

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

А. А. ВАРАКИН

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ В САПР *SOLIDWORKS*

Практикум



Владимир 2017

УДК 658.515.2:621.396.6

ББК 32

В18

Рецензенты:

Кандидат технических наук
доцент кафедры электротехники и электроэнергетики
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Д. П. Андрианов

Начальник конструкторского отдела
ОАО «Владимирское конструкторское бюро радиосвязи»
А. Ш. Шакулов

Печатается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Варакин, А. А.

В18 Трехмерное моделирование конструкций электронных средств в САПР *SolidWorks* : практикум / А. А. Варакин ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2017. – 88 с. – ISBN 978-5-9984-0782-6.

Направлен на изучение инструментов работы в системе автоматизированного проектирования *SolidWorks*. Рассматриваются вопросы, связанные с особенностями разработки трехмерных моделей деталей и сборок изделий электронных средств в *SolidWorks*.

Предназначен для студентов вузов очной и дистанционной форм обучения направлений 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» при изучении дисциплин «Системы автоматизации проектирования электронных средств», «Конструирование электронных средств», в курсовом проектировании и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Ил. 58. Табл. 8. Библиогр.: 8 назв.

УДК 658.515.2:621.396.6

ББК 32

ISBN 978-5-9984-0782-6

© ВлГУ, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1. РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ЯЧЕЕК ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ	7
1.1. Формат обмена данными между <i>ECAD</i> и <i>MCAD</i> -системами.....	7
1.2. Работа с файлами <i>IDF</i> в <i>SolidWorks</i>	9
1.3. Работа с файлами <i>IDF</i> в приложении <i>CircuitWorks</i>	10
1.4. Экспорт данных из <i>SolidWorks</i> в <i>CircuitWorks</i>	15
1.5. Двухнаправленная передача данных в <i>CircuitWorks</i>	15
1.6. Пример организации экспорта данных в <i>CircuitWorks</i>	16
1.7. Задание для самостоятельной работы.....	18
1.8. Темы для контроля знаний.....	18
2. РАЗРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА В САПР <i>SOLIDWORKS</i>	19
2.1. Способы создания моделей изделий из листового металла.....	19
2.2. Определение допуска сгиба.....	21
2.3. Создание трехмерной модели детали на основе развертки	28
2.4. Создание трехмерной модели в согнутом состоянии.....	30
2.5. Создание детали из листового металла методом преобразования твердотельной детали.....	35
2.6. Создание детали из листового металла методом преобразования из тонкостенной оболочки твердотельной детали	38
2.7. Применение инструментов формы в изделиях из листового металла	40
2.8. Создание инструмента формы	42
2.9. Комплексное проектирование изделий из листового металла в составе конструкций электронных средств	46

2.10. Задание для самостоятельной работы	54
2.11. Темы для контроля знаний	54
3. ИЗУЧЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ В <i>SOLIDWORKS</i>	55
3.1. Менеджер конфигураций.....	55
3.2. Создание конфигурации вручную	57
3.3. Создание конфигурации на основе Таблицы параметров.....	57
3.4. Производные конфигурации	61
3.5. Особенности конфигураций для деталей в <i>SolidWorks</i>	63
3.6. Особенности конфигураций для сборок в <i>SolidWorks</i>	72
3.7. Создание вида с разнесенными частями	72
3.8. Задание для самостоятельной работы	74
3.9. Темы для контроля знаний	74
4. ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ КОМПОНОВКИ БЛОКОВ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ В <i>SOLIDWORKS</i> НА ОСНОВЕ ТИПОВЫХ КОРПУСОВ	75
4.1. Типовые корпуса для разработки электронных средств	75
4.2. Определение необходимых размеров корпуса.....	76
4.3. Разработка трехмерной модели корпуса блока электронных средств	76
4.4. Примеры трехмерных моделей покупных корпусов для разработки электронных средств	79
4.5. Задание для самостоятельной работы	85
4.6. Темы для контроля знаний	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	86
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	87

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

САПР – система автоматизированного проектирования

ЭС – электронное средство

ЭРЭ – электрорадиоэлемент

ПП – печатная плата

CAD (computer-aided design) – система автоматизированного проектирования

CAE (computer-aided engineering) – система автоматизированных инженерных расчетов

CAM (computer-aided machine) – автоматизированная система, предназначенная для подготовки управляющих программ для работы технологического оборудования

ECAD (Electronic CAD) – «электронные» системы автоматизированного проектирования

MCAD (Mechanical CAD) – «механические» системы автоматизированного проектирования

FeatureManager – дерево построения деталей и сборок в системе *SolidWorks*

Configuration Manager – менеджер конфигураций, инструмент создания и управления конфигурациями деталей и сборок в *SolidWorks*

PropertyManager – менеджер свойств, определяет свойства элементов в *SolidWorks*

IDF (Intermediate Data Format) – нейтральный текстовый формат описания объемных сборок на печатных платах

STEP (STandard for Exchange of Product model data) – формат обмена данными о модели изделия

ВВЕДЕНИЕ

За последнее время системы автоматизированного проектирования, или *CAD*-системы, прошли путь от простых систем построения двумерных чертежей до сложных программных продуктов, позволяющих реализовывать концепцию разработки изделий, отталкиваясь от трехмерных моделей. По сути, использование инструментов такой САПР позволяет разработчику максимально приблизить компьютерную модель к реальному изделию.

Система автоматизированного проектирования *SolidWorks* содержит набор инструментов полного цикла моделирования: от представления трехмерных моделей деталей и сборок, оформления двумерных чертежей до расчета механических характеристик методами численного моделирования, оценки собираемости конструкции, создания фотореалистичных изображений.

Расширение возможностей проектирования требует использования дополнительных инструментов и модулей *SolidWorks*. Данный практикум направлен на изучение методов, связанных с особенностями проектирования изделий электронных средств.

Изложенный материал не является полным описанием объектов проектирования *SolidWorks*, содержит методики эффективного использования инструментов на основе примеров и заданий. Основные инструменты создания трехмерных моделей в *SolidWorks* изложены в работах [1 – 4].

В практикуме рассматриваются вопросы, связанные с особенностями проектирования изделий электронных средств в системе *SolidWorks*.

При подготовке пособия использовались версии:

- *SolidWorks Education Edition*, предоставленной фирмой *SolidWorks Russia* для некоммерческого использования в учебном процессе по программе *SWR Академия*;
- *SolidWorks CAMPUS* – университетский пакет учебных лицензий *SolidWorks*.

1. РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ЯЧЕЕК ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

1.1. Формат обмена данными между *ECAD* и *MCAD*-системами

Конструкции электронных средств сочетают в себе электрическую и механическую составляющие. Для разработки электрической составляющей – формирования и моделирования схем, создания топологии печатных плат, посттопологического моделирования – используются электронные *CAD*-системы (*Electronic CAD – ECAD*). Формирование механической части с последующим оформлением сборочного чертежа готового устройства выполняется на основе трехмерного моделирования в механических *CAD*-системах (*Mechanical CAD – MCAD*).

В исходных данных для разработки электронных устройств содержится схема электрическая принципиальная. Наиболее часто она реализуется на печатной плате – пластинчатом диэлектрическом основании, на поверхности которого сформированы печатные проводники. Разработка печатной платы выполняется в САПР *Altium Designer*, *Mentor Graphics* и др. По результатам проектирования создается комплект файлов, предназначенных для передачи в автоматизированные системы, связанные с работой технологического оборудования для производства и сборки печатных плат. При этом несущие конструкции, механические детали разрабатываются с использованием систем трехмерного моделирования.

Для обмена данными между электрическими и механическими *CAD*-системами используется промежуточный формат данных *IDF* – нейтральный текстовый формат описания объемных сборок на печатных платах. Формат *IDF* был разработан в 1992 г. и используется до сих пор. Наиболее полная версия формата *IDF 4.0* содержит описание сборки ячейки, включая печатные проводники, контактные площадки, сквозные отверстия и заполненные области.

SolidWorks и его приложения поддерживают также и более ранние версии *IDF* – *IDF 2.0* и *IDF 3.0*. Каждый файл *IDF* формата 2.0 и 3.0 состоит из двух компонентов: файл платы (расширение **.emn**, **.brd**, **.bdf**) и библиотечный файл (расширение **.emn**, **.pro**, **.ldf**). В файле

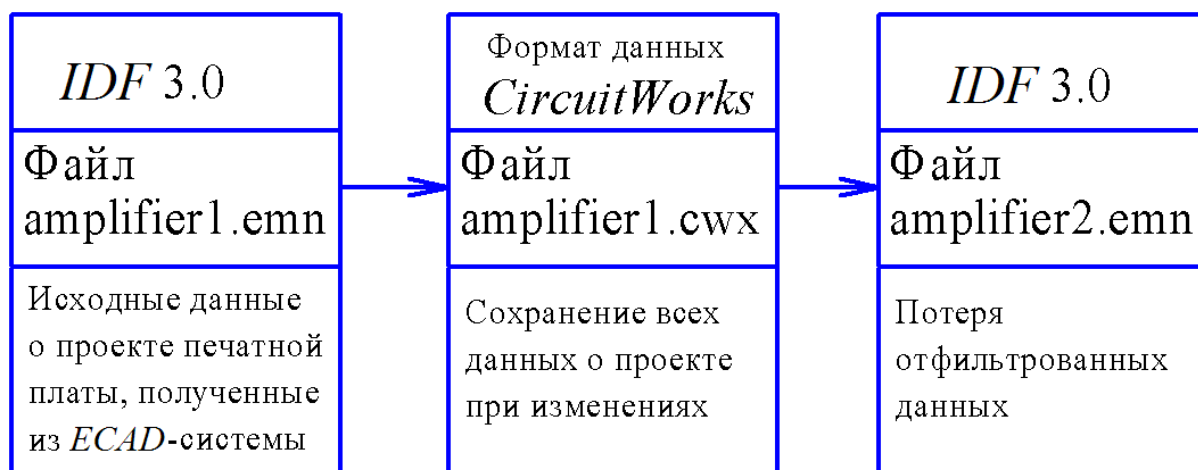
платы содержится информация о геометрии печатной платы, а также координатах установки ЭРЭ, в библиотечном файле – сведения о геометрических размерах электронных компонентов. Стандарт *IDF 4.0* использует один файл с расширением *.idf*.

Приложение *Altium Designer*, комплексная система автоматизированного проектирования электронных средств, позволяет «экспортировать» *IDF* файлы версий *IDF 2.0* и *IDF 3.0*. Формируются файлы с расширением *.brd* – файл платы и файл *.pro* – файл библиотеки компонентов. Для чтения файлов *IDF 2.0* или *IDF 3.0* в *SolidWorks* файлы платы и библиотечные файлы должны находиться в одной папке.

При открытии файлов *IDF* в *SolidWorks* программа выполняет поиск библиотечного файла с таким же именем, соответствующим файлу платы. Если библиотечный файл не найден, появляется запрос на его самостоятельный поиск.

Для наиболее полного представления формата *IDF* в *SolidWorks* используется приложение *CircuitWorks*. При этом данные электронных *CAD*, которые импортируются в *CircuitWorks* в формате *IDF*, наиболее рационально сохранять в формате файла данных *CircuitWorks* (*.*cwx*). Данный формат также можно использовать в качестве формата обмена для пользователей *CircuitWorks*. Потеря данных в формате *CWX* невозможна, добавляются только отфильтрованные данные [1].

Пример. При открытии файла *IDF 3.0* – *amplifier1.emn* он был сохранен в формате *CWX* – *amplifier1.cwx*. Элементы высотой менее 3 мм отфильтрованы, т. е. не будут переданы в *SolidWorks* для построения трехмерной модели. Файл *amplifier1.cwx* сохранен.




Если другой пользователь откроет файл `amplify1.cwx`, то в приложении *CircuitWorks* будут отображаться как отфильтрованные компоненты, так и активные. Потери данных не произойдет. При сохранении файла `amplify1.cwx` в формате *IDF* 3.0 `amplifier2.emn` отфильтрованные компоненты будут потеряны.

1.2. Работа с файлами *IDF* в *SolidWorks*

Открыть файлы формата *IDF* (`.emn`, `.brd`, `.bdf`, `.idb`) с последующим созданием трехмерной модели плат и компонентов можно непосредственно из *SolidWorks* (в режиме *CircuitWorks Lite*). При этом полученная трехмерная модель является отдельной деталью с печатной платой, а каждый компонент – вытянутым элементом.

В основе имени каждого вытянутого элемента в дереве конструирования *FeatureManager* лежит имя компонента. Компоненты одинакового типа отображаются одним цветом. Если толщина платы не определена, в файле *IDF* появится запрос на указание значения и единиц измерения.

Чтобы открыть файл *IDF* в *SolidWorks*, необходимо:

1. Выполнить команду **Открыть файл** . В диалоговом окне в поле **Тип файла** выбрать *IDF* (`*.emn,*.brd,*.bdf,*.idb`).

2. В диалоговом окне дополнительно можно выбрать **Параметры *IDF* формата**. **Добавить просверленные отверстия** – отображает в трехмерной модели просверленные в печатной плате отверстия. **Обратить нижние компоненты** – позволяет компенсировать неправильное размещение элементов при импорте файлов.

3. Выбрать файл, который требуется открыть, нажать **Открыть**, чтобы импортировать файл как документ *SolidWorks*.

В строке состояния отображается процесс выполнения операции и количество компонентов. На рис. 1.1 показан результат построения трехмерной модели ячейки управления путем открытия *IDF* файла в *SolidWorks*. В дереве построения (*FeatureManager*) последовательно отображаются элементы (см. рис. 1.1):

- **BOARD** – печатная плата;
- **PLATED HOLES** – отверстия на печатной плате;
- **Плоскость1** – плоскость, на которой выполняется построение эскизов элементов;

– **c0805-1, R0805-1** и т. д. – электрорадиоэлементы, построенные в виде элементов вытянутых бобышек.

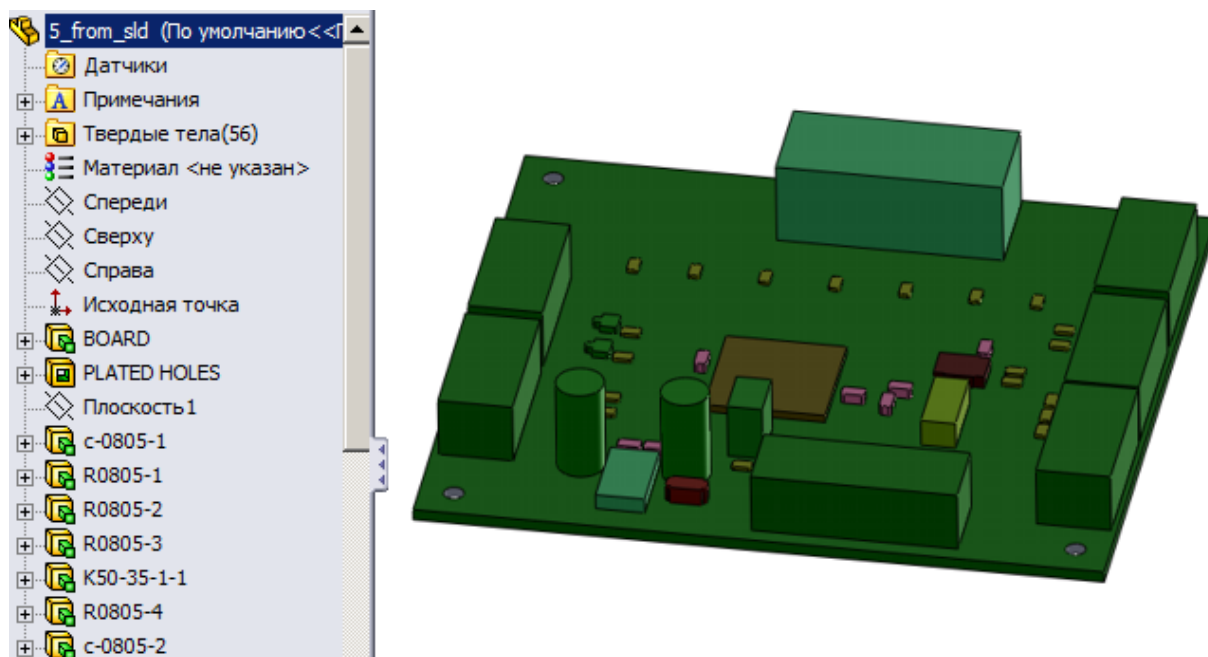


Рис. 1.1. Результат построения трехмерной модели ячейки управления в *SolidWorks*

1.3. Работа с файлами *IDF* в приложении *CircuitWorks*

CircuitWorks – программа двунаправленного транслятора данных в формате *IDF* между системами проектирования печатных плат (*ECAD*) и *SolidWorks* [1].

Чтобы запустить приложение *CircuitWorks* в составе *SolidWorks*, необходимо:

1. В строке меню *SolidWorks* выбрать **Инструменты > Добавления**.

2. В диалоговом окне **Добавления**:

– при использовании *CircuitWorks* в текущем сеансе *SolidWorks* нажать *CircuitWorks* в разделе **Активные добавления**;

– для использования *CircuitWorks* в каждом сеансе *SolidWorks* нажать *CircuitWorks* в разделе **Запуск**.

3. Нажать кнопку **ОК**.

Если приложение *CircuitWorks* активно в текущем сеансе *SolidWorks*, то меню *CircuitWorks* будет доступно. *CircuitWorks* производит чтение *IDF* файла и отображает его в собственном представлении (рис. 1.2).

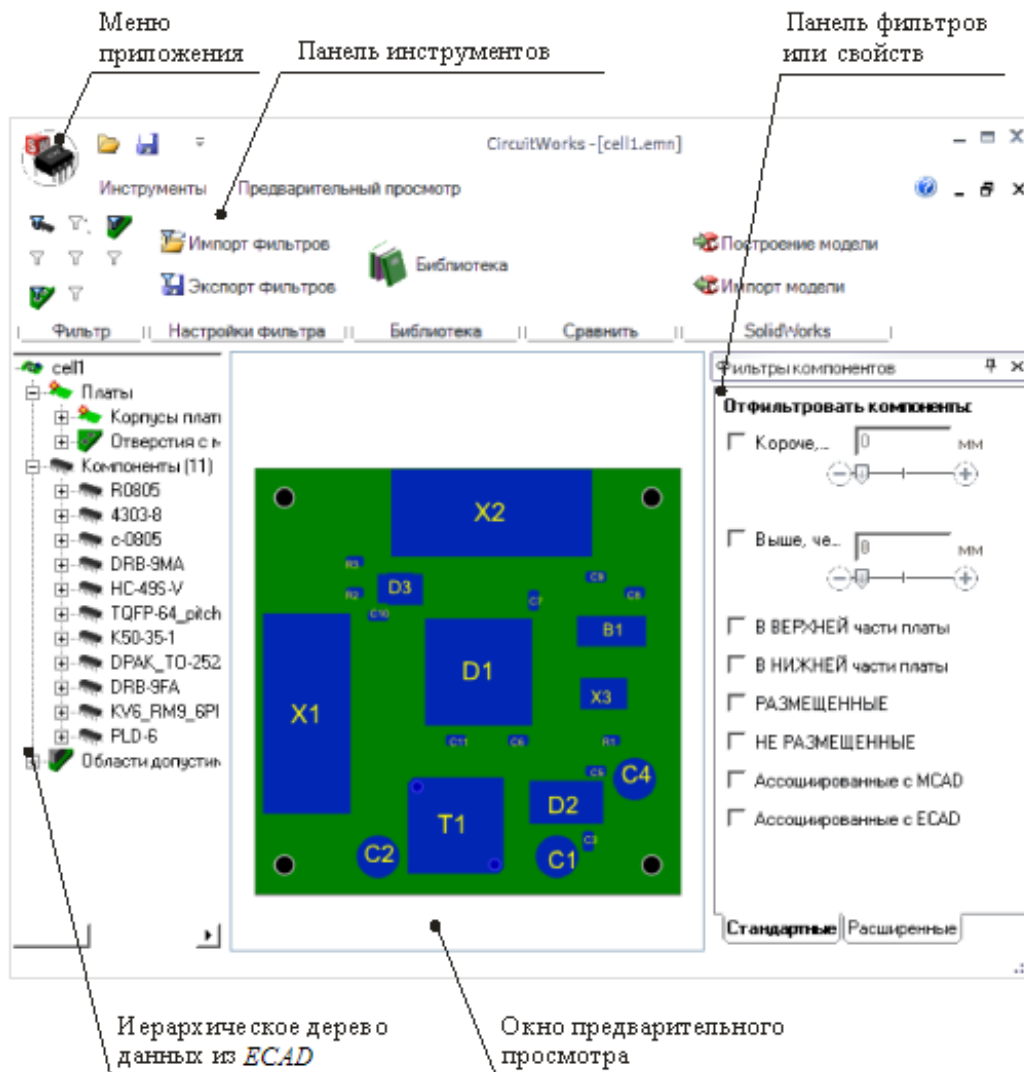


Рис. 1.2. Внешний вид окна *CircuitWorks*

Трёхмерная сборка выполняется командой **Построение модели**. Сборка состоит из печатной платы и элементов. Если элементная база печатной платы имеется в библиотеке электронных компонентов *CircuitWorks*, то транслятор будет использовать библиотечные детали и размещать их на печатной плате в соответствии с заданными в *IDF* файле координатами. При отсутствии компонента в базе данных *CircuitWorks* автоматически создаст его габаритную модель (прямоугольный параллелепипед) и разместит его на печатной плате.

CircuitWorks может выполнять фильтрацию элементов по типу или высоте, отверстий по наличию металлизации и диаметру. На рис. 1.3 показано отображение ячейки ЭС формата *IDF* в приложении *CircuitWorks*.

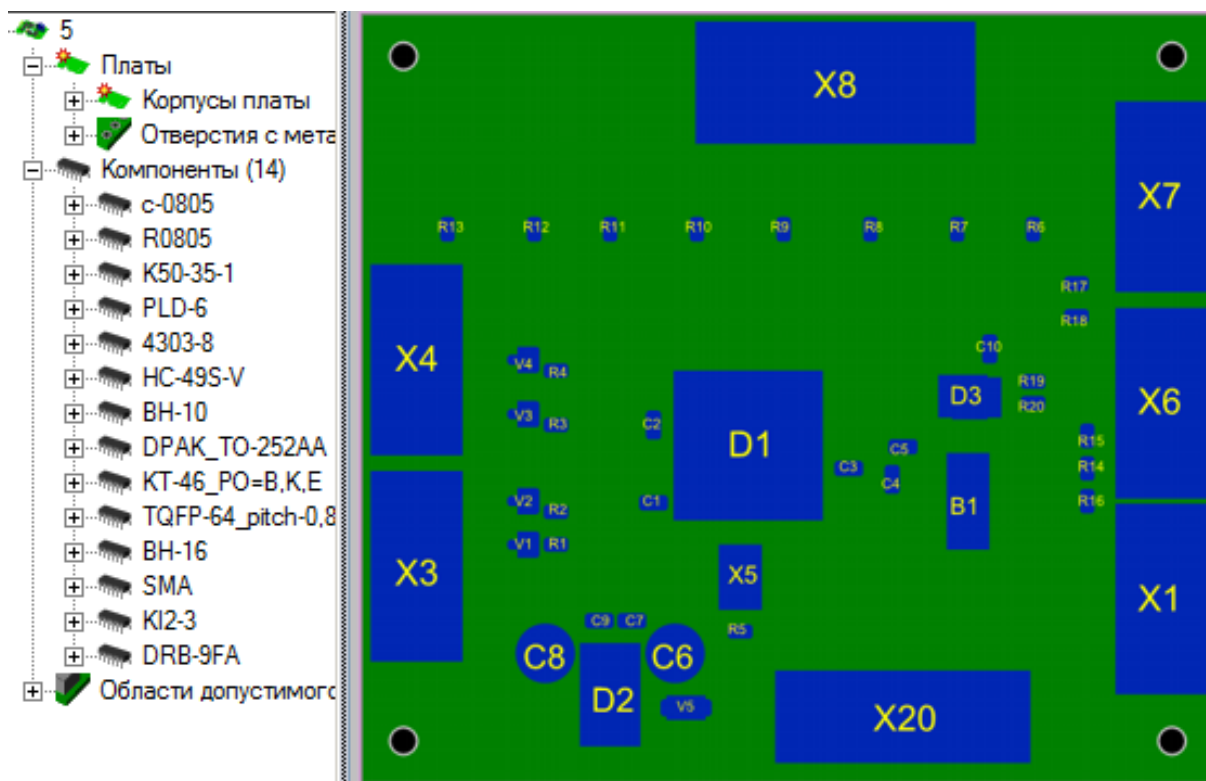


Рис. 1.3. Отображение ячейки управления в приложении *CircuitWorks*

На рис. 1.4 дан результат построения трехмерной модели ячейки управления путем открытия *IDF* файла в приложении *CircuitWorks* и трансляции трехмерной модели в *SolidWorks*.

Модель печатной платы определяется как первый элемент в сборке ячейки, имя платы соответствует имени *IDF* файла, плата является базовым компонентом сборки и фиксируется.

В дереве конструирования *FeatureManager* для платы отображаются следующие элементы:

- вытяжка корпуса платы, называемая *Board_Outline*;
- элементы «**Вырез – Вытянуть**» для отверстий.

Тип металлизации отверстия в плате: **PTH** – металлизированное, **NPTH** – неметаллизированное. На модели печатной платы отверстия создаются как отдельные элементы и отличаются цветом внутренней поверхности. Полученная трехмерная модель платы может быть использована для построения чертежа печатной платы и создания вида сверловки.

Цвет металлизированного отверстия, наименования элементов, цвет построенных трехмерных моделей электрорадиоэлементов можно определить через настройки приложения *CircuitWorks*.

