корпусов микросхем, дискретных ЭРЭ;
- выбор единого максимально допустимого числа выводов соединителя для всех типов модулей (за основу принимают число внешних связей наиболее повторяющегося узла в наборе узлов изделия с учетом цепей пита-

ния и нулевого потенциала и 5...10%-ного запаса контактов на возможную модификацию);

- определение длины и ширины печатной платы;
- собственно конструирование печатной платы;
- выбор способов защиты модуля от перегрева и внешних воздействий.

Широкое распространение получила плоская компоновка модуля, когда компоненты схемы устанавливают в плоскости платы с одной или двух сторон. Для плоской компоновки характерна малая высота установки компонентов по сравнению с длиной и шириной платы. Простота выполнения монтажных работ, легкость доступа к компонентам и монтажу, улучшенный тепловой режим являются основными преимуществами плоской компоновки. Если для внешней коммутации модуля вводится соединитель, то подобную конструкцию называют ТЭЗ или ячейка (рис. 1.2). На печатную плату устанавливают микросхемы *4* и для исключения влияния на работу микросхем помех по электропитанию — развязывающие конденсаторы *5*.

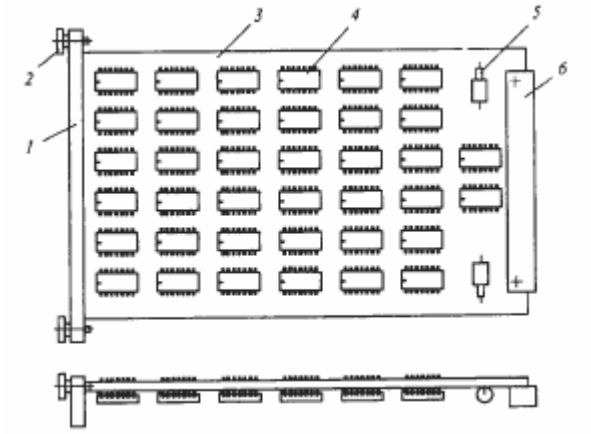


Рисунок 1.2 - Типовой элемент замены:
1 — лицевая панель; *2* — невыпадающий винт; *3* — печатная плата;
4 — микросхема; *5* — развязывающий конденсатор;
6 — электрический соединитель

Лицевая панель выполняет одновременно несколько функций. На ней располагают элементы индикации и управления, контрольные гнезда, иногда электрические соединители, которые коммутируются с платой проводным монтажом. На панели в резьбовое отверстие помещают невыпадающий винт *2,* которым ТЭЗ жестко фиксируется на несущей конструкции модуля второго уровня, наносится адрес, позволяющий отличить ТЭЗ среди подобных в наборе, реализующем конструкцию ЭА, а также предотвратить неправильную установку ТЭЗ.

Лицевые панели совместно с монтажными панелями модулей высших уровней направляют охлаждающий аппаратуру воздух к теплонагруженным компонентам. Чтобы предотвратить утечку воздуха из установочных мест, где по каким-либо причинам ТЭЗ отсутствуют, вместо них устанавливают заглушки (только лицевые панели ТЭЗ). Панель и электрический соединитель крепят к печатной плате винтовым или заклепочным соединением. В условиях жестких механических воздействий плату ТЭЗ устанавливают на рамку, что увеличивает жесткость конструкции.

К модулям третьего уровня относятся *блоки* различных видов. Конструкция одноплатного бескаркасного настольного прибора со встроенным блоком питания приведена на рис. 1.3 и 1.4. Несущей конструкцией прибора является основание *2.* Хотя размеры основания могут быть большими (300х450мм и более), его обычно изготовляют из тонкого листового материала, а для придания жесткости в углах конструкции задается определенная форма.

Для закрепления модулей в основании прибора выполнены выдавки с отверстиями, в которые вставляют резьбовые втулки под винты.

Крышка *6* сдвигается, перемещаясь по вертикальным боковым стенкам детали *2.* Это позволяет на крышке *6* располагать техническое описание прибора, электрические схемы, измерительные приборы. Для закрепления крышки на основании предусмотрены кронштейны *4,* фиксируемые заклепками.

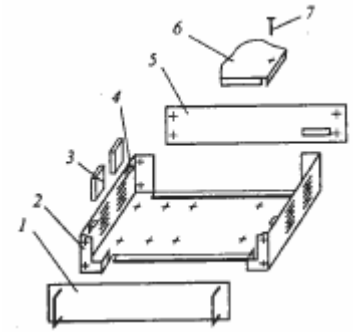


Рисунок 1.3 - Прибор настольный бескаркасный:
1 — лицевая панель; *2* — основание; *3* — вентилятор; *4* — кронштейн;
5 — задняя панель;6—крышка; 7 — винт

На основании прибора устанавливают блок питания, плату операционного устройства (электроники) и вентиляторы, обеспечивающие нормальный тепловой режим прибора.

На электромонтажной схеме [8] (см. рис. 1.4) задняя и передняя панели развернуты относительно установочной плоскости основания на 90°. В конструкцию введены: жгут 1, подводящий сетевое напряжение 220 В 50 Гц к блоку питания и вентиляторам, жгут 2 подвода постоянного напряжения от блока питания к плате электроники и жгут 3 сигнальных проводов.

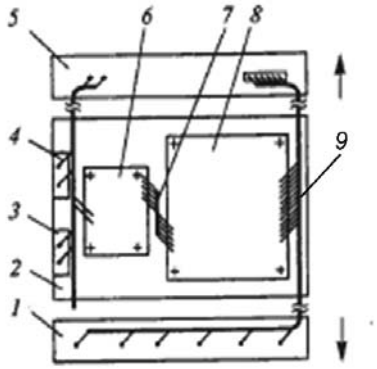


Рисунок 1.4 - Электромонтажная схема прибора настольного бескаркасного:
1 — лицевая панель; *2* — основание; *3* — вентилятор; *4* — жгут 1;
5 — задняя панель; *6* — блок питания; *7* — жгут 2; *8* — плата;
9 — жгут 3

В том случае, если максимальные размеры платы *8* каким-нибудь образом ограничены, например, производственными возможностями или размерами основания прибора, то на плату электроники можно установить вместе с компонентами схемы электрические соединители, в которые, в свою очередь, установить ТЭЗ с недостающими компонентами схемы прибора (рис. 1.5). Таким образом, объединительная плата, представленная на рис. 1.5, является модификацией платы электроники. В зарубежной литературе такие платы называют *motherboard* —- *материнской платой.*

Блоки с защитными кожухами и крышками являются самостоятельными изделиями (приборами) и в таком виде эксплуатируются. Обычно на переднюю панель прибора настольного типа устанавливают элементы индикации, измерительные узлы, элементы управления (кнопки, тумблеры и т. п.), электрические соединители. Элементы управления и соединители, не требующие частого доступа, а также предохранители выносят на заднюю панель. При компоновке изделий необходимо обеспечить свободный доступ к электрическим соединителям монтажных панелей для контроля и к ТЭЗ для их замены. Если монтажная панель ориентирована горизонтально, то крышку и поддон прибора необходимо выполнять съемными, если вертикально — лицевую и заднюю панели нужно делать съемными или откидными.

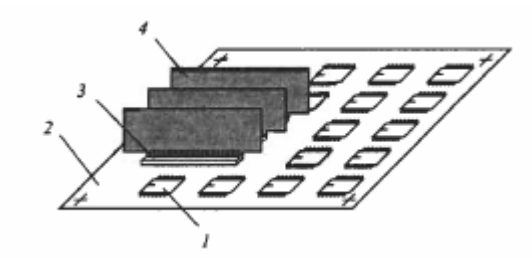


Рисунок 1.5 - Объединительная (материнская) плата:
1 — микросхема; *2* — объединительная плата;
3 — ответный электрический соединитель ТЭЗ; 4 - ТЭЗ

2 ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В конструкции современной электронной аппаратуры используется большое количество разнообразных металлических и неметаллических деталей. Если трудоемкость изготовления ЭА принять за 100%, то операции механической обработки могут составлять до 15 %, операции литья деталей — до 3 %, операции обработки давлением — до 18 %, операции переработки пластмасс — до 12 %, электрофизические и электрохимические операции — до 5 %, остальное — сборка и монтаж.

Для правильного подхода к конструированию деталей различного назначения необходимо иметь представление о технологических процессах изменения формы детали, ее обработки.

Рассмотрим в общем виде эти методы обработки материалов и формообразования применительно к технологии производства ЭА.

Обработка металлических и неметаллических деталей для ЭА проводится на различных металлорежущих станках, подразделяемых по степени автоматизации работы на универсальные станки, полуавтоматические, станки-автоматы, станки с числовым программным управлением, станки типа «обрабатывающий центр». Универсальные станки используют для опытного, ремонтного и мелкосерийного производств, станки-автоматы — для крупносерийного и массового производств. В серийном производстве широко применяют станки с числовым программным управлением (ЧПУ) и обрабатывающие центры [6, 9].

К методам обработки деталей резанием относятся: *точение, фрезерование, шлифование, сверление, строгание, развертывание, протягивание.*

2.1 Обработка деталей на токарных станках

Токарные станки предназначены для обработки деталей типа тел вращения, имеющих цилиндрические, конические, фасонные, сферические, винтовые поверхности, а также торцевые плоскости. Это детали типа осей, втулок, роликов лентопротяжных механизмов и т. д. На рис. 2.1 приведены основные виды работ, выполняемых на токарных станках резцами.

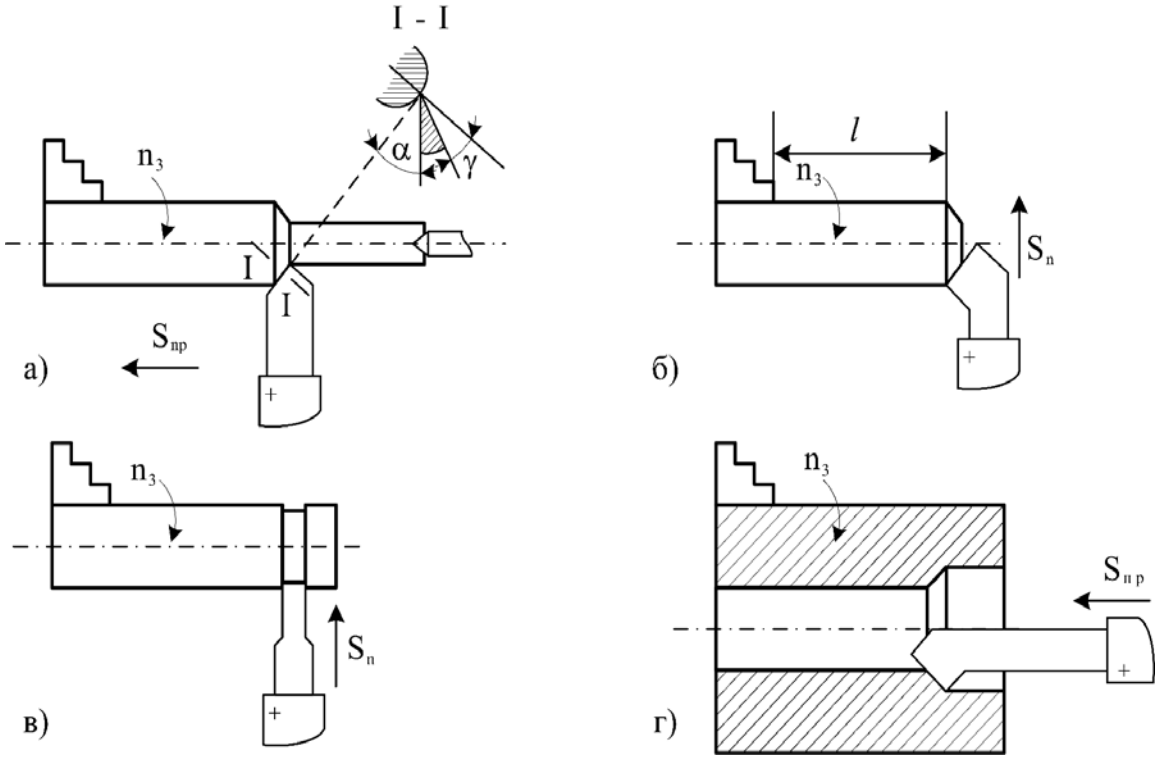


Рисунок 2.1 - Обработка деталей на токарном станке:
а — обработка проходным резцом с продольной подачей Sпр; *б* — подрезка торца с поперечной подачей Sп; *в* — прорезка канавки и отрезка;
г—растачивание отверстия

Заготовка в процессе точения вращается с частотой $n_з$, которая зависит от обрабатываемого материала и материала резца.

Резец может перемещаться вдоль заготовки (продольная подача Sпр) и поперек заготовки (поперечная подача Sп). От величины подачи S зависит шероховатость получаемой поверхности — чем меньше S, тем меньше шероховатость и выше качество поверхности и наоборот.

Короткие заготовки, у которых отношение длины *l* к диаметру *d* меньше пяти, при обтачивании закрепляют в трехкулачковом патроне. Длинные заготовки (*l/d* = 5...12) закрепляют в центрах или в патроне и *в* центре (рис. 2.1 *а*).

На токарных станках можно получать конические и фасонные поверхности. На рис. 2.2 показаны схемы обработки конической (рис. 2.2 *а*) и фасонной (рис. 2.2 *б*) поверхностей.

Рисунок 2.2 - Получение конической (*а*) и фасонной (*б*) поверхностей на токарном станке

Нарезание резьбы на токарных станках осуществляется как резьбонарезными резцами, так и ***плашками*** (наружная резьба) и ***метчиками*** (внутренняя резьба). Отверстия в цельной заготовке получают сверлением. Если требуется получить после сверления отверстие большего диаметра, то его растачивают специальными резцами (рис. 2.1 *г*).

2.2 Обработка деталей фрезерованием

Фрезерованием обрабатывают в основном плоские поверхности, пазы, уступы, фасонные поверхности и канавки, а также отрезают заготовки. Для фрезерования используют универсальные фрезерные станки: вертикально - и горизонтально-фрезерные, продольно-фрезерные; фрезерные станки с ЧПУ для обработки сложных поверхностей; обрабатывающие центры с набором различных инструментов, работающие по программе.

Инструментом для фрезерования являются фрезы: цилиндрические с прямым и винтовым зубом; торцевые, концевые и фасонные. Цилиндрические фрезы применяют для обработки плоскостей. На рис. 2.3 представлена схема обработки плоскости цилиндрической фрезой с винтовым зубом. Заготовка *2* установлена и закреплена на столе *3* фрезерного станка и подается с подачей *S* на вращающуюся фрезу *1* с зубом *4*, которая удаляет слой материала толщиной *l*.

Для отрезания заготовок или фрезерования прямоугольных канавок используют цилиндрические фрезы с различной шириной режущей поверхности. Фреза, которая имеет режущие кромки и на цилиндрической, и на торце-

вой поверхности, называется концевой. Такая фреза универсальна, с ее помощью можно фрезеровать канавки, уступы и пр. (рис. 2.4).

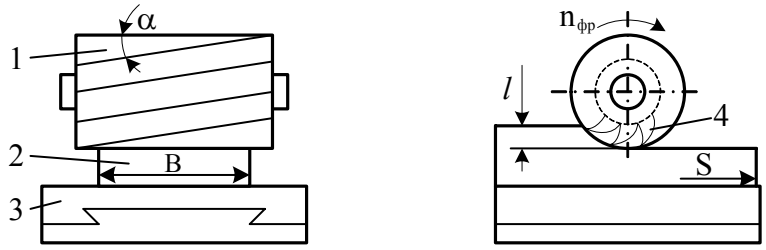


Рисунок 2.3 - Схема фрезерования цилиндрической фрезой с винтовым зубом

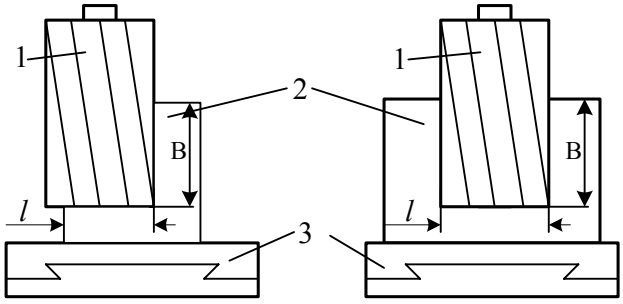


Рисунок 2.4 – Схемы обработки концевой фрезой

2.3 Обработка деталей на сверлильных станках

Обработку деталей на сверлильных станках проводят многолезвийным осевым инструментом: сверлами, зенкерами, развертками. Соответственно названию инструмента называются операции: сверление, зенкерование, развертывание. *Сверлением* получают отверстия в сплошном материале, *рассверливанием* увеличивают диаметр обрабатываемого отверстия до большего, *зенкерованием* повышают качество уже имеющегося отверстия, *развертыванием* осуществляют чистовую обработку отверстия. На рис. 2.5 приведены основные схемы обработки осевым инструментом на сверлильном станке.

Глухие отверстия (рис. 2.6 *а*) выполняются на сверлильном станке при помощи сверл различного диаметра. Для получения конических углублений (например, при использовании винтов с потайной головкой) используют конические зенкеры для операции зенкерования (рис. 2.6 *б*). Получение пло-

ской поверхности вокруг отверстия (рис. 2.6 *в*) производится с помощью цекования (цековка – разновидность зенкера). Цекование используется для получения плоскости под головку винта, шайбу и др. Получение отверстий с перпендикулярным торцом (рис. 2.6 *г*) требует применения зенкера для глухих отверстий.

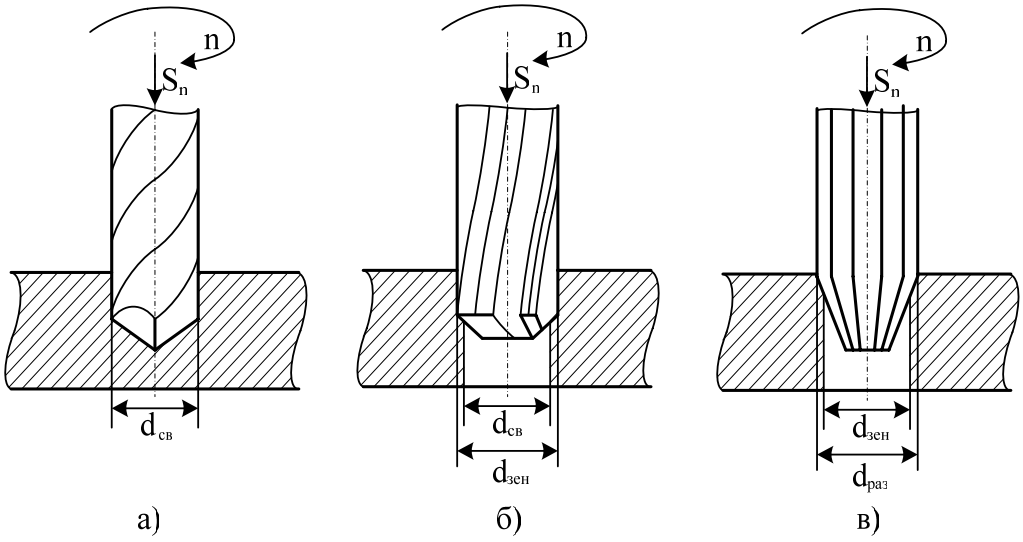


Рисунок 2.5 - Схемы обработки деталей на сверлильном станке осевым инструментом: *а* — сверление; *б* — зенкерование; *в* — развертывание

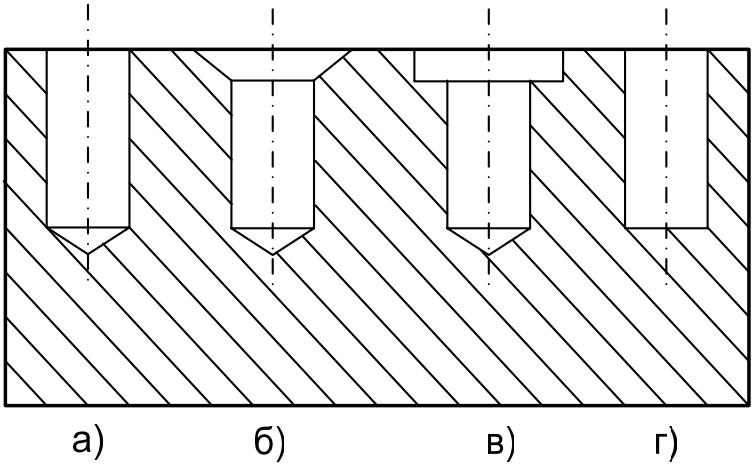


Рисунок 2.6 - Виды отверстий с различной обработкой

2.4 Изготовление деталей ЭА методом литья

Литьем изготавливают отдельные детали несущих конструкций, направляющие, корпуса и др. Литье — наиболее простой и дешевый метод формообразования заготовок. Основным инструментом литейного производства является *форма.* От качества изготовления формы и материала, из которого она изготовлена, зависит качество заготовки (отливки).

На рис. 2.7 приведен общий вид формы для получения отливок. Две полуформы *1* и *2* образуют полость *3,* в которой образуется отливка. Знак *4* служит для получения углубления в отливке. Штифт *5* центрирует две полуформы при сборке. Отверстие конической формы *6,* называемое литником, служит для заливки расплавленного металла в форму. После застывания металла форму разбирают по плоскости разъема *О-О,* вынимают отливку, затем удаляют литник.

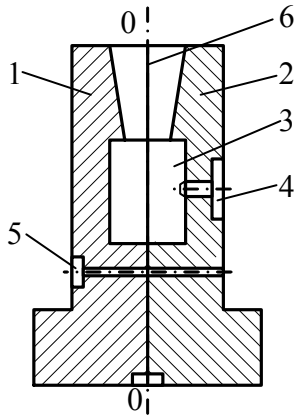


Рисунок 2.7 - Общий вид формы для отливки деталей: *1, 2* — полуформы; *3* — полость для отливки; *4* — знак; *5* — штифт. *6* — литник

В производстве ЭА широкое распространение получил способ литья под давлением. В этом случае металл подается в полость 3 под давлением, что позволяет получать детали сложной формы.

2.5 Использование листового материала. Изготовление деталей ЭА холодной штамповкой

Штамповка из листовых материалов обеспечивает малую трудоемкость и стоимость изготовления, высокую точность размеров. Этим методом изготавливают каркасы, направляющие в каркасах, пластины магнитопроводов, клеммные зажимы и многие другие детали. Наиболее распространены несущие конструкции ЭА на основе штампованных деталей. Конструкционные детали из листового материала (лист, полоса, лента) отличаются наиболее высоким отношением прочности и жесткости к массе детали при прочих равных условиях. Исходными материалами для холодной штамповки являются листы, полосы, ленты из черных и цветных металлов, неметаллических материалов (картон, резина, фибра, текстолит). Предварительно исходный материал раскраивают, размещая будущие детали с наименьшими отходами.