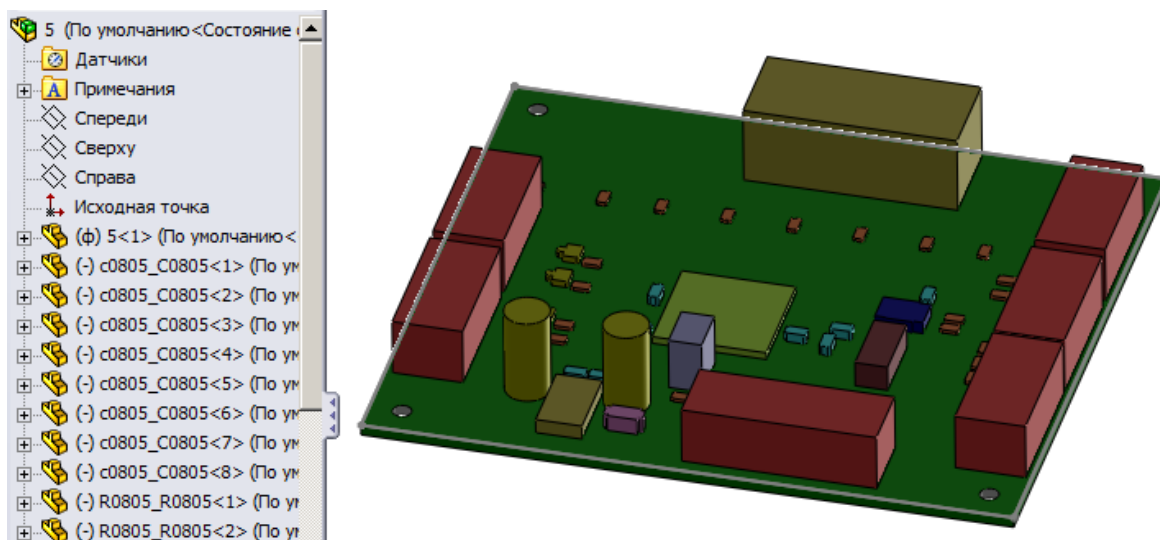


Рис. 1.4. Результат построения трехмерной модели ячейки управления через приложение *CircuitWorks*

В системе *CircuitWorks* существует возможность подключения собственных библиотек трехмерных моделей ЭРЭ, например, для создания фотореалистических изображений ячейки или подготовки трехмерной модели ячейки для дальнейшего моделирования в САЕ-системах. Для этого каждому типу элементов в *CircuitWorks* необходимо сопоставить соответствующую трехмерную модель, инициировав команду **Библиотека** в *CircuitWorks* (рис. 1.5).

При выполнении соответствия трехмерных моделей ЭРЭ моделям в *ECAD* необходимо учитывать, чтобы точки привязки элементов в *ECAD*-системе совпадали с **Исходными точками** трехмерных моделей. Также следует учитывать ориентацию трехмерной модели, требуется, чтобы ЭРЭ устанавливался в плоскости XOZ. В противном случае при построении сборки ячейки в *CircuitWork* ЭРЭ будут повернуты.

На рис. 1.6 показан результат построения ячейки управления с учетом реалистичных отображений электрорадиоэлементов.

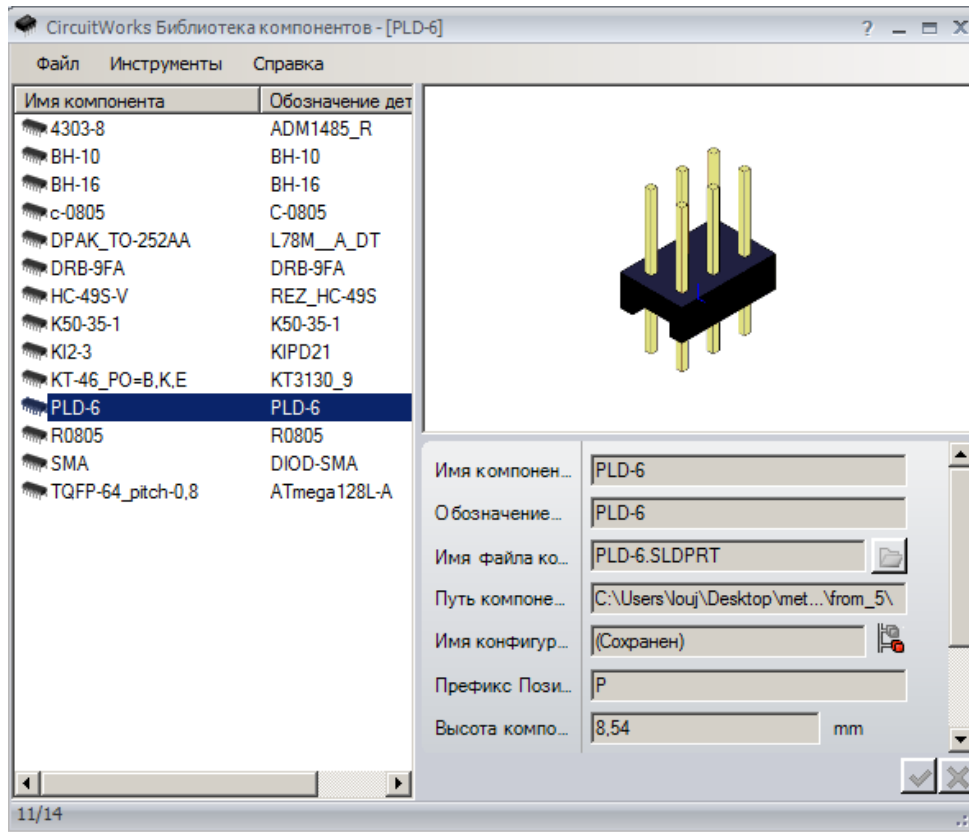


Рис. 1.5. Определение трехмерных моделей ЭРЭ в библиотеке *CircuitWorks*

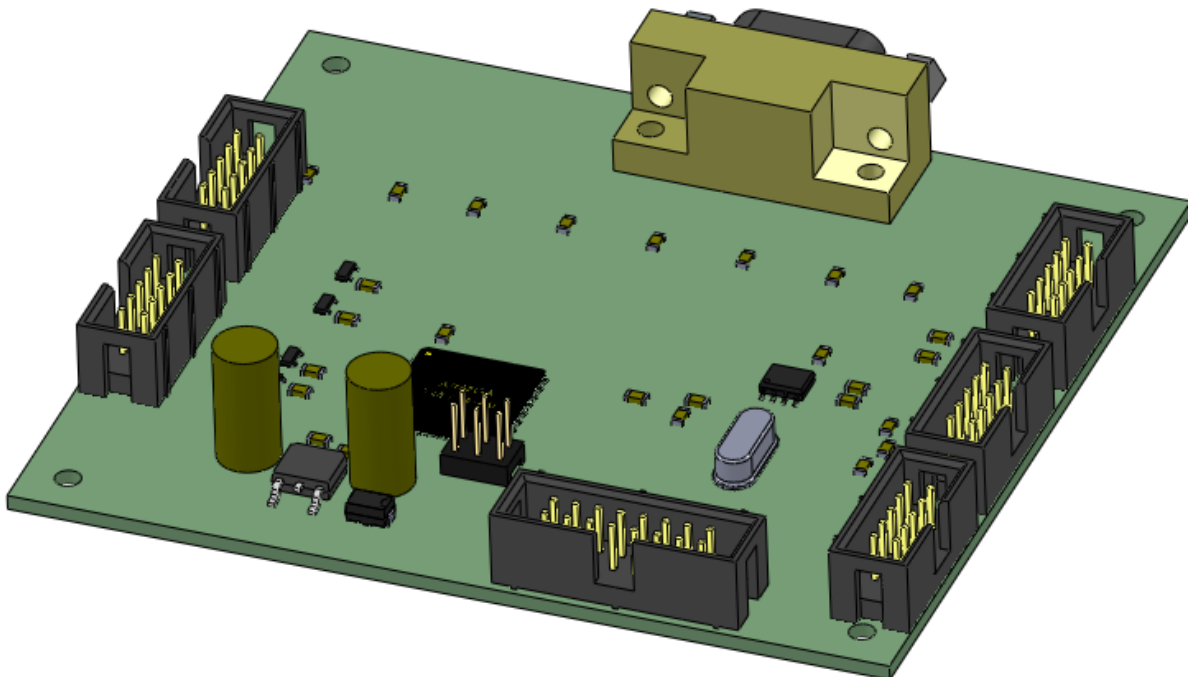


Рис. 1.6. Результат построения трехмерной модели ячейки управления с учетом реалистичных отображений ЭРЭ

1.4. Экспорт данных из *SolidWorks* в *CircuitWorks*

При экспорте данных из *SolidWorks* в *CircuitWorks* следует придерживаться определенных правил, прежде всего касающихся имен файлов печатных плат и элементов вытянутых оснований и вырезов внутри дерева построения.

В дереве конструирования *FeatureManager SolidWorks* для печатной платы, созданном с помощью *CircuitWorks*, отображаются три элемента: корпус платы (*Board_Outline*) и два элемента «Вырез – Вытянуть» для отверстий с металлизацией и без металлизации, называемые соответственно *NPTH* и *PTH*. Чтобы выполнить дополнительный вырез на плате, необходимо изменить эскиз в элементе вытянутого выреза *NPTH* для выреза с металлизацией или в элементе выреза *PTH* для выреза без металлизации. Если необходимо изменить контур платы, то следует отредактировать эскиз исходной вытяжки *Board_Outline*.

При редактировании детали платы в *SolidWorks* возможно задавать области, используемые в *ECAD*-системе для трассировки (области для размещения ЭРЭ, разрешенные области для трассировки электрических соединений и т. п.) Примеры наименований слоев печатной платы, соответствующие наименованиям эскизов печатной платы:

- *Route_Outline1*;
- *Route_Outline_1*;
- *Place_Keepout_one*;
- *Via_Keepout01*;
- *Via_Keepout_top* и др.

1.5. Двухнаправленная передача данных в *CircuitWorks*

CircuitWorks позволяет экспортировать сборку ячейки на печатной плате из *SolidWorks* в формате *IDF* в схемотехническую САПР. Можно создать твердотельную модель печатной платы и ее компонентов на основе эскиза в *SolidWorks*, а затем сохранить с информацией об электрических свойствах и характеристиках. Эту возможность удобно использовать в тех случаях, когда габариты ячейки, в частности печатной платы, зависят от формы и размеров корпуса прибора или отсека оборудования, в котором эта электронная ячейка

будет эксплуатироваться. При необходимости можно изменить в сборке *SolidWorks* размещение элементов печатной платы, полученной в *IDF*-формате и созданной модулем *CircuitWorks*, а затем сохранить в файл *IDF* измененные координаты элементов для последующей трассировки полученного результата в схемотехнической САПР.

1.6. Пример организации экспорта данных в *CircuitWorks*

В ходе предварительного проектирования усилителя мощности звуковой частоты, работающего в составе системного блока компьютера, была построена трехмерная модель, изображенная на рис. 1.7.

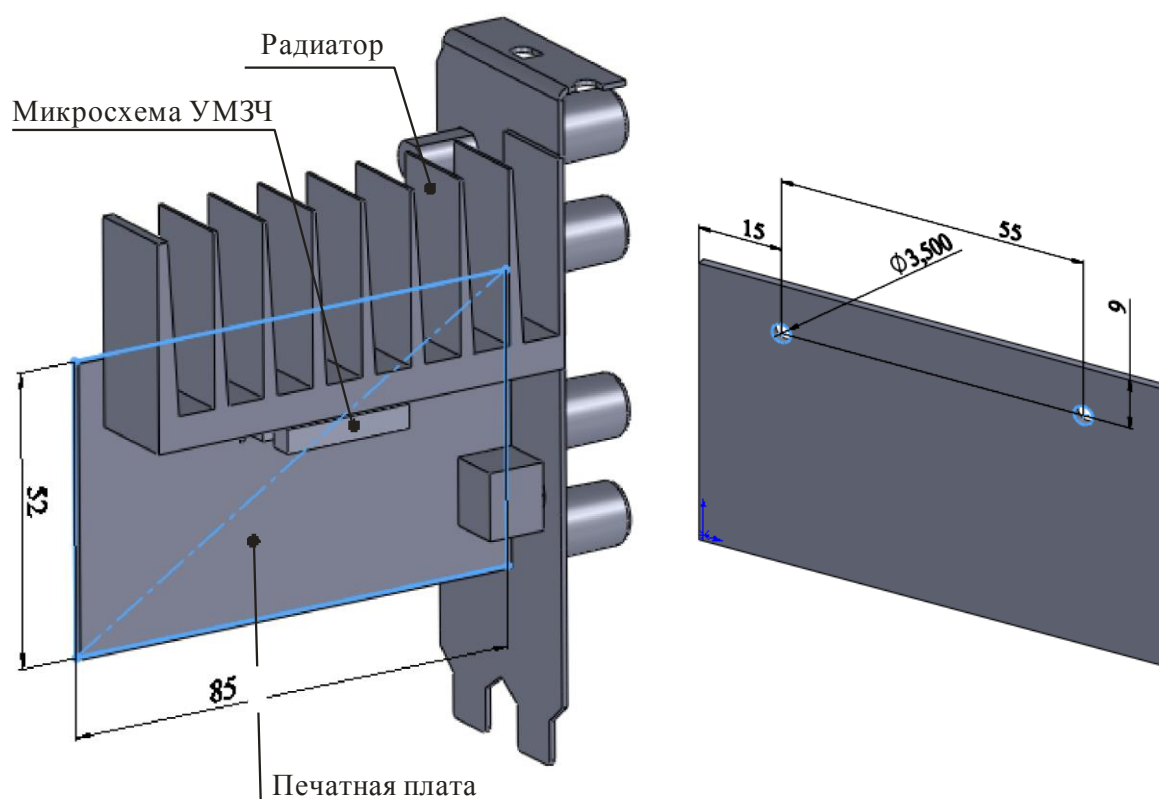


Рис. 1.7. Трехмерная модель усилителя мощности звуковой частоты

В состав усилителя входит ячейка на печатной плате с установленной микросхемой УМЗЧ. Микросхема охлаждается с помощью радиатора, который крепится в двух точках винтовыми соединениями. Расстояние между точками крепления радиатора составляет 55 мм.

Заготовка печатной платы была построена в *SolidWorks* с учетом требований имен элементов вытянутых оснований и вырезов внутри дерева построения. Контур платы реализован в виде вытянутого элемента с именем *Board_Outline*, вытянутый вырез имеет имя *NPTH* для отверстий без металлизации. **Исходная точка** совпадает с крайним левым углом платы. При экспорте данных в *CircuitWorks* необходимо определить ориентацию печатной платы (рис. 1.8).

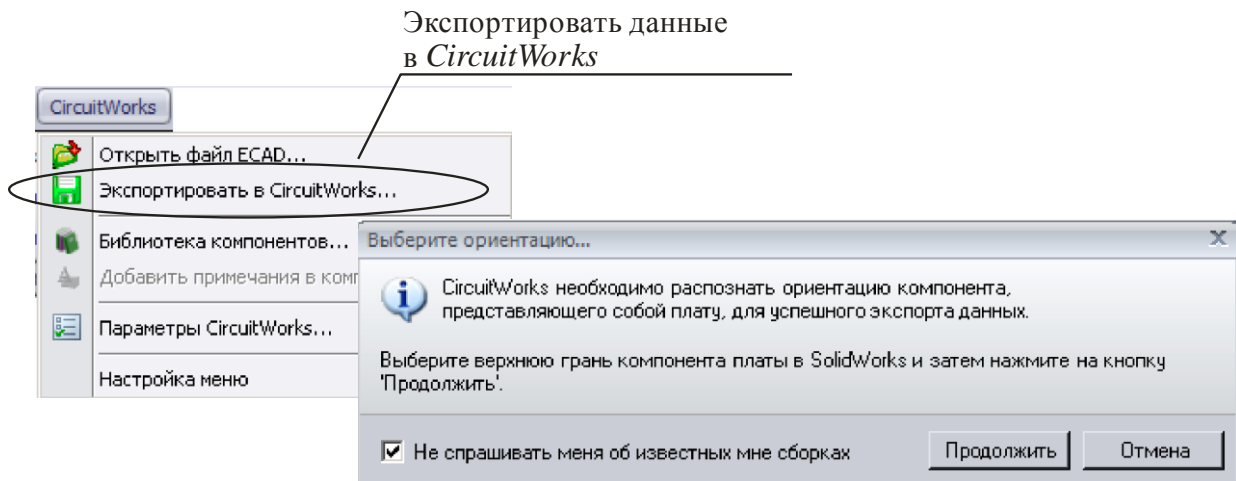


Рис. 1.8. Результат построения трехмерной модели ячейки управления с учетом реалистичных отображений ЭРЭ

В *CircuitWorks* печатная плата будет отображаться в виде, показанном на рис. 1.9.

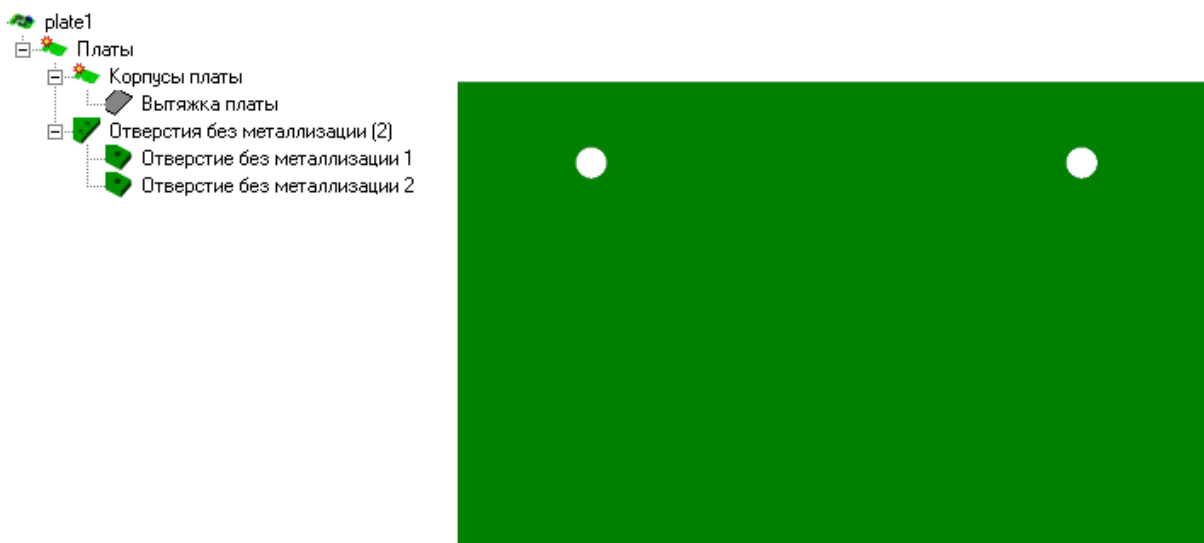


Рис. 1.9. Результат экспорта трехмерной модели платы в *CircuitWorks*

В иерархическом дереве данных для *ECAD*-системы отображаются корпус платы в виде вытяжки и два отверстия без металлизации. Для передачи данных в *ECAD*-систему в формате *IDF* следует выполнить команду **Сохранить как**, выбрав при этом формат *IDF 3.0 File*. (*.emn/*.emp) или *IDF 3.0 File*. (*.brd/*.pro). Сформированные при этом файлы будут доступны к импорту в *Altium Designer* или другие *ECAD*-системы.

1.7. Задание для самостоятельной работы

1. При теоретической подготовке использовать изложенные сведения, контрольные вопросы и рекомендуемую литературу.

2. На основе выданного преподавателем файла *IDF*-формата построить трехмерную модель ячейки ЭС двумя способами: непосредственно из *SolidWorks* и с использованием приложения *CircuitWorks*. В последнем случае выполнить построение с учетом реалистичных отображений электрорадиоэлементов.

3. Разработать трехмерную модель печатной платы для заданного корпуса или конструктива ЭС. Осуществить передачу данных в систему *Altium Designer*.

4. По заданию преподавателя и на основании построенной модели ячейки ЭС разработать механические составляющие ячейки.

5. На основе сформированного в формате STEP промежуточного файла сборки ячейки построить габаритный чертеж ячейки.

1.8. Темы для контроля знаний

1. Понятие «электронных» и «механических» *CAD*-систем.
2. Формат *IDF*. Версии формата. Особенности экспорта *IDF* файлов из САПР *Altium Designer*.
3. Формат хранения файлов в *CircuitWorks*.
4. Работа с файлами *IDF* в *SolidWorks*.
5. Приложение *CircuitWorks*.
6. Особенности фильтрации компонентов, отверстий в *CircuitWorks*.
7. Возможности двунаправленной передачи данных между САПР *SolidWorks* и *Altium Designer*.
8. Основные правила построения трехмерных моделей печатных плат в *SolidWorks* для передачи данных в *ECAD*-системы.

2. РАЗРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА В САПР *SOLIDWORKS*

2.1. Способы создания моделей изделий из листового металла

Изделия из листового металла широко применяются в составе ячеек и блоков электронных средств. К числу изделий, выполненных из листовой заготовки, относятся корпусные детали, кожухи, крепежные элементы, радиаторы. При этом основная задача разработчика подобных изделий заключается в получении точной развертки с учетом специфики технологического оборудования. Для эффективного решения этой задачи в *SolidWorks* используются инструменты опции **Листовой металл**.

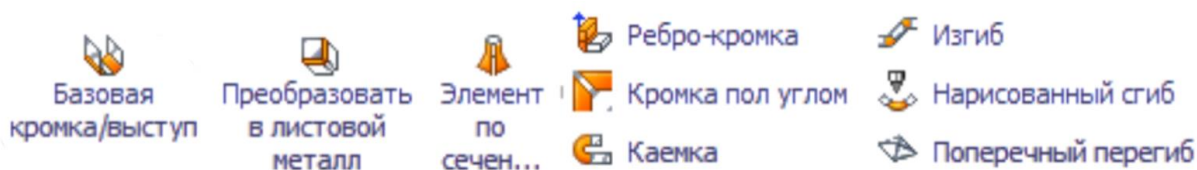
Существуют три способа построения трехмерных моделей детали из листового металла:

1. Создание детали с помощью инструментов опции **Листовой металл**. Деталь создается из листового металла с помощью начального инструмента **Базовая кромка**. Разработка изделий инструментами опции **Листовой металл** может выполняться на основе заданной развертки или в согнутом состоянии. При этом деталь строится на основе элементов (**Ребро – кромка**, **Кромка под углом**, **Нарисованный изгиб** и др.), технологически соответствующих действиям, при которых пластическая деформация наблюдается только в зоне контакта заготовки с пуансоном. Подобные операции относятся к операциями холодной листовой штамповки или гибки.

2. Преобразование твердотельной детали в деталь из листового металла.

3. Создание детали, затем оболочки для нее и преобразование детали в листовой металл.

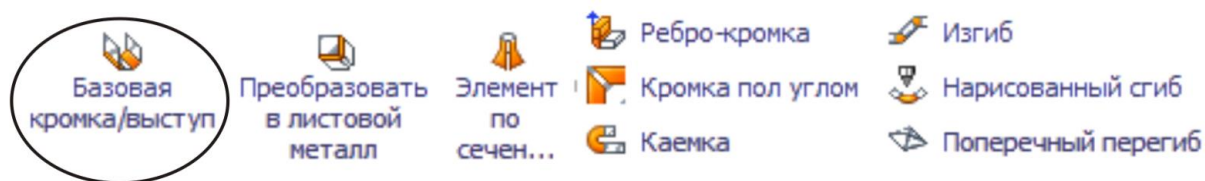
Элементы создания деталей из листового металла расположены на вкладке **Листовой металл**:



Базовая кромка – первый элемент новой детали из листового металла. Когда элемент **Базовая кромка** добавляется в деталь *SolidWorks*, она помечается как деталь из листового металла. Сгибы добавляются там, где необходимо, а элементы, присущие деталям из листового металла, добавляются в дерево конструирования *FeatureManager*.

Элемент **Базовая кромка** создается из эскиза. Он может являться одним открытым, одним закрытым или замкнутым множеством профилей. Эскиз может быть создан перед исполнением команды **Базовая кромка**, либо в процессе выполнения система предложит выбрать плоскость для разработки эскиза.

Для построения базовой кромки следует выполнить команду верхнего меню **Вставка >> Листовой металл >> Базовая кромка** либо нажать кнопку **Базовая кромка/выступ** на панели инструментов **Листовой металл**:



Элемент **Базовая кромка** создает три новых элемента в дереве конструирования *FeatureManager* (рис. 2.1).

Листовой металл1 (Sheet-Metal1). Элемент **Листовой металл** содержит настройки сгиба по умолчанию. Для редактирования радиуса сгиба по умолчанию, допуска сгиба или типа выреза для снятия напряжения по умолчанию необходимо нажать правой кнопкой мыши на элемент **Листовой металл** и выбрать **Редактировать определение**.

Базовая кромка1 (Base-Flange). Элемент **Базовая кромка** – это первый твердотельный элемент детали из листового металла.

Развертка1 (Flat-Pattern1). Элемент **Развертка1** разгибает деталь из листового металла. Этот элемент по умолчанию погашен, поскольку деталь находится в согнутом состоянии. Необходимо высветить элементы, чтобы сделать деталь из листового металла плоской.

Когда элемент **Развертка (Плоский массив)** погашен, все новые элементы, которые добавляются в деталь, автоматически вставляются над элементом **Развертка (Плоский массив)** в дереве кон-

струирования *FeatureManager*. Когда элемент **Развертка (Плоский массив)** высвечен, новые элементы вставляются под ним в дереве конструирования *FeatureManager* и не отображаются в свернутой детали.