Конструкция штампованных деталей зависит от объема выпуска данной детали, так как объем выпуска определяет целесообразность изготовления соответствующей технологической оснастки.

Для изготовления штампованных деталей применяют две группы технологических операций: *разделительные* и *формообразующие*. К первой группе относят операции отрезки, вырубки, пробивки, надрезки и т.п., применяемые преимущественно для плоских деталей (рис. 2.8).

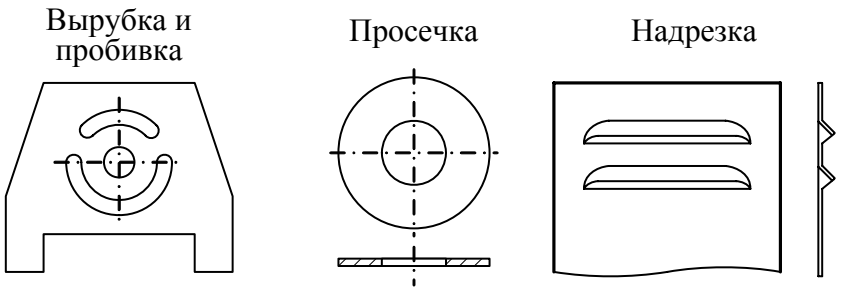


Рисунок 2.8 - Разделительные операции штамповки

Ко второй группе относят операции гибки и вытяжки, а также отбортовки, выдавки, высадки и т. п. (рис. 2.9).

При конструировании деталей, получаемых путем вырубки и пробивки, минимальные размеры элементов конфигурации вырубаемого контура должны быть соотнесены с толщиной листа. Обычно они в два и более раз превышают толщину листа (рис. 2.10).

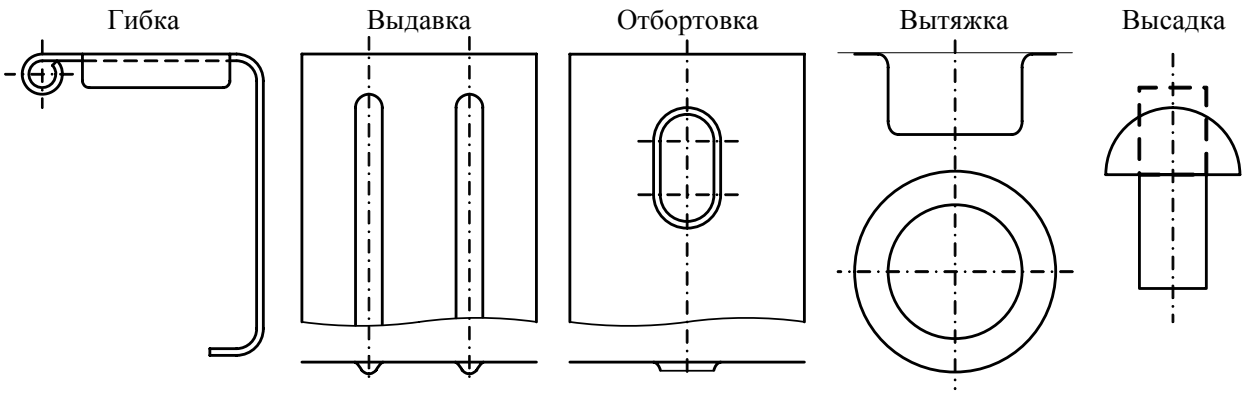


Рисунок 2.9 - Формообразующие операции штамповки

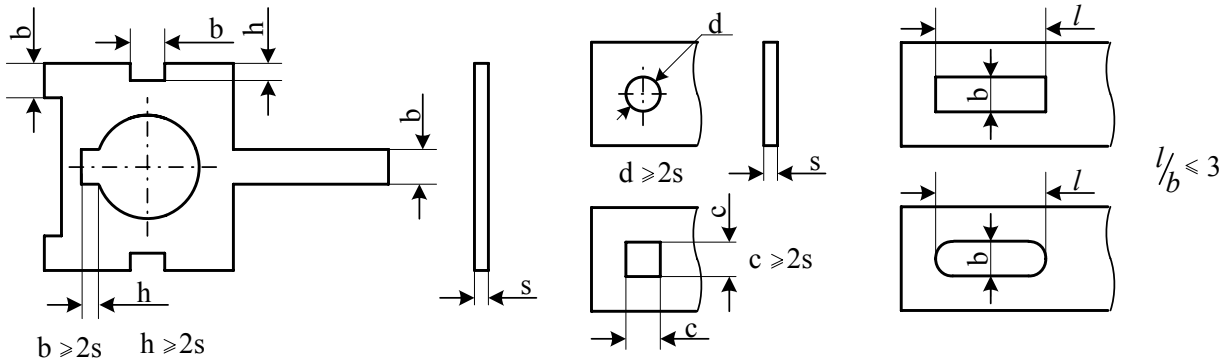


Рисунок 2.10 - Минимальные размеры элементов вырубаемого контура и отверстий в зависимости от толщины листа

Минимальные расстояния между пробиваемыми отверстиями, между отверстиями и краем детали следует выбирать также исходя из толщины материала (рис. 2.11). Нарушение указанного условия делает конструкцию детали менее технологичной из-за быстрого износа штампа.

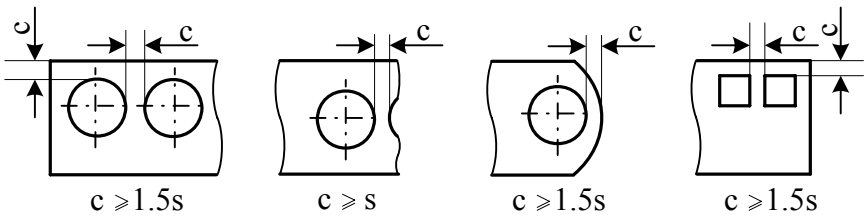


Рисунок 2.11 - Минимальные расстояния между пробиваемыми отверстиями

При штамповке расстояния между центрами отверстий можно обеспечить в два раза точнее, чем расстояния от базовых поверхностей до центров отверстий. Это необходимо иметь в виду при простановке размеров на чертежах, так как в зависимости от выбранной базы может быть обеспечена большая или меньшая точность (рис. 2.12).

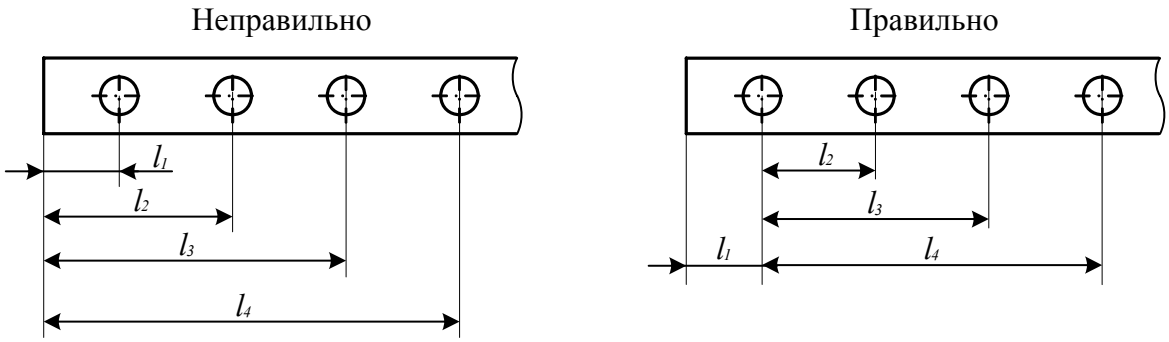


Рисунок 2.12 - Выбор базы для указания размеров при штамповке

Специфика конструирования деталей, получаемых гибкой. Среди штампованных деталей, применяемых в несущих конструкциях ЭА, широко распространены детали, получаемые гибкой (каркасы, скобы, хомутики и др.). Одной из особенностей гибки, заметной тем значительнее, чем более узкая полоса подвергается изгибу, является искажение поперечного сечения детали в месте изгиба. Там возникают внутренние механические напряжения, которые могут привести к трещинам, если не будет учтен минимальный до-

пустимый радиус гибки (рис. 2.13). На внутренней поверхности сгиба металл сжимается, на внешней – растягивается.

Минимальный радиус изгиба зависит от многих факторов: от толщины и марки материала, состояния при поставке, способа гибки, угла изгиба, ориентации относительно проката и др.

Минимальный радиус гибки листового проката в холодном состоянии

$$R_{min} = k_1 * k_2 * s \qquad (2.1)$$

где k_1 — коэффициент, зависящий от марки материала, его состояния и ориентации относительно направления проката (табл. 2.1);

k_2—коэффициент, зависящий от угла гибки;

s — толщина листа, мм.

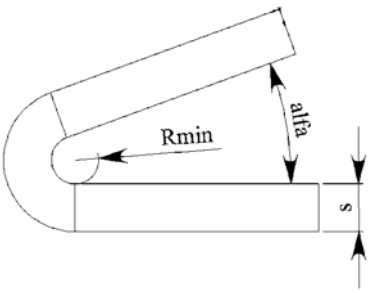


Рисунок 2.13 - Минимальный радиус гибки

Коэффициент k_2 при гибке под углом 180—90° принят равным единице, при 45° k_2=1,5. Минимальный радиус гибки, полученный по формуле (2-1), следует округлить до ближайшего большего значения из ряда чисел: 0,3; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12 мм.

Таблица 2.1 - Коэффициент k1 для гибки листа в холодном состоянии (тонколистовой прокат (до 2 мм)).

Металл, сплав	В отожженном и нормализованном состоянии		Без отжига (холоднотянутый)	
	при ориентации линии сгиба			
	Поперек проката	Вдоль проката	Поперек проката	Вдоль проката
Сталь 10 кп	0,05	0,4	0,4	0,8
Сталь 20, Ст. 3	0,10	0,5	0,5	1,0
Сталь 45	0,5	1,0	1,0	1,7
Алюминий А2, АД 1	0,2	0,4	0,6	0,8
Алюминиевые сплавы: Амц	0,3	0,5	0,8	1,5
Д16м	1,0	1,5	1,5	2,5
В95А	1,7	3,3	-	-
АМгА	0,6	1,2	2,0	4,0

При гибке П-образных деталей минимальная длина прямого участка полки должна быть $H_{мин}>2s$ (рис. 2.14) при минимальной длине деформируемого участка $L_{мин}>r_{мин}+s$. Для мягких металлов $L_{мин}=2s$.

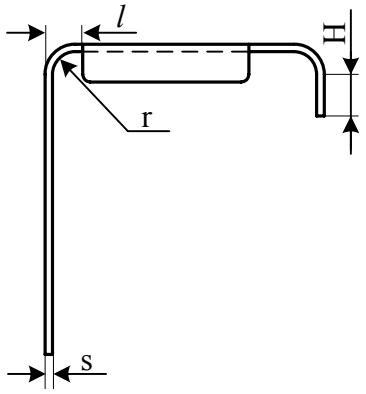


Рисунок 2.14 - Минимальная длина прямого участка полки

В местах гибки делают вырезы для того, чтобы отогнутая полка не выходила за пределы контура детали (рис. 2.15 *б*). При конструировании деталей типа крышек в местах гибки в углах необходимы технологические отверстия. В зависимости от заданной конфигурации детали в месте гибки в развертке должны быть предусмотрены вырезы соответствующей формы (рис. 2.15 *в*).

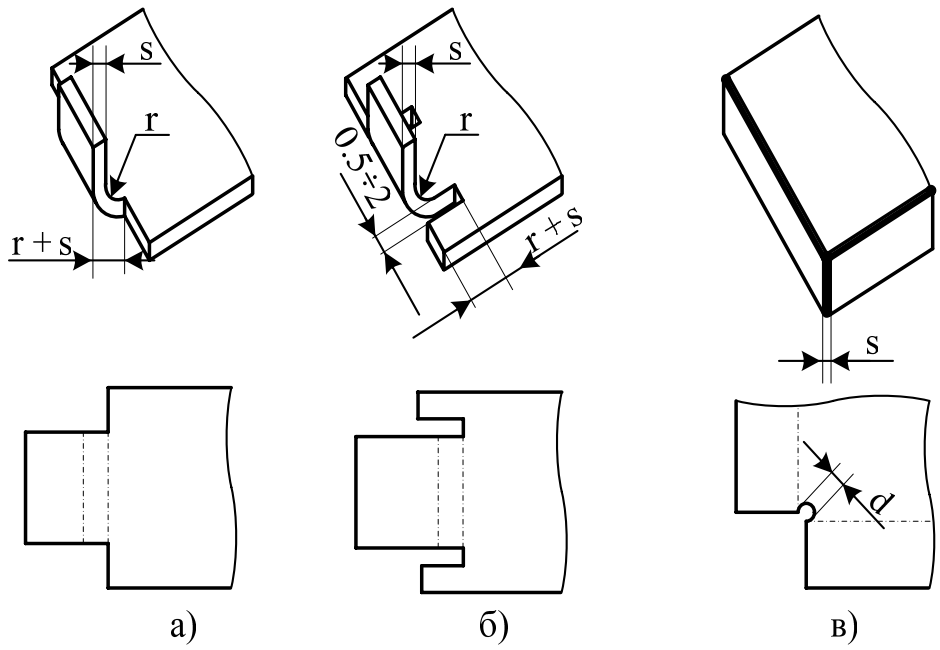


Рисунок 2.15 - Отгибка язычков и отбортовка крышек

Диаметр технологических отверстий зависит от толщины материала:

s, мм 0,6 1,0 1,5 2,0 3,0

d, мм 3,0 4,0 5,0 6,0 8,0

Размеры детали получаемой гибкой, не следует привязывать к отгибаемому участку, чтобы избежать влияния погрешности толщины листа (рис. 2.16).

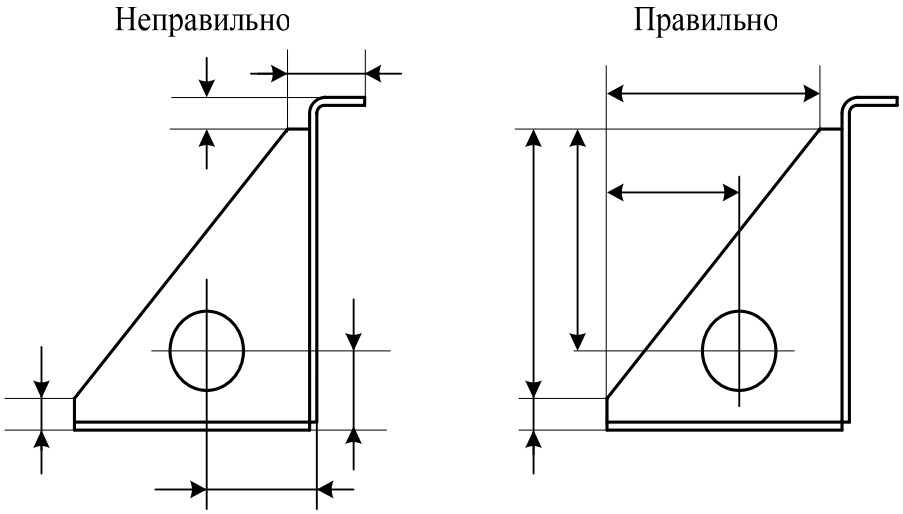


Рисунок 2.16 - Привязка размеров к отгибаемому участку

В несущих конструкциях ЭА широкое распространение получили различные выдавки, отбортовки, ребра жесткости и т. п., которые позволяют значительно увеличить жесткость тонколистового материала, обеспечить крепление, увеличить поверхность теплообмена, получить направляющие для перемещения вставляемых узлов. Выдавки применяют как опорные площадки для крепления тяжелых узлов (рис. 2.17).

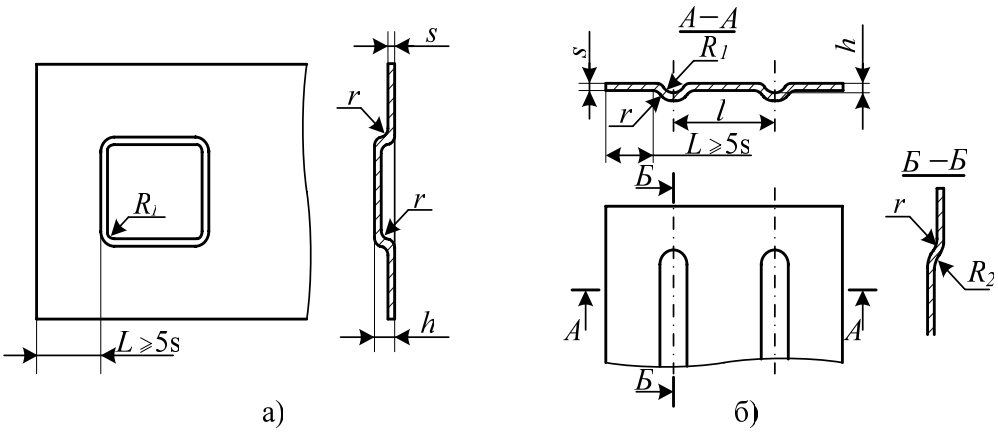


Рисунок 2.17 - Опорные площадки для крепления тяжелых узлов

Размеры ребер жесткости и выдавки зависят от толщины материала: глубина выдавки (рёбра жесткости) h = 3s; радиус закругления выдавки

R_1 = 5s; радиус заглубления выдавки R_2=10s; минимальный радиус гибки r= s (для алюминиевых сплавов r=1,5s); шаг ребер жесткости l=20s, расстояние до края листа L≥5s. Эти ориентировочные данные приведены для углеродистой стали 10 кп.

Разбортованные отверстия (сквозные выдавки, без дна) применяют для увеличения жесткости вентиляционных отверстий и проемов, для утопления головок винтов с потайной головкой или для нарезки в них внутренней резьбы (рис. 2.18).

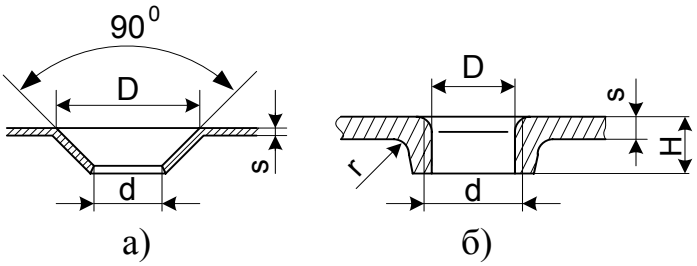


Рисунок 2.18 - Разбортовка отверстий, предназначенных:
а - для утопления конической головки винта; *б* - для нарезания резьбы

Разбортовка под внутреннюю резьбу применяется для резьб от М2 до М5. Диаметр D отбортованного отверстия соответствует внутреннему диаметру резьбы. Можно применять самонарезающие винты. Обычно высоту разбортованного отверстия принимают равной двойной толщине материала. Возможно использование разбортованных вентиляционных отверстий в качестве направляющих для вставляемых узлов.

Основные материалы для штампованных деталей. Для несущих конструкций ЭА, которые должны обладать достаточной жесткостью при малой массе, применяют тонколистовые стали, алюминиевые сплавы. Используют прокат толщиной обычно до 2 мм в виде листов, лент, гнутых профилей следующих основных марок: углеродистая сталь для глубокой вытяжки и штамповки сталь 10 кп, алюминиевые сплавы АМц, Д16 и др. из перечня, которым пользуется конструктор в той отрасли, где он работает.

2.6 Методы конструирования механических соединений

Неразъемные соединения. ***Неразъемными*** называются соединения, не позволяющие разбирать соединенные детали без разрушения. К ним относят соединения, получаемые сваркой, пайкой, клепкой, развальцовкой, склеиванием. Преимущественным способом соединения тонколистовых деталей является точечная электросварка, осуществляемая внахлест при толщине листов до 1,5 мм. Значительные механические нагрузки такая сварка не выдерживает, но широко используется для сборки деталей кожуха при шаге сварки 15 мм, расстоянии от центра сварочной точки до края листа 5 мм и толщине листов до 1 мм.

Наряду со сваркой плавлением используют пайку твердыми тугоплавкими припоями (медно-цинковыми), которая более трудоемка, но обеспечивает высокое качество шва при значительных механических нагрузках.

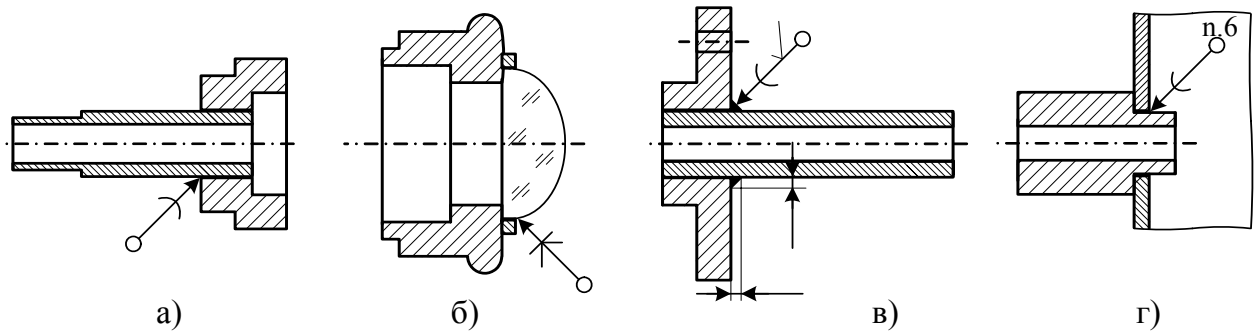


Рисунок 2.19 - *а* – обозначение пайки; *б* – обозначение склеивания;
в – простановка размеров и шероховатости;
г – паяный шов с записью в технических требованиях

Наиболее прочное соединение можно получить посредством заклепок (рис. 2.20), но при определенной методике их применения.

Тело заклепки при расклепывании осаживается (рис. 2.20 *а*), что затрудняет ее использование для соединения хрупких или более мягких, чем металл заклепки, деталей. Поэтому в таких случаях используют пустотелые, полупустотелые заклепки (рис. 2.20 *в*), сплошные заклепки, но с подкладыванием шайб, ограничивающих осаживание заклепки (рис. 2.20 *б*). Сплошные

заклепки незаменимы для неразъемного соединения при значительных ударных нагрузках в условиях воздействия отрицательных температур и температурных ударов. К заклепочным соединениям относят соединения, развальцованные с помощью пустотелых осей (рис. 2.20 *г*), а также соединения рассечкой (рис. 2.20 *д*) и разворотом язычка, широко применяемом для ненагруженных деталей. Язычок штампованной детали вставляют в щель, предусмотренную в совмещаемой с ней детали, и разворачивают вставленный язычок на 90°. Такое соединение можно считать полуразъемным, так как оно может быть возобновлено дважды.