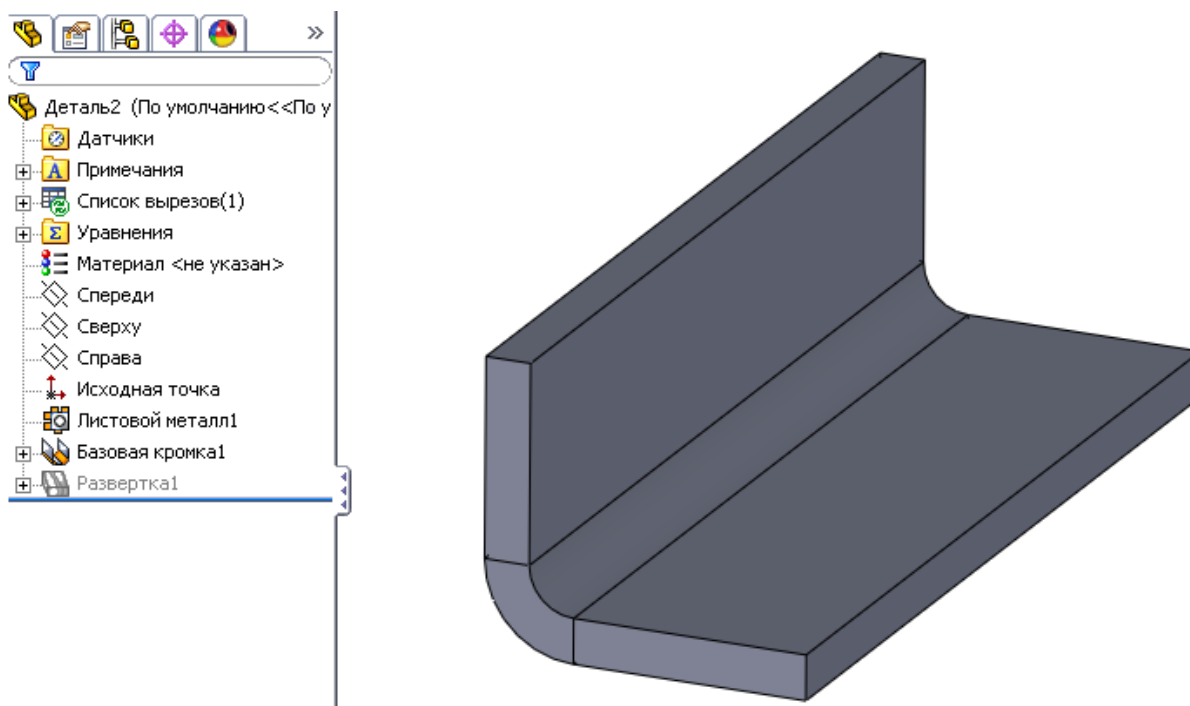


Рис. 2.1. Создание трех новых элементов для изделия из листового металла в дереве конструирования: **Листовой металл1**, **Базовая кромка1**, **Развертка1**

2.2. Определение допуска сгиба

Процесс гибки листового металла, который моделируется в *SolidWorks*, относится к операциям холодной листовой штамповки. Гибка представляет собой процесс упругопластичной деформации, по-разному протекающий в зависимости от сторон изгибаемой заготовки.

Внутренние слои металла со стороны пуансона сжимаются и укорачиваются в продольном направлении, растягиваются и удлиняются – в поперечном. Внешние слои со стороны матрицы, наоборот, растягиваются и удлиняются в продольном направлении и сжимаются в поперечном. При этом существует нейтральный слой, который не подвергается деформации (рис. 2.2).

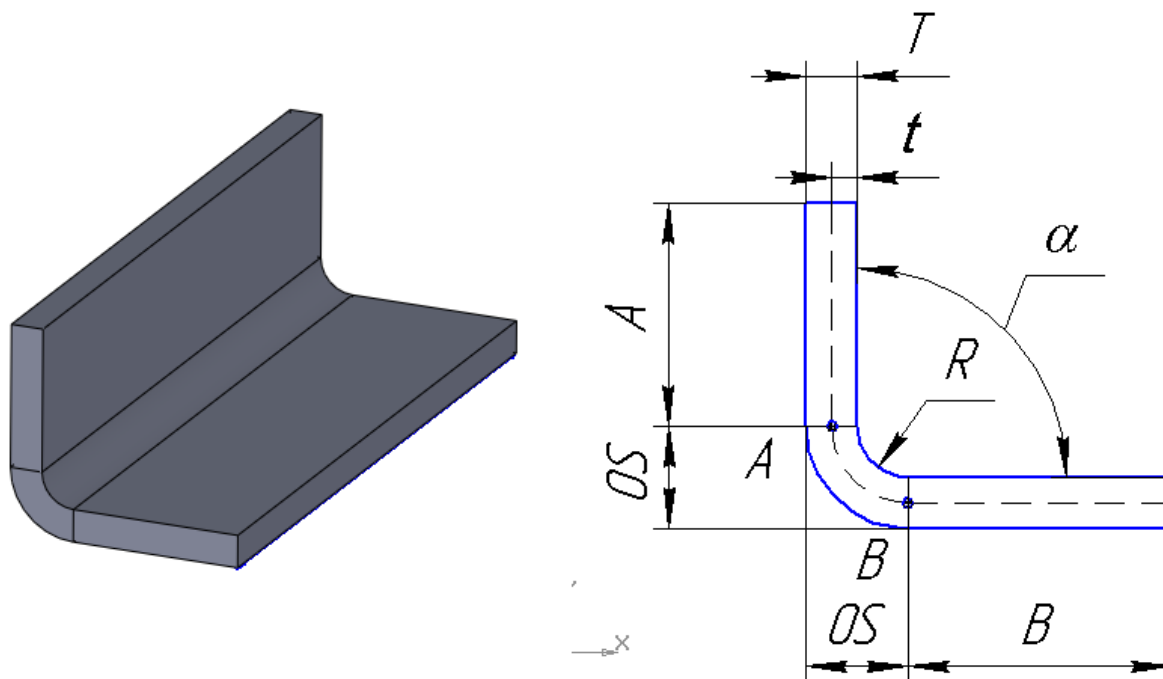


Рис. 2.2. Определение допуска сгиба листового металла

Допуск сгиба рассчитывается методом определения плоской длины листовой заготовки L для задания необходимых размеров согнутой детали (см. рис. 2.2).

$$L = A + B + BA.$$

В *SolidWorks* методики расчета допуска сгиба включают таблицы сгибов, коэффициент K и прямой расчет сгиба [1].

Определение допуска сгиба через редактирование элемента **Листовой металл** в дереве построения показано на рис. 2.3. По умолчанию расчет допуска сгиба определяется величиной коэффициента K .

Коэффициент K определяет расположение нейтрального слоя по отношению к толщине листа и вычисляется по формуле $K = t/T$, где t – расстояние от внутренней грани до нейтрального слоя; T – толщина листа.

Допуск сгиба, или расстояние между точками A и B , в соответствии с рис. 2.2 будет равен

$$BA = [\pi(R + KT)\alpha]/180,$$

где R – внутренний радиус сгиба;

α – угол сгиба, выраженный в градусах.

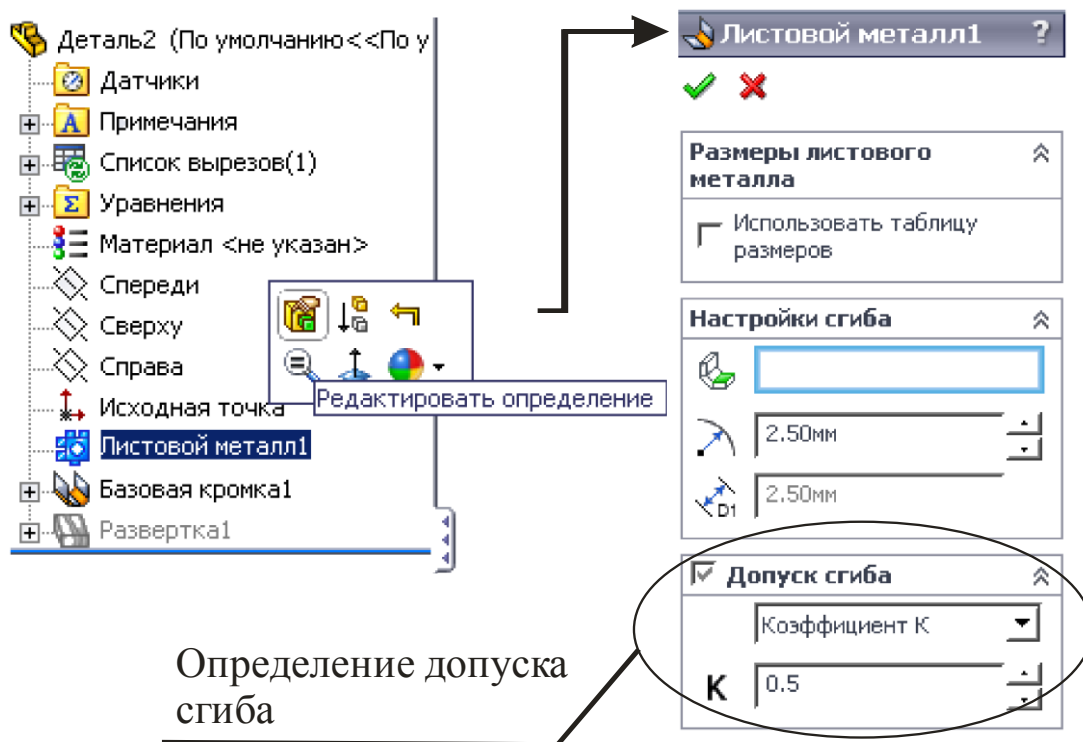


Рис. 2.3. Определение допуска сгиба через редактирование опции **Листовой металл** в дереве построения

Пример расчета допуска сгиба через коэффициент К

Для толщины листа 1 мм и радиуса сгиба 1 мм определить коэффициент К и длину заготовки полосы шириной 30 мм. Угол гибки составляет 90°. Определить допуск сгиба при известных значениях недеформированных участков полосы А и В, равных 30 мм.

Решение. Коэффициент К по умолчанию в *SolidWorks* равен 0,5, что соответствует срединному расположению нейтрального слоя. Допуск сгиба, или расстояние между точками А и В, в соответствии с рис. 2.2 определяется

$$BA = [3,14 (1 \text{ мм} + 0,5 \cdot 1 \text{ мм}) 90^\circ] / 180^\circ = 2,356 \text{ мм.}$$

Общая длина полосы для гибки

$$L = A + B + BA = 30 \text{ мм} + 30 \text{ мм} + 2,356 \text{ мм} = 62,356 \text{ мм.}$$

На рис. 2.4 показаны результаты построения данной детали в *SolidWorks* и определение длины полосы программным способом. Величина длины полосы развертки, рассчитанная аналитическим способом, соответствует значению, вычисленному в *SolidWorks*.

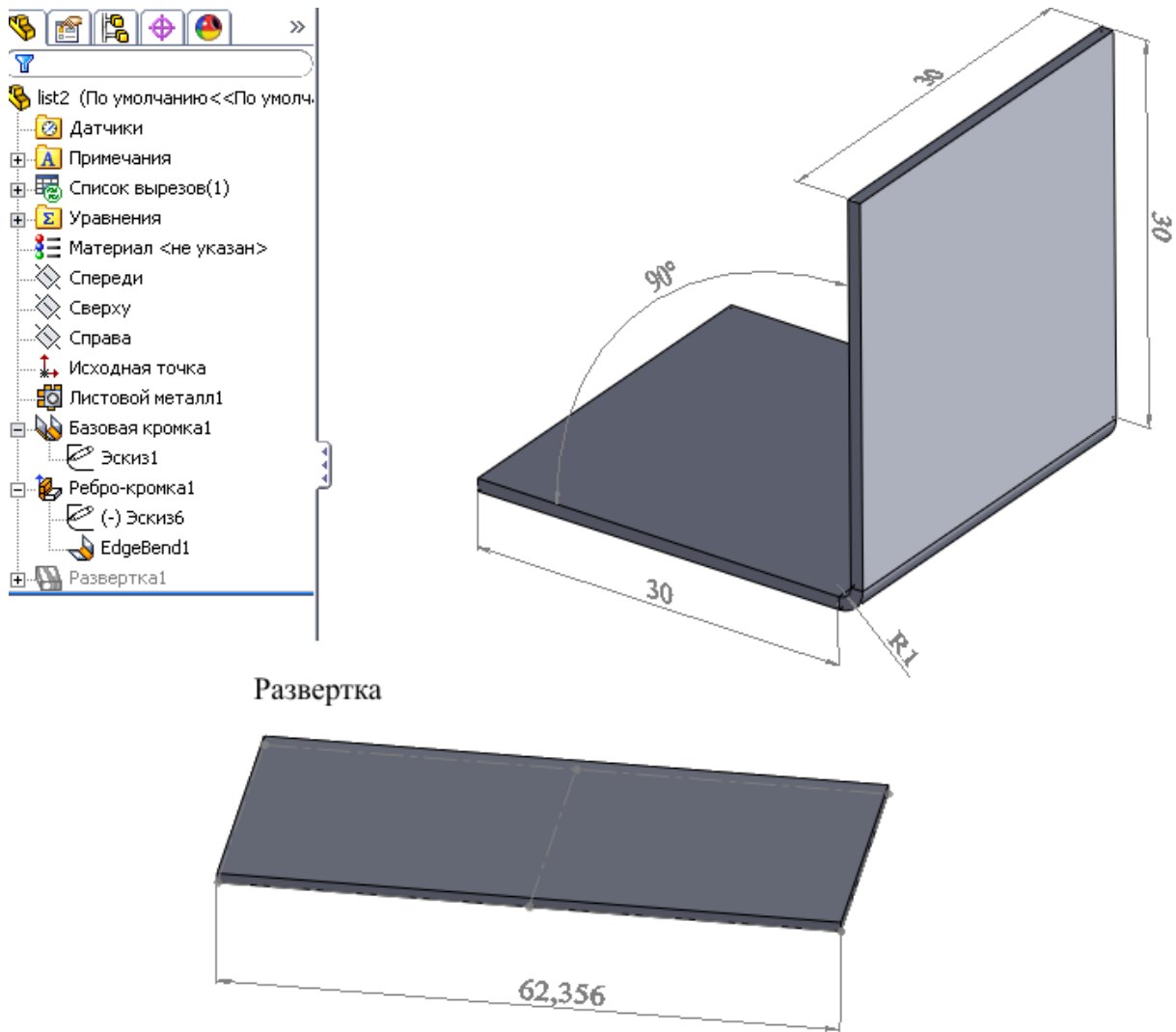


Рис. 2.4. Определение длины развертки программным способом

Другими способами задания допуска сгиба в *SolidWorks* являются **Таблица сгибов**, прямое указание длины допуска сгиба *BA* с помощью опции **Допуск сгиба**, а также **Вычисление сгиба** и **Расчет сгиба**.

Типовая **Таблица сгибов**, реализуемая в *SolidWorks* и предназначенная для выполнения операций с листовым металлом, находится по адресу <каталог_установки>\lang\english\Sheetmetal Bend Tables\sample.btl. Для использования собственной **Таблицы сгибов** при выполнении операций с листовым металлом необходимо скопировать и переименовать данную таблицу. **Таблица сгибов** редактируется в соответствии с требуемыми допусками сгибов.

Существуют два типа определения **Таблиц сгибов**: текстовый файл с расширением *.btl* и встроенная электронная таблица *Excel*.

Если **Таблица сгибов** создается как текстовый файл, то в ней указываются следующие параметры:

- типы **Таблицы сгибов** (величина уменьшения сгиба, допуск сгиба и коэффициент К);

- единицы измерения (метры, миллиметры, сантиметры, дюймы и футы). Единица измерения задается в строке **Единицы измерения Таблицы сгиба** [1].

При использовании **Таблицы сгибов** следует учитывать ограничения:

- **Таблица сгибов**, сгенерированная в *SolidWorks*, по умолчанию приведена исключительно как справочная. Значения в таблице не отражают реальные значения допусков сгибов. При использовании **Таблицы сгибов** ее следует заполнять в соответствии с параметрами технологического процесса гибки для известного оборудования, оснастки и листовых материалов;

- если толщина детали или угол сгиба находится в рамках значений таблицы, то программа интерполирует значения для расчета допуска сгиба [1].

Таблицы сгибов в формате *Microsoft Excel* поддерживают:

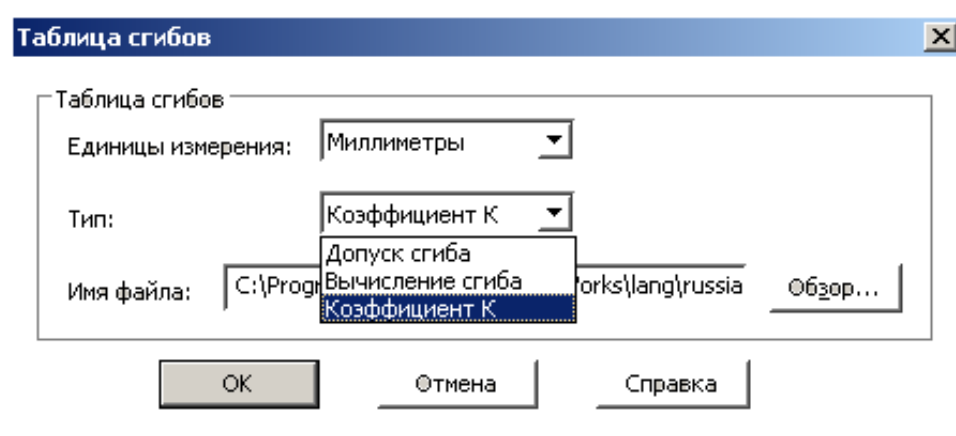
- различные способы определения допуска сгиба (величина уменьшения сгиба, прямой расчет допуска сгиба и коэффициент К);

- определение нескольких углов в одном файле **Таблицы сгиба**.

Для создания **Таблицы сгибов** в формате *Microsoft Excel* необходимо:

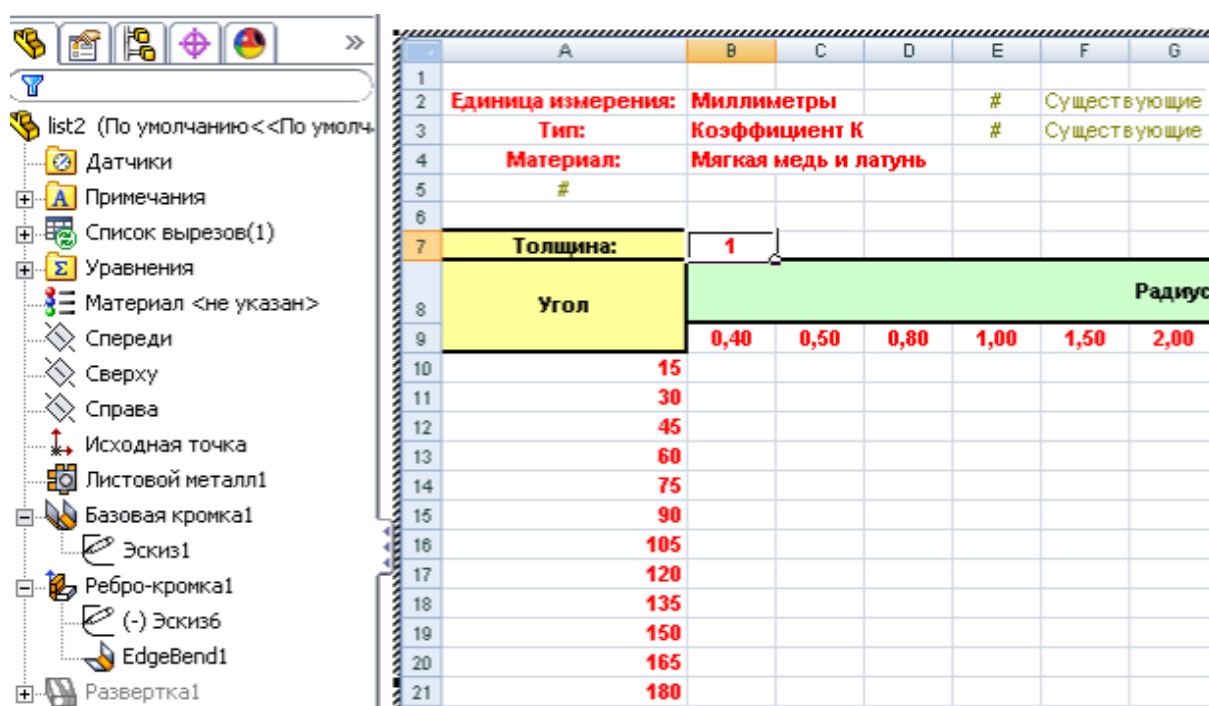
1. В детали выбрать **Вставка > Листовой металл > Таблица сгибов > Создать**.

2. Появится окно определения **Таблица сгибов**:



- В диалоговом окне определяются следующие параметры:
- **Единицы измерения** для указания единиц измерения;
 - **Тип**, чтобы указать допуск сгиба, величину уменьшения сгиба или коэффициент К;
 - **Имя файла** и его месторасположение **Обзор**, чтобы найти путь, по которому необходимо сохранить **Таблицу сгибов**.

После определения этих данных и нажатия **ОК** в окне *SolidWorks* появляется встроенное окно *Excel*, содержащее **Таблицу сгибов**. Электронная **Таблица сгибов** содержит значения радиуса, толщины и угла по умолчанию (рис. 2.5). Возможно вводить новые значения допусков сгиба, величины уменьшения сгиба или коэффициента К в электронную таблицу. Чтобы закрыть **Таблицу сгибов**, следует нажать правой кнопкой мыши за пределами таблицы, но внутри графической области *SolidWorks*.



	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Единица измерения:	Миллиметры			#	Существующие	
3	Тип:	Коэффициент К			#	Существующие	
4	Материал:	Мягкая медь и латунь					
5		#					
6							
7	Толщина:	1					
8	Угол	Радиус					
9		0,40	0,50	0,80	1,00	1,50	2,00
10		15					
11		30					
12		45					
13		60					
14		75					
15		90					
16		105					
17		120					
18		135					
19		150					
20		165					
21		180					

Рис. 2.5. Пример определения **Таблицы сгибов** во встроенном окне *Microsoft Excel*

Еще одним типом определения допуска сгиба является **Вычисление сгиба**. При этом следует указать точное значение величины уменьшения сгиба путем ввода значения при создании сгиба. Величина уменьшения сгиба является разницей между допуском сгиба и уменьшенным вдвое внешним значением (см. рис. 2.2).

Величину BD , определяемую для опции **Вычисление сгиба**, рассчитывают по формуле

$$BD = 2OS - BA.$$

Таблица расчета сгибов позволяет рассчитать развернутую длину деталей в зависимости от угла гибки, толщины листа и радиуса гибки. С помощью таблиц расчета сгиба можно определять различные угловые диапазоны, задавать уравнения для таких диапазонов и рассчитывать развернутую длину детали (рис. 2.6). По умолчанию таблица расчета сгибов находится по адресу <каталог установки>\lang\english\Sheetmetal Bend Tables.

Пример таблицы расчета сгиба [1]:

	A	B	C
2	Тип:	Steel Equation Table	
3	Процесс	Steel Air Bending	
4	Тип сгиба:	Расчет сгиба	
5	Единицы измерения:	миллиметры	
6	Материал:	Сталь	
7	Толщина материала:	s	
8	Радиус	r	
9	Коэффициент K	0.65+0.5*Ig(r/s)	
10	Угол сгиба	180-a	
11			
12			
13	Угловой диапазон	Уравнение	Использовать длину
14			
15	$0 \leq b \leq 90$	$v = \pi * ((180-b)/180) * (r + ((s/2)*k)) - 2*(r+s)$	Да
16	$90 < b \leq 165$	$v = \pi * ((180-b)/180) * (r + ((s/2)*k)) - 2*(r+s) * \tan((180-b)/2)$	Нет
17	$165 < b \leq 180$	$v = 0$	Нет

Рис. 2.6. Пример оформления таблицы расчета сгибов

В столбце A отображаются наименования параметров, в столбце B – переменные, которые могут использоваться в уравнениях. Далее определяется уравнение для использования в расчете углового диапазона. Также можно воспользоваться постоянным значением.

Уравнение, рассчитывающее общую развернутую длину:

$$LD = A + B + v,$$

где v – рассчитанный допуск сгиба.

Значение v может быть отрицательным числом. При этом, если v – отрицательное число, расчет идентичен использованию уменьшения сгиба, хотя уравнение предназначено для расчета допуска сгиба [1].

2.3. Создание трехмерной модели детали на основе развертки

Последовательность построения детали «Кронштейн», предназначенной для крепления электролитических конденсаторов на панели блока питания, представлена в табл. 2.1. **Базовая кромка** выполняется на основе эскиза, показанного на рис. 2.7.