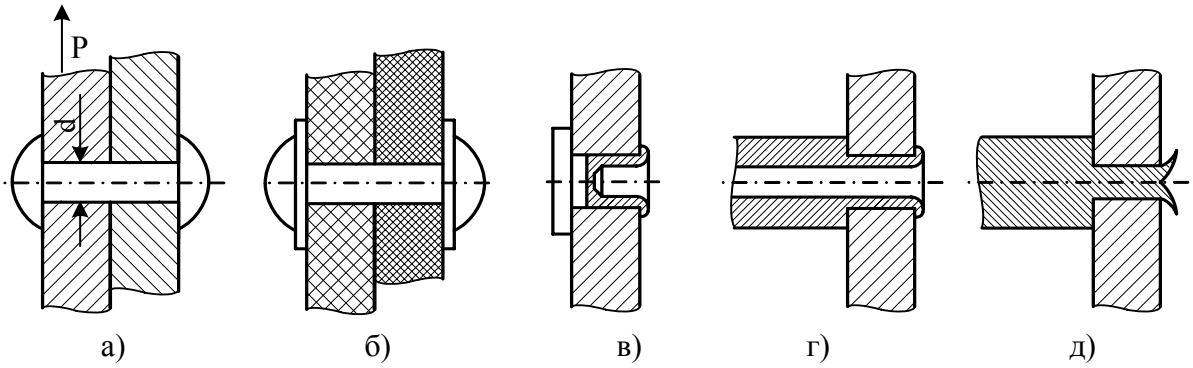


Рисунок 2.20 - Заклепочные соединения

Склеивание применяют, как правило, совместно с другими неразъемными соединениями для повышения механической прочности, достижения герметичности шва (заклепочного). В последнем случае в качестве клеев используют герметики, которые не обладают высокой адгезией под механической нагрузкой, но хорошо заполняют пустоты в шве.

Разъемные соединения. ***Разъемными*** называют соединения, допускающие многократное соединение и разъединение деталей без повреждения или с частичным повреждением соединяемых деталей. При конструировании несущих конструкций ЭА наиболее приемлемо винтовое соединение. Винтовое соединение в конструкциях ЭА отличается двумя особенностями: роль гайки обычно выполняет тело соединяемой детали, в котором нарезана резьба, и соединение обязательно законтривается для предотвращения самоотвинчивания.

Первая особенность вызвана миниатюрностью несущих конструкций ЭА, когда доступ для удержания гайки затруднен или просто невозможен.

Наименьшую длину *l* ввинчивания стального болта диаметром *d* в корпус выбирают в зависимости от материала корпуса: для стального корпуса *l=d*, для корпуса из алюминия *l=2d* [9]. Если соединение производят с тонколистовой деталью, в которой из-за малой толщины нельзя нарезать резьбу, то в ней заранее предусматривают пробивку отверстия с одновременной вытяжкой материала, где и нарезают резьбу (см. рис. 2.18), Для винтов М3, М4 и М5 рекомендуется соответственно толщине листового материала S следующая высота вытяжки Н:

S, мм	0,6	0,8	1,0	1,2
Н, мм	1,0	1,4	1,8	2,0

Законтривание при малых вибрационных нагрузках производят пружинной шайбой или контргайкой. При больших вибрационных нагрузках резьбовое соединение ставят на краску, т. е. завинчивание производят с заполнением резьбы краской, которая после высыхания прочно фиксирует соединение. В этом случае оно практически неразъемно. Для обеспечения разъемности краску внутри резьбы не вводят, а наносят ее поверх контргайки.

3 ЗНАКОМСТВО С ОСНОВНЫМИ ПОНЯТИЯМИ SOLID WORKS

Solid Works – система автоматизированного проектирования (САПР) использующая графический интерфейс Microsoft Windows.

Пакет **Solid Works** позволяет:

- создавать трехмерные модели, что упрощает работу инженера-проектировщика. Эти трехмерные модели можно использовать для создания двухмерных чертежей и трехмерных сборок;
- задавать размеры и геометрические взаимосвязи между элементами. При изменении размеров изменяются размер и форма детали, но сохраняется общий замысел проекта;
- создавать трехмерную модель, состоящую из деталей, сборок и чертежей. Детали, сборки и чертежи отображают одну и ту же модель в различных документах. Любые изменения, которые вносятся в модель в одном документе, распространяются на другие документы, содержащие эту модель;
- построение деталей из элементов. Эти элементы могут быть формы (бобышки, вырезы, отверстия) и операции (скругление, фаски, оболочки и т.д.), которые комбинируются для построения деталей;
- построение элементов на основе эскизов.

Эскиз – это двухмерный профиль или поперечное сечение. Для создания элементов эскизы могут быть вытянуты, повернуты, рассечены сложным образом или смещены по контурам.

В приложении Solid Works детали, сборки и чертежи называются ***документами***, каждый документ отображается в отдельном окне. Окна документов Solid Works содержат две панели:

Дерево конструирования FeatureManager, в котором отображена структура детали, сборки или чертежа.

Графическая область, в которой выполняются различные операции над деталью, сборкой или чертежом.

3.1 Панель инструментов

Панель инструментов общая для всех документов, но в зависимости от выполняемых действий может изменять свой вид. Кнопки панели инструментов дают возможность быстрого доступа к часто используемым командам. Для того чтобы отобразить или скрыть отдельные панели инструментов необходимо выбрать *Вид, Панели инструментов* или правой кнопкой мыши нажать на рамку окна Solid Works. Появится список всех панелей инструментов (рис. 3.1). Панели инструментов, отмеченные галочкой, видны на экране; те, которые не отмечены – скрыты.

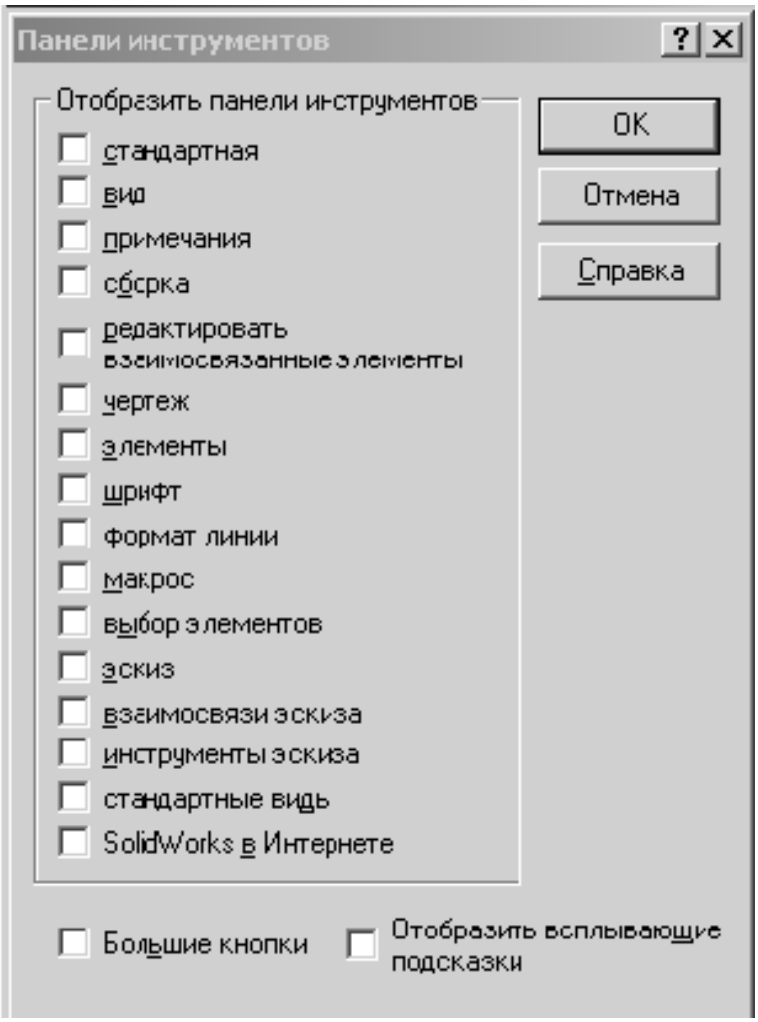


Рисунок 3.1 - Панели инструментов

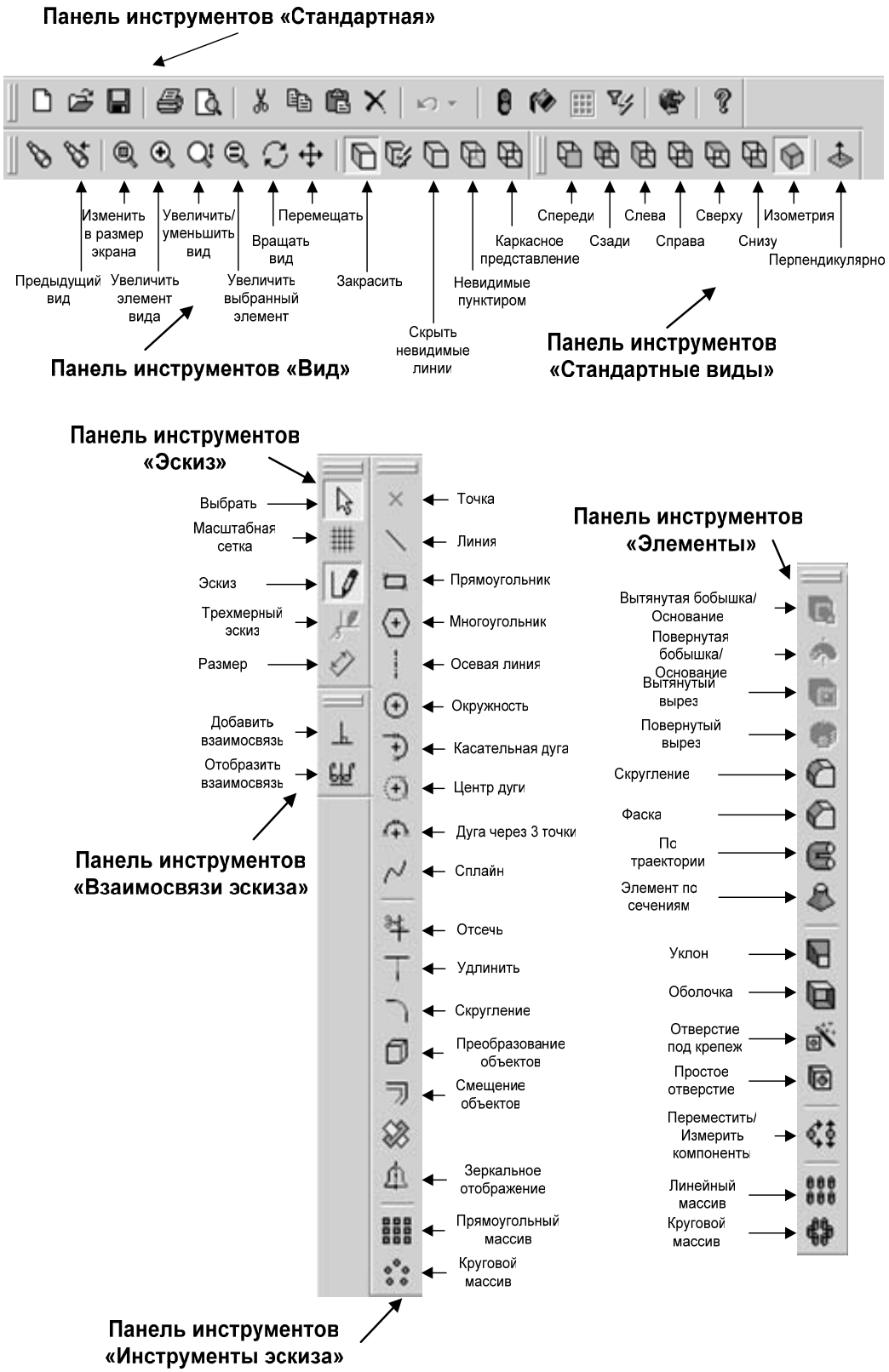


Рисунок 3.2 - Основные панели инструментов

3.2 Дерево конструирования

Дерево конструирования FeatureManager облегчает:

- выбор элементов модели по имени;
- выбор плоскости для рисования;
- погашение и скрытие выбранных элементов;
- определение и изменение последовательности, в которой перестраиваются элементы;
- отображение размеров элементов, которое можно выполнить, дважды нажав на имя элемента;
- переименование элементов, которое можно выполнить, дважды нажав с интервалом на имя и ввести новое имя (как в Windows) или нажав правой кнопкой мыши на имя, выбрать *Свойства* и ввести новое имя;
- выполнение поиска элемента в режиме текста. Нажать правой кнопкой мыши на имя детали или сборки в верхней части дерева, выбрать *Найти* в контекстном меню, ввести в поле имя элемента (или часть имени) и нажать кнопку *Найти следующий*. Появится имя;
- поиск элемента в дереве конструирования с помощью нажатия правой кнопки мыши в графической области и выбора команды *Найти элемент* (в Дереве);
- переключение между списком элементов и списком именованных конфигураций с помощью ярлыков внизу дерева конфигураций FeatureManager;
- управление отображением размеров и примечаний, нажав правой кнопкой мыши на папку *Примечание* и выбрав параметры (рис. 3.3)

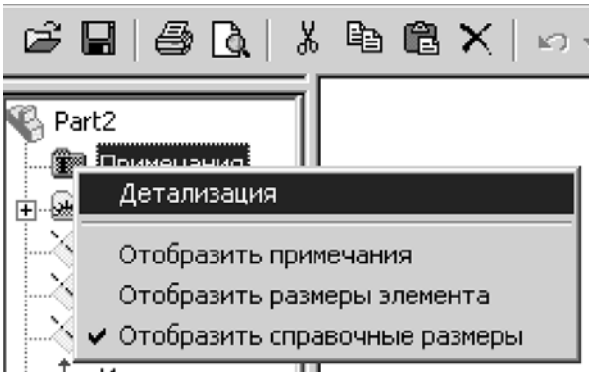


Рисунок 3.3 - Управление отображением размеров и примечаний

3.3 Символы и условные обозначения

Дерево конструирования FeatureManager предоставляет информацию о всех деталях или элементах, содержащих внешние ссылки. ***Внешняя ссылка*** - это зависимость от геометрии, существующей в другом документе.

1. Если деталь содержит какие-либо элементы с внешними ссылками (решение одного документа зависит от другого), после имени детали, расположенного вверху списка дерева конструирования, указывается стрелка ->. После имени элемента, содержащего внешние ссылки, также указывается стрелка ->.

2. Если внешнюю ссылку не удается найти, после имен элемента и детали указывается **->?.**

В дереве конструирования FeatureManager используются следующие условные обозначения:

1. Символ слева от значка элемента указывает на то, что он содержит связанные с ним элементы, например эскизы. Нажмите на знак +, чтобы развернуть элемент и отобразить его содержание.

2. Если эскизы не являются полностью определенными (нет символа), перед именами эскизов в дереве конструирования FeatureManager указывается один из следующих символов.

- Знак **(+),** если они переопределены.
- Знак (-), если они недоопределены.
- Знак **(?),** если не удается решить эскиз.

3. Если положение компонентов сборок не полностью определено (нет символа), перед их именами в дереве конструирования FeatureManager указывается один из следующих символов.

- Знак **(+),** если их положение переопределено.
- Знак **(-),** если их положение недоопределено.
- Знак **(?),** если не удается решить их положение.
- Знак **(f),** если их положение фиксировано (на одном месте).

Перед сопряженными деталями сборки ставится:

- • Знак **(+),** если они затрагиваются при переопределении положения компонентов в сборке.
- • Знак **(?),** если не удается их решить.

4. Некоторые компоненты в сборке могут использоваться несколько раз. Поэтому, в сборке после каждого компонента следует число, заключенное в угловые скобки *<n>,* которое увеличивается на единицу каждый раз, когда добавляется еще один такой же компонент.

3.4 Параметры дерева конструирования FeatureManager

Выберите параметры для дерева конструирования FeatureManager, выбрав *Инструменты, Параметры,* затем на вкладке *Настройки пользователя* выберите *Feature Manager.* Выберите какие-либо из следующих параметров:

- ***Скроллинг выбранного элемента вида.*** Выполняет прокрутку для отображения текста, относящегося к выбранным элементам в графической области.
- ***Именовать элемент при создании.*** При создании нового элемента его имя автоматически выбирается в дереве конструирования FeatureManager, позволяя ввести новое имя.
- ***Передвижение, используя стрелочные клавиши.*** Позволяет использовать клавиши стрелок для перемещения по дереву конструирования FeatureManager, а также развертывания и свертывания дерева конструирования и его содержимого.
- ***Динамическая подсветка.*** Геометрические элементы в графической области (кромки, грани, плоскости, оси и т.д.) подсвечиваются при помещении на них указателя мыши в дереве конструирования FeatureManager.

Контекстные меню. Использование контекстных меню – это наиболее эффективный способ работы, при котором не нужно тратить время на перемещение указателя к основным меню или кнопкам панели инструментов.

При перемещении указателя по геометрическим элементам модели или по элементам дерева конструирования FeatureManager, нажатие правой кнопки мыши на каком-либо элементе вызывает контекстное меню, состоящее из соответствующих команд.

Например, с помощью контекстного меню можно выполнить следующие операции:

- Выбрать инструмент эскиза.
- Открыть и закрыть эскизы.

- Изменить или просмотреть свойства элемента.
- Дать новое имя элементу или размеру, используя диалоговое окно *Свойства.*
- *Скрыть* или *Отобразить* эскиз, плоскость, ось или компонент сборки.
- Открыть компонент сборки для редактирования.
- Воспользоваться инструментами задания размеров и меню примечаний при работе в чертеже.
- Поиск элемента в дереве конструирования FeatureManager с помощью нажатия правой кнопки мыши в графической области и выбора команды *Найти элемент* (в Дереве).

Диалоговое окно "Параметры". Приложение SolidWorks-2000 позволяет создавать собственную настройку функций, отвечающую конкретным требованиям. Чтобы отобразить диалоговое окно *Параметры,* выберите *Инструменты, Параметры***.** В этом диалоговом окне содержатся:

1. Вкладка *Настройки пользователя,* которая отображает дерево элементов с разделами для всех документов в левой панели, а также доступные для выбора пользователем параметры для каждого раздела в правой панели.

2. Вкладка *Свойства документа***,** на которой отображается дерево элементов с разделами, относящимися к документу на левой панели, а также доступные для выбора пользователем параметры для каждого раздела в правой панели.

3.5 Настройки пользователя

Общие для системы	Включают следующее: • Общие настройки системы. • Параметры резервного копирования. • Настройки дерева конструирования FeatureManager. • Параметры вращения вида.
Чертежи	Включают следующее: • Общие настройки для чертежей. • Отображение кромок и линий перехода по умолчанию.
Цвета	Выбор цветного отображения для таких элементов, как текст, определения эскизов, примечание и т.д.
Эскиз	Выбор параметров эскиза, таких как отображение центральных точек дуг или точек объектов.
Отображение/выбор кромки	Выбор способа отображения скрытых кромок или линий перехода в деталях и сборках.
Качество изображения	Выбор параметров, относящихся к качеству изображения, например, проверки при перестраивании или качества прозрачности
Внешние ссылки	Выбор способа обработки внешних ссылок, например, открытие связанных документов с доступом "только чтение или определение папки для поиска связанных документов.
Шаблоны по умолчанию	Путь для основных надписей по умолчанию для деталей, чертежей и сборок.
Место расположение файлов	Выбор местоположения файлов для таких элементов, как документы, элементы палитры или основные надписи.
Инкременты счетчика	Установка значений пошагового увеличения длины и угла для счетчиков указания размеров.

3.6 Свойства документа

Оформление	Включают следующее: • Общие параметры оформления и размеров. • Параметры размеров. • Заметки. • Позиции. • Стрелки. • Виртуальная резкость. • Параметры отображения примечаний.
Масштабная сетка/привязать	Выбор параметров отображения сетки, также параметров привязки к ее узлам.
Единицы измерения	Выбор единиц измерения, включая единицы измерения длины (например, миллиметры, дюймы и т.д.), а также единиц измерения углов (например, градусы, радианы и т.д.
Цвета	Выбор цветов для модели и элементов.
Свойства материала	Выбор плотности и видов штриховки, а также масштаба и угла для штриховки.
Толщина линии	Выбор типа линии (сплошная, пунктирная, штрихпунктирная и т.д.), а также толщины для всех типов кромок (например, видимых кромок, скрытых кромок, вспомогательных кривых и т.д.). Эти установки влияют только на кромки в документах чертежей.
Качество изображения	Выбор качества изображения для закрашенных и каркасных моделей.

3.7 Горячие клавиши

Таблица 3.1 - Горячие клавиши

Действие	Сочетание клавиш
Вращать модель:	
• горизонтально или вертикально	Стрелочные клавиши
• горизонтально или вертикально с шагом 90 градусов	*Shift* + Стрелочные клавиши
• по часовой стрелке / против часовой стрелки	*Alt* + Стрелочные клавиши влево / вправо
Посмотреть модель	*Ctrl* + Стрелочные клавиши
Диалоговое окно *Ориентация*	Пробел
Увеличить изображение	*Z*
Уменьшить изображение	*z*
Изменить в размер экрана	*F*
Перестроить модель	*Ctrl* + *B*
Вызвать перестроение модели и всех ее элементов	*Ctrl* + *Q*
Обновить экран	*Ctrl* + *R*

4 СОЗДАНИЕ ДЕТАЛИ

4.1 Создание нового документа - детали

1. Для создания новой детали нажмите кнопку *Создать* на панели инструментов «Стандартная» или выберите *Файл, Создать.* Появится диалоговое окно «Новый документ» SolidWorks.

2. Во вкладке *Шаблоны* выберите значок *Деталь.*

3. Нажмите *ОК***.** Появится окно новой детали.