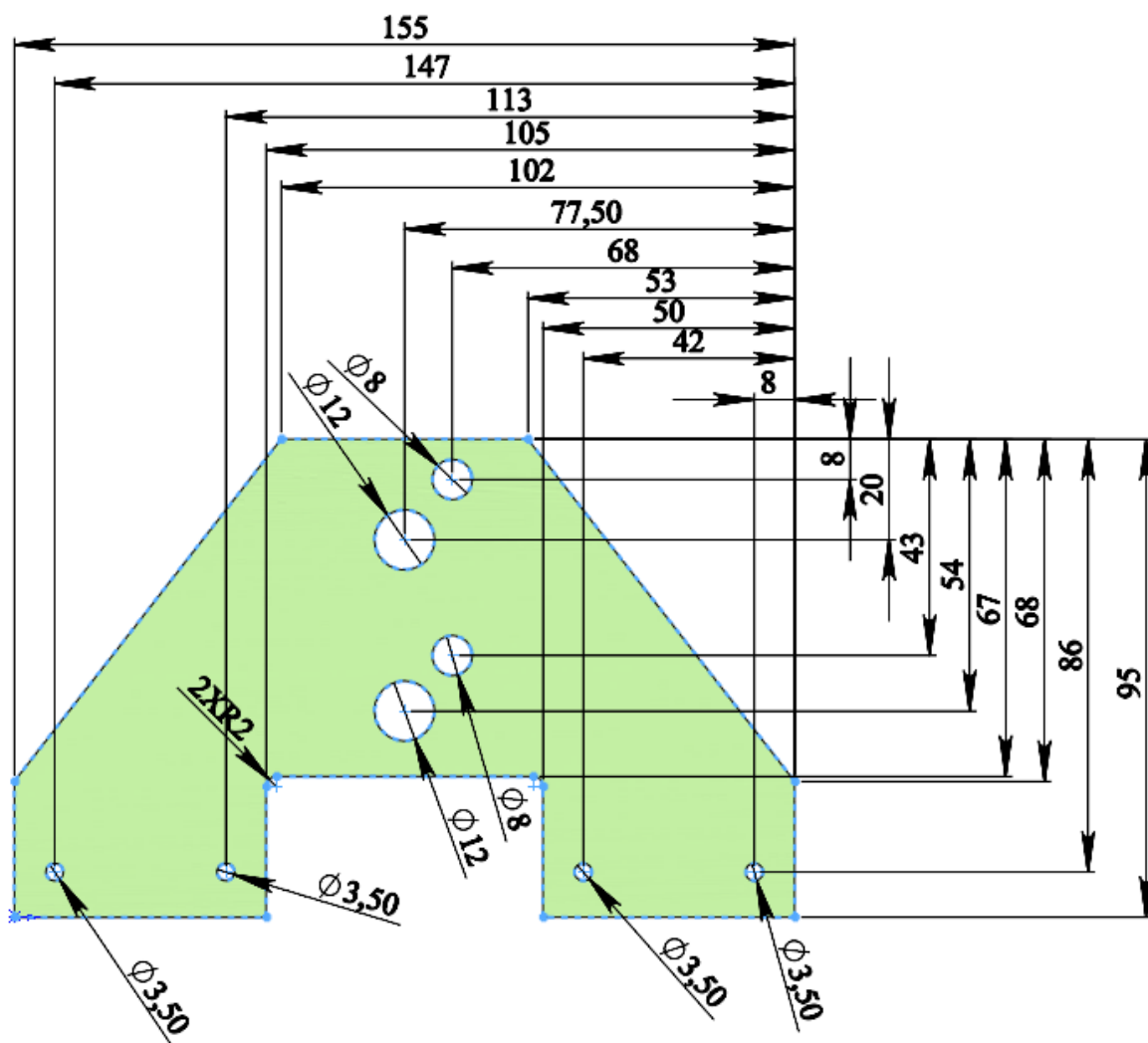


Рис. 2.7. Эскиз для построения детали «Кронштейн»

При построении детали «Кронштейн» необходимо использовать элемент **Нарисованный сгиб** на панели инструментов **Листовой металл**:

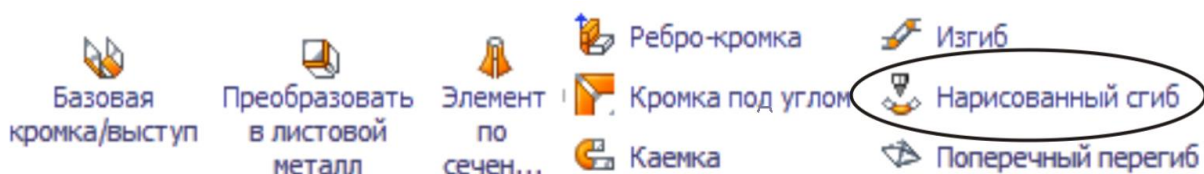


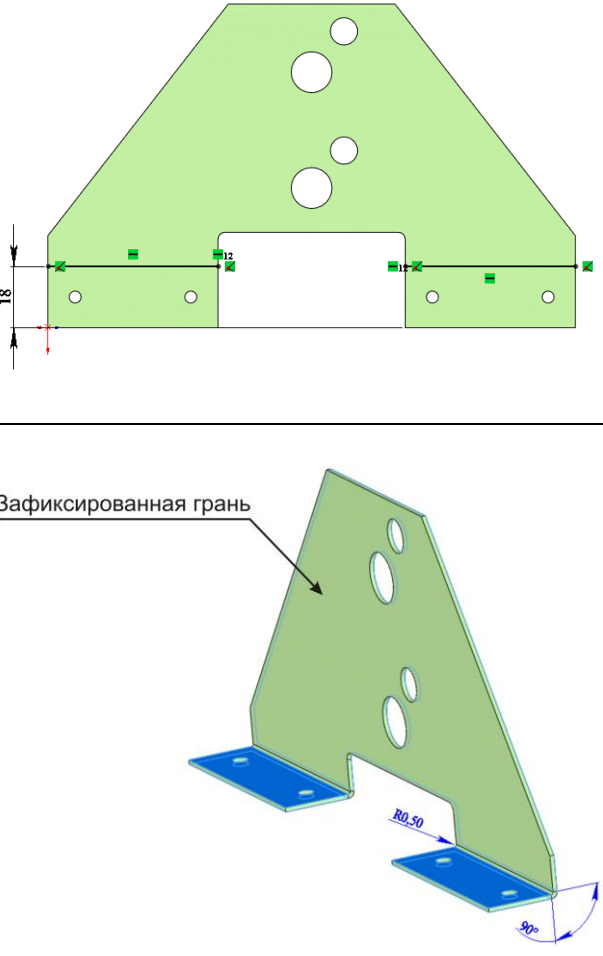


Таблица 2.1

Последовательность построения трехмерной модели
детали «Кронштейн»

№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
1	 Базовая кромка/выступ	Плоскость эскиза: Спереди. Толщина металла 0,5 мм. Реверс направления	См. рис. 2.7
2	Нарисованный сгиб 	Плоскость эскиза: плоская грань базовой кромки, построенной в п. 1. Угол нарисованного сгиба 90°. Радиус сгиба 0,5 мм. Расположение сгиба: Осевая линия сгиба. В графической области для параметра Зафиксированная грань выбрать грань, которая не перемещается в результате сгиба	

№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
3	<p>Нарисованный сгиб</p> 	<p>Плоскость эскиза: плоская грань базовой кромки, построенной в п. 1.</p> <p>Угол нарисованного сгиба 90°.</p> <p>Радиус сгиба 0,5 мм.</p> <p>Расположение сгиба: Осевая линия сгиба.</p> <p>В графической области для параметра Зафиксированная грань выбрать грань, которая не перемещается в результате сгиба</p>	

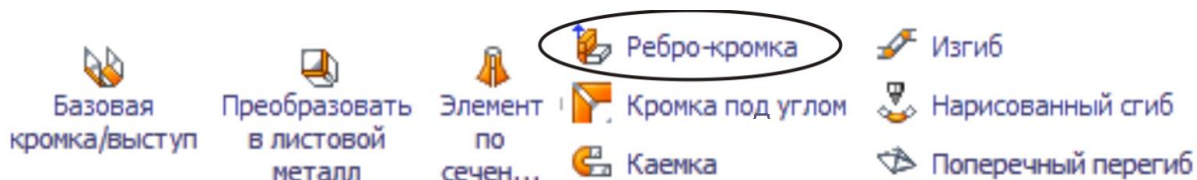
2.4. Создание трехмерной модели в согнутом состоянии

Построение деталей из листового металла в согнутом состоянии выполняется при определенных исходных данных: известны размеры крепления детали, ограничения на габаритные размеры, а также установочные размеры деталей и сборок, устанавливаемых на разрабатываемое изделие.

В табл. 2.2 показана последовательность построения детали «Радиатор», выполненной из листового металла толщиной 2,5 мм, радиус сгиба 2,5 мм. Радиатор устанавливается в корпусе блока ЭС, расстояние между крепежными бобышками 100 мм. Деталь предназначена

для крепления двух элементов в корпусе ТО-220, устанавливаемых на печатной плате. Ограничение на габаритные размеры радиатора: не более 120×50×50 мм.


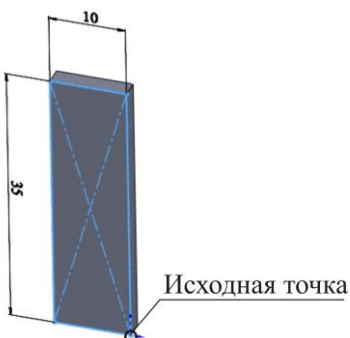

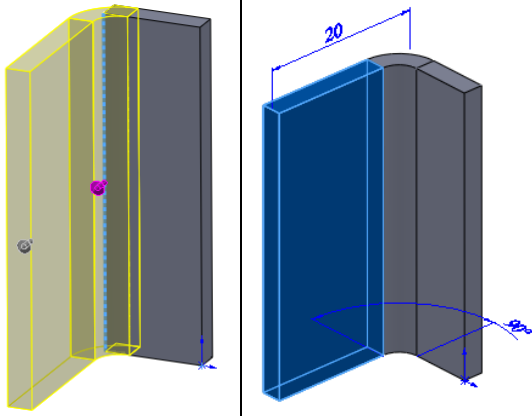
При построении детали «Радиатор» необходимо использовать элемент **Ребро-кромка** на панели инструментов **Листовой металл**:




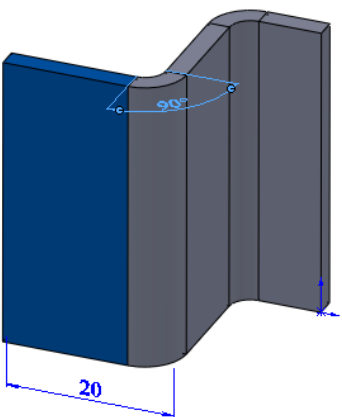

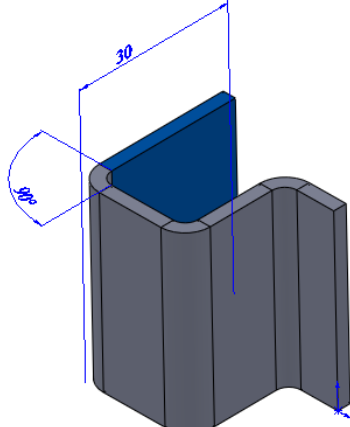

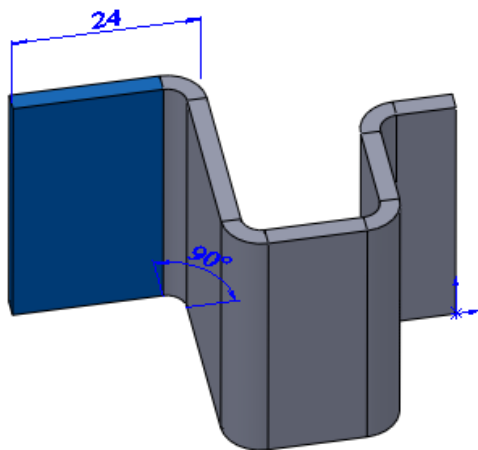
Деталь «Радиатор» строится двумя способами: в первом базовая кромка строится на основании плоского элемента детали, к которому «присоединяются» согнутые ребра, во втором – базовая кромка сразу моделирует согнутое состояние (табл. 2.3).

Таблица 2.2


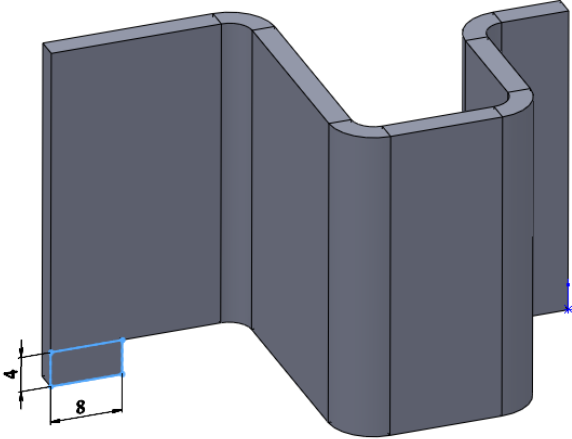

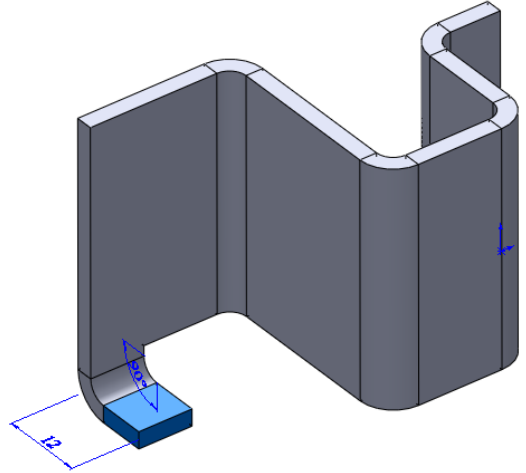
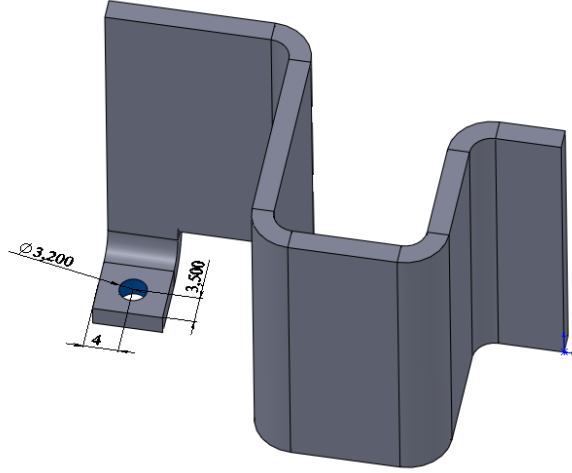
Последовательность построения трехмерной модели детали «Радиатор» (первый способ)

№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
1	 Базовая кромка/выступ	Плоскость эскиза: Спереди. Толщина металла 2,5 мм. Правый нижний угол прямоугольника совпадает с Исходной точкой	
2	Ребро-кромка 	Выбрать левую кромку элемента, построенного в п. 1. Угол кромки 90°. Длина 20 мм. Виртуальная резкость снаружи. Расположение кромки: Материал внутри	

Продолжение табл. 2.2

№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
3	Ребро-кромка 	Выбрать левую кромку элемента, построенного в п. 2. Угол кромки 90°. Длина 20 мм. Виртуальная резкость снаружи. Расположение кромки: Материал внутри	
4	Ребро-кромка 	Выбрать левую кромку элемента, построенного в п. 3. Угол кромки 90°. Длина 30 мм. Виртуальная резкость снаружи. Расположение кромки: Материал внутри	
5	Ребро-кромка 	Выбрать левую кромку элемента, построенного в п. 4. Угол кромки 90°. Длина 24 мм. Виртуальная резкость снаружи. Расположение кромки: Материал внутри	

Продолжение табл. 2.2

№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
6	<p>Выступ</p>  <p>Базовая кромка/выступ</p>	<p>Плоскость эскиза: плоская грань ребра-кромки, построенного в п. 5. Толщина 2,5 мм. Результат слияния</p>	
7	<p>Ребра-кромка</p> 	<p>Выбрать нижнюю кромку выступа, построенного в п. 6. Угол кромки 90°. Длина 14 мм. Виртуальная резкость снаружи. Расположение кромки: Материал внутри</p>	
8	<p>Вытянутый вырез</p>	<p>Плоскость эскиза: плоская грань ребра-кромки, построенного в п. 7. Граничное условие: Насквозь</p>	

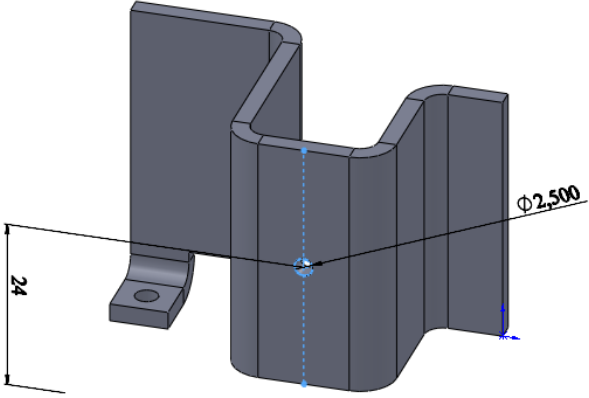

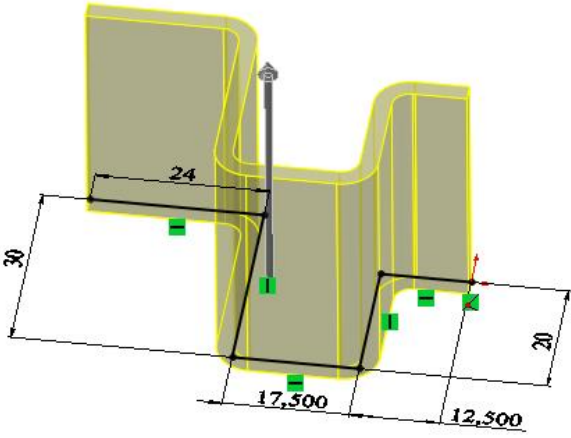
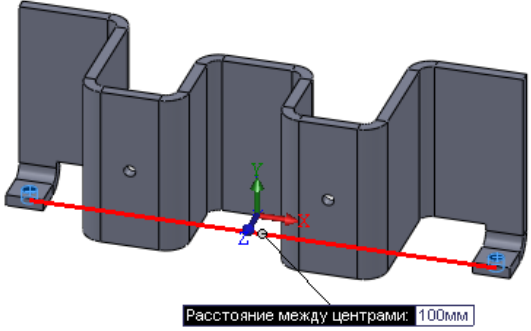
№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
9	Вытянутый вырез	Плоскость эскиза: плоская грань ребра-кромки, построенного в п. 3. Граничное условие: Насквозь	
10	Зеркальное отражение	Отражение выполнить относительно торцевой грани. Выбрать: Отражение твердого тела	

Таблица 2.3

Последовательность построения трехмерной модели детали «Радиатор» (второй способ)

№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
1	 Базовая кромка/выступ	Плоскость эскиза: Сверху . Толщина металла 2,5 мм. Крайняя правая точка ломаной линии совпадает с Исходной точкой	

№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
2	Ребро-кромка, Вытянутый вырез, Зеркальное отражение	Последовательность построения соответствует п. 6 – 10 в табл. 2.2	 <p>Расстояние между центрами: 100мм</p>

Чтобы получить плоский массив детали из листового металла, необходимо в дереве построения высветить элемент **Развертка**. Вид развертки, полученной в результате построения детали «Радиатор», показан на рис. 2.8.

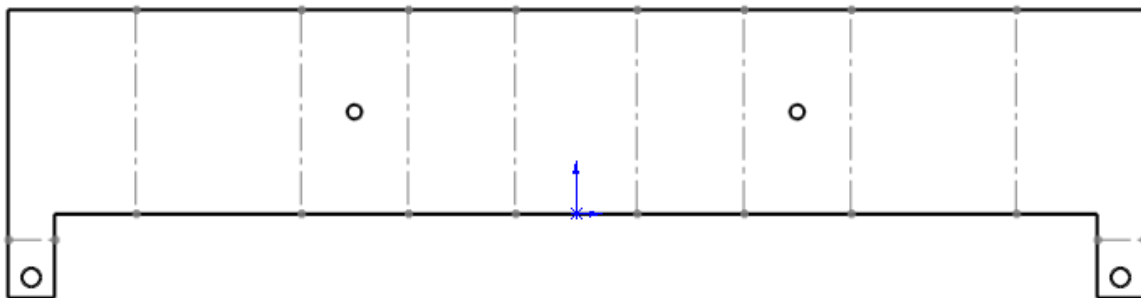


Рис. 2.8. Развертка детали «Радиатор»

2.5. Создание детали из листового металла методом преобразования твердотельной детали

Команда **Преобразовать в листовой металл** позволяет задать параметры (толщину, радиус сгиба, места разрывов), необходимые для преобразования твердотельной детали в деталь из листового металла.

С этой целью предварительно создают твердотельную деталь. На рис. 2.9 показана трехмерная заготовка для разработки корпуса электронного средства из листового металла. Вытяжка выполнялась от средней плоскости на 80 мм.

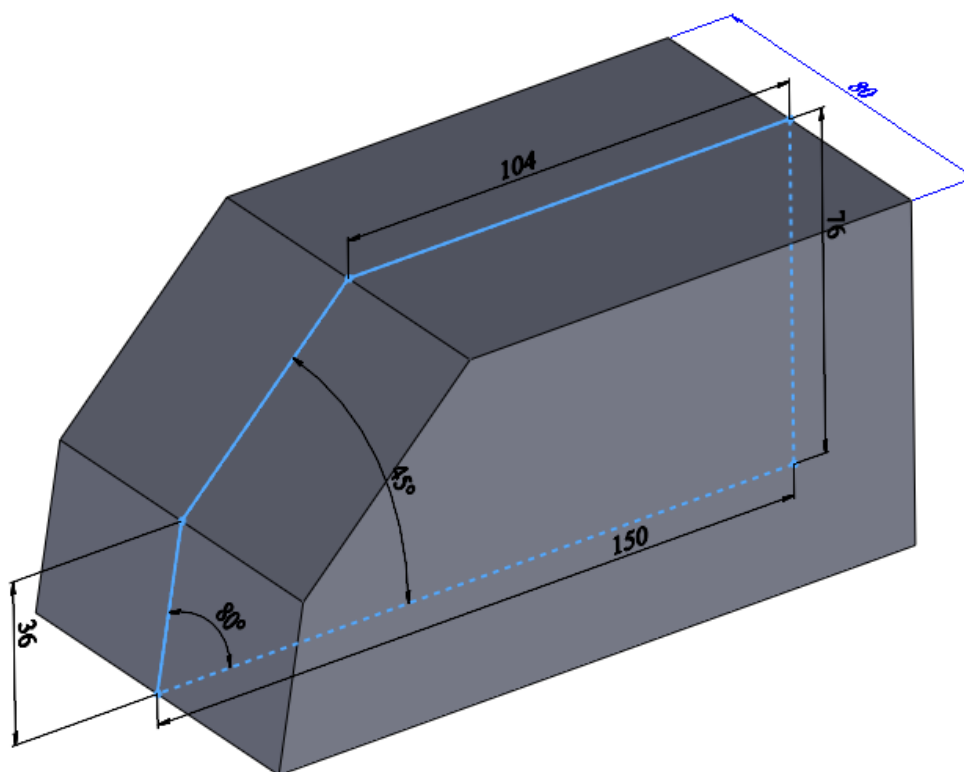


Рис. 2.9. Трехмерная твердотельная заготовка для разработки корпуса ЭС из листового металла

Конструкция блока ЭС состоит из двух деталей: основание и верхняя крышка. Оба элемента выполнены из листового металла. Для преобразования элемента основания корпуса, изображенного на рис. 2.9, следует активировать команду **Преобразовать в листовый металл** на панели инструментов **Листовой металл**. При этом в менеджере свойств *PropertyManager* следует установить толщину листа (1 мм), радиусы сгибов по умолчанию (1 мм), а также выбрать грань для зафиксированного объекта и определить кромки для сгиба.

На рис. 2.10 показан результат построения основания корпуса электронного средства из листового металла. Для того чтобы была возможность построить верхнюю крышку на основе прежней исходной модели, в *PropertyManager* отмечен флажок **Оставить тело**.

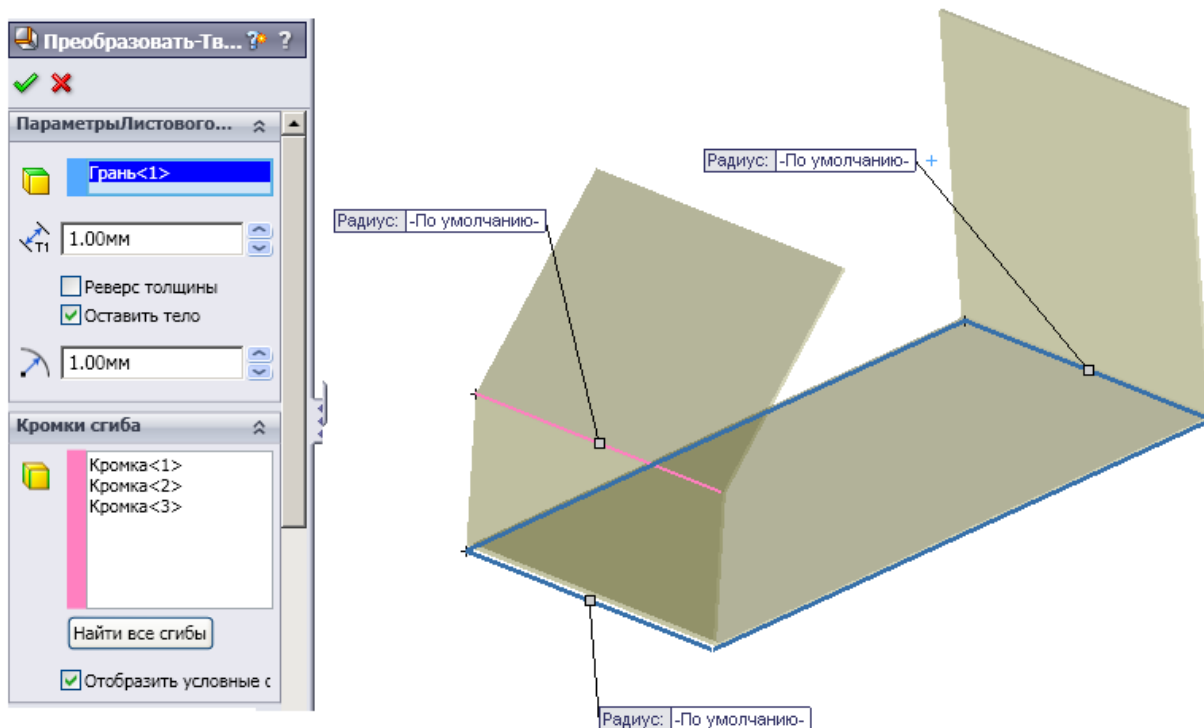


Рис. 2.10. Построение основания методом преобразования твердого тела в тело из листового металла

Результат построения верхней крышки методом преобразования в листовую металл показан на рис. 2.11.

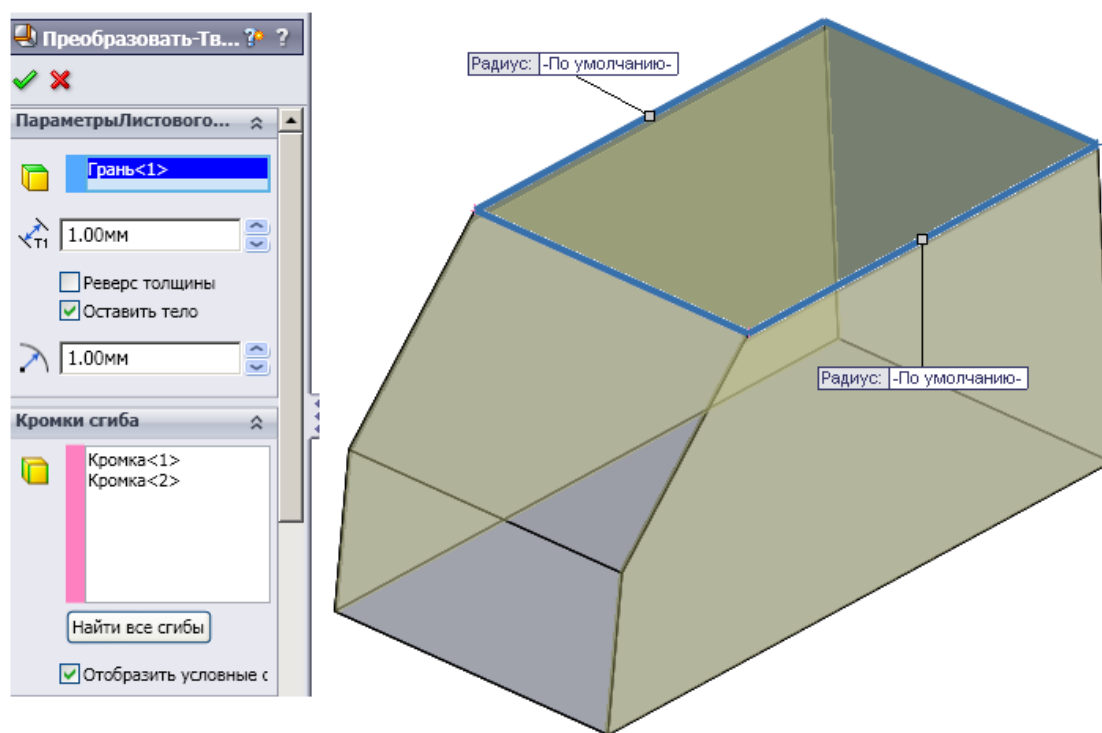


Рис. 2.11. Построение верхней крышки методом преобразования твердого тела в тело из листового металла

Полученные детали следует сохранить как отдельные детали «Основание» и «Верхняя крышка». Дальнейшая доработка корпуса должна выполняться в сборке. Доработка будет заключаться в создании элементов соединения деталей между собой за счет дополнительных выступов, сгибов и ребер-кромки. При этом размеры полученных изделий не нуждаются в согласовании, так как они получены на основании одной и той же твердотельной модели.