Создание эскиза

Для открытия двухмерного эскиза необходимо нажать кнопку *Эскиз* на панели инструментов «Эскиз» или выбрать *Вставка, Эскиз* в строке меню. При этом откроется эскиз на *Plane1 (Плоскость1)* (одной из трех плоскостей, указанных в дереве конструирования FeatureManager). В центре графической области появится исходная точка эскиза. Отображаются панели инструментов – «Инструменты эскиза» и «Взаимосвязи эскиза». В строке состояния, которая показывает положение указателя или инструмента эскиза относительно исходной точки эскиза, в нижней части экрана появится надпись «Редактируется:Эскиз». В дереве конструирования FeatureManager появится *Sketch1 (Эскиз1).*

Для удобства работы можно включить масштабную сетку эскиза (выбрать *Инструменты, Параметры,* на вкладке *Свойства документа* выбрать *Масштабная сетка/Привязать,* затем выбрать параметр *Отобразить масштабную сетку*). Если установлен флаг *Привязать к узлам сетки*, то курсор перемещается дискретно.

4.2 Создание основания детали (прямоугольника, окружности)

В большинстве случаев основание детали представляется прямоугольником, окружностью или правильным многоугольником (в общем случае возможно создание основания произвольной формы). В дальнейшем эта форма может быть видоизменена.

При создании детали с прямоугольным основанием:

1. В режиме редактирования эскиза, нажмите кнопку *Прямоугольник* на панели инструментов - "Инструменты эскиза" или выберите *Инструменты, Объекты эскиза, Прямоугольник.*

2. Переместите указатель в исходную точку эскиза, нажмите и удерживайте левую кнопку мыши. Перетащите указатель для создания прямоугольника. Отпустите кнопку мыши для завершения построения прямоугольника. Во время перетаскивания рядом с указателем отображается размер прямоугольника.

3. Нажмите кнопку *Выбрать* на панели инструментов "Эскиз" или нажмите правую кнопку мыши в графической области и выберите *Выбрать* в контекстном меню. При этом две стороны прямоугольника, касающиеся исходной точки, отображаются черным цветом. Поскольку рисование эскиза начиналось в исходной точке, вершина этих двух сторон автоматически привязывается к исходной точке (независимое перемещение вершины невозможно). Две другие стороны (и три вершины) выделены синим цветом. Это означает, что их можно свободно перемещать.

4. Нажмите на одну из сторон синего цвета и перетащите ее или маркер вершины для изменения размеров прямоугольника.

Добавление размеров

При добавлении размеров обратите внимание на состояние эскиза, отображаемое в строке состояния. Все эскизы Solid Works могут быть представлены в одном из трех состояний – каждое состояние обозначается другим цветом:

- в ***полностью определенном эскизе*** положения всех объектов полностью описаны с помощью размеров или взаимосвязей, или тех и других одновременно. В таком эскизе все объекты показаны ***черным*** цветом;
- в ***неопределенном эскизе*** для полного указания геометрии требуются дополнительные размеры или взаимосвязи. В этом состоянии можно перетаскивать недоопределенные объекты эскиза для изменения эскиза. Недоопределенные объекты эскиза показываются ***синим*** цветом;
- в ***переопределенном эскизе*** объект содержит противоречивые размеры или взаимосвязи, или те и другие одновременно. Переопределенные объекты эскиза показываются ***красным*** цветом.

1. Нажмите кнопку *Размер* на панели инструментов "Взаимосвязи эскиза" или выберите *Инструменты, Размеры, Параллельные.*

Указатель принимает следующую форму .

2. Нажмите на верхнюю кромку прямоугольника, затем нажмите в том месте, где требуется нанести размер. Обратите внимание на то, что цвет вертикальной линии справа (и нижней правой вершины) изменился с синего на черный. Указанием размера длины верхней стороны прямоугольника было определено положение самого правого сегмента. Тем не менее, можно перетаскивать верхний сегмент вверх и вниз. Его синий цвет означает, что он определен не полностью, и, следовательно, его можно перемещать.

3. Нажмите на правую сторону прямоугольника, затем нажмите, чтобы нанести ее размер. Теперь верхний сегмент и оставшиеся вершины становятся черными. В строке состояния в правом нижнем углу окна указывается, что эскиз полностью определен.

4.3 Вытяжка основания

Первый элемент в любой детали называется ***основанием***. Этот элемент создается путем вытяжки нарисованного прямоугольника (окружности или другой фигуры).

1. Нажмите кнопку *Вытянутая бобышка/ Основание* на панели инструментов "Элементы" или выберите *Вставка, Основание, Вытянуть.* Появится диалоговое окно *Вытянуть элемент***,** и вид эскиза будет показан в изометрии, как показано на рисунке 4.1.

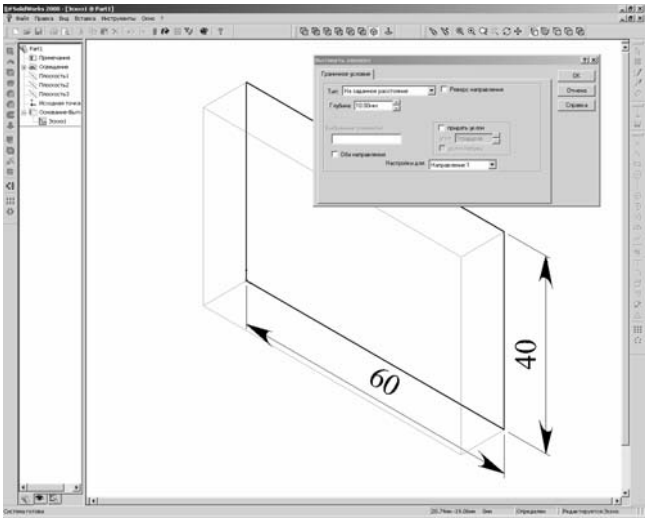


Рисунок 4.1 - Вид эскиза *Вытянутая бобышка*

2. Укажите тип и глубину вытяжки:

- Убедитесь, что в поле *Тип* установлено значение *На заданное расстояние.*
- Установите *Глубину* равную, например, 30 мм. Воспользуйтесь либо стрелками, чтобы увеличить значение, либо введите значение. При использовании стрелок в графической области появляется предварительный вид полученного результата.

3. Чтобы увидеть, как будет выглядеть модель при вытяжке эскиза в противоположном направлении, выберите параметр *Реверс направления.* Если вид модели не устраивает, то для отмены снимите выделение параметра *Реверс направления***,** чтобы вытянуть эскиз.

4. Убедитесь, что в поле *Вытянуть как* установлено значение *Твердотельный элемент.*

5. Нажмите *ОК* для создания вытяжки. Обратите внимание на новый элемент *Base-Extrude (Основание-Вытянуть)* в дереве конструирования FeatureManager.

6. Нажмите на знак плюса рядом с записью *Base-Extrude (Основание-Вытянуть)* дереве конструирования FeatureManager. Обратите внимание на то, что *SketcM (Эскиз1),* который использовался для вытяжки элемента, теперь отображен под данным элементом (рис. 4.2).

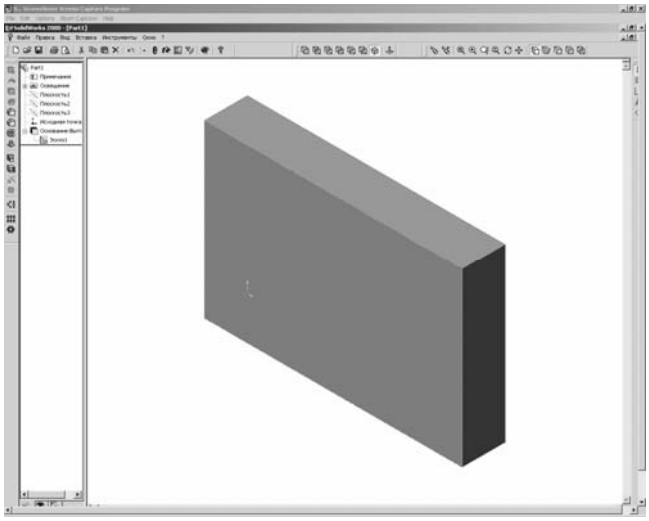


Рисунок 4.2 - Панель с элементом

4.4 Создание бобышки

Для создания дополнительных элементов на детали (например, бобышек или вырезов) можно рисовать их на гранях или плоскостях модели, а затем вытягивать эскизы.

- Для того чтобы открыть новый эскиз, выберите плоскость или грань для рисования, затем нажмите кнопку *Эскиз*
- Для того чтобы закрыть эскиз, нажмите кнопку *Эскиз* снова или выберите *Выход из эскиза* в контекстном меню.
- Для того чтобы изменить эскиз, который выполнялся ранее, нажмите правой кнопкой мыши на элемент, созданный из этого эскиза, или на имя эскиза в дереве конструирования FeatureManager, а затем выберите *Редактировать эскиз* в контекстном меню.

1. Нажмите кнопку *Скрыть невидимые линии* на панели инструментов "Вид" или выберите *Вид, Отобразить, Скрыть невидимые линии.*

2. Нажмите кнопку *Выбрать* на панели инструментов "Эскиз", если она еще не нажата.

3. Нажмите на лицевую грань детали для ее выбора. Границы грани показываются пунктиром, указывая на то, что грань выбрана (при нажатой кнопке *Закрасить,* выбранная грань выделяется цветом). Указатель примет следующую форму показывая тем самым, что выбирается грань.

4. Нажмите кнопку *Эскиз* на панели инструментов "Эскиз" или нажмите правой кнопкой мыши в любом месте графической области и выберите *Вставить эскиз.*

5. Нажмите кнопку *Окружность* на панели инструментов - "Инструменты эскиза" или выберите *Инструменты, Объекты эскиза, Окружность.*

6. Нажмите рядом с центром грани и, перетаскивая курсор, нарисуйте окружность.

4.5 Нанесение размеров и вытяжка бобышки

Для установления местоположения и размера окружности добавьте необходимые размеры.

1. Выберите *Размер* на панели инструментов "Взаимосвязи эскиза" или нажмите правую кнопку мыши в любом месте графической области и выберите *Размер* в контекстном меню.

2. Нажмите на верхнюю кромку грани, нажмите на окружность, затем в том месте, где необходимо нанести размер. Обратите внимание на предварительный просмотр размера при нажатии на каждый объект. Предварительный просмотр показывает, куда прикрепляются выносные линии, и позволяет убедиться, что выбраны нужные объекты для размера. При добавлении установочного размера к окружности, выносная линия по умолчанию прикрепляется к центральной точке.

3. Установите значение размера равное, например, 20 мм. Если включен параметр *Ввести значение размера,* то появится диалоговое окно *Изменить,* и можно сразу ввести новое значение. Или же дважды нажмите на размер, затем введите новое значение в диалоговом окне *Изменить.*

4. Повторите операцию, чтобы задать расстояние от центра окружности до боковой кромки грани. Установите значение также равное 20 мм.

5. Пользуясь все тем же инструментом *Размер,* нажмите на окружность для определения размера ее диаметра. Подвигайте указатель для получения предварительного просмотра данного размера. Когда размер выровнен по горизонтали или вертикали, он отображается как линейный размер; если он под углом - как размер диаметра.

6. Нажмите в том месте, где нужно нанести размер диаметра. Установите значение диаметра равное, например, 30 мм. Теперь окружность становится черной, а в строке состояния указывается, что эскиз полностью определен (рис. 4.3).

7. Нажмите кнопку *Вытянутая бобышка/Основание* на панели инструментов "Элементы" или выберите *Вставка, Бобышка, Вытянуть.*

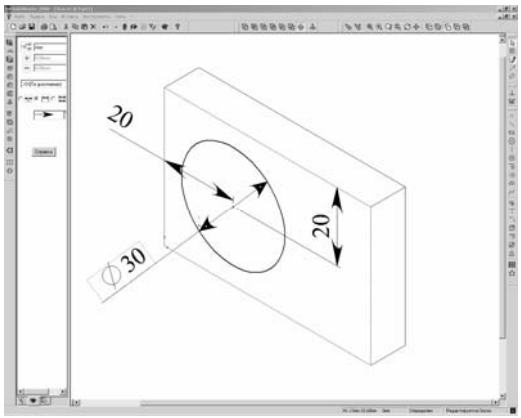


Рисунок 4.3 - Полностью определенный эскиз

8. В диалоговом окне *Вытянуть элемент* установите *Глубину* вытяжки равную 25 мм, а для других элементов оставьте параметры по умолчанию и нажмите ОК для вытяжки элемента бобышки. Обратите внимание на то, что в дереве конструирования FeatureManager появится *Boss-Extrudel (Бобышка-Вытянуть1)* (рис. 4.4).

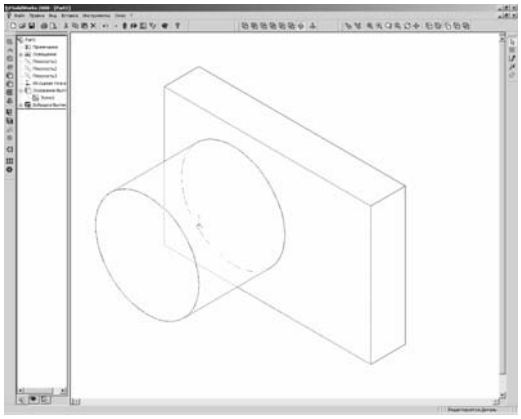


Рисунок 4.4 - Вытянутый элемент

4.6 Редактирование эскиза

Размер можно изменить только там, где он был задан. Диаметр бобышки – в эскизе (Редактировать эскиз). Высоту цилиндра – в определении действия (Редактировать определение). Изменим размеры основания. В Дереве конструирования выбираем *Основание вытянуть* и правой кнопкой мыши вызываем контекстное меню. В меню выбираем пункт *Редактировать эскиз*.

Для изменения размеров заданных в эскизе используется инструмент *Выбрать.*

1. Для выбора инструмента *Выбрать* можно воспользоваться одним из следующих методов:

- Нажмите кнопку *Выбрать* на панели инструментов "Эскиз".
- Выберите *Инструменты, Выбрать* в строке меню.
- Нажмите клавишу *Esc.*
- Нажмите правой кнопкой мыши в графической области окна для отображения контекстного меню, затем нажмите *Выбрать.*

2. Дважды нажмите на один из размеров. Появится диалоговое окно *Изменить.*

3. Для того чтобы изменить значение размера, введите новое значение (40мм) или воспользуйтесь стрелками, затем нажмите кнопку или клавишу *Enter***.**

4. Дважды нажмите на другой размер и введите его новое значение (60мм).

5. Для отображения всего прямоугольника в полном размере и размещения его по центру в графической области используйте один из следующих методов:

- Нажмите кнопку *Изменить в размер экрана* на панели инструментов "Вид".
- Выберите *Вид, Изменить, Изменить в размер экрана.*
- Нажмите клавишу «f». Можно изменять значения размеров по мере их создания путем включения параметра *Ввести значение размера.* При каждом добавлении нового размера будет мгновенно отображаться диалоговое окно *Изменить,* готовое для ввода значения.

1. Выберите *Инструменты, Параметры.*

2. На вкладке *Настройки пользователя* выберите *Общие для системы.*

3. Выберите параметр *Ввести значение размера.*

4. Нажмите *ОК.*

Создание выреза

Для создания выреза, концентричного с бобышкой:

1. Нажмите на лицевую грань круговой бобышки для ее выбора.

2. Нажмите кнопку *Перпендикулярно* на панели инструментов "Стандартные виды". Деталь поворачивается выбранной гранью модели к смотрящему.

3. Откройте новый эскиз.

4. Нарисуйте окружность рядом с центром бобышки.

5. Нажмите кнопку *Размер* и укажите размер диаметра окружности равный, например, 20 мм.

6. На панели инструментов "Взаимосвязи эскиза" нажмите кнопку *Добавить взаимосвязь* или выберите *Инструменты, Взаимосвязи, Добавить* в строке меню. Появится диалоговое окно *Добавить геометрические взаимосвязи.*

7. Выберите нарисованную окружность (внутреннюю окружность) и кромку бобышки (наружную окружность). При выборе грани (линии) курсор приобретает форму . Обратите внимание на содержимое окна *Выбранные элементы.* Доступны только те взаимосвязи, которые применяются для выбранных элементов. Автоматически выбирается наиболее вероятная взаимосвязь.

8. Убедитесь, что выбрана взаимосвязь *Концентричность,* нажмите *Применить* и затем *Закрыть.*

9. Нажмите кнопку *Вытянутый вырез* на панели инструментов "Элементы" или выберите *Вставка, Вырез, Вытянуть.*

10. В диалоговом окне *Вытянуть вырез* выберите *Через все* в списке *Тип* и нажмите *ОК.*

Изменение режимов просмотра и отображения

Для увеличения модели в графической области можно использовать инструменты масштабирования на панели инструментов "Вид".

- Нажмите *Увеличить элемент вида*, затем перетащите указатель для создания прямоугольника. Область, заключенная в прямоугольник, увеличится до размера всего окна.
- Нажмите *Увеличить/уменьшить вид*, затем перетащите указатель. При перетаскивании вверх происходит увеличение, а вниз - уменьшение.

- Нажмите на вершину, кромку или элемент, затем нажмите *Увеличить выбранный элемент.* Выбранный элемент увеличится до размера всего окна.

Существуют и другие способы масштабирования:

- Выберите режим масштабирования в меню *Вид, Изменить.*
- Нажмите правой кнопкой мыши в пустой области окна и выберите режим масштабирования; правой кнопкой мыши нажмите на модель, выберите *Вид***,** а затем нужный режим.
- Для пошагового масштабирования нажмите клавишу «z» для уменьшения или клавишу «Z» для увеличения.

Для отображения детали в различных режимах нажимайте кнопки на панели инструментов "Вид". Можно также изменить режим просмотра, выбрав требуемый режим в меню *Вид, Отобразить.* По умолчанию для деталей и сборок используется режим *Закрасить.* При желании в любое время можно изменить режим отображения.

Вращение и перемещение детали

Модель можно вращать или перемещать в графической области, для того чтобы просмотреть ее под различными углами, а также для более простого выбора граней, кромок и т.д.

Для вращения детали используйте один из следующих методов:

- Для пошагового вращения детали используйте клавиши стрелок.
- Для пошагового вращения детали на 90° нажмите клавишу *Shift* и, удерживая ее, нажимайте клавиши стрелок.
- Для вращения детали на какой-либо угол нажмите кнопку *Вращать вид* на панели инструментов "Вид" или выберите *Вид, Изменить, Вращать***,** затем перетащите.
- Для вращения детали по часовой стрелке и против часовой стрелки, с центром в графической области и с использованием значения шага, нажмите клавишу *Alt* и используйте клавиши стрелок.
- Для вращения детали вокруг кромки или вершины, нажмите кнопку *Вращать вид*, нажмите на кромку или вершину и затем перетащите.

Для перемещения вида детали используйте один из следующих методов:

- Нажмите кнопку *Перемещать* на панели инструментов "Вид" или выберите *Вид, Изменить, Перемещать*, затем перетащите деталь в любое место графической области.
- Нажмите клавишу *Ctrl* и используйте клавиши стрелок для перемещения вида вверх, вниз, влево или вправо.
- Используйте полосы прокрутки для перемещения в другую область окна.

Изменение ориентации вида

Для установки ориентации вида эскиза, детали или сборки можно использовать кнопки на панели инструментов "Стандартные виды".

Спереди *Сверху*

Сзади *Снизу*

Слева *Изометрия*

Справа *Перпендикулярно* (выбранной плоскости или плоской грани)

Плоскости по умолчанию для детали соответствуют стандартным видам следующим образом:

• *Plane1 (Плоскость1) - Спереди или Сзади*

• *Plane2 (Плоскость2) - Сверху или Снизу*

• *Plane3 (Плоскость3) - Справа или Слева*

4.7 Сохранение детали

Нанесите на модель размеры детали (рис. 4.5) и сохраните созданную деталь. Для этого:

1. Нажмите кнопку *Сохранить* на панели инструментов "Стандартная" или выберите *Файл, Сохранить.* Появится диалоговое окно *Сохранить как.*

2. Введите имя файла *Base1* и нажмите кнопку *Сохранить.* По умолчанию файлы деталей сохраняются под именами Part1, Part2 и т.д. Имя текущего файла показано в верхней строке программы Solid Works. Расширение **.SLDPRT** добавится к имени файла, и файл будет сохранен в текущем каталоге. Чтобы сохранить файл в другом каталоге, используйте кнопки обзора Windows для указания каталога, затем сохраните файл.

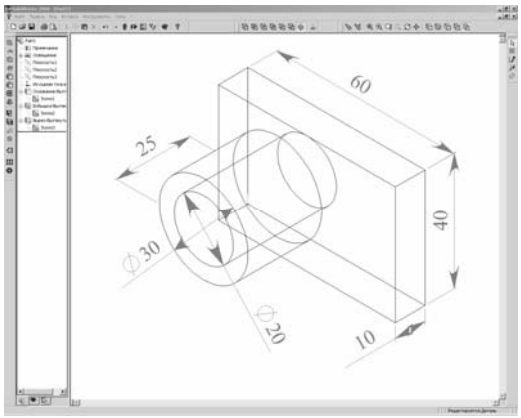


Рисунок 4.5 - Вид детали с размерами и раскрытым
Деревом конструирования

4.8 Создание детали, представляющей собой тело вращения

Для деталей, представляющих собой тело вращения или имеющих его в основе, возможен иной подход к их созданию.

1. Создается эскиз, представляющий собой половину разреза детали, отстоящий от исходной точки на расстояние, определяемое радиусом детали.

2. Через исходную точку проводится осевая линия (рис. 4.6).

3. К эскизу применяется инструмент *Повернутая бобышка/основание* (рис. 4.7).

4. Сохраните деталь *Base2*.

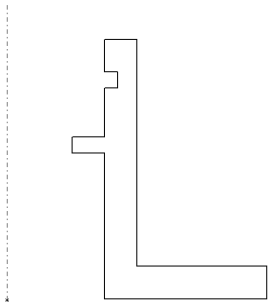


Рисунок 4.6 - Эскиз для применения инструмента
Повернутая бобышка/основание

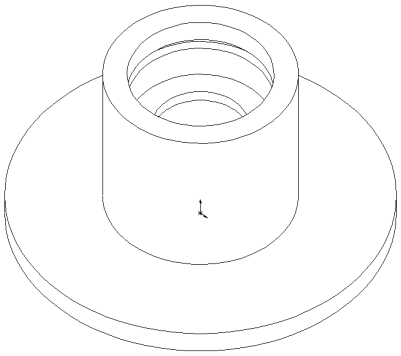


Рисунок 4.7 - Деталь - Повернутая бобышка/основание

Для получения большей информации об особенностях внутреннего строения детали необходимо изменить вид представления детали. Для этого выберите *Вид, Отобразить, Разрез.* В панели *Разрез* выбирается секущая плоскость и расположение сечения относительно неё. Возможно применение нескольких плоскостей. В графической области отображается разрез детали (рис.4.8).