2.6. Создание детали из листового металла методом преобразования из тонкостенной оболочки твердотельной детали

Для построения детали из листового металла требуется предварительное создание оболочки из твердотельной детали. Для этого необходимо предварительно построить трехмерную модель детали. Зачастую она разрабатывается в составе сборки. Затем деталь преобразуют в тонкостенную деталь, используя команду **Оболочка**. На рис. 2.12 показана трехмерная модель защитного кожуха, построенного на основе равнобедренной трапеции со сторонами 240 и 180 мм, высотой 92 мм. Глубина первоначальной вытяжки 60 мм.

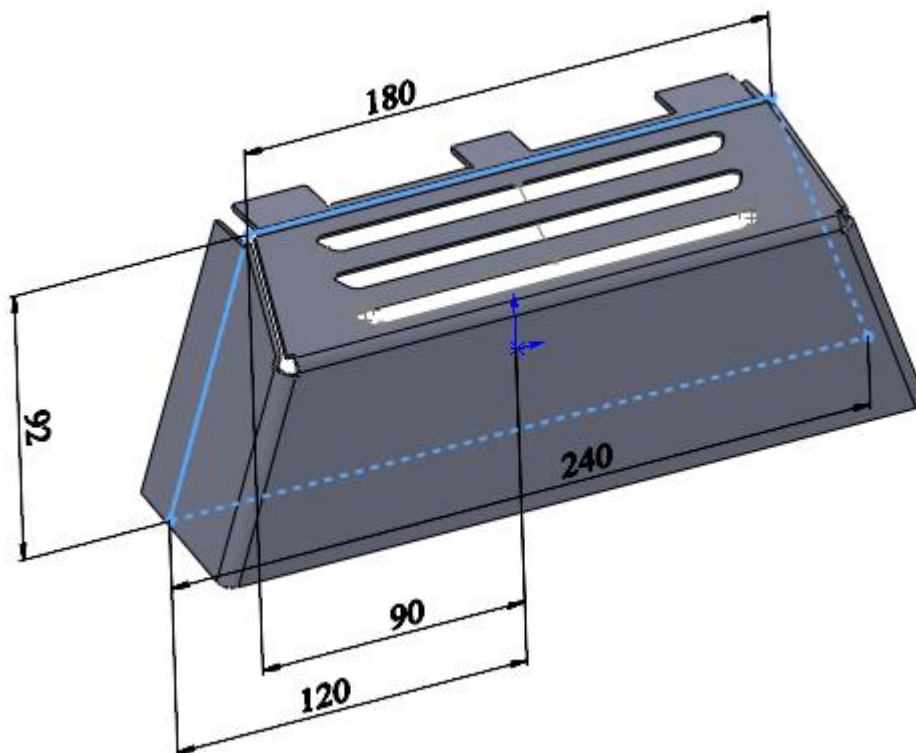


Рис. 2.12. Трехмерная модель кожуха из листового металла, построенного на основе оболочечного элемента

После создания скоса за счет вытянутого выреза от средней плоскости создается оболочка толщиной 1 мм за счет удаления нижней и боковой граней (рис. 2.13).

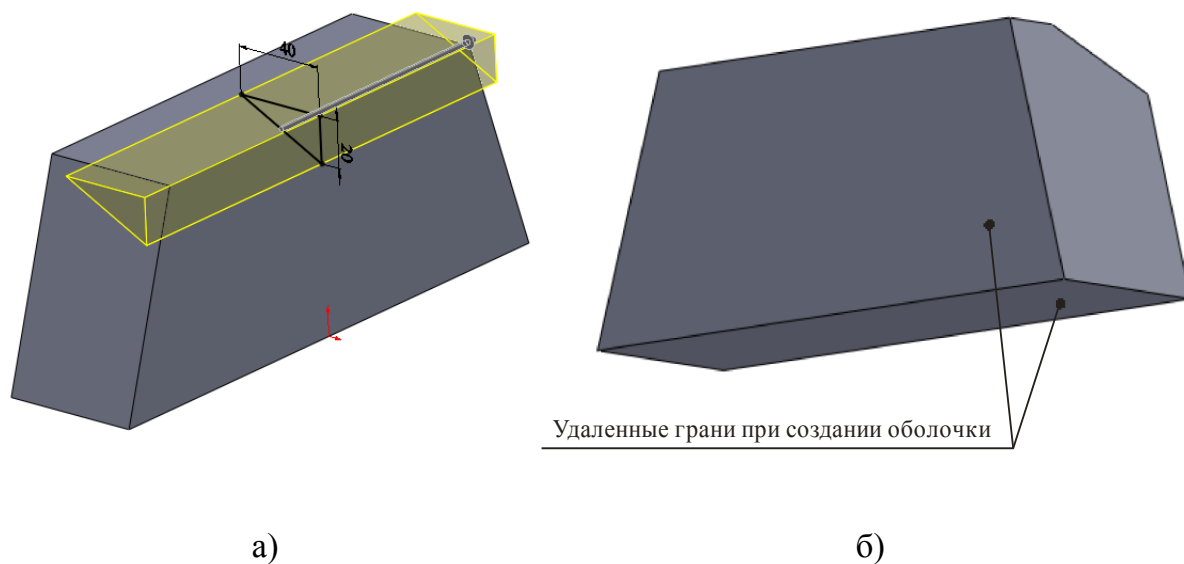


Рис. 2.13. Доработка исходной модели до оболочечного элемента:
а – создание выреза; б – создание оболочки 1 мм

После доработки конструкции следует выполнить команду **Разрыв**, указав кромки, которые будут разорваны при создании детали из листового металла (рис. 2.14).

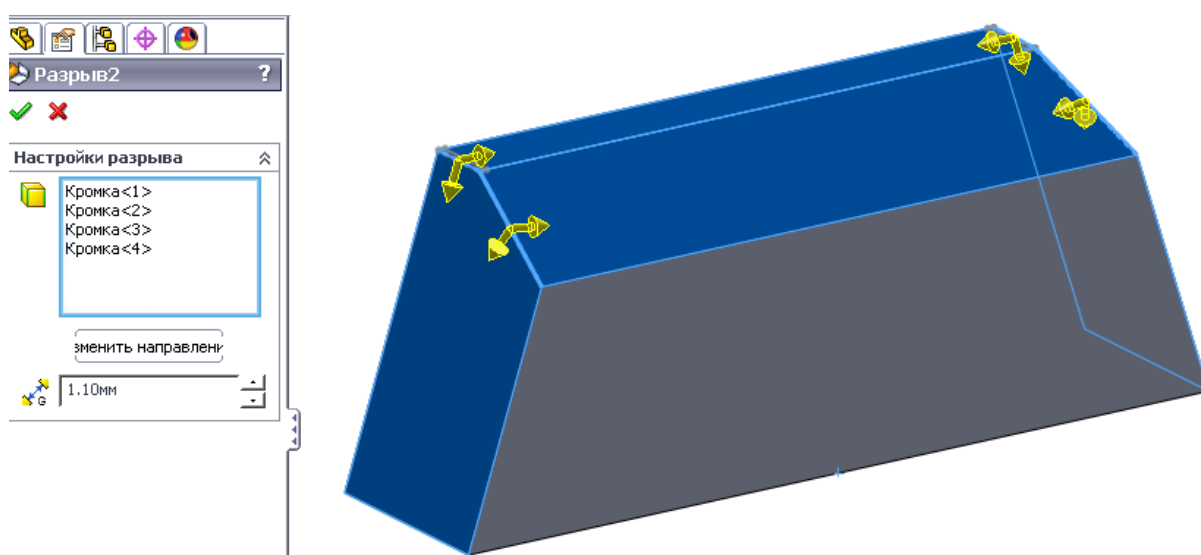


Рис. 2.14. Создание разрывов для детали кожуха

Оболочковый элемент преобразуется в деталь из листового металла командой **Сгибы** (рис 2.15). При этом определяются зафиксированная грань, радиус сгиба, задается авто-снятие напряжения.

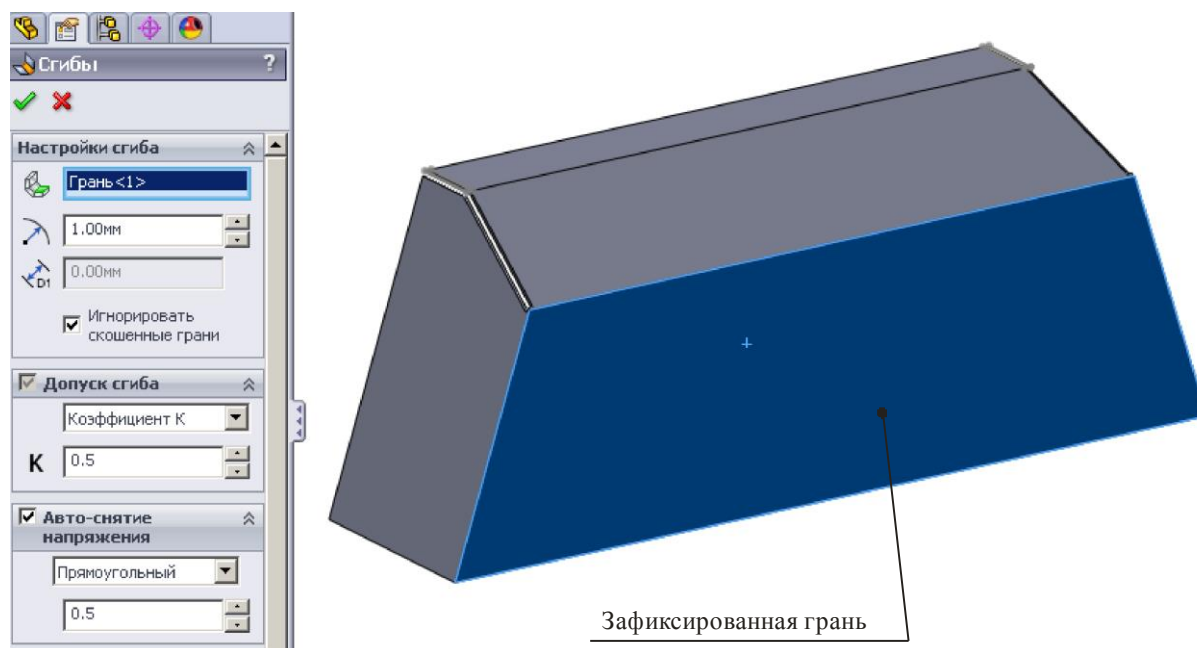


Рис. 2.15. Определение параметров **Сгибов**

Формируются элементы листового металла в дереве построения: **Листовой металл**, **Плоское состояние**, **Согнутое состояние** и **Развертка**.

2.7. Применение инструментов формы в изделиях из листового металла

Инструменты формы – это специальные детали, с помощью которых можно формировать дополнительные элементы конструкции в листовом металле, такие как разбортовки, выдавки, вентиляционные жалюзи, фланцы и ребра жесткости. Технологически подобные действия соответствуют пластично деформирующим операциям, выполняемым на штамповочных прессах.

Программное обеспечение *SolidWorks* включает в себя несколько примеров инструментов формы для начала работы.

Они содержатся: <<каталог установки>\Documents and Settings\All Users\Application Data\SolidWorks\SolidWorks <версия>\design library\forming tools. Можно добавить эту папку в Библиотеку проектирования путем соответствующей настройки в Месторасположениях файлов.

Инструменты формы можно использовать только из окна Библиотека проектирования и применять для деталей из листового металла, для которых в дереве конструирования *FeatureManager* существует элемент **Sheet-Metal1 (Листовой металл1)**. Можно создавать инструменты формы, используя те же самые шаги, как и для создания любой детали *SolidWorks* [1].

Для добавления инструментов формы в детали из листового металла в Библиотеке проектирования необходимо нажать правой кнопкой мыши на эту папку и выбрать **Папка инструментов формы**, чтобы указать на то, что она содержит инструменты формы.

Инструменты формы из Библиотеки проектирования можно использовать только для деталей из листового металла, которые включают элемент **Листовой металл** в дереве конструирования *FeatureManager*.

Чтобы применить инструменты формы в детали из листового металла, следует:

1. Создать деталь из листового металла, затем перейти в папку в Библиотеке проектирования с инструментами формы – *forming tools*.

2. Перетащить инструмент формы из окна Библиотека проектирования на грань, которую требуется деформировать.

3. Грань, где применяется инструмент формы, соответствует ограничивающей поверхности самого инструмента. По умолчанию инструмент перемещается вниз. Материал деформируется, когда инструмент соприкасается с гранью (рис. 2.16).

4. Чтобы изменить направление и использование инструмента, с противоположной стороны материала нажмите клавишу **Tab**.

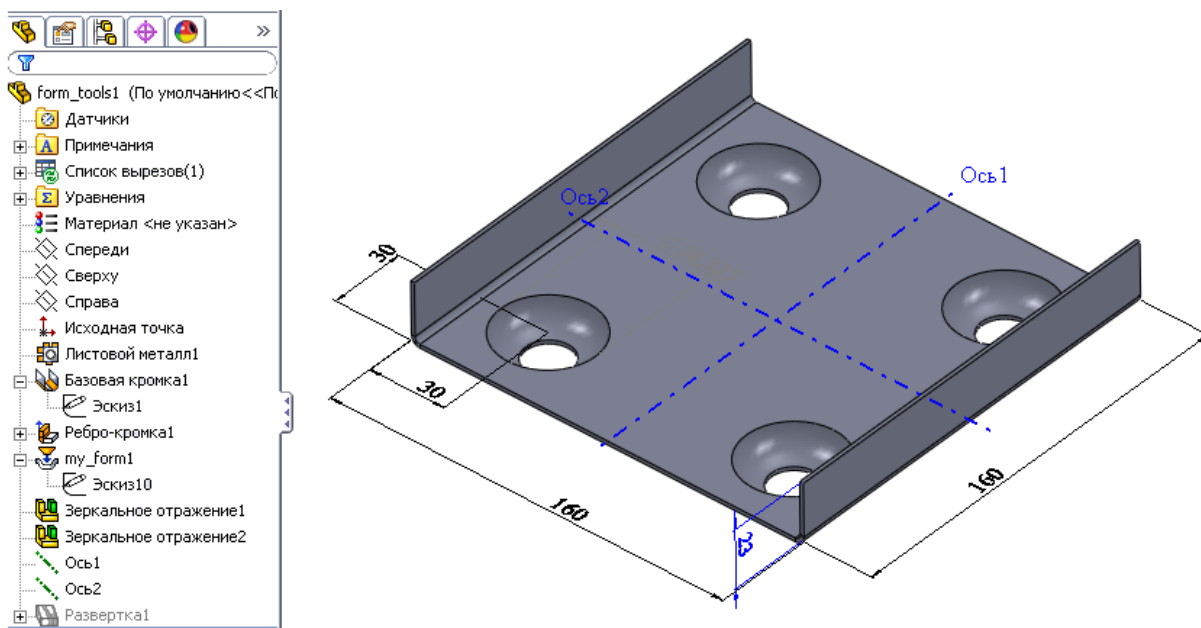


Рис. 2.16. Пример применения «Инструмента формы» в *SolidWorks*

2.8. Создание инструмента формы

Трёхмерные модели собственных инструментов формы разрабатываются в соответствии с возможностями имеющегося на предприятии технологического оборудования и оснастки. Для разработки инструмента формы необходимо:

1. Создать деталь для использования в качестве инструмента формы. Первоначальный эскиз для данной детали будет применяться в качестве эскиза размещения или ориентации, используемого в видах развертки. Эскиз ориентации также применяется для размещения инструмента формы. При вставке инструмента формы в деталь из листового металла эскиз размещения будет определяющим, в котором можно задать размеры инструмента формы относительно существующей геометрии. Для создания инструментов формы основание не требуется.

2. Нажать **Инструмент формы** (панель инструментов «Листовой металл») или выбрать **Вставка > Листовой металл > Инструмент формы**.

3. В *PropertyManager*:

- выбрать грань в качестве ограничивающей грани;
- выбрать одну или несколько граней в качестве удаляемых граней.

При размещении инструмента формы в детали из листового металла грани, выбранные в параметре **Удалить грани**, удаляются из детали. Если при использовании инструментов формы нет удаляющихся граней, то в параметре **Удалить грани** не указывается ни одна грань.

4. Сохранить деталь как инструмент формы (*.sldftp) в **Библиотеке проектирования**. Для этого выбрать **Файл > Сохранить как (*.sldftp)**.

Так как данный файл определен как **Инструмент формы**, а не деталь, не нужно сохранять его в папке инструментов формы в **Библиотеке проектирования**.

Примеры создания инструмента формы

На рис. 2.17 показаны варианты исполнения разбортовки в листовом металле для изготовления резьбы и инструмент формы, реализованный в *SolidWorks*.

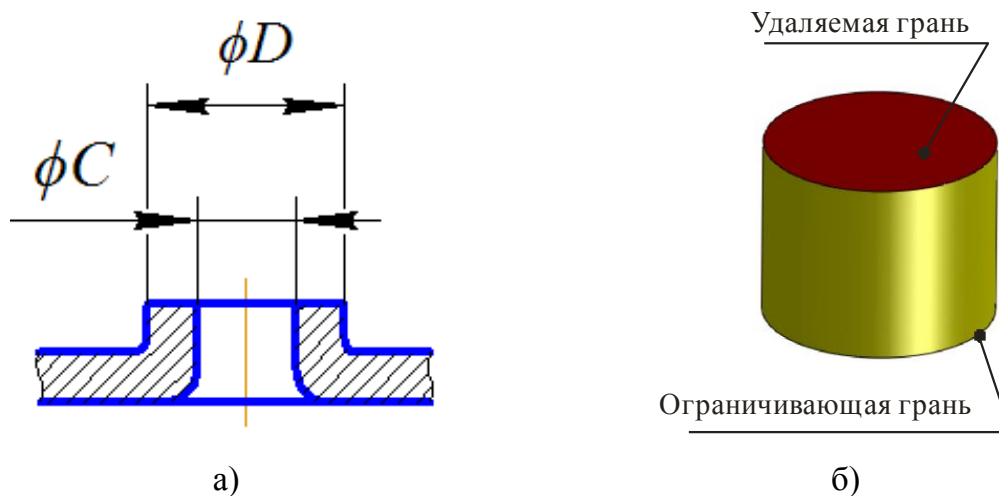


Рис. 2.17. Вариант исполнения разбортовки в листовом металле для изготовления резьбы: а – чертеж разбортовки; б – инструмент формы

Значения параметров разбортовки в зависимости от диаметра резьбы и толщины листового металла показаны в табл. 2.4. Значение диаметра C на рис. 2.17 составляет:

- для резьбы М2,5 – 2,2 мм;
- резьбы М3 – 2,56 мм;
- резьбы М4 – 3,4 мм.

Значения параметров разбортовки в листовом металле
для изготовления резьбы

Толщина листа материала	0,8 мм	1 мм	1,2 мм	1,5 мм
Диаметр резьбы	D , мм	D , мм	D , мм	D , мм
M2,5	3,3	3,6	3,6	3,6
M3	3,6	4,0	4,0	4,0
M4	4,8	4,8	4,8	5,1

На рис. 2.18 показаны варианты исполнения разбортовки в листовом металле для установки самонарезающих винтов диаметром 3,5 мм по DIN 7981.

На рис. 2.19 приведены варианты цилиндрических разборок в листовом металле толщиной 1,5 и 2 мм.

На рис. 2.20 изображены варианты исполнения разбортовки в листовом металле для установки самонарезающих винтов диаметром 4,2 мм по DIN 7981.

На рис. 2.21 показан вариант исполнения разбортовки в листовом металле толщиной 0,5 мм для установки самонарезающих винтов диаметром 3,5 мм по DIN 7981.

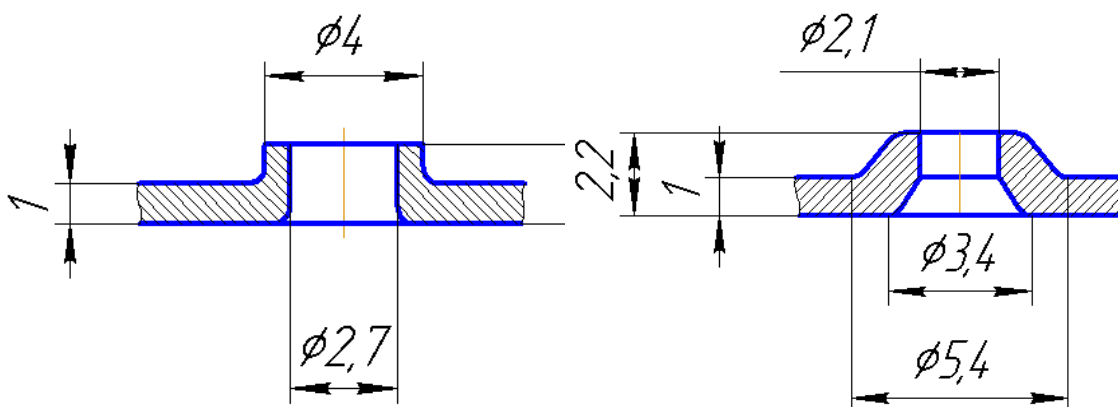


Рис. 2.18. Варианты исполнения разбортовки в листовом металле под самонарезающий винт диаметром 3,5 мм по DIN 7981 с различными инструментами форм

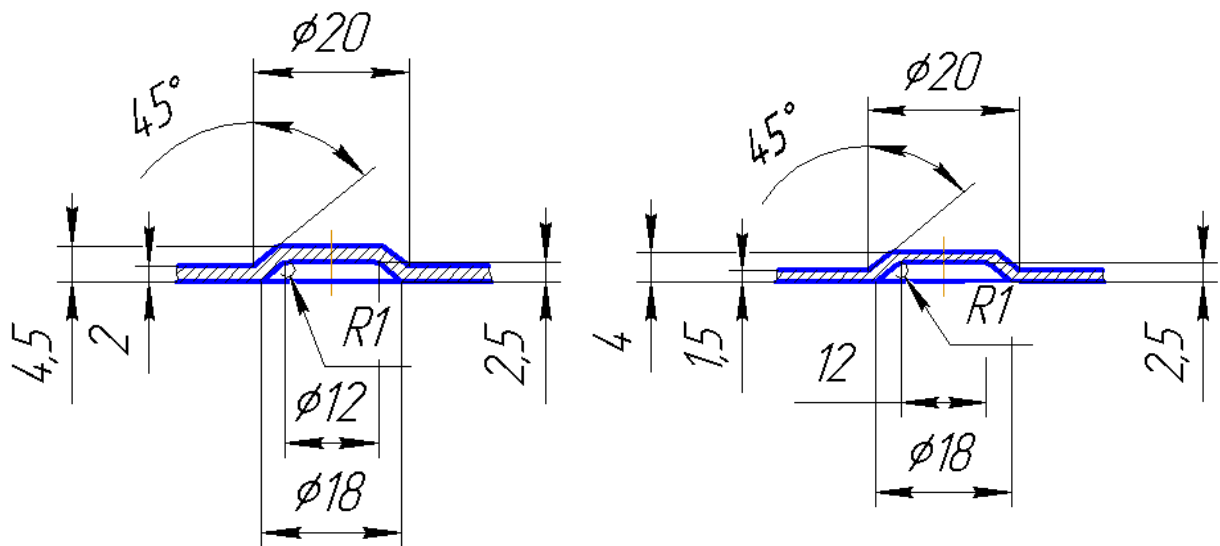


Рис. 2.19. Варианты цилиндрических разборок в листовом металле толщиной 1,5 и 2 мм

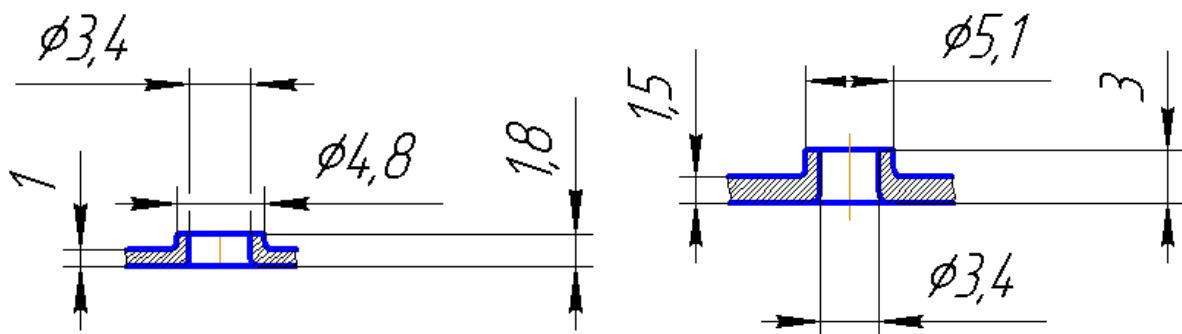


Рис. 2.20. Варианты исполнения разбортовки в листовом металле под самонарезающий винт диаметром 4,2 мм по DIN 7981 с различными инструментами форм

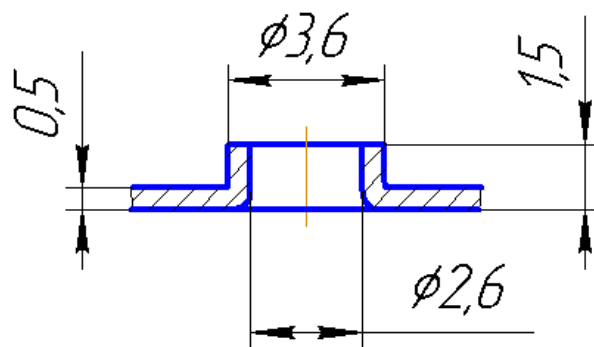


Рис. 2.21. Вариант исполнения разбортовки в листовом металле толщиной 0,5 мм под самонарезающий винт диаметром 3,2 мм по DIN 7981 с различными инструментами форм

2.9. Комплексное проектирование изделий из листового металла в составе конструкций электронных средств

При разработке изделий электронных средств и медицинских приборов находят применение практически все рассмотренные инструменты и методы создания трехмерных деталей из листового металла.