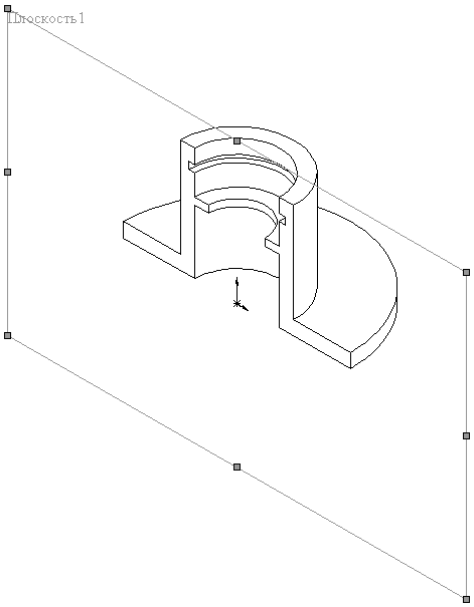


Рисунок 4.8 - Отображение разреза детали

5 СОЗДАНИЕ МАССИВОВ

Для автоматизации создания повторяющихся элементов детали в SolidWorks используются массивы. Использование массива приводит к созданию нескольких копий выбранного элемента и расположение их по заданному закону. Для элемента эскиза можно применить прямоугольный и круговой массивы, для уже созданного элемента – линейный и круговой массивы. К массивам относится и создание зеркального отражения элементов. На примере создания охладителя для полупроводникового прибора рассмотрим использование этих инструментов.

5.1 Использование прямоугольного массива

При создании детали воспользуемся фактом, что охладитель для полупроводникового прибора имеет несколько одинаковых ребер и обладает симметрией. Прямоугольный массив позволяет упростить процесс создания эскиза с повторяющимися элементами.

1. Создайте эскиз и выберите элемент, который должен повторяться.
2. На панели инструменты эскиза выберите *Прямоугольный массив* или *Инструменты, Инструменты эскиза, Прямоугольный массив* (Можно выбрать повторяющиеся объекты после выбора *Прямоугольного массива*.)
3. Имена выбранных объектов появятся в окне *Повторить элементы* они составляют **экземпляр массива**.
4. Задав интервал и угол оси повторения элементов, можно осуществить *предварительный просмотр* получившегося массива (рис. 5.1 *а*). При необходимости направление оси массива может быть изменено на противоположное.
5. Завершите создание массива нажатием кнопки *OK*.
6. При необходимости завершите создание эскиза симметричной половины охладителя (рис. 5.1 *б*).
7. Проведите осевую линию (линию симметрии).
8. Выберите осевую линию и элементы, которые должны быть зеркально отражены. На панели инструменты эскиза выберите *Зеркальное отражение* или *Инструменты, Инструменты эскиза, Зеркальное отражение* (рис. 5.1 *в*).

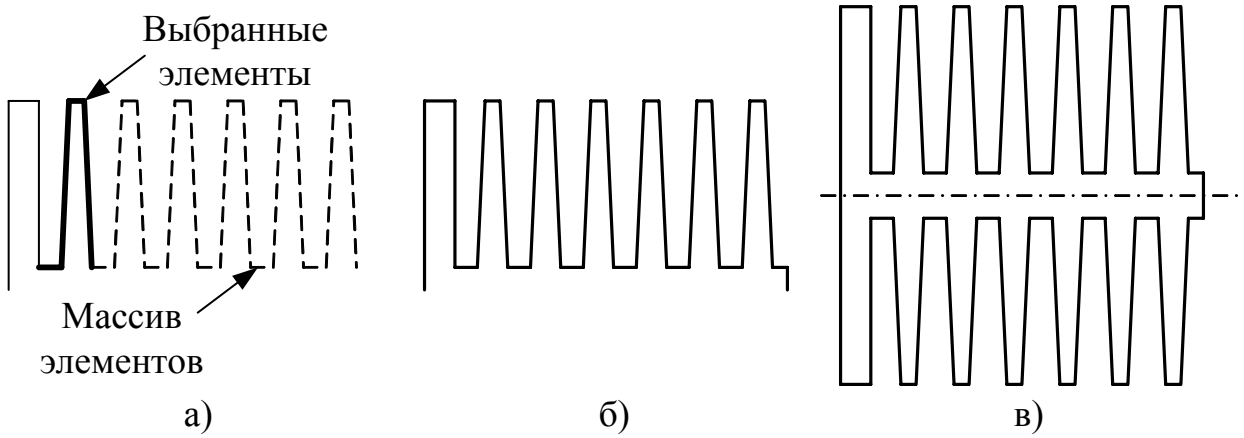


Рисунок 5.1 – Использование инструментов *Прямоугольный массив* и *Зеркальное отражение*

9. Применив к полученному эскизу инструмент *Вытянутая бобышка / основание*, получим деталь - охладитель для полупроводникового прибора.

10. Сохраните деталь *Heatsink1* (рис. 5.2).

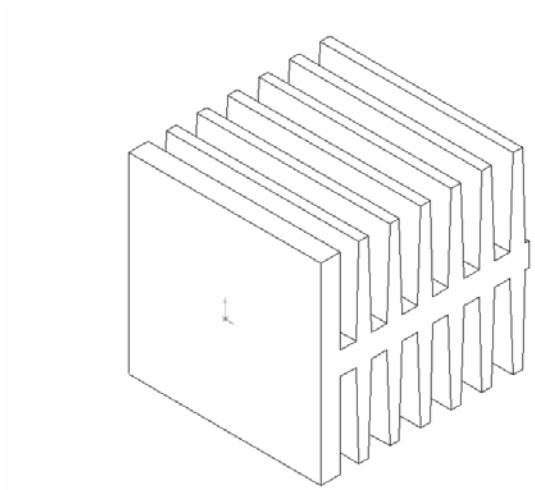


Рисунок 5.2 - Оребренный охладитель для полупроводникового прибора

Прямоугольный массив не отображается на дереве конструирования FeatureManager, но может быть отредактирован. Для этого:

- выберите *Редактировать эскиз* в котором используется массив;
- чтобы изменить количество экземпляров массива, выберите экземпляр, а затем *Инструменты, Инструменты эскиза, Редактировать пря-*

моугольный массив. Или - правой кнопкой мыши нажмите на экземпляр и выберите *Редактировать прямоугольный массив*;

- измените число экземпляров и нажмите OK;
- выйдите из эскиза для завершения редактирования.

5.2 Использование линейного массива

Линейный массив создает несколько копий выбранного элемента или элементов вдоль одного или двух направлений. Необходимо указать направления, число повторений элементов и расстояние между ними. Изменения, которые внесены в исходный элемент, отражаются во всех его повторениях.

Воспользуемся линейным массивом для создания игольчатого охладителя. Создадим основание детали и один экземпляр иглы (рис. 5.3).

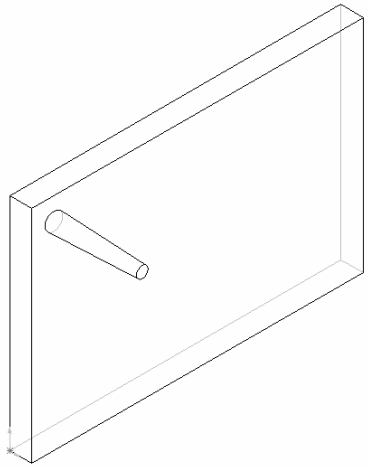


Рисунок 5.3 – Основание детали и экземпляр иглы

Для создания линейного массива:

1. Нажмите кнопку *Линейный массив* на панели инструментов "Элементы" или выберите *Вставка, Массив/Зеркало, Линейный массив*.

2. Выберите кромку модели или размер, чтобы указать первое направление для массива. Имя кромки или размера появится в окне *Направление*. Если стрелка предварительного просмотра указывает в неправильном направлении, выберите *Реверс направления*.

3. Выбрав окно *Копировать элементы*, нажмите на элементы, из которых нужно создать массив, либо в дереве конструирования FeatureManager, либо на модели. (Можно выбрать повторяющиеся элементы до выбора *Линейного массива*.)

4. Укажите значения параметров *Интервал* и *Число элементов* в настройках для *Первого направления*. При изменении параметров с помощью клавиш стрелок, автоматически обновляется предварительный вид итогового массива. При изменении параметров путем ввода с клавиатуры, для обновления изображения нажмите кнопку *Предварительный просмотр*.

5. При необходимости, повторите п.4 для *Второго направления*.

6. Завершите создание массива нажатием кнопки *OK* (рис. 5.4).

7. Сохраните деталь *Heatsink2*.

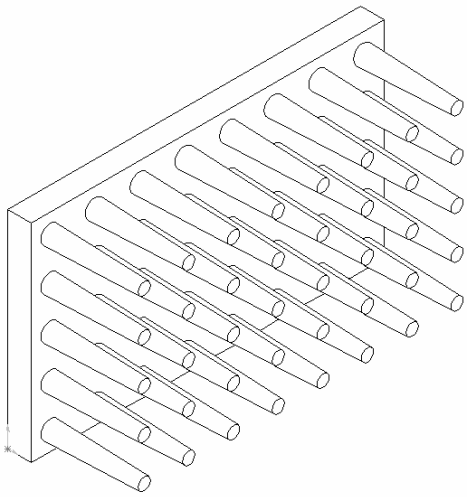


Рисунок 5.4 - Штыревой охладитель для полупроводникового прибора

При необходимости, для редактирования параметров линейного массива правой кнопкой мыши выберите *Линейный массив* на дереве конструирования FeatureManager. В появившемся контекстном меню выберите *Редактировать определение*.

6 ДЕТАЛЬ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА

6.1 Вытяжка тонкостенного элемента

При разработке детали из листового металла обычно проектируется деталь в ***согнутом*** состоянии. Это позволяет сохранить общий замысел проекта и размеры готовой детали.

Детали из листового металла должны быть равномерной толщины. Один из способов создания детали данного типа - это вытянуть основание ***тонкостенного элемента*** из открытого эскиза профиля.

1. Откройте новую деталь на вкладке *Введение.*
2. Откройте новый документ, откройте *Эскиз* на *Plane3 (Плоскости 3)* и нажмите кнопку *Перпендикулярно*
3. Нарисуйте эскиз в соответствии с рисунком 6.1

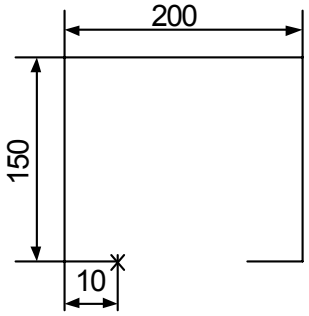


Рисунок 6.1 - Эскиз основания

4. С помощью кнопки *Размер* укажите размер левой горизонтальной линии равный, например, 10 мм. Нажмите кнопку *Добавить взаимосвязь* или выберите *Инструменты, Взаимосвязи, Добавить* и добавьте взаимосвязь *Равенство* между двумя горизонтальными линиями. Закройте диалоговое окно.
5. Укажите размер вертикальной линии равный, например, 150 мм. Добавьте взаимосвязь *Равенство* между двумя вертикальными линиями. Закройте диалоговое окно.
6. Укажите размер верхней горизонтальной линии равный, например, 200 мм.

7. Нажмите кнопку *Вытянутая бобышка/Основание* или выберите *Вставка, Основание, Вытянуть.* Появится диалоговое окно *Вытянуть-Тонкостенный элемент.*

7.1 На вкладке *Граничное условие:*

- Установите в параметре *Тип* значение *От средней поверхности.*
- Установите *Глубину* равную, например, 110 мм.

7.2 На вкладке *Тонкостенный элемент:*

- Установите в параметре *Тип* значение *В одном направлении.*
- Установите *Толщину стенки* равную 2 мм (для корпусов небольшого размера применяется сталь толщиной 0.3 – 1.0 мм, стальной лист толщиной 1.5 – 2.0 мм применяется для деталей, испытывающих значительную механическую нагрузку).
- При необходимости выберите *Реверс,* чтобы вытянуть толщину стенки внутрь

8. Нажмите *ОК.* Полученная деталь приведена на рис. 6.2.

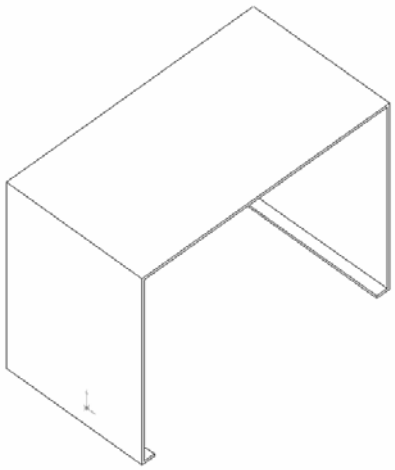


Рисунок 6.2 - Тонкостенный элемент, вытянутый из открытого эскиза

6.2 Вставка сгибов

Теперь преобразуем тонкостенную деталь в деталь из листового металла, добавляя сгибы. Для создания сгибов необходимо указать следующее:

- ***Неподвижная грань***-это грань, которая остается зафиксированной, когда программное обеспечение разгибает деталь из листового металла

- ***Радиус сгиба по умолчанию*** - внутренний радиус сгиба по умолчанию, используемый при создании сгиба или добавлении стенки.
- ***Допуск сгиба*** - используйте любой из следующих параметров:
- ***Таблица сгибов.*** Создаваемая таблица для определенного материала, которая содержит значения податливости, полученные с помощью расчетов на основе толщины и радиуса сгиба.
- ***Коэффициент К.*** Коэффициент, представляющий местоположение нейтрального листа по отношению к толщине детали из листового металла.
- Значение ***допуска сгиба.*** Определенное значение, вводимое на основе опыта и практики работы.

1. Нажмите кнопку *Вставить сгибы* на панели инструментов "Листовой металл" или выберите *Вставка, Элементы, Листовой металл, Сгибы.* Появится диалоговое окно *Плоское состояние.*

2. Выберите в качестве зафиксированной кромки или грани лицевую грань основания тонкостенного элемента.

3. Установите *Радиуса сгиба по умолчанию* равный 2 мм.

4. В окне *Допуск сгиба* выберите параметр *Использовать Коэффициент К.* Для данного примера используйте значение по умолчанию - 0.5.

5. Нажмите *ОК.*

6. Сохраните деталь как *Cover.* Расширение имени файла .**SLDPRT** будет добавлено автоматически. Сохраненная деталь приведена на рис. 6.3.

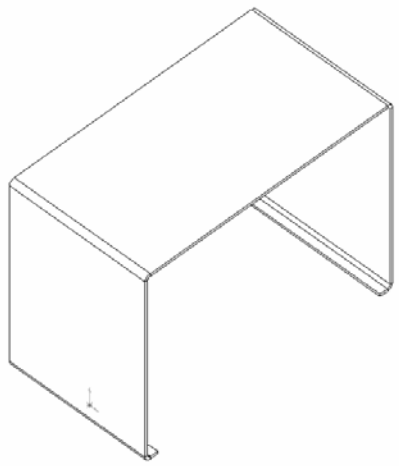


Рисунок 6.3 - Деталь из листового материала

6.3 Откат проектирования

Посмотрите на дерево конструирования FeatureManager. Три новых элемента, представляющие собой шаги в процессе создания детали из листового металла.

- ***Sheet-Metal1 (Листовой металл1).*** Элемент *Sheet-Metal (Листовой металл)* отмечает начало процесса. В нем содержатся параметры сгиба по умолчанию.
- ***Flatten-Bends1 (Плоское состояние 1).*** Элемент *Flatten-Bends (Плоское состояние)* добавляет необходимые сгибы с требуемым допуском сгиба и разгибает деталь в плоский лист с размещением линий сгиба в соответствующих местах.
- ***Process-Bends1 (Согнутое состояние 1).*** Элемент *Process-Bends (Согнутое состояние)* сгибает (обрабатывает) плоскую деталь, возвращая ее в согнутое состояние.

1. Откат проектирования до плоского состояния выполняется с использованием одного из следующих методов:

- Нажмите кнопку *Согнуть* на панели инструментов "Листовой металл".
- Нажмите *Process-Bends1 (Согнутое состояние1)* в дереве конструирования FeatureManager, затем выберите *Правка, Откат* в главном меню.
- При наведении указателя мыши на полосу в нижней части дерева конструирования FeatureManager (*полосу отката*) указатель принимает форму руки , а при нажатии левой кнопки мыши цвет полосы изменяется с желтого на синий. Перетащите полосу отката пока она не окажется над элементом *Process-Bends1 (Согнутое состояние1).*

Независимо от используемого метода, деталь становится ровной, показывая касательные кромки областей сгиба. Рассчитывается общая развернутая длина плоского листа, с учетом радиуса сгиба и податливости.

2. Для просмотра текущих линий сгиба (рис. 6.4) нажмите на знак «+» слева от *Flatten-Bends1 (Плоское состояние1),* а затем правую кнопку мыши на *Sharp-Sketch1 (Эскиз острого сгиба1).* Выберите *Отобразить.* Аналогичными действиями можно скрыть линии сгиба *(Скрыть).*

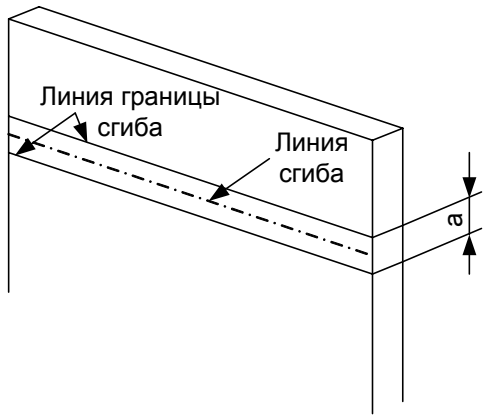


Рисунок 6.4 - Линии сгиба

Расстояние *a* между границами сгиба определяет зону деформации материала при сгибе.

6.4 Добавление сгибов

Чтобы добавить сгибы в деталь из листового металла:

1. В дереве конструирования FeatureManager нажмите на знак «+» рядом с элементом *Согнутое состояние 1*, чтобы отобразить элемент *Эскиз плоского сгиба 1*.

2. Правой кнопкой мыши нажмите на *Эскиз плоского сгиба 1* и выберите *Редактировать эскиз*. Деталь перестраивается в плоское состояние.

Для того чтобы добавить сгиб в деталь из листового металла, которая находится в плоском состоянии, используется инструмент **Линия** (Панель Инструменты эскиза) вдоль которой и будет согнута деталь. Линия должна быть проведена от одной до другой кромки детали.

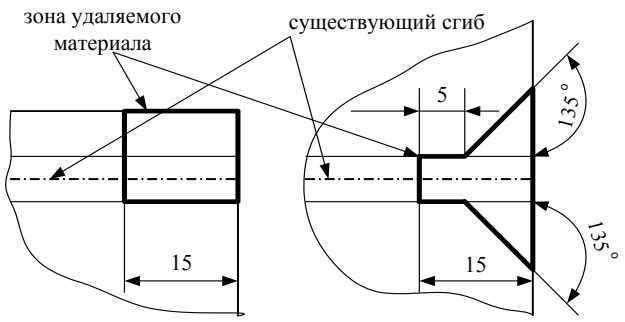
3. После выхода из редактирования эскиза, деталь будет перестроена с новым сгибом.

Для добавления сгибов, перпендикулярных существующим, необходимо в зоне деформации существующего сгиба предварительно вырезать часть материала, которая будет мешать выполнению нового сгиба. В соответствии с производственным процессом, эти вырезы выполняются на плоской заготовке.

Для выравнивания согнутой детали выполните откат до плоского состояния и вставьте новый элемент непосредственно перед элементом *Process-Bends (Согнутое состояние)*. Новый элемент становится видимым на стадии плоской детали.

1. Откройте эскиз на лицевой грани или на любой из граней фланца.

2. Добавьте в области сгибов замкнутые контуры (рис. 6.5 *а*, *б*).



а) б)

Рисунок 6.5 - Добавление вырезов

3. Нажмите кнопку *Вытянутый вырез* или выберите *Вставка, Вырез, Вытянуть.* Установите в параметре *Тип* значение *Через все* и нажмите *ОК.* Таким образом, в зоне сгибов будет удален материал.

4. Для того чтобы снова согнуть деталь, нажмите кнопку *Согнуть* или перетащите полосу отката в нижнюю часть дерева конструирования FeatureManager. Посмотрите на дерево конструирования FeatureManager. Обратите внимание на то, что элемент *Вырез-Вытянуть* находится между элементами *Плоское-состояние* и *Согнутое-состояние.*

Как было указано ранее, добавьте сгибы вдоль длинной кромки детали на расстоянии 10 мм от края. Каждый сгиб добавляется своей линией.

Для редактирования параметров сгиба:

1. В дереве конструирования FeatureManager нажмите на знак «+» рядом с элементом *Согнутое состояние 1*, чтобы отобразить элементы *Плоский сгиб 1, Плоский сгиб 2, Плоский сгиб 3*.

2. Правой кнопкой мыши нажмите на *Плоский сгиб 1* (в графической области выбранный сгиб выделяется) и выберите *Редактировать определение*.

3. На вкладке *Сгиб* можно изменить направление и угол сгиба, изменить радиус сгиба по умолчанию. По завершению редактирования нажмите *ОК.*

Полученная деталь приведена на рис. 6.6.

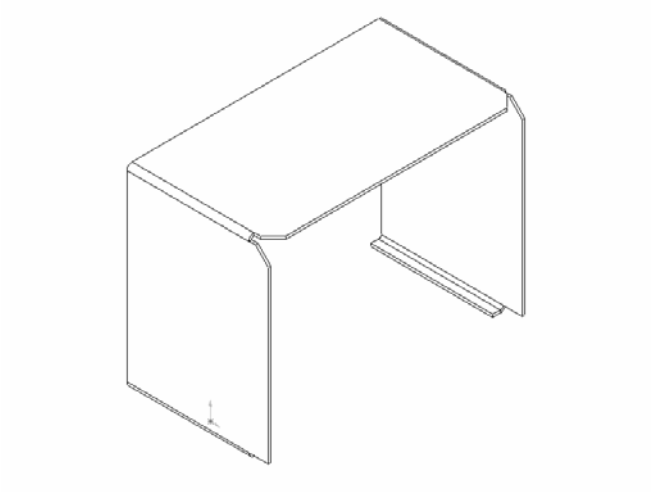


Рисунок 6.6 - Деталь с добавленными вырезами

6.5 Вставка отверстий

Для вставки отверстий выполните откат до плоского состояния. Когда деталь плоская, можно вставить отверстия.

1. Откройте эскиз на лицевой грани или на любой из граней фланца.