Можно проектировать деталь из листового металла отдельно, не указывая каких-либо ссылок на детали, которые она будет содержать, или проектировать деталь в контексте сборки, содержащей вложенные компоненты, или проектировать деталь в документе другой детали в многопользовательской среде [1]. Каждый из методов создания изделий из листового металла имеет свои достоинства и может быть применен для эффективной работы.

При создании детали как детали из листового металла с помощью элементов листового металла необходимо воспользоваться инструментом **Базовая кромка**. Такой способ позволяет избежать лишних шагов, поскольку изначально деталь создается как деталь из листового металла. При этом не всегда определены точные размеры развертки. Поэтому разработка требует комплексного подхода, когда определяются базовые размеры заготовки, например на основании сборки.

На рис. 2.22 дан пример разработки внутренней стенки из листового металла толщиной 2,5 мм, устанавливаемой в блоке ЭС встраиваемой конструкции. Определен базовый размер для крепления стенки внутри блока 153 мм. Материал стенки – алюминиевый сплав. При разработке следует дополнительно предусмотреть верхнее крепление, а также крепление под углом 45° (см. рис. 2.22). При этом ширина стенки не должна превышать габаритов блока.

Результат разработки эскиза для **Базовой кромки** показан на рис. 2.23.

На рис. 2.24 представлен результат построения ребер-кромки и нарисованных эскизов для заготовки задней стенки. Радиусы сгиба равны 1 мм. Расположение кромки для всех элементов: **Материал снаружи**.

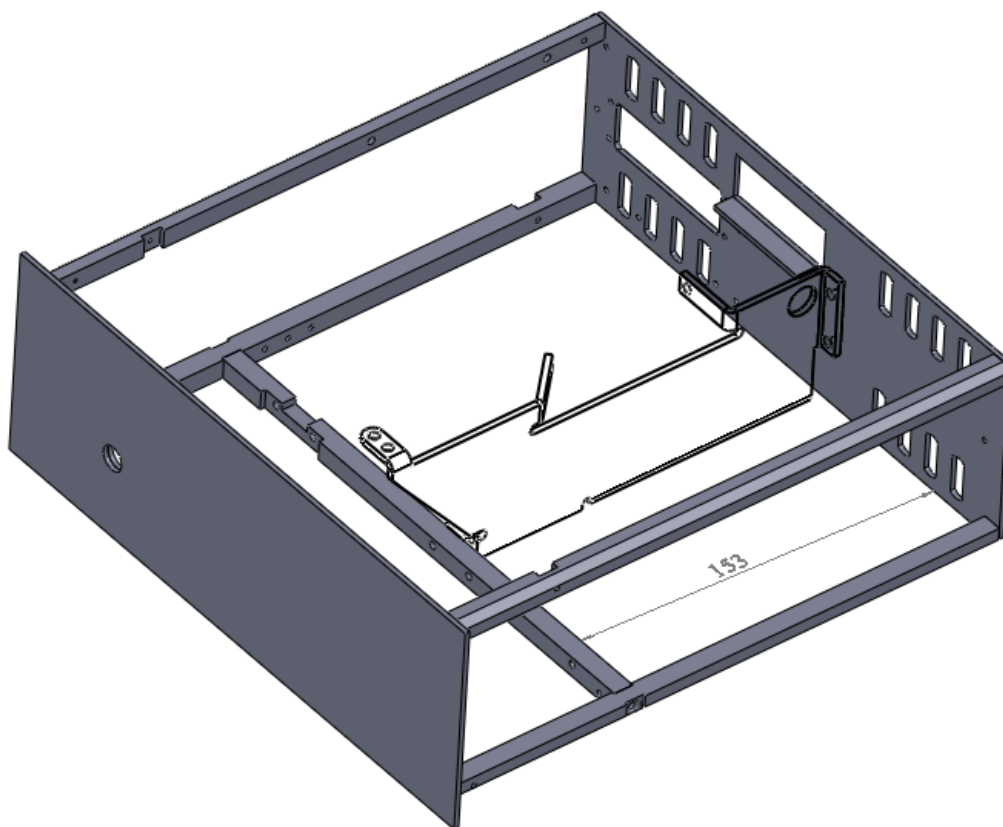


Рис. 2.22. Трехмерная модель блока ЭС встраиваемой конструкции с определением базовой длины внутренней стенки

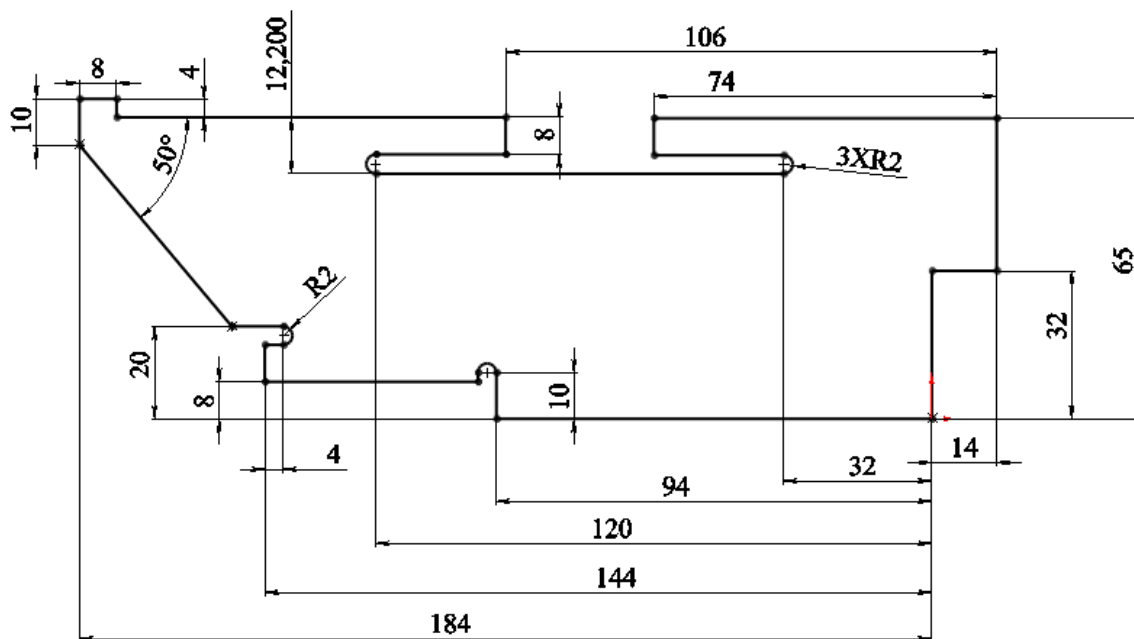


Рис. 2.23. Эскиз для Базовой кромки детали «Стенка внутренняя»

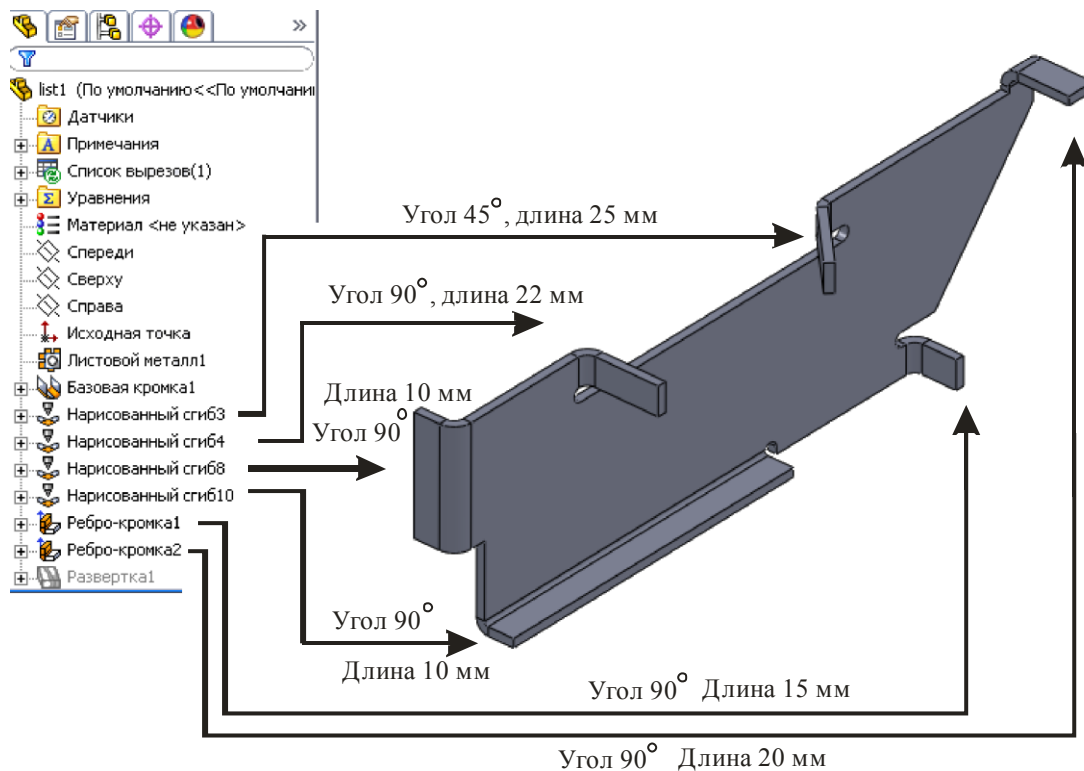


Рис. 2.24. Результат построения ребер-кромки и нарисованных эскизов для заготовки задней стенки

На рис. 2.25 изображена трехмерная модель ячейки усилителя, в состав которой входит планка, выполненная из листового металла.

Сборка ячейки усилителя

Деталь «Планка»
(листовой металл)

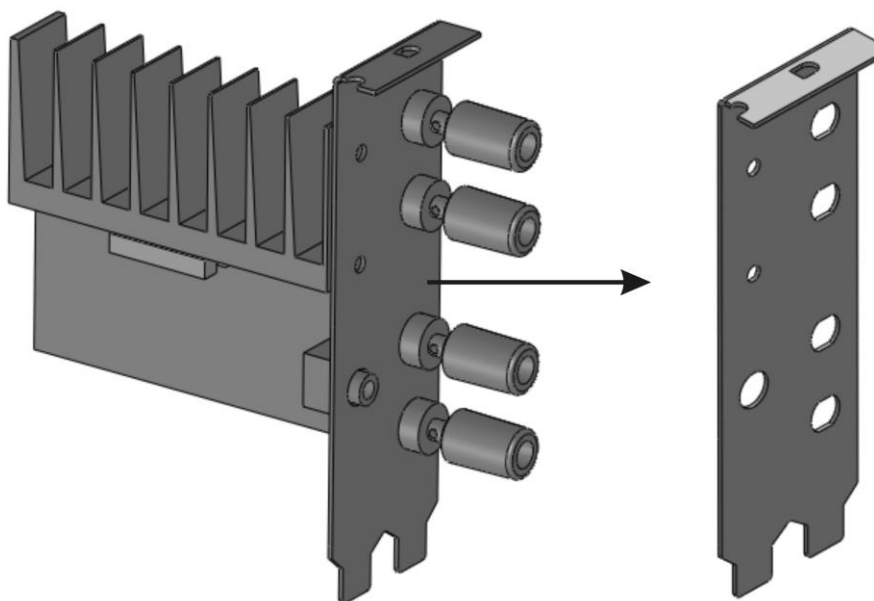


Рис. 2.25. Деталь «Планка», установленная в составе ячейки сборки усилителя

Толщина листа составляет 1 мм. Деталь содержит только один сгиб, выполненный на 90° с помощью инструмента **Ребро-кромка**. Радиус сгиба 1 мм. На рис. 2.26 показан чертеж детали «Планка» в согнутом состоянии, на рис. 2.27 – развертка детали.

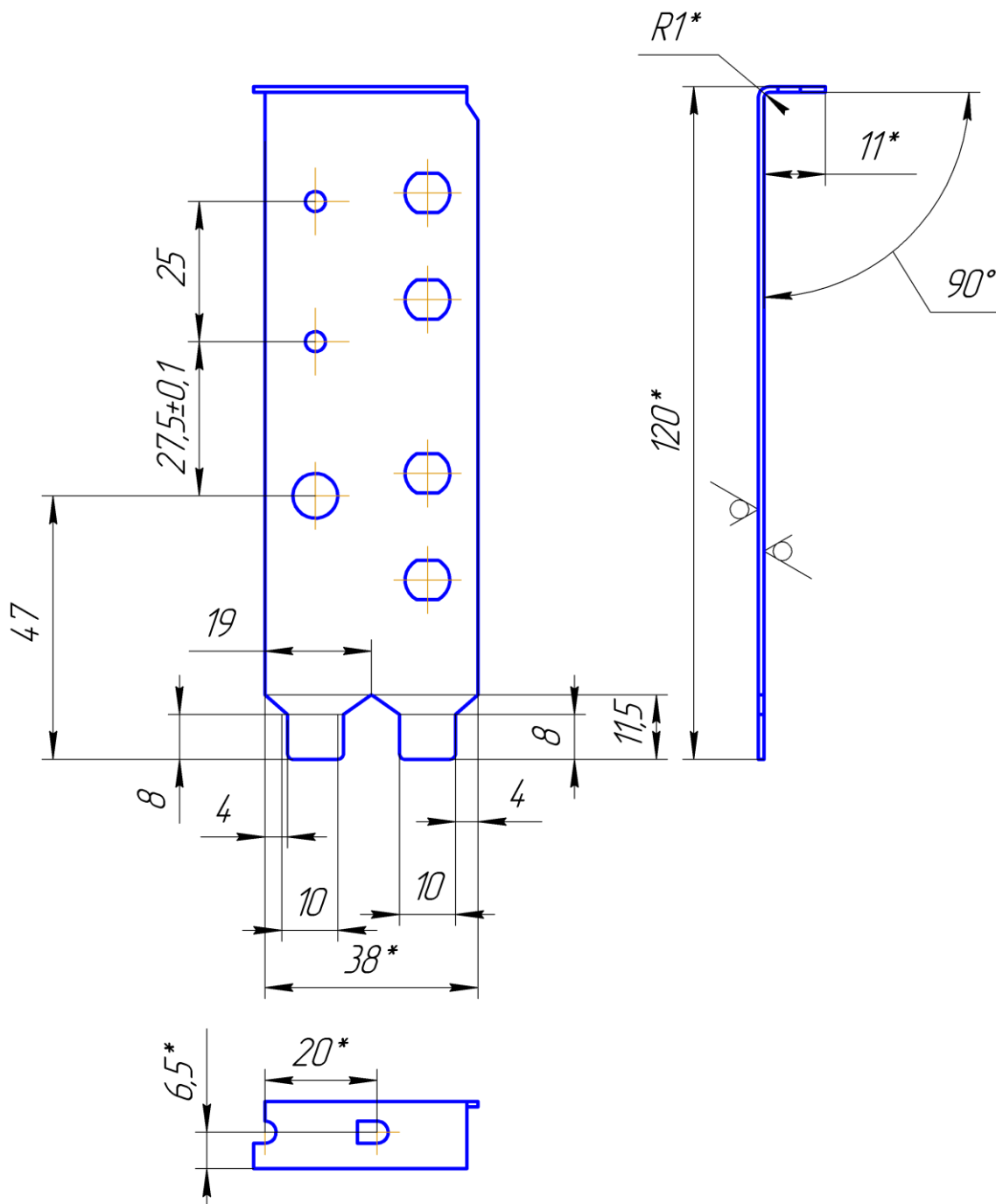


Рис. 2.26. Чертеж детали «Планка» в согнутом состоянии с указанием справочных и исполняемых размеров

* Размеры для справок

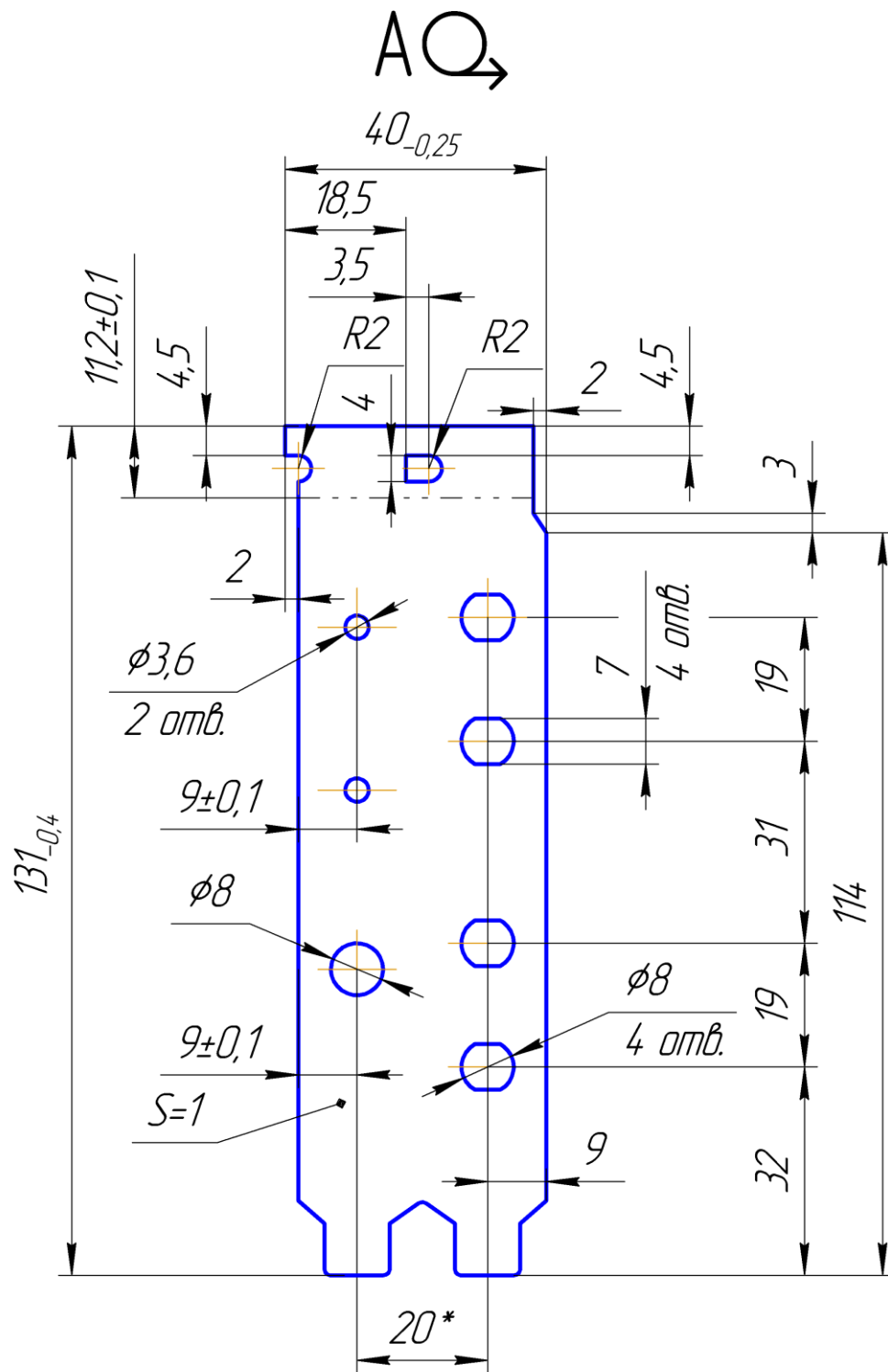


Рис. 2.27. Развертка детали «Планка» с указанием исполняемых размеров

Базовая высота планки составляет 120 мм и не может быть нарушена. Радиус сгиба 1 мм.

Начальный эскиз достаточно сложный, поэтому разработка была выполнена от базовой кромки простой прямоугольной формы размерами 120 на 38 мм (рис. 2.28).

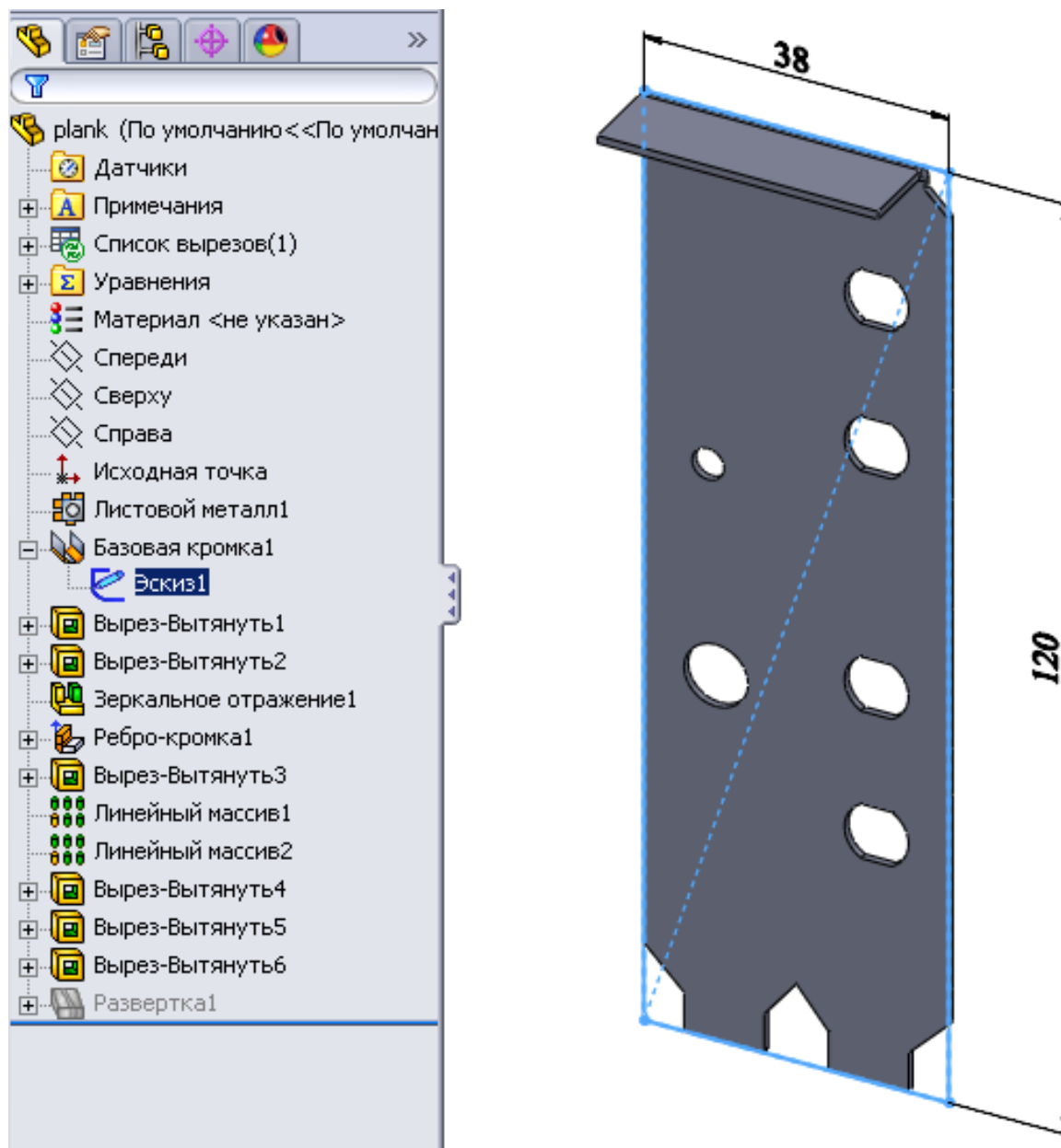
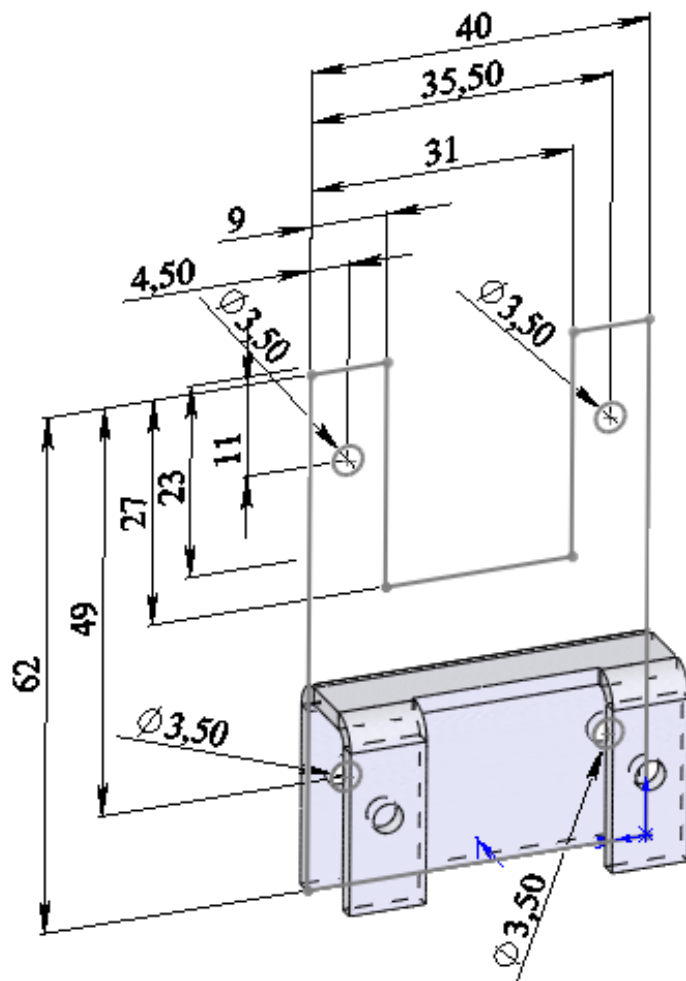
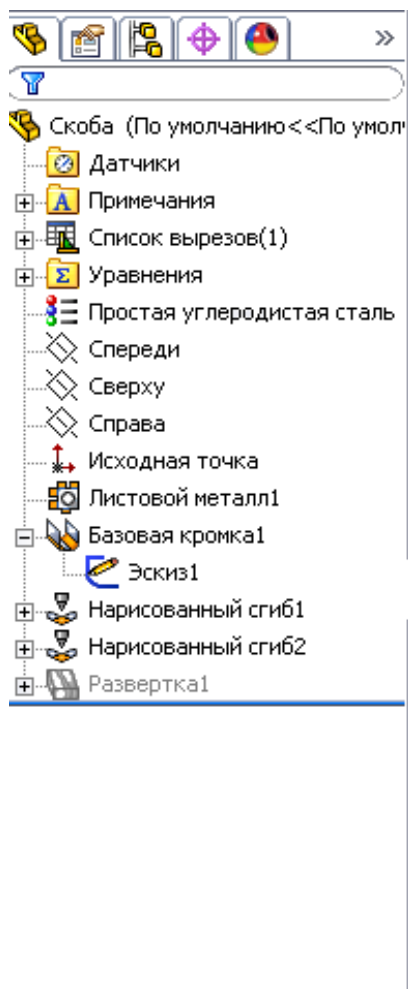
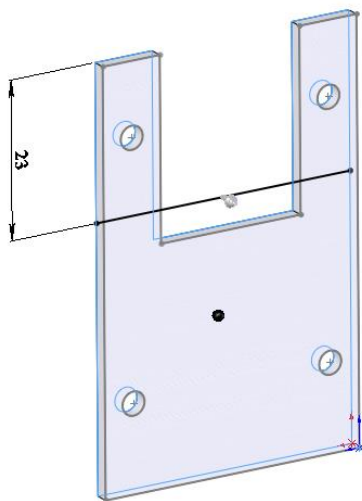


Рис. 2.28. Разработка детали «Планка» на базе простого эскиза

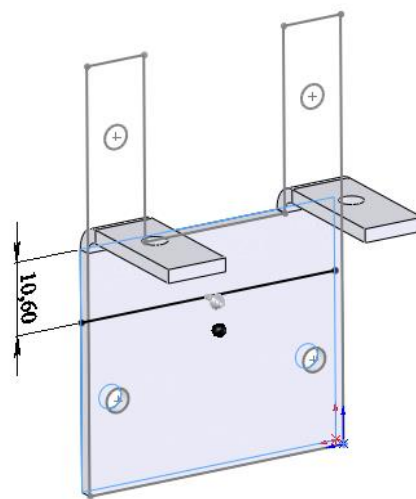
На рис. 2.29 показана трехмерная модель детали «Скоба», выполненная на базе эскиза **Базовая кромка**. Толщина металла 2 мм, радиус сгиба 2 мм. Далее деталь формируется за счет двух нарисованных сгибов на угол 90° .



Эскиз базовой кромки



Нарисованный сгиб 1



Нарисованный сгиб 2

Рис. 2.29. Разработка детали «Скоба» на базе эскиза **Базовая кромка**

На рис. 2.30 приведены исходные данные для формирования сборного корпуса из листового металла, предназначенного для разработки стендового оборудования.

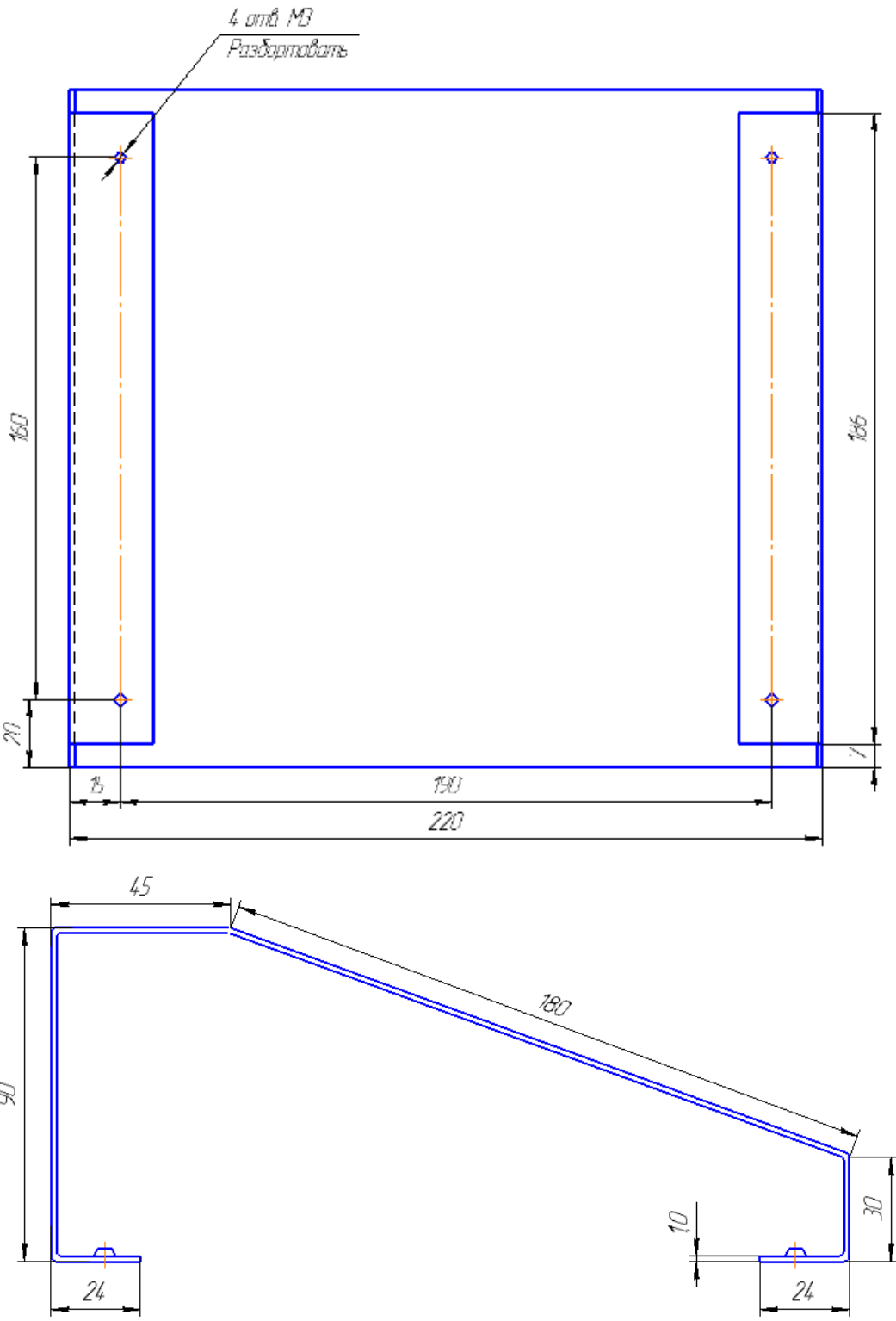


Рис. 2.30. Исходные данные для разработки корпуса ЭС для размещения стендовой аппаратуры

Корпус содержит как элементы, выполняемые гибкой из листового металла, так и элементы инструментов формы (разбортовки под резьбовые соединения МЗ).

2.10. Задание для самостоятельной работы

1. Выполнить рассмотренные примеры создания деталей «Кронштейн» и «Радиатор» из листового металла на основе плоского и согнутого состояний.

2. На основании чертежа развертки детали «Планка» построить трехмерную модель детали из листового металла в *SolidWorks*.

3. Рассмотреть методику создания деталей «Основание» и «Верхняя крышка» из листового металла на основании твердотельной модели (см. рис. 2.8 – 2.10).

4. Разработать деталь «Стенка внутренняя» для блока ЭС встраиваемой конструкции, показанной на рис. 2.13.

5. Осуществить разработку детали «Планка» для ячейки ЭС, устанавливаемой в системный блок стандарта АТХ.

6. На основании исходных данных и трехмерной модели сборки доработать конструкцию путем построения необходимых деталей из листового металла.

2.11. Темы для контроля знаний

1. Способы создания трехмерных моделей детали из листового металла в *SolidWorks*.

2. Инструмент **Базовая кромка**.

3. Особенности создания деталей из листового металла в *SolidWorks* на основе развертки.

4. Особенности создания деталей из листового металла в *SolidWorks* в согнутом состоянии.

5. Создание развертки детали из листового металла в *SolidWorks*.

6. Разработка деталей из листового металла методом преобразования твердого тела.

7. Построение деталей из листового металла из оболочки твердотельного элемента.

8. Инструмент формы. Применение.

9. Инструмент формы. Создание собственного инструмента формы.

3. ИЗУЧЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ В *SOLIDWORKS*

3.1. Менеджер конфигураций

Одну и ту же конструкцию ЭС можно выполнять в нескольких вариантах. При этом различные реализации конструкций могут различаться наличием или отсутствием каких-либо компонентов, размерами и формами деталей. В *SolidWorks* разные исполнения одной детали или сборки могут сохраняться в одном документе с помощью конфигураций.


Менеджер конфигураций (*Configuration Manager*) в *SolidWorks* позволяет создавать новые конфигурации на основе построенных деталей и сборок, а также просматривать, редактировать и удалять соответствующие исполнения конструкций.

В документах **Деталей** конфигурации возможно создавать ряд деталей различных размеров, с разными элементами и свойствами, включая свойства пользователя.

В документах **Сборок** конфигурации позволяют создавать:

- варианты проекта путем погашения компонентов;
- ряды сборок с различными конфигурациями компонентов, разными параметрами для элементов сборок, размерами или свойствами пользователя, относящимися к конфигурации.

В документах **Чертежей** можно отобразить виды конфигураций, созданных в документах деталей и сборок.

Для того чтобы открыть **Менеджер конфигураций**, необходимо перейти на вкладку , расположенную над **Деревом конструирования** (рис. 3.1). В результате на месте дерева конструирования появится список существующих конфигураций изделия. Имя каждой конфигурации записано в отдельной строке. Исходная конфигурация обозначается **По умолчанию** [Имя детали].

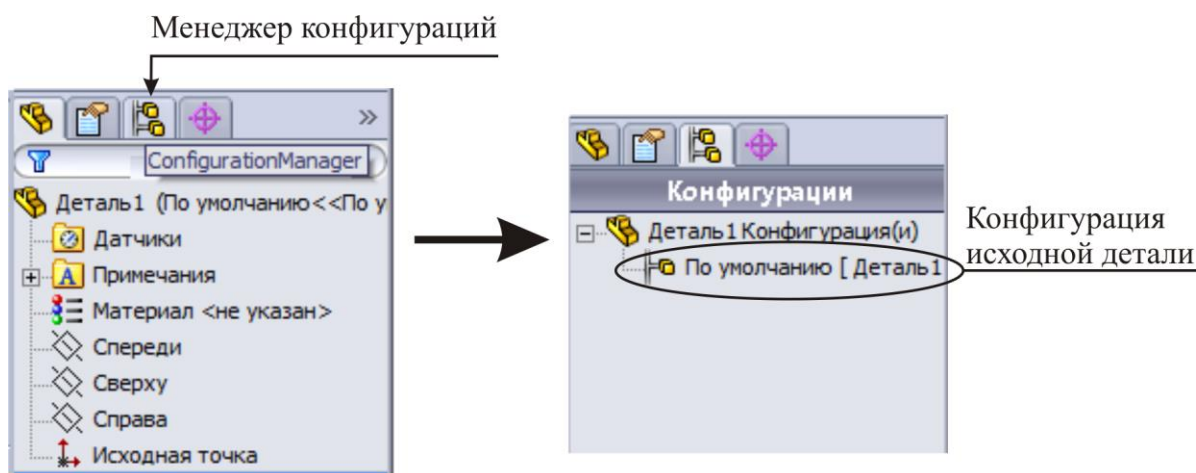






Рис. 3.1. Панель Менеджера конфигураций

Значки в Менеджере конфигураций (*ConfigurationManager*) указывают на то, как была создана конфигурация:

-  – вручную;
-  – с помощью таблицы параметров;
-  – вручную и содержит разнесенный вид или производную конфигурацию;
-  – с помощью таблицы параметров и содержит разнесенный вид или производную конфигурацию.


Для просмотра различных конфигураций деталей и сборок в Менеджере конфигураций (*ConfigurationManager*) существуют два способа.

1. Необходимо дважды щелкнуть левой кнопкой мыши по названию конфигурации. Выбранная конфигурация при этом станет активной, отобразится в графической области и станет доступна для редактирования.

2. Второй способ отображения конфигурации используется для быстрого просмотра выбранной конфигурации. Для этого следует выбрать интересующую конфигурацию в Менеджере конфигураций (*ConfigurationManager*), запустить всплывающее меню (нажатием правой кнопки мыши), вызвать команду **Отобразить предварительный просмотр**.

3.2. Создание конфигурации вручную

Чтобы создать конфигурацию вручную, надо указать ее свойства, затем изменить модель для создания вариантов в новой конфигурации. Для создания конфигурации вручную необходимо:

1. В документе детали или сборки нажать на ярлык  **ConfigurationManager** вверху дерева конструирования **FeatureManager**, чтобы перейти в **ConfigurationManager** (см. рис. 3.1).

2. В **ConfigurationManager** правой кнопкой мыши нажать на имя детали или сборки и выбрать **Добавить конфигурацию**.

3. В диалоговом окне **PropertyManager** добавить конфигурацию, ввести **имя конфигурации** и указать свойства для новой конфигурации.

4. Нажать .

5. Нажать на ярлык дерева конструирования **FeatureManager**, чтобы вернуться в дерево конструирования **FeatureManager**.

6. Изменить модель соответствующим образом для создания конструктивных вариантов.

3.3. Создание конфигурации на основе Таблицы параметров

Таблица параметров позволяет создавать несколько конфигураций деталей или сборок путем задания параметров во встроенной таблице *Microsoft Excel*. **Таблица параметров** сохраняется в документе модели, и при этом у нее отсутствует связь с исходным файлом *Excel*. Вносимые в модель изменения не отражаются в исходном файле *Excel*. Однако, если необходимо, можно связать документ модели с файлом *Excel*. Для использования **Таблиц параметров** потребуется программа *Microsoft Excel*.

Детали. Можно управлять следующими элементами в **Таблице параметров** детали [1]:

- размерами и состоянием погашения элементов, размерами отверстий под крепеж;
- параметрами конфигурации, включая обозначение в спецификации, производные конфигурации, уравнения, взаимоотношения эскиза, заметки и свойства пользователя.

Сборки. Можно контролировать следующие параметры в **Таблице параметров** сборки:

- компоненты – состояние погашения, ассоциированная конфигурация или произвольное или фиксированное расположение;
- элементы сборки – размеры, состояния погашения, размеры отверстий под крепеж;
- сопряжения – размеры для сопряжений «расстояние» и «угол», состояние погашения;
- свойства конфигурации – обозначение и отображение в спецификации (при использовании в качестве узла сборки), производные конфигурации, уравнения, взаимосвязи эскиза, заметки, свойства пользователя, состояния отображения.

При использовании и создании **Таблиц параметров** в программе *SolidWorks* необходимо правильно выполнить их форматирование.

При выборе параметра **Авто-создать** или **Пустой** в **Таблице параметров** *PropertyManager* (**Менеджера свойств**) программа *SolidWorks* автоматически создаст файл *Excel*. Автоматически созданные **Таблицы параметров** включают ячейку **Семейство**.

По умолчанию ячейка **A2** резервируется в качестве ячейки **Семейство**. Данная ячейка определяет, откуда начинаются данные параметров и конфигурации. Ячейка **Семейство** не содержит текста, однако в программе *Excel* в ячейке **Поле имени** отображается **Семейство**.

При редактировании **Таблицы параметров** можно создать строки выше ячейки **Семейство**, а столбцы – слева от нее. На рис. 3.2 и 3.3 приведена **Таблица параметров**, имена конфигураций и параметры *SolidWorks* находятся ниже и правее ячейки **Семейство**.

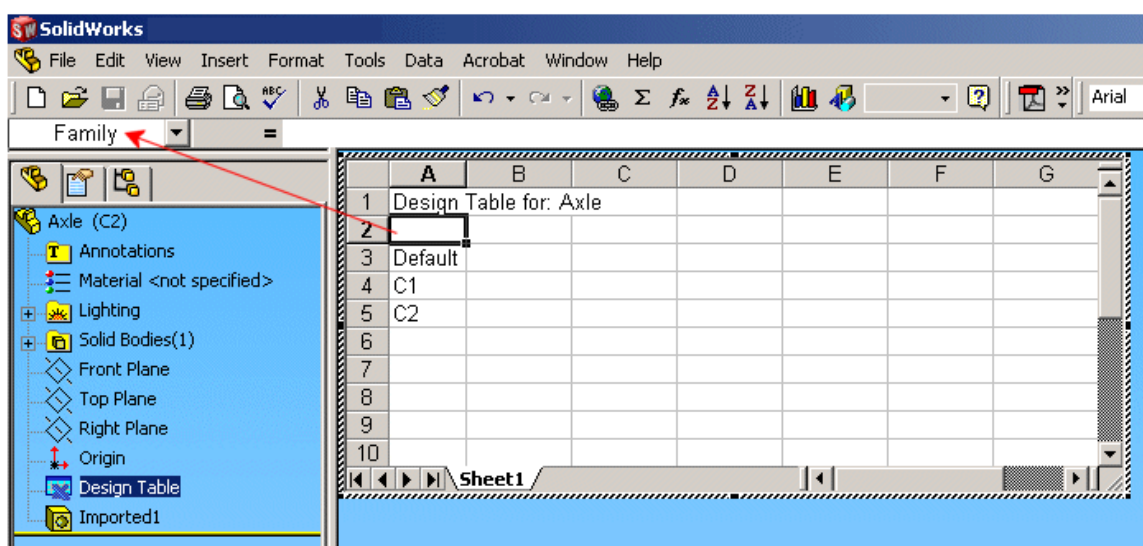


Рис. 3.2. Пример создания **Таблицы параметров** на основании инструмента **Авто-создать**

	A	B	C	D	E	F	G
1	XYZ Corporation						
2							
3	comment		Design Table for: Axle				
4	comment			\$STATE@Sketch2	\$STATE@Cut-Extrude2		
5			C1	Suppressed	Suppressed		
6			C2	Unsuppressed	Unsuppressed		
7							

Рис. 3.3. Редактирование **Таблицы параметров** в *MS Excel*

Для создания **Таблицы параметров** вручную необходимо в *Microsoft Excel* ввести имена конфигураций в первом столбце (ячейки **A3**, **A4** и т. д.) и параметров в первой строке (ячейки **B2**, **C2** и т. д.). Ячейка **A1** должна быть пустой.

В **Таблице параметров *PropertyManager*** (Менеджера свойств) следует выбрать инструмент **Из файла**, чтобы перейти в файл *Excel* и вставить его в модель. На рис. 3.4 приведена правильная **Таблица параметров**, поскольку ячейка **A1** пустая.

	A	B	C
1		D1@Extrude1	
2	C1	10	
3	C2	20	
4			

Рис. 3.4. Пример **Таблицы параметров** (ячейка **A1** не заполняется)

Когда в программе *SolidWorks* выполняется обработка **Таблицы параметров**, то каждая конфигурация в столбце обрабатывается вместе с именами конфигураций (сверху вниз), а затем обрабатывается каждый параметр в строке параметров (слева направо). Если во время работы программы обнаруживается:

– пустая ячейка в строке параметров, программа переходит к следующему имени конфигурации и применяет соответствующие ему параметры;

– пустая ячейка в столбце имен конфигураций, обработка прекращается, поскольку программа идентифицирует этот факт как окончание **Таблицы параметров**.

В примере на рис. 3.5 программа обрабатывает только конфигурацию **По умолчанию**. Поскольку строка 4 является пустой, конфигурации C1 и C2 не обрабатываются.

	A	B	C	D
1	Design Table for: Part1			
2			D1@Extrude1	D1@Sketch1
3	Default		5	120
4				
5	C1		10	150
6	C2		20	150
7				

Рис. 3.5. Пример формирования ограничений обработки **Таблицы параметров**

Возможно добавление различных типов параметров в **Таблицу параметров**, когда активна соответствующая ячейка таблицы.

Размеры. Для добавления размера необходимо дважды нажать на соответствующий размер в графической области. Размеры могут относиться к эскизам и элементам. При этом необходимо, чтобы размеры были отображены перед открытием **Таблицы параметров**. В ячейку заносится параметр **Dimension@Feature (Размер@Элемент)** или **Dimension@Sketch (Размер@Эскиз)**.

Погашение элемента. Необходимо дважды нажать на грань элемента. В ячейку заносится параметр **\$STATE@Feature** (**\$СТОЯНИЕ@Элемент**).

Погашение компонентов. Данный параметр применяется для сборок. Необходимо дважды нажать на грань компонента. В ячейку заносится параметр **\$STATE@component**<экземпляр>.

При дальнейшем добавлении параметров указанным способом соседняя ячейка (**C2**, **D2** и т. д.) активизируется автоматически. Каждый параметр добавляется в заголовок строки, а текущее значение отображается в строке 3.

3.4. Производные конфигурации

Производные конфигурации позволяют создавать отношения родитель-потомок внутри одной конфигурации. По умолчанию все параметры в дочерней конфигурации имеют ссылки на родительскую конфигурацию. Если изменить параметр в родительской конфигурации, то изменение также отразится на потомке [1]. Можно заменить любой параметр конфигурации в производной конфигурации, чтобы параметр больше не был связан с родителем.

На рис. 3.2 показан **Менеджер конфигураций** для документа **Деталь1**. Конфигурации находятся в следующих отношениях: конфигурации **A** и **C** являются конфигурациями верхнего уровня, конфигурация **B** – производная конфигурации **A**.

В табл. 3.1 показано изменение конфигураций **B** и **C** при изменении конфигурации **A**.

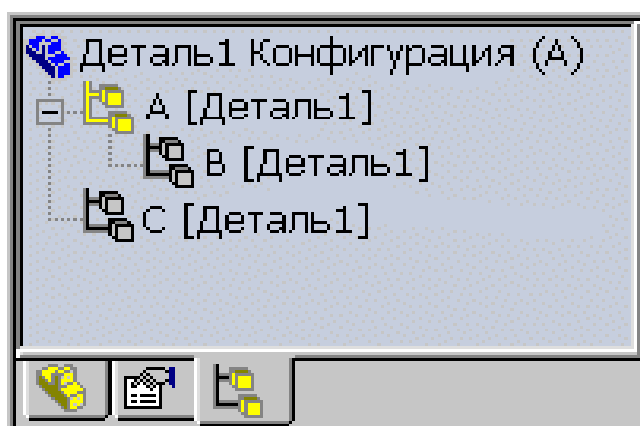



Рис. 3.6. Пример производной конфигурации

Таблица 3.1

Отношения в производной конфигурации
при изменении конфигурации *A*

Изменение конфигурации	Эффект в конфигурации <i>B</i>	Эффект в конфигурации <i>C</i>
Текущая конфигурация	Изменения	Не изменяется
Конфигурация <i>B</i>	Изменения	Не изменяется
Все конфигурации	Изменения	Изменения

Для создания производной конфигурации вручную:

1. В *ConfigurationManager* нажать правой кнопкой мыши на конфигурацию и выбрать **Добавить извлеченную конфигурацию**.
2. Задать параметры в окне **Свойств**.
3. Нажать .

Производная конфигурация добавляется в *ConfigurationManager* под родительской конфигурацией.

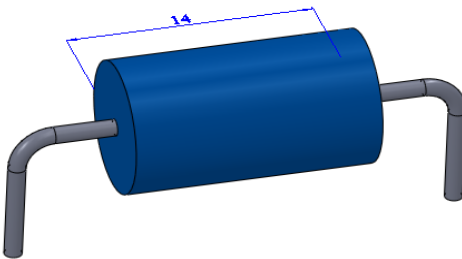
Пример производной конфигурации

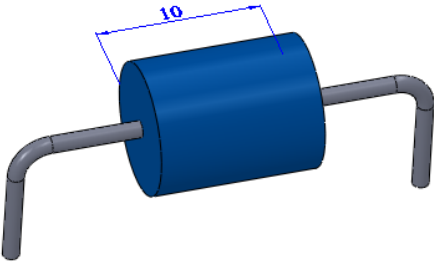
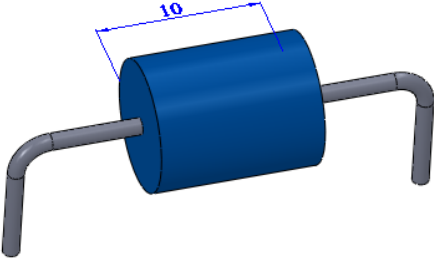
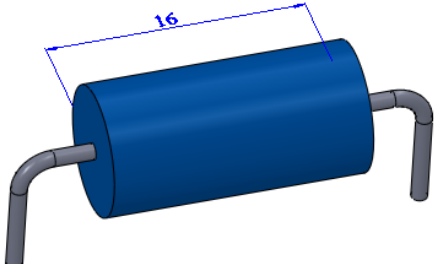
Деталь, показанная в табл. 3.2, содержит три конфигурации: *A*, *B* и *C*. Конфигурация *A* – родитель конфигурации *B*, а конфигурация *C* – конфигурация верхнего уровня, находящаяся на одном уровне с конфигурацией *A*.

Элемент **Вытянуть** в конфигурации *A* изменен с 14 до 10 мм. В том случае, если выбран параметр **Эта конфигурация** в диалоговом окне **Изменить**, размеры изменяются в конфигурациях *A* и *B*. В конфигурации *C* размер останется прежним.

Таблица 3.2

Пример производной конфигурации

Наименование конфигурации	Особенности построения модели
Исходная конфигурация <i>A</i> (родитель), длина корпуса ЭРЭ – 14 мм	

Наименование конфигурации	Особенности построения модели
Измененная конфигурация А, длина корпуса ЭРЭ – 10 мм	
Конфигурация В (производная по отношению к конфигурации А), длина корпуса ЭРЭ соответствует конфигурации А – 10 мм	
Конфигурация С (находится на одном уровне с конфигурацией А), длина корпуса ЭРЭ – 16 мм	

3.5. Особенности конфигураций для деталей в *SolidWorks*

Для деталей в конфигурации могут быть внесены следующие изменения:

- изменение размеров и допусков элементов;
- могут быть погашены элементы, уравнения и граничные условия;
- определен центр тяжести;
- использованы различные плоскости эскиза, взаимосвязи эскиза;
- заданы индивидуальные цвета граней;
- проконтролировано управляющее состояние размеров эскиза;
- созданы производные конфигурации;
- определены свойства отдельной конфигурации;

- изменены размеры отверстий под крепеж;
- может быть применен различный материал.