2. Нажмите кнопку *Осевая линия* и нарисуйте горизонтальную осевую линию через средние точки лицевой грани. Среднюю точку линии можно выбрать:

- Выделив линию и нажав правую кнопку мыши в контекстном меню *Выбрать среднюю точку*
- Ведя указатель над линией дождаться изменения вида указателя на , что соответствует средней точке.

При проведении горизонтальной линии указатель сохраняет форму , вертикальной - .

3. Сохраняя осевую линию выбранной, нажмите кнопку *Зеркальное отражение* или выберите *Инструменты, Инструменты эскиза, Зеркальное отражение.*

4. Нарисуйте две окружности на верхнем разогнутом фланце. Эти окружности зеркально отразятся на нижнем разогнутом фланце.

5. Укажите диаметр левой верхней окружности равный 3,5 мм.

6. Нажмите кнопку *Добавить взаимосвязь* или выберите *Инструменты, Взаимосвязи, Добавить.*

а) Добавьте взаимосвязь *Равенство* между двумя верхними окружностями.

б) Добавьте взаимосвязь *Горизонтальность* между центрами двух верхних окружностей.

в) Закройте диалоговое окно *Добавить геометрические взаимосвязи.*

7. Завершите нанесение размеров на верхние окружности (рис. 6.7). Теперь все четыре окружности полностью определены.

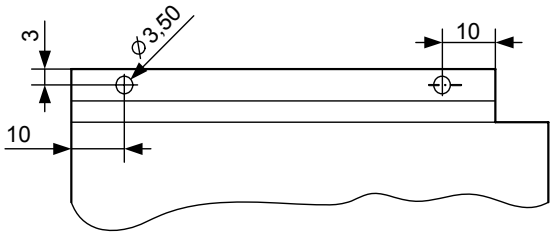


Рисунок 6.7

8. Нажмите кнопку *Вытянутый вырез* или выберите *Вставка, Вырез, Вытянуть.* Установите в параметре *Тип* значение *Через все* и нажмите *ОК.*

9. Для того чтобы снова согнуть деталь, нажмите кнопку *Согнуть* или перетащите полосу отката в нижнюю часть дерева конструирования FeatureManager. Посмотрите на дерево конструирования FeatureManager. Обратите внимание на то, что элемент *Вырез-Вытянуть* находится между элементами *Плоское-состояние и Согнутое-состояние.*

10. Сохраните деталь из листового материала (рис. 6.8).

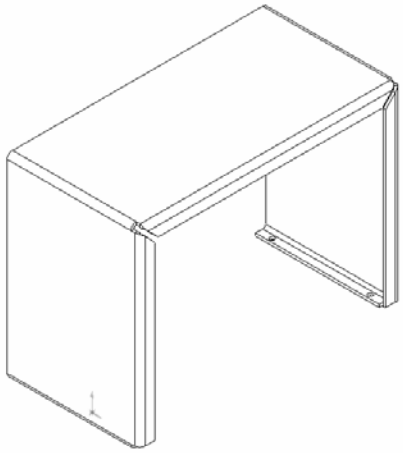


Рисунок 6.8 - Деталь из листового материала

7 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ФОРМЫ И ПАПКИ FEATURE PALETTE

Инструменты формы листового металла - это специальные детали SolidWorks, с помощью которых можно сгибать, растягивать или придавать другую форму листовому металлу. Можно применить инструменты формы в деталях из листового металла для создания вентиляционных отверстий, ребер и т.д. Инструменты формы применяются только из окна Feature Palette

Программное обеспечение SolidWorks включает в себя несколько примеров инструментов формы, которые хранятся в каталоге: *каталог_установки \ data \ Palette Form Tools \ название_папки*. Инструменты формы можно создавать самому или изменять размеры существующих инструментов с помощью пункта контекстного меню *Отредактировать элемент палитры*, доступного при обращении к инструменту формы.

7.1 Применение инструмента формы

1. Загрузите деталь *Cover*. Выберите *Инструменты, Feature Palette* для отображения папки Feature Palette. По умолчанию папка Feature Palette открывается в папке верхнего уровня (Palette Home). Во время работы окно Feature Palette остается в верхней части окна SolidWorks.

2. Перемещение по папкам осуществляется в соответствии с правилами Windows. Зайдите в папку инструментов формы (*Palette Forming Tools*), затем в папку *Louver (Вентиляционные отверстия)*.

Элементы палитры отобразятся в виде уменьшенной копии изображения.

3. Для применения вентиляционного отверстия в детали из листового металла перетащите вентиляционное отверстие из папки Feature Palette на боковую грань этой детали. Пока не размещайте инструмент формы (не отпускайте кнопку мыши). По умолчанию инструменты формы перемещаются вниз через выбранную грань. Для изменения направления перемещения наружу, нажмите клавишу *Tab.* Предварительный вид обновляется автоматически.

4. Разместите инструмент формы. Появится диалоговое окно *Расположение элемента формы.* Не закрывая диалоговое окно, поместите вентиляционное отверстие на грань, пользуясь установочным эскизом.

5. Для того чтобы повернуть установочный эскиз нажмите кнопку *Изменить эскиз* на панели инструментов "Эскиз" или выберите *Инструменты, Инструменты эскиза, Изменить.*

6. Введите значение -90 в поле *Вращать* диалогового окна *Изменить эскиз* и нажмите клавишу *Enter.* Установочный эскиз поворачивается на 90 градусов по часовой стрелке.

7. Нажмите кнопку *Закрыть.*

8. Нажмите кнопку *Размер* выберите *Plane2 (Плоскость2)* в дереве конструирования FeatureManager, затем нажмите на горизонтальную осевую линию установочного эскиза. Установите значение размера равное 40 мм. Размер от *Плоскость2* соответствует размеру от основания детали.

9. Для того чтобы полностью определить установочный эскиз необходимо добавить размер, связывающий установочный эскиз с вертикальной кромкой детали.

10**.** Нажмите *Готово* для выхода из диалогового окна *Расположение элемента формы.*

11. Нажмите кнопку «X» в папке Feature Palette, чтобы закрыть ее.

12. Нажмите кнопку *Изометрия* для просмотра более качественного изображения детали, созданной на данный момент (рис. 7.1).

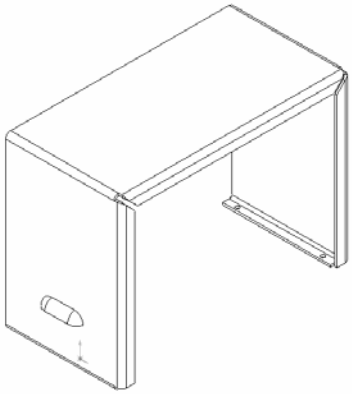


Рисунок 7.1 - Примененный инструмент формы – *louver (вентиляционное отверстие)*

Посмотрите на дерево конструирования FeatureManager. Обратите внимание на то, что элемент формы *louver1 (вентиляционное отверстие1)* появляется после элемента *Согнутое состояние.*

7.2 Формирование массива элемента формы

Теперь создайте линейный массив вентиляционных отверстий.

1. Нажмите кнопку *Линейный массив* или выберите *Вставка, Массив/ Зеркало, Линейный массив.*

2. Выберите параметр *Выбранное направление* затем нажмите на вертикальную кромку боковой грани. Появится стрелка предварительного просмотра, указывающая направление массива.

3. При необходимости нажмите *Реверс направления,* чтобы стрелка указывала вверх.

4. Установите *Интервал* равный 20, а в параметре *Число элементов* значение 4.

5. Убедитесь, что элемент *louver1 (вентиляционное отверстие1)* указан в поле *Копировать элементы.*

6. Выберите *Геометрический массив.* Параметр *Геометрический массив* ускоряет создание и перестроение массива. Отдельные экземпляры данного элемента копируются, но не решаются.

7. Нажмите *ОК.*

8. Сохраните деталь.

8 ОСНОВЫ СБОРКИ

8.1 Создание сборки

Используя созданные детали *Base1* и деталь *Base3*, приведенную на рис. 8.1 можно создать сборку.

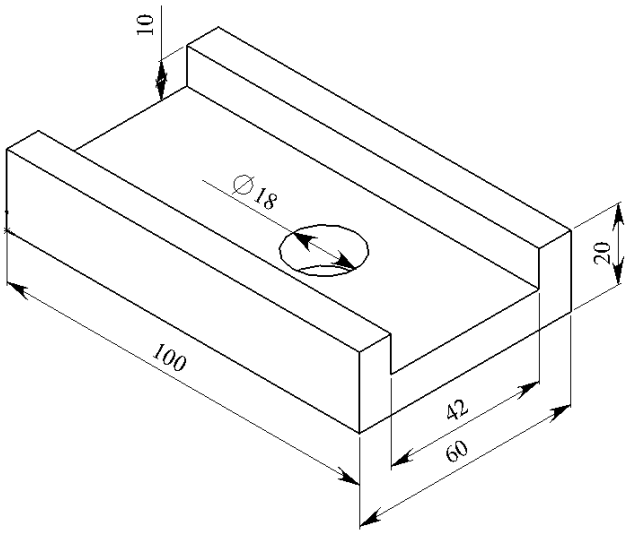


Рисунок 8.1

1. Откройте файлы деталей *Base1* и *Base3*.

2. Откройте новую сборку на вкладке *Создать.*

3. Выберите *Окно, Отобразить окна сверху вниз,* чтобы вывести на экран все три окна.

4. Перетащите значок *Base3* с вершины дерева конструирования FeatureManager *Base3* в дерево конструирования *FeatureManager* в окне сборки (*Assem1*)**.** При добавлении детали в сборку подобным образом в детали автоматически формируется точка сборки. Когда деталь формирует точку сборки:

- исходная точка детали совпадает с исходной точкой сборки.
- плоскости детали и сборка выровнены по отношению друг к другу.

5. Перетащите значок *Base1* из *Base1* в графическую область окна сборки, поместив его рядом с деталью *Base3.*

6. Сохраните сборку как *Base.* (К имени файла будет добавлено расширение **.SLDASM**.**)** При появлении сообщения о сохранении соответствующих документов нажмите *Да.*

7. Потяните за угол окна со сборкой, чтобы увеличить его, или нажмите кнопку *Развернуть*. Для создания сборки, окна деталей *Base1* и *Base3* в дальнейшем не требуются.

8. Нажмите кнопку *Изменить в размер экрана.*

8.2 Манипулирование компонентами

Деталь, добавляемая в сборку, называется ***компонентом*** сборки. Компоненты можно перемещать или вращать по отдельности или вместе, используя средства панели инструментов "Сборка". Первый компонент, добавляемый в сборку, фиксируется на месте по умолчанию. Зафиксированный компонент имеет префикс **(f)** в дереве конструирования FeatureManager. Перемещение или вращение зафиксированного компонента невозможно до тех пор, пока его не сделают ***свободно перемещаемым*** (незафиксированным).

1. Для того чтобы сделать зафиксированный компонент свободно перемещаемым, нажмите правой кнопкой мыши на него либо в дереве конструирования FeatureManager, либо в графической области, затем выберите *Освободить в* контекстном меню. Префикс сменится на **(-),** указывая на то, что положение компонента является недоопределенным.

2. Для перемещения и вращения компонента в сборке можно использовать следующие инструменты панели инструментов "Сборка".

- Нажмите кнопку *Переместить компонент,* выберите имя компонента в дереве конструирования FeatureManager или нажмите на одну из граней компонента, затем переместите его. Указатель курсора изменяет форму на ✥.
- Нажмите кнопку *Вращать компонент вокруг центральной точки,* выберите имя компонента в дереве конструирования FeatureManager или нажмите на одну из граней компонента, затем поверните его. Указатель курсора изменяет форму на ↻.
- Инструменты *Переместить компонент* и *Вращать компонент вокруг центральной точки* остаются активными, поэтому можно один за другим перемещать другие незафиксированные компоненты.

- Удерживая клавишу *Ctrl,* выделите компонент и ось, линейную кромку или нарисованную линию. Затем нажмите *Вращать компонент вокруг оси* и поверните компонент. Если оси на данный момент не отображаются, выберите *Вид, Оси* (для осей, определяемых пользователем) - или *Вид, Временные оси (*для осей, задаваемых косвенно моделью). Указатель курсора изменяет форму на .

3. Для того чтобы выйти из режима перемещения или вращения, поступайте следующим образом:

- Нажмите снова на инструмент.
- Нажмите на другой инструмент.
- Выберите *Инструменты, Выбрать.*
- Нажмите *Выбрать* в контекстном меню или на панели инструментов.
- Нажмите клавишу *Esc.*

4. Чтобы изменить ориентацию всей сборки в графической области, используйте инструменты на панели инструментов "Стандартные виды".

5. Для прокрутки или вращения всей сборки в графической области используйте кнопки *Перемещать* и *Вращать вид* на панели инструментов "Вид".

8.3 Сопряжение компонентов

В этом разделе определяются ***взаимосвязи сопряжения*** компонентов в сборке, благодаря которым они ровно и точно подгоняются друг к другу.

1. Нажмите кнопку *Изометрия* на панели инструментов "Стандартные виды".

2. Нажмите кнопку *Сопряжение* на панели инструментов "Сборка" или выберите *Вставка, Сопряжение.* Появится диалоговое окно *Сопряжение в сборке.* При активном окне *Сопряжение в сборке* для удобства выбора элементов можно использовать режимы масштабирования и перемещения вида сборки. Для возврата в режим *Выбрать* воспользуйтесь способом, описанным ранее.

3. Нажмите на внутреннюю грань *Base3*, затем нажмите на противоположную бобышке грань *Base1*. Грани представлены в списке *Выбранные элементы.*

4. Выберите *Совпадение* в группе *Типы сопряжении*, а также *Максимально близко* в группе *Условие выравнивания.*

5. Нажмите *Предварительный просмотр* для просмотра сопряжения. Выбранные грани двух компонентов совпадают. Если при совпадении граней положение компонента не соответствует требуемому (например повернуто на 180^0), то нажмите кнопку *Отменить*, выйдите из режима *Сопряжение* и вручную переместите компонент ближе к желаемому положению. Повторите п.2 - п.5.

6. Нажмите *Применить.*

Положение компонента *Base1* в сборке полностью еще не определено, как показывает префикс (-) в дереве конструирования FeatureManager. *Base1* все еще имеет некоторую степень свободы перемещения по направлениям, которые пока не подчинены взаимосвязям сопряжения. Нажмите кнопку *Переместить компонент*, затем нажмите на компонент *Base1*. Попробуйте переместить компонент в разные стороны, затем используйте любой из методов, которые рассматривались в предыдущем разделе, чтобы выйти из режима перемещения.

Добавление сопряжений

1. Выберите крайнюю правую грань компонента, затем, удерживая нажатой клавишу *Ctrl,* выберите соответствующую грань в другом компоненте.

2. Нажмите кнопку *Сопряжение* или выберите *Вставка, Сопряжение.*

3. В диалоговом окне *Сопряжение в сборке* снова выберите *Расстояние,* установите расстояние 1мм.

4. Нажмите *Предварительный просмотр* для просмотра сопряжения.

5. Нажмите *Применить.*

6. Повторите шаги с 1 по 5, выбирая цилиндрические поверхности отверстий обоих компонентов, для добавления сопряжения *Концентричность.*

7. Сохраните сборку (рис.8.2).

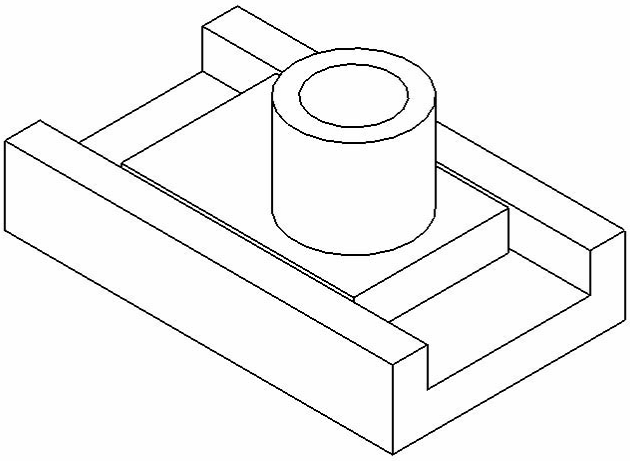


Рисунок 8.2 – Сборка из деталей *Base1* и *Base3* с добавленными сопряжениями

Принципы нанесения размеров на детали в сборке и сборку в целом не отличается от рассмотренного.

9 ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

Параметры для чертежей

Диалоговое окно *Параметры* в меню "Инструменты" содержит параметры, управляющие различными аспектами чертежей. Кроме масштаба листа по умолчанию и масштаба местного вида, можно указать тип ортогональной проекции, привязку чертежных элементов при перетаскивании, отображение кромок по умолчанию, а также множество других способов автоматического размещения, отображения и обновления.

Основные надписи чертежей

При открытии нового чертежа можно выбрать стандартные основные надписи, основные надписи, настроенные пользователем, или пустую основную надпись. При добавлении листа в чертеж можно выбрать размер и формат листа. Основную надпись и размеры листа можно изменить в дальнейшем.

Основную надпись можно настроить (например, чтобы она отвечала стандартам, принятым в конкретной компании), включая ее содержание и шрифт, точку привязки спецификации, а также изображение логотипа компании. Затем основную надпись можно сохранить для дальнейшего использования.

Свойства листа, такие как имя, размер, номер и масштаб имеют имена, определяемые системой, которые могут быть связаны с текстом заметки в основной надписи.

Виды чертежей

К основным видам относятся: 3 стандартных вида, именованный вид, разрез и местный вид. К другим возможным видам относятся:

- ***Проекция*** - это проекция ортогонального вида
- ***Вспомогательный вид*** - это проекция, которая развертывается перпендикулярно кромке существующего вида, относительно которой строится дополнительный вид.
- ***Вид по модели*** - это вид, определяемый двумя ортогональными гранями или плоскостями в модели

- ***Разъединенный вид*** - это прерывание длинной детали, имеющей равномерное поперечное сечение.
- ***Выровненный разрез*** - это разрез, выровненный по нарисованной линии сечения
- ***Разрез сборки*** - этот вид похож на разрез детали, но на нем можно не разрезать отдельные компоненты

Другие параметры чертежных видов, которыми можно управлять, включают в себя:

- Редактирование свойств вида, включая масштаб, ориентацию, конфигурацию, состояние с разнесенными частями, а также тип размеров (проекционный или изометрический).
- Отключение параметра режима авто-обновление вида, чтобы увеличить производительность, с последующим обновлением отдельных видов вручную или при необходимости всех видов.
- Прерывание выравнивания видов, которые выравниваются автоматически. Кроме того, можно выровнять один вид относительно другого.
- Вращение чертежного вида вокруг кромки или вокруг его центральной точки. Можно копировать и вставлять виды, скрыть или отобразить вид, а также изменить режим его отображения.

Форматы линий

Можно указать толщину линии (стиль, цвет и толщину) для компонентов на чертеже сборки, а также для всех линий, кромок и объектов эскиза в чертеже.

Слои

Для объектов в слое чертежа назначается цвет линий, толщина и стиль. Отдельные слои можно скрывать или отображать. В различных слоях возможно создание вспомогательных и справочных геометрических построений.

Двухмерное рисование

Инструменты и взаимосвязи эскиза работают в документе чертежа таким же образом, как и в документе детали или сборки, что позволяет создавать двухмерные чертежи классическим способом.

Параметры оформления

Диалоговое окно *Параметры* содержит параметры оформления для чертежного стандарта для отображения незначащих нулей, информации об указателях центра, осевых линиях и толщине линий. Можно управлять размерами, заметками, позициями, стрелками и виртуальными резкостями.

Размеры на чертежах

Можно добавлять элементы, такие как размеры, заметки и обозначения в документы детали и сборки, а затем импортировать эти размеры и примечания из модели в чертеж. Находясь в режиме чертежа, можно добавлять другие необходимые примечания и справочные размеры.

Можно импортировать размеры из модели сразу во все или в выбранные чертежные виды. В чертеже можно добавлять параллельные, горизонтальные и вертикальные справочные размеры тем же способом, что и в эскизах модели. На силуэтные кромки и средние точки линейных кромок можно наносить размеры.

Базовой линией для размеров может служить любая кромка или вершина.

Можно выровнять размеры в линейном или радиальном направлении, кроме того, можно разместить параллельные размеры на одинаковом расстоянии. Можно расположить текст размера по центру между выносными линиями и сместить текст размера по отношению к его стрелкам.

Некоторые из свойств размера можно изменять: значение, имя, стиль и размещение стрелки, шрифт, точность, выносные линии, выноски, допуск и единицы измерения.

В зависимости от типа размера (линейный, радиус, справочный, управляемый) можно также изменять следующие свойства: управляемый, только для чтения, двойной размер, условие дуги, укороченный радиус, внутри или снаружи дуги, ординатный размер как цепочка и как размер для осмотра.

9.1 Открытие основной надписи чертежа

Для создания чертежа детали необходимо воспользоваться пустой заготовкой формата чертежа со стандартной основной надписью. Сначала соз-

дайте документ - чертеж, откройте основную надпись чертежа и подготовьте ее для одной из созданных деталей.

1. Нажмите кнопку *Создать* на панели инструментов "Стандартная" или выберите *Файл, Создать* в строке меню. Появится диалоговое окно *Новый документ SolidWorks.*

2. Нажмите на значок *Чертеж.* В окне появится предварительный вид формата чертежа.

3. Нажмите *ОК.*

В окне выбора основной надписи и формата листа выберите *стандартную основную надпись А2-альбомная* и нажмите *ОК*. При инсталляции SolidWorks в защищенную от записи область диска, программа предлагает сделать копию служебных файлов – отвечаете *Да*.

Появляется пустой лист чертежа с текстом примечания, указывающим, что можно создать свою надпись или изменить существующую, а также просмотреть справку для получения дополнительных сведений по изменению основных надписей, отображается панель инструментов «Чертеж».

4. Нажмите правой кнопкой мыши в любом месте листа и выберите *Редактировать основную надпись.*

5. Нажмите на текст заметки для его выделения, а затем клавишу *Delete***.**

6. Увеличьте масштаб блока заголовка в правом нижнем углу.

7. Для ввода текста выберите *Вставка, Примечания, Заметка.* Введите *текст заметки*.

8. Нажмите кнопку *Шрифт.* В диалоговом окне *Выбрать шрифт* выберите шрифт, стиль или размер, затем нажмите *ОК***.**

9. Нажмите *ОК***,** чтобы закрыть диалоговое окно *Свойства.*

10. Выберите заметку и перетащите ее в нужное место. Повторите эти действия до завершения заполнения основной надписи.

11. Для изменения цвета шрифта заметки выберите заметку, на панели *Формат линии* нажмите кнопку *Цвет линии*, в появившемся окне выберите требуемый цвет.

12. Для того чтобы сделать эту основную надпись формата *А2-Альбомная* стандартной, выберите *Файл, Сохранить основную надпись* и на-

жмите *ОК*. Нажмите *Да* для подтверждения перезаписи существующей основной надписи. При выборе этой основной надписи для Ваших собственных чертежей не нужно будет выполнять эти изменения снова.

Для сохранения основной надписи под другим именем, не перезаписывая стандартную основную надпись, выберите *Файл, Сохранить основную надпись, Основная надпись пользователя.* Нажмите *Обзор* и выберите каталог, в котором будет сохранена созданная основная надпись. Введите имя файла и нажмите *Сохранить.* Нажмите *ОК* для закрытия диалогового окна.

Выбор *Основной надписи пользователя* при создании нового чертежа позволяет оптимизировать работу конструктора.

13. Завершите редактирование основной надписи. Нажмите правой кнопкой мыши в любом месте чертежа и выберите *Редактирование листа.*

9.2 Настройка параметров оформления чертежа

После редактирования основной надписи необходимо настроить параметры оформления чертежа. Настраивается размер шрифта по умолчанию, а также стили размеров, стрелок и другие параметры оформления.

1. Выберите *Инструменты, Параметры.*

2. На вкладке *Свойства документа* выберите *Оформление.* В разделе *Чертежный стандарт - GOST* для параметра *Незначащие нули* выберите *Удалить.*

3. В окне группы *Оформление* выберите *Размеры.* Снимите выбор с параметра *Добавить скобку по умолчанию*. Нажмите кнопку *Шрифт.* Появится диалоговое окно *Выбрать шрифт.*

4. Нажмите *Размер* и введите или выберите 16.

5. Нажмите *ОК.*

6. В окне группы *Оформление* выберите оформление *Стрелки*.

7. Нажмите *ОК,* чтобы закрыть диалоговое окно *Параметры.*

9.3 Создание чертежа детали

1. Нажмите кнопку *3 стандартных вида* на панели инструментов "Чертеж" или выберите *Вставка, Чертежный вид, 3 стандартных вида.* Обрати-

те внимание на форму указателя и сообщение в строке состояния: Выберите модель, которую нужно отобразить в чертеже.

2. Нажмите правую кнопку мыши на поле листа. В появившемся меню выберите *Вставить из файла*. В окне *Вставить компонент* выберите файл модели, которую нужно отобразить в чертеже (*Heatsink2.SLDPRT*).

3 стандартных вида можно также создать:

- Откройте *Heatsink2.SLDPRT*. Вернитесь снова в окно чертежа, нажмите кнопку *3 стандартных вида*. В меню *Окно* выберите *Heatsink2.SLDPRT*, появится окно *Heatsink2.SLDPRT*. Нажмите левую кнопку мыши в графической области окна детали. На передний план возвращается окно чертежа с тремя видами выбранной детали.
- Откройте *Heatsink2.SLDPRT*. Расположите окна мозаикой и перетащите деталь из документа детали в графическую область чертежа.

Для перемещения вида по графической области чертежа нажмите левую кнопку мыши на его границе, затем перетащите его указателем за зеленую границу. При помещении указателя на границу выбранного вида, он принимает форму , в отличии от , когда находится в пределах листа. *Чертежный вид2* и *Чертежный вид3* выравниваются относительно *Чертежного вида1* и для сохранения выравнивания перемещаются только в одном направлении.

- Для перемещения *Чертежного вида2* по вертикали перетащите его вверх и вниз.
- Для перемещения *Чертежного вида3* по горизонтали перетащите его вправо и влево.
- Для перемещения всех видов вместе нажмите на *Чертежный вид1* и перетащите его в любом направлении.

9.4 Нанесение размеров на чертеж

На чертежах показываются двухмерные виды моделей. Можно отобразить размеры, которые указаны в модели, на всех чертежных видах.

1. Когда ни один из элементов не выбран, выберите *Вставка, Элементы модели.* Появится диалоговое окно *Вставить элементы модели.* Можно

выбрать, какие типы размеров, примечаний и справочной геометрии нужно импортировать из модели.

2. Убедитесь, что выбраны параметры *Размеры* и *Импортировать элементы во все виды* и нажмите *ОК.* Размеры импортируются в тот вид, где описываемый ими элемент лучше всего виден. Импортируется только одна копия каждого размера.

3. Перетащите размеры в нужное положение (рис.9.1).

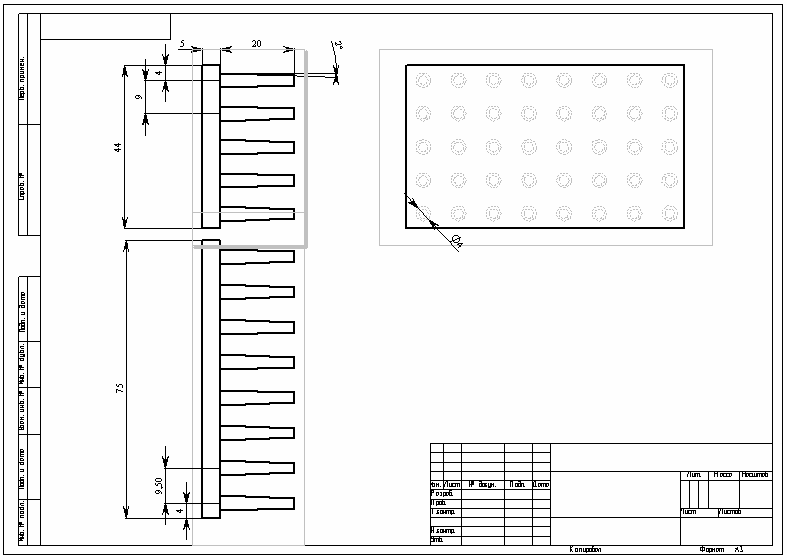


Рисунок 9.1 – Чертеж детали *Heatsink2* с нанесенными размерами

4. Нажмите кнопку *Сохранить* и сохраните документ чертежа как *Heatsink2.* Расширение по умолчанию .**SLDDRW**.

Советы по нанесению размеров на чертежах

- Для ***удаления*** ненужного размера выделите его и нажмите клавишу *Delete.*
- Для того чтобы ***скрыть*** размер, выберите *Вид, Отобразить/Скрыть размеры,* затем выберите размер, который требуется скрыть. Можно скрыть или показать размер, нажав на него указателем; с каждым нажатием выполняется переключение режима отображения.
- Чтобы ***перенести*** размер на другой вид, нажмите на размер и, удерживая клавишу *Shift,* перетащите размер в нужное место внутри границ выбранного вида. (При выполнении этой операции не перетаскивайте за маркеры.)

- Чтобы ***скопировать*** размер на другой вид, нажмите на размер и, удерживая клавишу *Ctrl,* перетащите размер в нужное место внутри границ выбранного вида. (При выполнении этой операции не перетаскивайте за маркеры.)
- Чтобы расположить ***по центру*** текст размера между выносными линиями, нажмите на размер правой кнопкой мыши и выберите *Параметры отображения, Текст по центру.*

Существуют следующие варианты отображения размеров на круговых элементах:

- Чтобы вместо размера ***радиуса*** установить размер ***диаметра,*** нажмите правой кнопкой мыши на размер и выберите *Параметры отображения, Отобразить как диаметр.*
- Чтобы отобразить размер ***диаметра*** как ***линейный,*** нажмите правой кнопкой мыши на размер и выберите *Параметры отображения, Отобразить как линейный.*
- Если размер размещен не под тем углом или не на том расстоянии, выберите его и перетащите зеленый маркер на значение размера. Угол выносных линий изменяется с шагом в 15°.
- Для изменения внешнего вида выносок, текста, стрелок и т.д. нажмите правой кнопкой мыши на размер и выберите *Свойства.* Измените доступные параметры и нажмите *ОК.*

Для нанесения справочных размеров на чертеже:

- Выберите *Инструменты, Размеры***,** выберите тип размера, затем добавьте размер.

или

- Выберите *Размер.*

Для добавления примечаний на чертеже:

- Выберите *Вставка, Примечания***,** затем выберите тип примечания, которое нужно добавить

или

- Выберите *Инструмент* на панели инструментов "Примечания".

Изменение размеров

При изменении размера модели на виде чертежа происходит автоматическое обновление модели, отражающее данное изменение, и наоборот.

1. На *Чертежном виде1* дважды нажмите на размер глубины вытяжки бобышки.

2. В диалоговом окне *Изменить* измените значение с 20 мм до 30 мм и нажмите *Enter.*

3. На панели инструментов нажмите *Перестроить.* Деталь перестраивается с использованием измененного размера. Обновляются как чертеж, так и модель детали.

4. Нажмите *Окно* и выберите окно *Heatsink2.sidprt.*

5. Дважды нажмите на элемент *Boss-Extrudel (Бобышка-Вытянуть1)* в дереве конструирования FeatureManager для отображения размеров данного элемента. Обратите внимание на то, что размер глубины равен 30 мм.

6. Вернитесь обратно в окно чертежа и сохраните чертеж. Система уведомляет о том, что используемая в чертеже модель была изменена, и спрашивает, нужно ли ее сохранить.

7. Нажмите *Да* для сохранения чертежа и обновления модели.

Если данная деталь входит в состав сборки, то при переходе в окно сборки или ее открытии появится сообщение, запрашивающее, требуется ли перестроить сборку, нажмите *Да*.

Верните первоначальные размеры на модели детали и перестройте чертеж и сборку.

Добавление еще одного листа чертежа

Для создания дополнительного листа чертежа содержащего, например, изометрию, необходимо:

1. Выберите *Вставка, Лист* или нажмите правой кнопкой мыши на ярлык листа в нижней части окна и выберите *Добавить лист.*

2. В диалоговом окне *Параметры листа* в разделах *Размер бумаги и Основная надпись* выберите *А4-Книжная* и нажмите *ОК.* При необходимости измените формат листа чертежа.

9.5 Вставка именованного вида

Можно добавлять в чертежи именованные виды, показывающие модель в различных ракурсах. Можно использовать:

- стандартные виды (*Спереди, Сверху, Изометрия* и т.д.);
- ориентацию именованного вида, которая была определена в детали или сборке;
- текущий вид в документе детали или сборки.

На созданный лист добавим изометрия детали *Heatsink2*.

1. Нажмите кнопку *Именованный вид* или *Вставка, Чертежный вид, Именованный вид.* Форма указателя показывает, что можно выбрать модель для отображения на чертеже.

2. Для того чтобы выбрать модель для отображения, нажмите правой кнопкой мыши в графической области и выберите *Вставить из файла.* Выберите *Heatsink2.sldprt* в диалоговом окне *Вставить компонент* и нажмите кнопку *Открыть.* Появится диалоговое окно *Чертежный вид - Вид именованной модели.*

3. Выберите в списке *Изометрия* затем нажмите *ОК.* Если активно окно детали, перейдите в окно чертежа. Форма указателя ✦ показывает, что можно выбрать место на чертеже для размещения именованного вида.

4. Нажмите в том месте, где необходимо расположить вид. Если появляется сообщение, запрашивающее, требуется ли переключить изображения для использования изометрических (истинных) размеров, нажмите *Да.*

Расположенный именованный вид приведен на рис. 9.2.

Если лист чертежа слишком мал, то можно:

- выбрать другой масштаб изображения – выделить лист, нажатие правой кнопки мыши выводит контекстное меню, *Свойства, Масштаб, ОК*.
- изменить размер листа:

1. Правой кнопкой мыши нажмите в пустой области окна чертежа (но не внутри границ вида) и выберите *Свойства.*

2. Выберите другой *Размер бумаги* и *Основную надпись.*

3. Нажмите *ОК.*

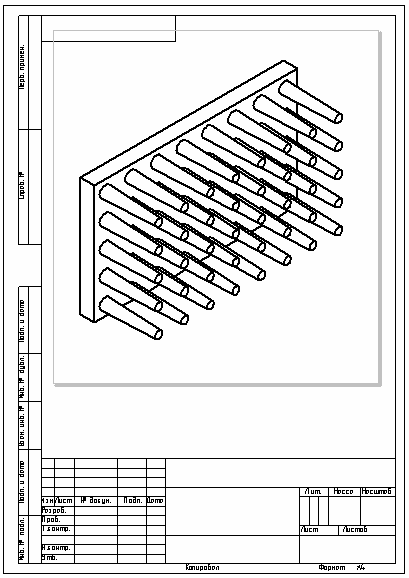


Рисунок 9.2 - Деталь *Heatsink2. Именованный вид* – изометрия

9.6 Создание чертежа детали из листового металла

Теперь создадим чертеж крышки. Начнем с создания 3 стандартных видов, затем добавим вид плоского массива и изометрический вид.

Добавьте в чертеж ***3 стандартных вида.***

1. Откройте новый чертеж размера А3-альбомный.

2. Измените основную надпись чертежа.

3. Нажмите кнопку *3 стандартных вида* на панели инструментов "Чертеж" или выберите *Вставка, Чертежный вид, 3 стандартных вида.*

4. Выберите *Окно, Cover.sldprt.*

5. Нажмите в любом месте графической области. В окне автоматически откроется чертеж и в него добавятся виды спереди, сверху, справа.

6. Расположите виды.

7. Сохраните чертеж как *Cover.slddrw.*

Теперь добавим ***Плоский массив.***

1. Нажмите кнопку *Именованный вид* на панели инструментов "Чертеж" или выберите *Вставка, Чертежный вид, Именованный вид.*

2. Выберите *Окно, Cover.sldprt.*

3. Нажмите в любом месте графической области. Появится диалоговое окно *Вид именованной модели.* Можно выбрать любой стандартный вид чертежа или именованный вид.

4. Выберите *Плоский массив* и нажмите *ОК.*

5. Выберите *Окно, Cover-лист1,* чтобы вернуться в чертеж. Форма указателя показывает, что можно выбрать место на чертеже для размещения плоского массива.

6. Переместите предварительное изображение в правую часть чертежа и нажмите в месте, где нужно поместить вид на листе.

Если вид ***Плоский массив*** больше размера листа, измените масштаб вида, нажав правой кнопкой мыши на серую граничную рамку и выбрав *Свойства.* В диалоговом окне *Свойства чертежного вида* установите *Масштаб* равный 1:2 и нажмите *ОК.*

На виде ***Плоский массив*** автоматически отображаются линии сгиба. На нем *не* отображаются линии областей сгиба. На нем также не отображаются любые элементы, созданные после создания сгибов, например, вентиляционные отверстия.

Если вид ***Плоский массив*** лежит в плоскости листа материала и на чертеже он отображается “тонкой линей”, то для получения желаемого вида необходимо:

1. Выбрать вид ***Плоский массив*** и нажать кнопку *Проекционный вид* на панели инструментов "Чертеж".

2. Форма указателя показывает, что можно выбрать место на чертеже для размещения проекционного вида.

Разместите проекционный вид. Вид *Плоский массив,* как не несущий информацию, можно удалить.

Теперь добавьте вид *Изометрия*.

1. Нажмите кнопку *Именованный вид* или выберите *Вставка, Чертежный вид, Именованный вид.*

2. Нажмите на вид спереди на чертеже.

3. В диалоговом окне *Вид именованной модели* выберите *Изометрия* и нажмите *ОК.* Форма указателя показывает, что можно выбрать место на чертеже для размещения изометрического вида.

4. Переместите предварительное изображение в нужное место, как показано на рис. 9.4. Если появится сообщение, запрашивающее, требуется ли

переключить изображения для использования изометрических (истинных) размеров, нажмите *Да.*

5. Сохраните чертеж.

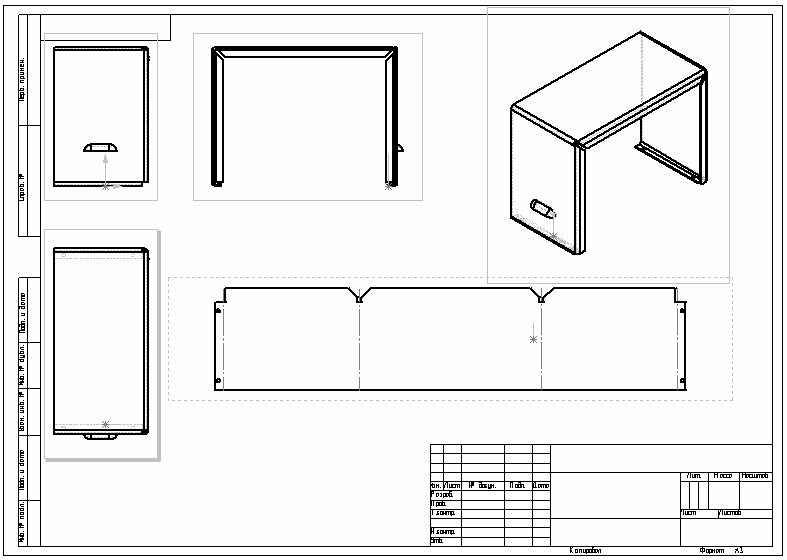


Рисунок 9.4 Чертеж детали с тремя видами, плоским массивом и изометрическим видом

9.7 Добавление разреза на чертеж детали

Создадим чертеж охладителя *Heatsink1*. Начнем с создания 3 стандартных видов, затем добавим разрез на стандартном и изометрическом видах.

Добавьте в чертеж ***3 стандартных вида.***

1. Откройте новый чертеж размера А3-альбомный.

2. Измените основную надпись чертежа.

3. Добавьте в чертеж ***3 стандартных вида.***

4. Добавьте в чертеж изометрический вид.

5. Расположите виды.

6. Сохраните чертеж как *Heatsink1.slddrw.*

Теперь добавим ***разрез***.

1. Выберите инструмент *Линия* на панели инструментов *Эскиз*.

2. Проведите линию, которая определяет секущую плоскость перпендикулярно плоскости чертежа через *чертежный вид 2*.

3. На панели инструментов *Чертеж* стали доступными кнопки *Мест-*

ный вид, Разрез, Выровненный разрез (кнопки доступны при выделенной линии сечения). Выберите кнопку *Разрез* и поместите сечение на свободном месте чертежа. Сечение передвигается перпендикулярно секущей линии.

4. Проведите линию, которая определяет секущую плоскость перпендикулярно плоскости чертежа через *изометрический вид*.

5. Выберите кнопку *Разрез* и поместите сечение на свободном месте чертежа.

6. Сохраните чертеж (рис.9.5).

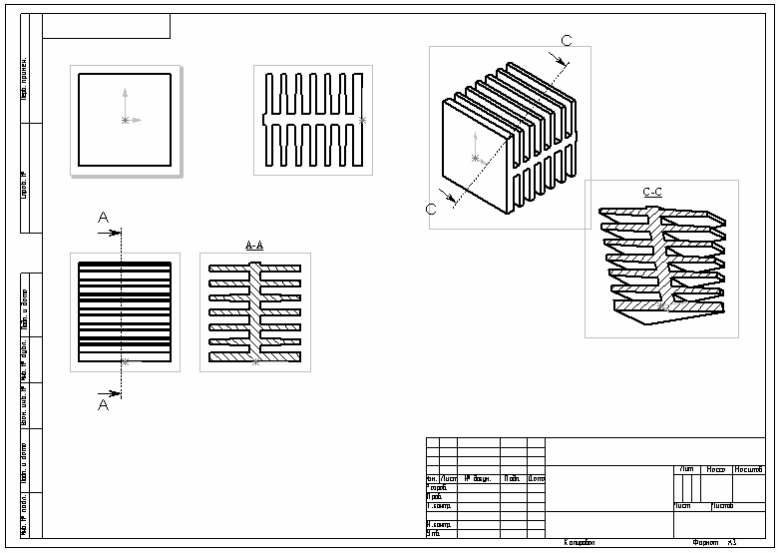


Рисунок 9.5 - Чертеж детали с разрезами на проекционном и изометрическом видах

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. ГОСТ 2.102-68 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.
2. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.
3. ГОСТ 2.201-80 ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов.
4. ГОСТ 2.307-68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.
5. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования/ Под ред. Р.Г.Варламова.-М.: Сов.Радио, 1980. –480 с.
6. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры. Учебник для вузов / К.И. Билибин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева и др. / Под общ ред. В.А. Шахнова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. - 548 с.
7. Гелль П.П., Иванов-Есипович Н.К. Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние. – 1984.-536 с.
8. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА: Справ. пособие / Е.Т.Романычева и др. – М.: Радио и связь,- 1984. – 256 с.
9. Справочник металлиста: Под ред. Н.С. Ачеркана. – М.: Машиностроение, 1966. В 3х томах.
10. Силовые полупроводниковые приборы: Справочник/ О.Г. Чебовский, Л.Г. Моисеев, Р.П. Недошивин. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 400с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Контрольные вопросы к разделу 1

1. Назовите виды изделий.
2. Перечислите обязательные конструкторские документы.
3. Сравните основной и полный комплект конструкторской документации.
4. В чем заключается модульный принцип конструирования изделий ЭА.
5. Перечислите уровни модульности конструкции ЭА.
6. Назовите требования к разбивке ЭА на модули.
7. Перечислите требования к конструкции модуля второго уровня.
8. Укажите требования к модулям третьего уровня.

Контрольные вопросы к разделу 2

1. Назовите методы механической обработки деталей ЭА.
2. Охарактеризуйте обработку деталей на токарных станках.
3. Какие поверхности обрабатывают фрезерованием.
4. Какие отверстия получают на сверлильных станках.
5. В чем заключается изготовление детали методом литья.
6. Назовите технологические операции штамповки.
7. С чем связаны минимальные размеры деталей при штамповке.
8. Охарактеризуйте процесс гибки листового материала при изготовлении деталей.
9. Перечислите способы повышения жесткости листового материала.
10. Назовите неразъемные и разъемные механические соединения.
11. Приведите примеры условных обозначений пайки и склейки.
12. Охарактеризуйте заклепочные соединения.
13. Назовите особенности разъемных соединений в ЭА.

Контрольные вопросы к разделу 3

1. Приведите основные возможности пакета Solid Works.
2. Для чего используются панели инструментов.

3. Какие действия необходимы для отображения/скрытия панели инструментов.
4. Что отображается на дереве конструирования.
5. Для чего используются панели инструментов.
6. Перечислите условные обозначения, используемые в дереве конструирования.
7. Зачем используются контекстные меню, как они вызываются.

Контрольные вопросы к разделу 4

1. Поясните как создается новый документ – деталь.
2. Назовите основные свойства документа, настраиваемые в начале работы.
3. Укажите последовательность действий при создании основания детали.
4. Объясните понятие: эскиз полностью определен.
5. Поясните процесс нанесения размеров в эскизе.
6. В каком случае эскиз становится переопределенным.
7. Поясните процесс получения *Вытянутой бобышки*.
8. Какие действия необходимы для создания дополнительных элементов на детали.
9. Объясните, как по форме указателя можно определить, какой элемент детали выбирается.
10. Чем отличается характер размеров на эскизе и размеров на детали.
11. Объясните, как редактируются размеры детали.
12. Перечислите инструменты масштабирования изображения детали.
13. Перечислите инструменты перемещения изображения детали.
14. Поясните понятие *Взаимосвязи.*
15. Для чего используется инструмент *Повернутая бобышка/основание*.
16. Как отобразить разрез на виде детали.

Контрольные вопросы к разделу 5

1. Перечислите виды массивов.
2. Для чего используется прямоугольный массив.
3. Приведите алгоритм создания прямоугольного массива.
4. Как можно редактировать параметры прямоугольного массива.
5. Для чего используется линейный массив.
6. Приведите алгоритм создания линейного массива.
7. Как можно редактировать параметры линейного массива.
8. Сравните прямоугольный и линейный массивы.

Контрольные вопросы к разделу 6

1. Приведите алгоритм создания детали из листового материала.
2. Как получить тонкостенный элемент.
3. Чем отличается тонкостенный элемент и деталь листового материала.
4. Что дает вставка сгибов.
5. Зачем используется откат проектирования.
6. Как можно добавить сгибы в деталь из листового материала.
7. Чем вызвана необходимость удаления материала в зоне деформации при добавлении новых сгибов.
8. Перечислите редактируемые параметры сгиба.

Контрольные вопросы к разделу 7

1. Перечислите инструменты формы.
2. Для каких деталей применяются инструменты формы.
3. Как изменить направление применения инструмента формы.
4. Какие инструменты эскиза применяются при установке инструмента формы.

Контрольные вопросы к разделу 8

1. Поясните как создается новый документ – сборка.
2. Как перенести деталь на сборку.
3. Какой компонент сборки фиксируется по умолчанию.
4. Как освободить зафиксированный компонент.

5. Перечислите инструменты перемещения компонентов сборки.
6. Перечислите виды сопряжения компонентов.

Контрольные вопросы к разделу 9

1. Поясните как создается новый документ – чертеж.
2. Перечислите виды чертежей.
3. Как открыть для редактирования основную надпись чертежа.
4. Перечислите редактируемые параметры чертежа.
5. Как перенести деталь на чертеж при создании 3х стандартных видов.
6. Поясните как наносятся размеры на чертеже.
7. Опишите процесс импорта размеров, которые указаны в модели на чертеж.
8. Поясните возможность изменения размеров на чертеже.
9. Поясните вставку именованного вида детали на чертеж.
10. Укажите особенности вставки именованного вида – плоский массив.
11. Укажите возможности изменения масштаба чертежного вида.
12. Укажите возможности изменения размера листа и основной надписи.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Б.1 Описание корпусов ЭА

В приложении Б рассматриваются корпуса ЭА, изготовленные с использованием листового металла. Приведенные конструкции корпусов имеют как учебное, так и практическое значение.

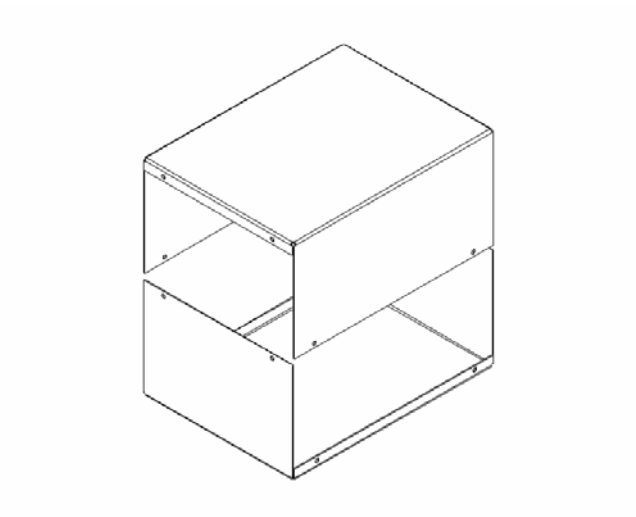


Рисунок Б.1 Простейший корпус

Простейший тип корпуса приведен на рисунке Б.1

Он состоит из двух П-образных деталей. Для крепления деталей между собой предусмотрены отгибы. Данный корпус используется для ЭА небольшого размера.

Конструкция корпуса, чаще всего применяемая в измерительной и контрольной аппаратуре приведена на рисунке Б.2.

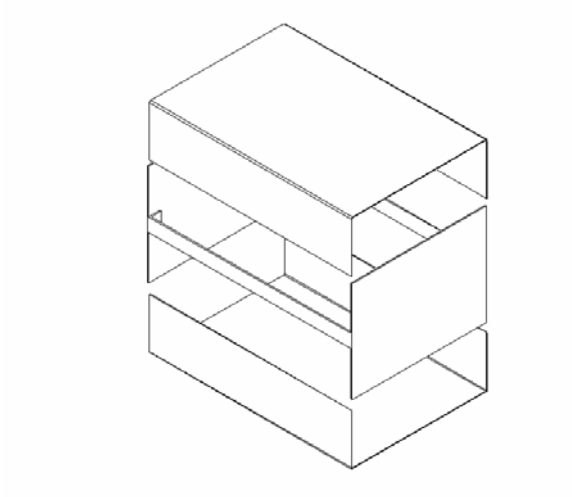


Рисунок Б.2 Корпус измерительной аппаратуры

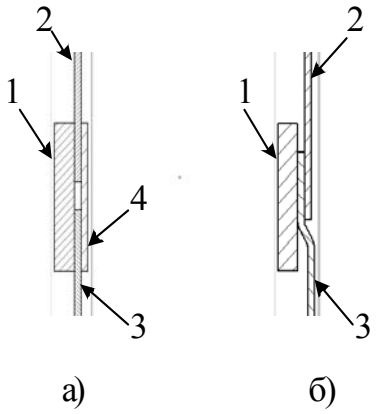


Рисунок Б.3 Крепление крышек корпуса к шасси

Корпус включает в себя объемное шасси (лицевая и задняя панели, соединенные жесткими элементами) и верхнюю и нижнюю крышки корпуса. Варианты крепление крышек к шасси и между собой приведены на рисунке Б.3 (крепежные винты не показаны). Необходимо предусмотреть конструктивные меры, исключающие смещение верхней и нижней граней крышек корпуса относительно шасси. На рисунке Б.3 *а* верхняя 2 и нижняя 3 крышки корпуса крепятся к элементу жесткости 1 винтами через декоративную накладку 4, которая закрывает щель между крышками корпуса. На рисунке Б.3*б* используется нижняя крышки корпуса 3 с профилированным краем, что дает возможность упростить узел крепления верхней 2 и нижней крышек корпуса к элементу жесткости 1.

Для повышения жесткости корпуса используется шасси, приведенное на рисунке Б.4. Лицевая и задняя панели корпуса соединены по углам жесткими элементами. В таком корпусе необходимо предусмотреть конструктивные элементы крепления печатных плат, ячеек, магнитных элементов и др.

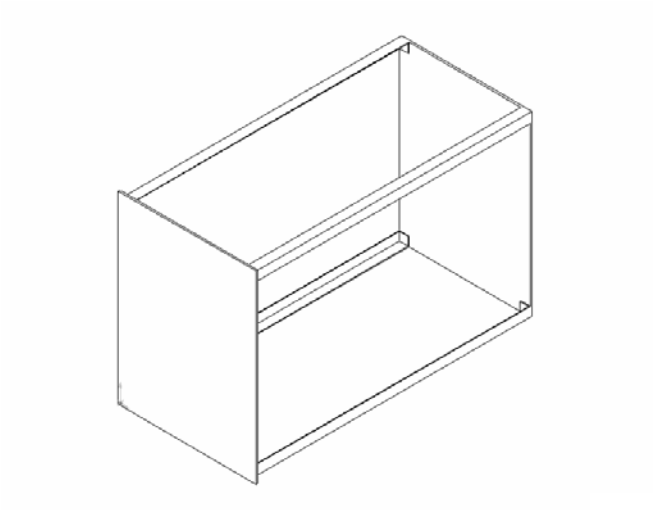


Рисунок Б.4

Для упрощения размещения модулей и электронных компонентов внутри корпуса, может применяться конструкция, приведенная на рисунке Б.5. Она представляет собой U-образное шасси из листового металла, для повышения жесткости корпуса используются перемычки, соединяющие переднюю и заднюю

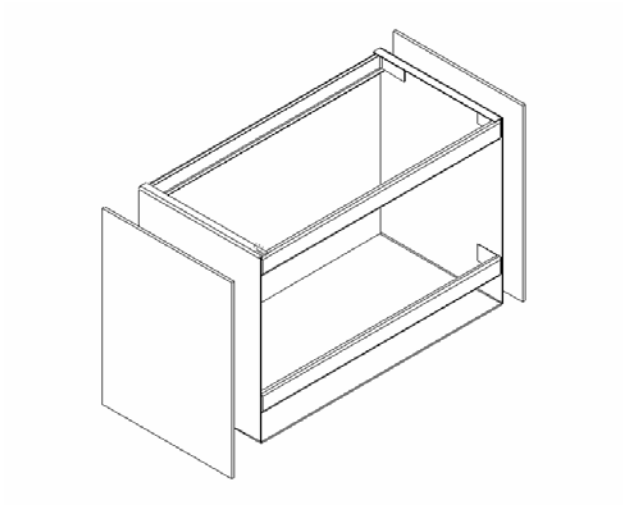
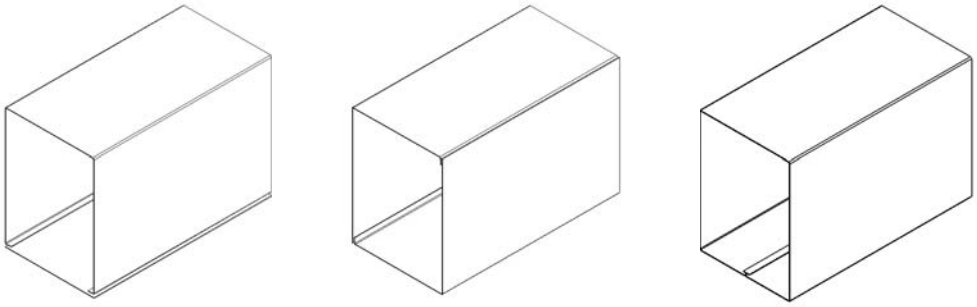


Рисунок Б.5

панели. Эти же перемычки могут быть использованы для крепления печатных плат. На рисунке изображены также передняя и задняя панели, которые кроме функции улучшения внешнего вида устройства могут нести и функцию крепления крышки корпуса.

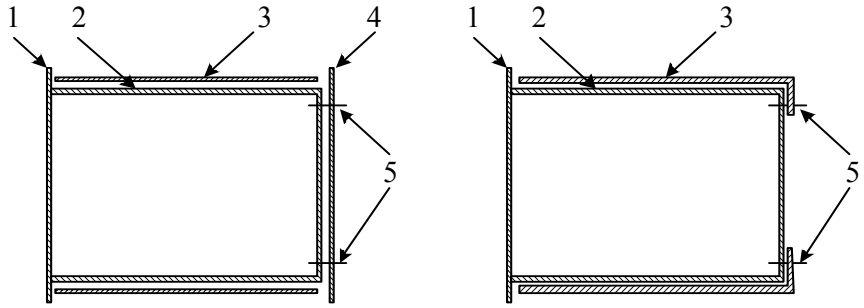
Крышка корпуса представляет собой отрезок прямоугольной трубы. Варианты конструкций крышки корпуса приведены на рисунке Б.6. Для изготовления крышки корпуса используется стальной лист толщиной 0.5 – 0.7мм. Соединение выполняются при помощи точечной сварки, которая может находиться в углах корпуса (рисунок Б.6 *а, б*) или на одной из его граней (рисунок Б.6 *в*).



а) б) в)

Рисунок Б.6 Крышки корпуса

Примеры крепления крышки корпуса к шасси приведены на рисунке Б.7. На рисунке Б.7*а* на объемное шасси 2 надета крышка корпуса 3. Лицевая панель 1 служит передним упором крышки корпуса, а задняя панель 4 при помощи винтов 5 фиксирует ее.



а) б)

Рисунок Б.7 Крепления крышек корпуса к шасси

На рисунке Б.7 *б* задняя панель отсутствует, а крепление крышки корпуса производится через сгибы на ее задней плоскости винтами 5.

Шасси из листового металла приведено на рисунке Б.8. Элементы, обеспечивающие жесткость передней и задней панелей не показаны. Возможно применение лицевой панели, скрывающей зазоры между крышкой корпуса и передней панелью. В таких корпусах часто используются крышки, пример которой приведен на рисунке Б.9.

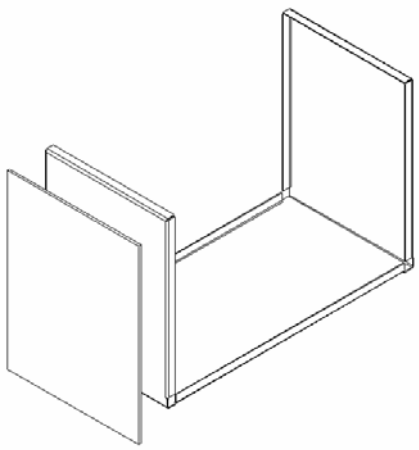


Рисунок Б.8 Шасси из листового металла

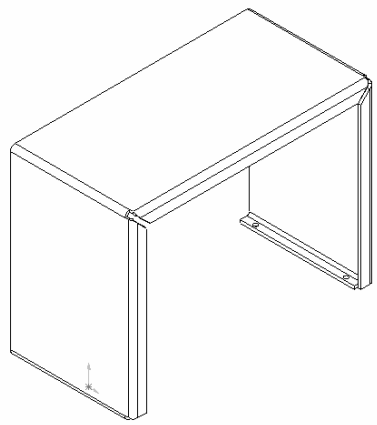


Рисунок Б.9 Крышка корпуса

Один из вариантов крепления крышки приведен на рисунке Б.10. Лицевая панель корпуса 1 содержит уголок 2, который обеспечивает фиксацию крышки корпуса 3 в вертикальной плоскости, аналогичное решение может быть применено и для фиксации нижней кромки боковых поверхностей крышки. Винты 5 удерживают крышку от открывания. Ножки 6 обеспечивают устойчивое положение корпуса на плоскости установки. Для крепления крышки рисунок Б.9 могут использоваться от-

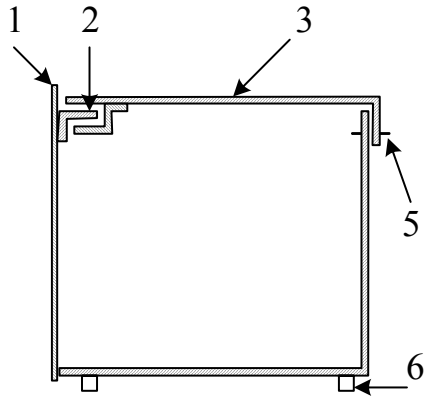


Рисунок Б.10 Крепление крышки корпуса к шасси

верстия на нижних отгибах боковых граней крышки (см. рисунок Б.9).

Конструкция малоразмерных корпусов пультов и им подобных устройств приведена на рисунке Б.11.

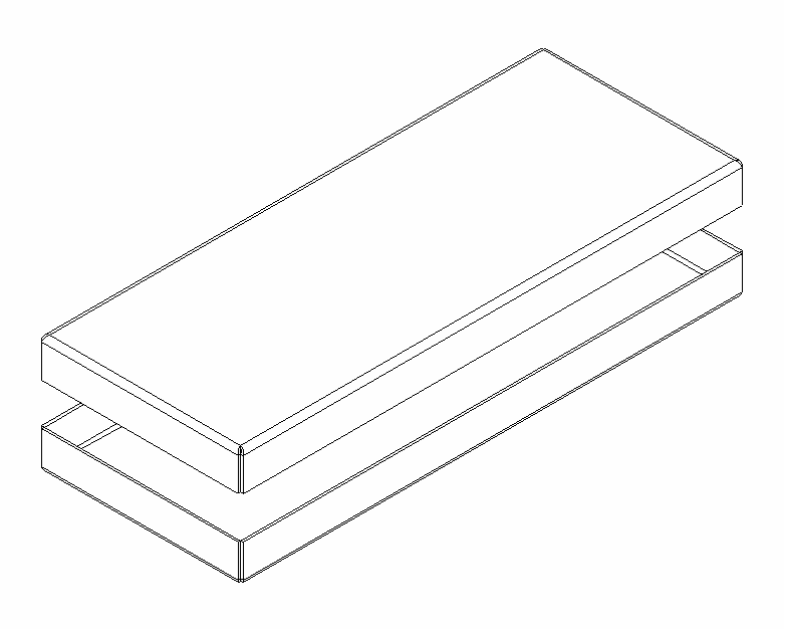


Рисунок Б.11 Корпус малоразмерного пульта

Половины корпуса могут соединяться встык без дополнительных деталей. В этом случае необходимо предусмотреть внутри корпуса дистанционные втулки, обеспечивающие плотное соприкосновение половин корпуса. Одновременно эти втулки могут использоваться для соединения половин между собой.

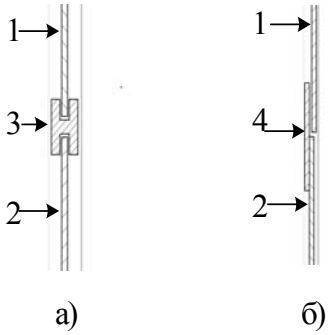


Рисунок Б.12

Для улучшения внешнего вида корпуса применяются дополнительные детали 3, скрывающие зону контакта половин корпуса между собой (рисунок Б.12 *а*) или полосы металла 4, приваренные к внутренней части одной из половин корпуса (рисунок Б.12 *б*).

Б.2 Исходные данные для выполнения расчетно-графического задания

Разработать полный комплект конструкторской документации на корпус ЭА в соответствии с выданным вариантом (таблица Б.1). Предусмотреть установку в корпус печатной платы, устройств управления (разъем, выключатель, индикатор). Изображение печатной платы и устройств управления выполнить упрощенно.

Таблица Б.1

Вариант	Шасси	Крышка корпуса	Вид соединения	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм
1	Б.1			250	175	150
2	Б.1			300	200	200
3	Б.2		Б.3,а	350	250	200
4	Б.2		Б.3,а	300	250	175
5	Б.2		Б.3,б	250	175	150
6	Б.2		Б.3,б	350	200	200
7	Б.4	Б.6,а	Б.7,б	300	150	200
8	Б.4	Б.6,а	Б.7,б	350	175	250
9	Б.4	Б.6,б	Б.7,б	300	200	200
10	Б.4	Б.6,б	Б.7,б	300	250	150
11	Б.4	Б.6,в	Б.7,б	400	300	200
12	Б.4	Б.6,в	Б.7,б	300	300	175
13	Б.5	Б.6,а	Б.7,а	300	250	175
14	Б.5	Б.6,а	Б.7,а	350	300	150
15	Б.5	Б.6,б	Б.7,а	300	150	250
16	Б.5	Б.6,б	Б.7,а	400	200	300
17	Б.5	Б.6,в	Б.7,а	350	120	200
18	Б.5	Б.6,в	Б.7,а	350	120	300
19	Б.8	Б.9	Б.7,а	300	200	250
20	Б.8	Б.9	Б.7,а	200	300	200
21	Б.8	Б.10	Б.7,а	300	150	250
22	Б.8	Б.10	Б.7,а	300	250	150
23	Б.11		Б.11	150	70	20
24	Б.11		Б.11	150	80	30
25	Б.11		Б.12,а	180	100	20
26	Б.11		Б.12,а	200	90	30
27	Б.11		Б.12,б	175	100	40
28	Б.11		Б.12,б	200	70	25

ПРИЛОЖЕНИЕ В

В.1 Исходные данные для выполнения расчетно-графического задания

Разработать полный комплект конструкторской документации на вентильный блок мостового управляемого выпрямителя в соответствии с выданным вариантом (таблица В.1).

Таблица В.1

Вариант	Тип вентиля	Тип охладителя
1	Т142-80	О241-80
2	Т152-80	О241-80
3	Т142-63	О151-80
4	Т142-80	О151-80
5	Т152-80	О151-80
6	Т161-125	О171-80
7	Т161-160	О171-80
8	Т161-125	О281-80
9	Т161-160	О281-80
10	Т161-125	О161-80
11	Т161-160	О161-80
12	Т171-200	О181-110
13	Т171-320	О181-110
14	ТС171-250	О181-110
15	Т171-200	О271-110
16	Т171-320	О271-110
17	Т143-400	О243-150
18	Т143-630	О243-150
19	Т153-630	О153-150
20	Т153-800	О153-150
21	Т253-800	О153-150
22	Т253-1250	О153-150
23	ТБ133-200	О343-150
24	ТБ133-250	О343-150
25	ТБ143-320	О143-150
26	ТБ143-400	О143-150
27	Т9-250	ОА-013
28	Т9-250	ОА-020

Размеры полупроводниковых приборов и охладителей приведены в [10].

Предусмотреть установку защитного кожуха из листового материала, обеспечить возможность крепления блока на проводящую поверхность, разработать ошиновку, конструкцию силовых вводов и выводов, подключение управляющих цепей. Защитный кожух не должен препятствовать потоку охлаждающего воздуха. Изображение охладителей и полупроводниковых вентилей выполнить упрощенно.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та розрахунково-графічного завдання з дисципліни «Комп'ютерне проектування електроних пристроїв»

для студентів спеціальностей 7.090803 «Електронні системи», 7.090804 «Фізична та біомедична електроніка» всіх форм навчання

Укладачі БУТОВА Ольга Анатоліївна
ЗАМАРУЄВ Володимир Васильович
ЄРЕСЬКО Олександр В'ячеславович

Відповідальний за випуск Є.І. Сокол

Роботу рекомендував до друку В.Т. Долбня

Редактор О.С. Самініна

План 2005 р., поз. /

Підп. до друку . Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Друк – ризографія.
Умовн. друк. арк. . Обл. вид. Арк . Гарнітура Таймс. Тираж 100 прим.
Зам. № . Ціна договірна

Видавничий центр НТУ «ХПІ», 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21
Свідоцтво про реєстрацію ДК № 116 від 10.07.2000 р.

НТУ «ХПІ», вул. Фрунзе, 21