На рис. 3.7 показаны две конфигурации детали «Радиатор». Деталь выполнена из листового металла, имеет одинаковую базовую часть, но разные элементы под крепление в сборке. Реализовано две конфигурации: «Радиатор верхний» и «Радиатор нижний».

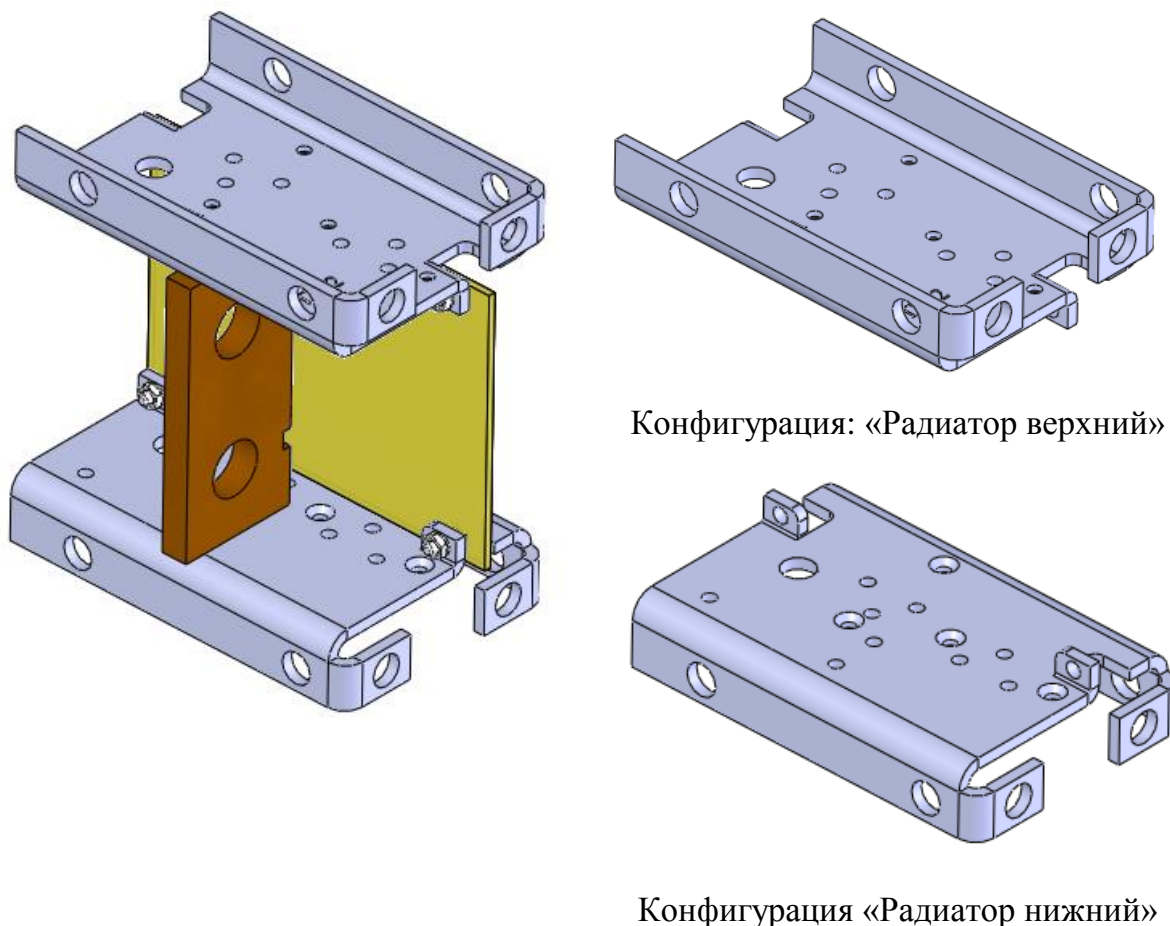



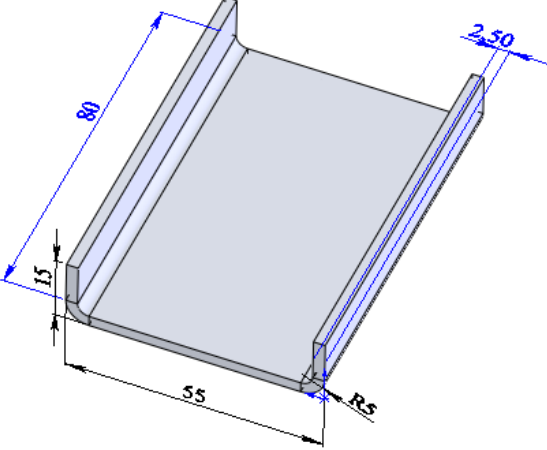

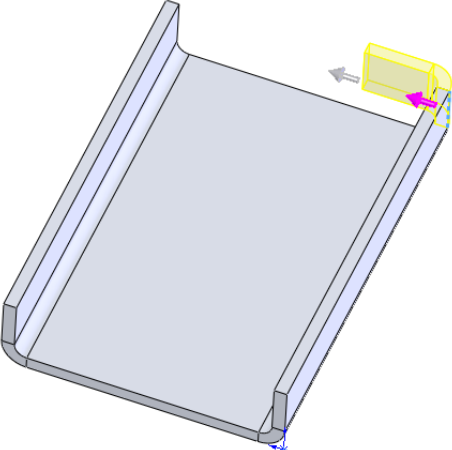

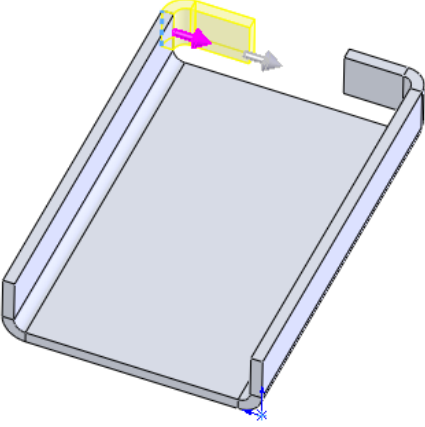
Рис. 3.7. Конфигурации детали «Радиатор»

Последовательность построения заготовки радиатора показана в табл. 3.3. Построенная последовательность соответствует конфигурации «Радиатор нижний».

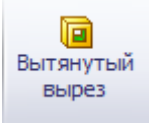


Конфигурация «Радиатор верхний» строится за счет реализации функции **Погасить** для элементов п. 4, 5, 6, 10, 11. При этом должны быть реализованы новые элементы идентичных размеров, но расположенные зеркально по отношению к погашенным.

Таблица 3.3

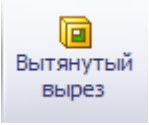
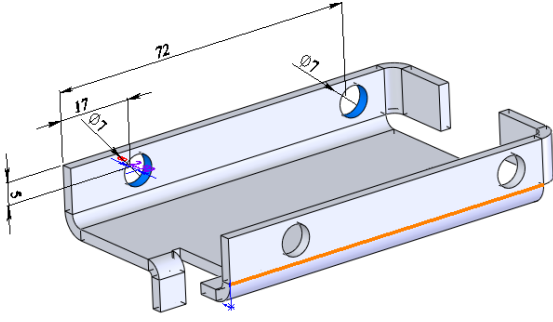
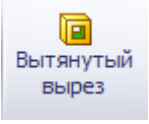
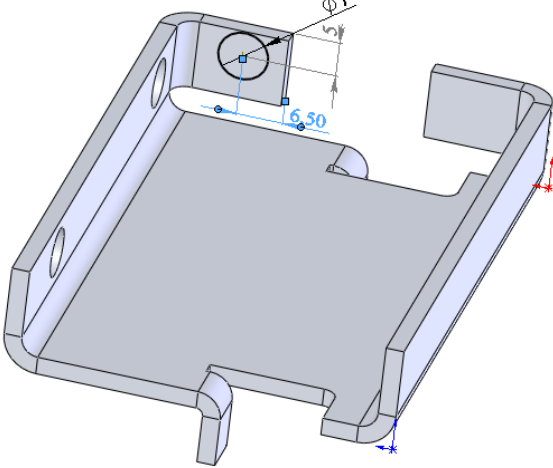
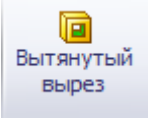
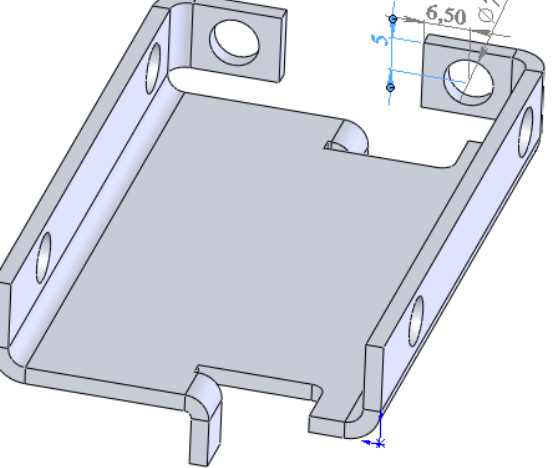
Последовательность построения трехмерной модели радиатора
из листового металла

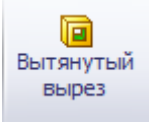
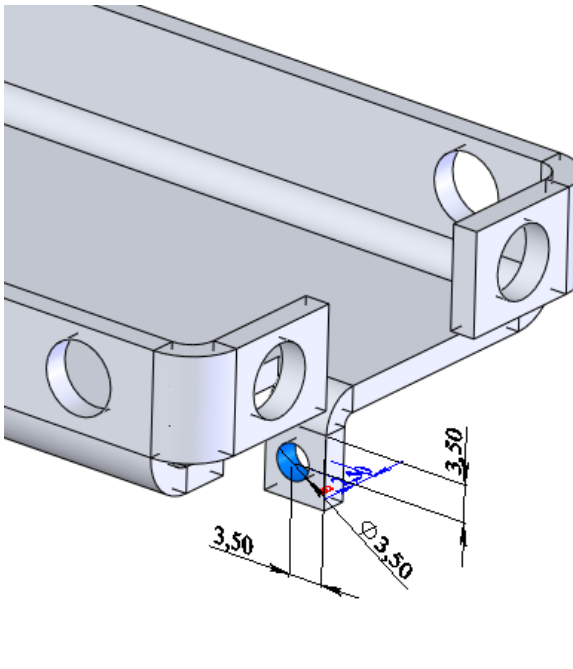
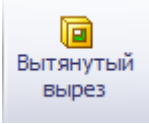
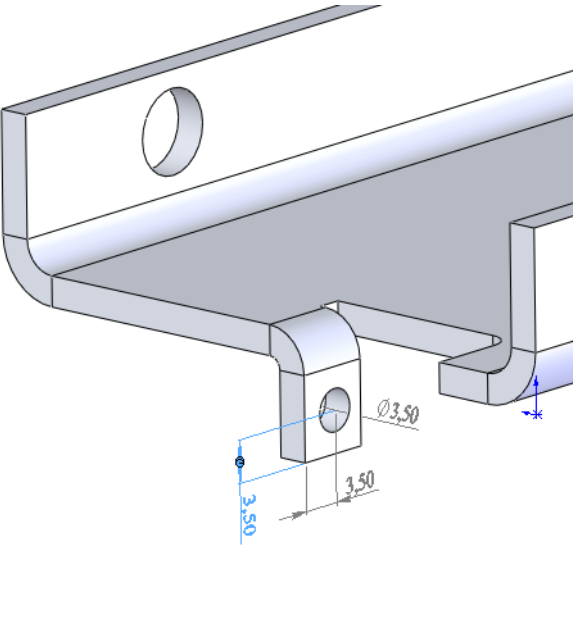
№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
1	 Базовая кромка/выступ	Плоскость эскиза: Спереди. Толщина металла 2,5 мм. Правый нижний угол ломаной линии совпадает с Исходной точкой. Установить радиус гибки по умолчанию 2,5 мм	
2	Ребро-кромка 	Выбрать боковую кромку правого выступа, построенного в п. 1. Угол кромки 90°. Длина 15 мм. Виртуальная резкость снаружи. Расположение кромки: Материал снаружи	
3	Ребро-кромка 	Аналогично п. 2. Для боковой кромки левого выступа	

Продолжение табл. 3.3

№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
4	<p>Вытянутый вырез</p> 	<p>Плоскость эскиза: Спереди. Вырез выполнить Насквозь</p>	
5	<p>Ребро-кромка</p> 	<p>Выбрать нижнюю кромку выреза, реализованного в п. 3. Угол кромки 90°. Длина 8 мм. Радиус гибки 1 мм. Виртуальная резкость снаружи. Расположение кромки: Материал снаружи</p>	
6	<p>Ребро-кромка</p> 	<p>Выбрать верхнюю кромку выреза, реализованного в п. 3. Угол кромки 90°. Длина 8 мм. Радиус гибки 1 мм. Виртуальная резкость снаружи. Расположение кромки: Материал снаружи</p>	

Продолжение табл. 3.3

№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
7	<p>Вытянутый вырез</p> 	<p>Плоскость эскиза: боковая поверхность радиатора. Вырез выполнить Насквозь</p>	
8	<p>Вытянутый вырез</p> 	<p>Плоскость эскиза: поверхность ребра-кромки, созданного в п. 3. Вырез выполнить Насквозь</p>	
9	<p>Вытянутый вырез</p> 	<p>Плоскость эскиза: поверхность ребра-кромки, созданного в п. 2. Вырез выполнить Насквозь</p>	

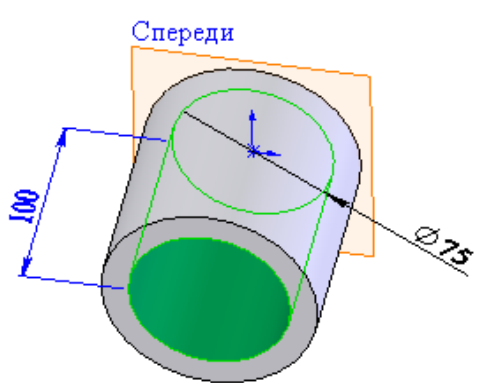
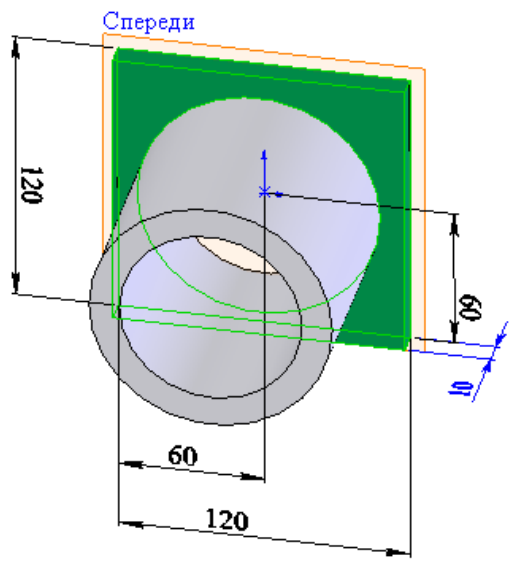
№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
10	Вытянутый вырез 	Плоскость эскиза: поверхность ребра-кромки, созданного в п. 6. Вырез выполнить Насквозь	
11	Вытянутый вырез 	Плоскость эскиза: поверхность ребра-кромки, созданного в п. 6. Вырез выполнить Насквозь	

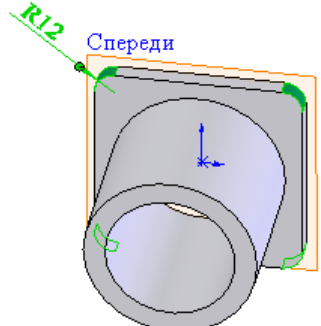
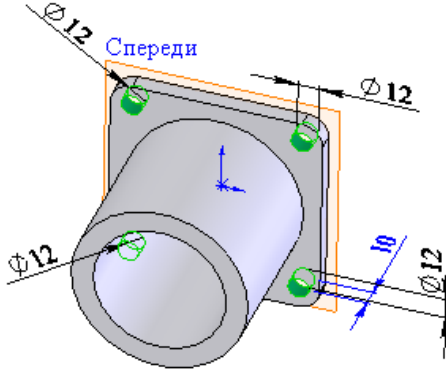
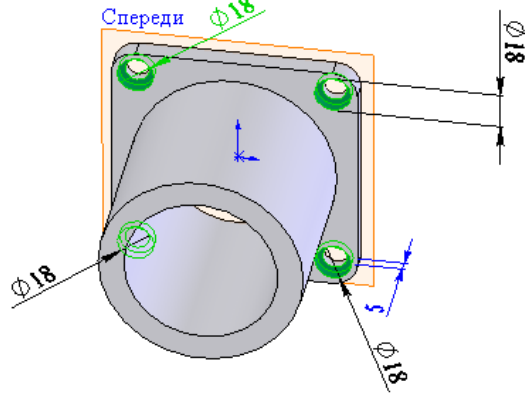
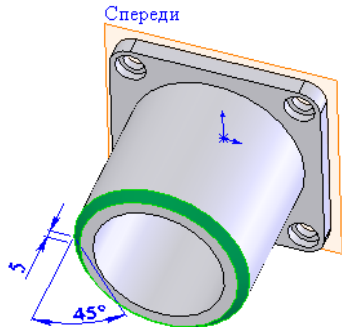
Пример построения деталей различной конфигурации

На базе модели корпуса розетки соединителя, показанной в табл. 3.4, были построены три различные конфигурации. Исходная конфигурация соответствует модели п. 7 из табл. 3.3 и обозначается korpus_100.

Таблица 3.4

Последовательность построения трехмерной модели корпуса розетки электрического соединителя

№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
1	Вытянутая бобышка/основание	Плоскость эскиза: Спереди. Диаметр окружности в эскизе 100 мм. Глубина цилиндра 100 мм	—
2	Вытянутый вырез	Плоскость эскиза: Спереди. Сквозной вырез. Диаметр окружности в эскизе 75 мм. Центр совпадает с Исходной точкой	
3	Вытянутая бобышка/основание	Плоскость эскиза: Спереди. Основание в виде прямоугольного параллелепипеда высотой 10 мм. Центр квадрата в эскизе совпадает с Исходной точкой. Для реализации отверстия в эскизе должна быть построена окружность диаметром 75 мм с центром в Исходной точке	

№ п/п	Используемый элемент	Особенности построения	Внешний вид модели
4	Скругление	Скругление 4 кромок радиусом 12 мм	
5	Вытянутый вырез	<p>Плоскость эскиза: Спереди.</p> <p>Сквозной вырез. Диаметр 4 окружностей 12 мм. Центры окружностей совпадают с центрами дуг скруглений, построенных в п. 3</p>	
6	Вытянутый вырез	<p>Плоскость эскиза: верхняя грань основания, построенного в п. 2.</p> <p>Вырез глубиной 5 мм. Диаметр 4 окружностей 18 мм. Центры окружностей совпадают с центрами отверстий, построенных в п. 4</p>	
7	Фаска	<p>Фаска снимается с внешней кромки цилиндра.</p> <p>Параметры фаски: расстояние 5 мм, угол 45°</p>	

Новые конфигурации `korpus_150` и `korpus_230` соответствуют изменениям размеров в эскизах элементов в пп. 1, 3, 4 табл. 3.3. Новые конфигурации вручную создаются в соответствии с п. 3.2. При изменении размеров в эскизах в окне **Изменить** следует обязательно использовать параметр **Эта конфигурация** (рис. 3.8).

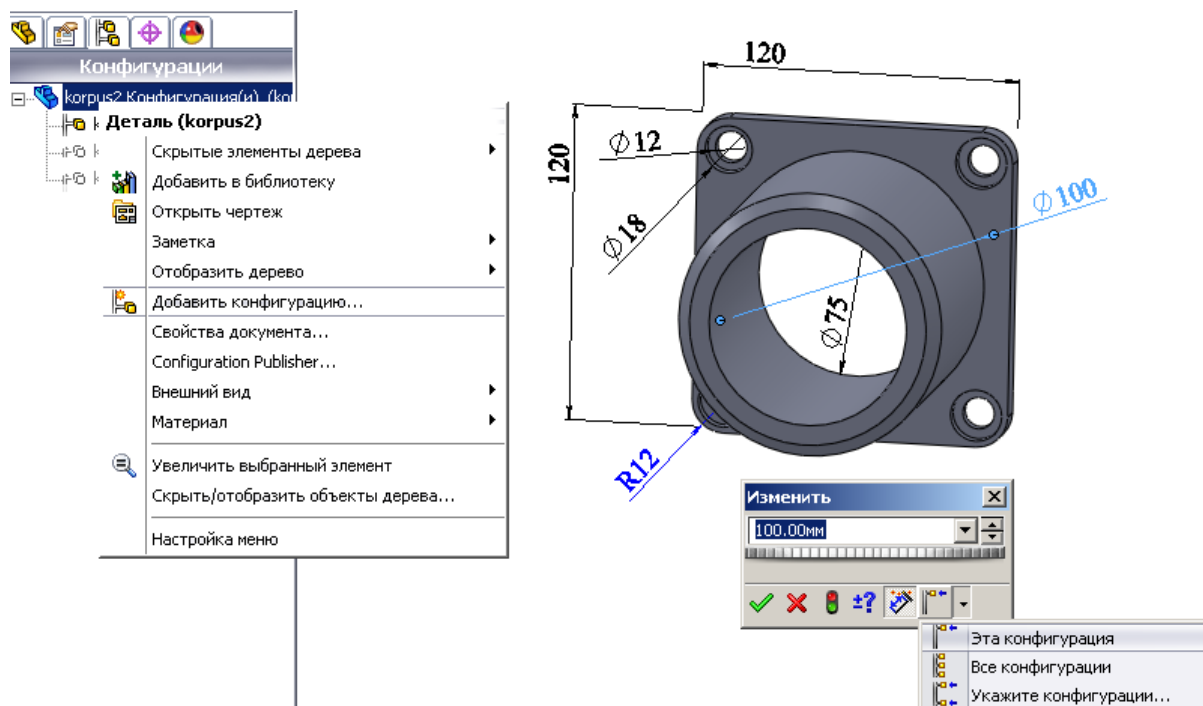


Рис. 3.8. Изменение размеров для соответствующей конфигурации

Полученные новые конфигурации `korpus_150` и `korpus_230` с указанием измененных размеров показаны на рис. 3.9.

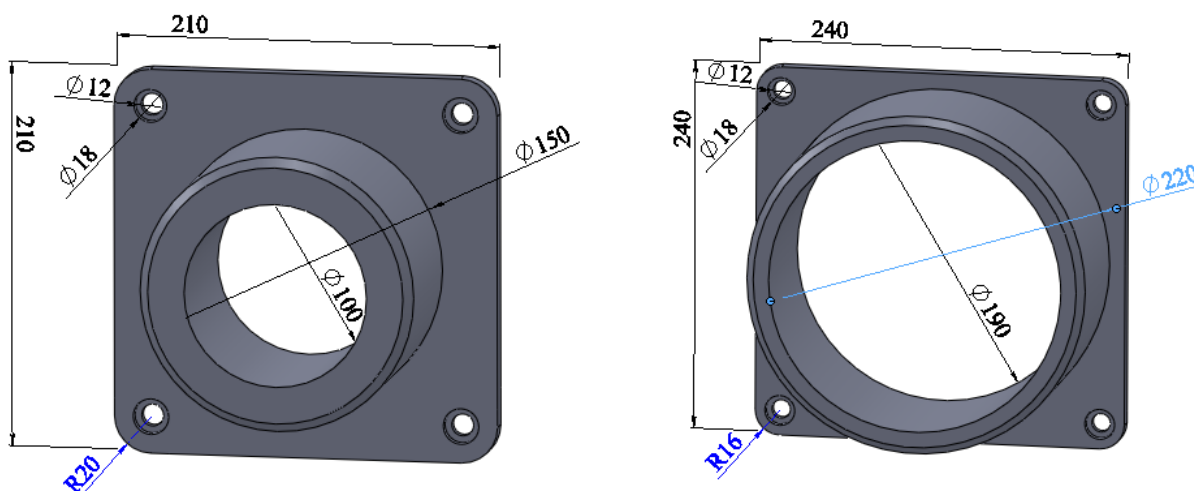


Рис. 3.9. Конфигурации корпуса розетки соединителя `korpus_150` и `korpus_230`

Переход в указанную конфигурацию выполняется по двойному щелчку мыши в наименовании конфигурации в дереве *ConfigurationManager*.

3.6. Особенности конфигураций для сборок в *SolidWorks*

Можно изменить конфигурации сборки следующими способами [1]:

- изменить состояния погашения (**Погашен, Решен**) компонентов;
- ассоциированную конфигурацию компонентов;
- состояние отображения;
- размеры сопряжений «угол» или «расстояние» или состояния погашения сопряжений;
- размеры, допуски или другие параметры элементов, относящихся к сборке. Сюда включаются элементы вырезов и отверстий в сборке, массивы компонентов, справочная геометрия и эскизы, которые относятся к сборке (а не к одному из компонентов сборки);
- определить массу и центр тяжести;
- погасить элементы, относящиеся к сборке;
- определить свойства отдельной конфигурации, например, граничные условия и взаимоотношения эскиза;
- создать производные конфигурации;
- изменить размер отверстий под крепеж;
- зафиксировать или освободить расположение компонента.


3.7. Создание вида с разнесенными частями

Разнесенный вид сборки сохраняется вместе с конфигурацией сборки в **Менеджере конфигураций**.

Виды с разнесенными частями выполняются путем выбора и перетаскивания деталей в графическую область, создавая при этом один или несколько шагов разнесения. В видах с разнесенными частями можно осуществить следующие действия:

- равномерно разместить разнесенные комплекты компонентов (крепежные детали, шайбы и т. д.);

- добавить новый компонент в существующие шаги разнесения другого компонента. Эта операция полезна при добавлении новой детали в сборку с разнесенным видом;
- если узел сборки имеет вид с разнесенными частями, использовать повторно этот вид в сборке верхнего уровня;
- добавить линии разнесения для указания взаимосвязей компонентов.

Чтобы создать разнесенный вид, необходимо выполнить команду **Вид с разнесенными частями** . В окне **Настройка** следует выбрать один или несколько компонентов, которые требуется внести в соответствующий шаг разнесения. В области **Направление разнесения** задается ось системы координат, в направлении которой выполняется разнесение (любой отрезок прямой линии, включая кромки и элементы эскизов). В области **Расстояние разнесения** указывается величина разнесения компонента. При необходимости направление разнесения компонента возможно поменять на противоположное – кнопка **Реверс направления** (рис. 3.10).

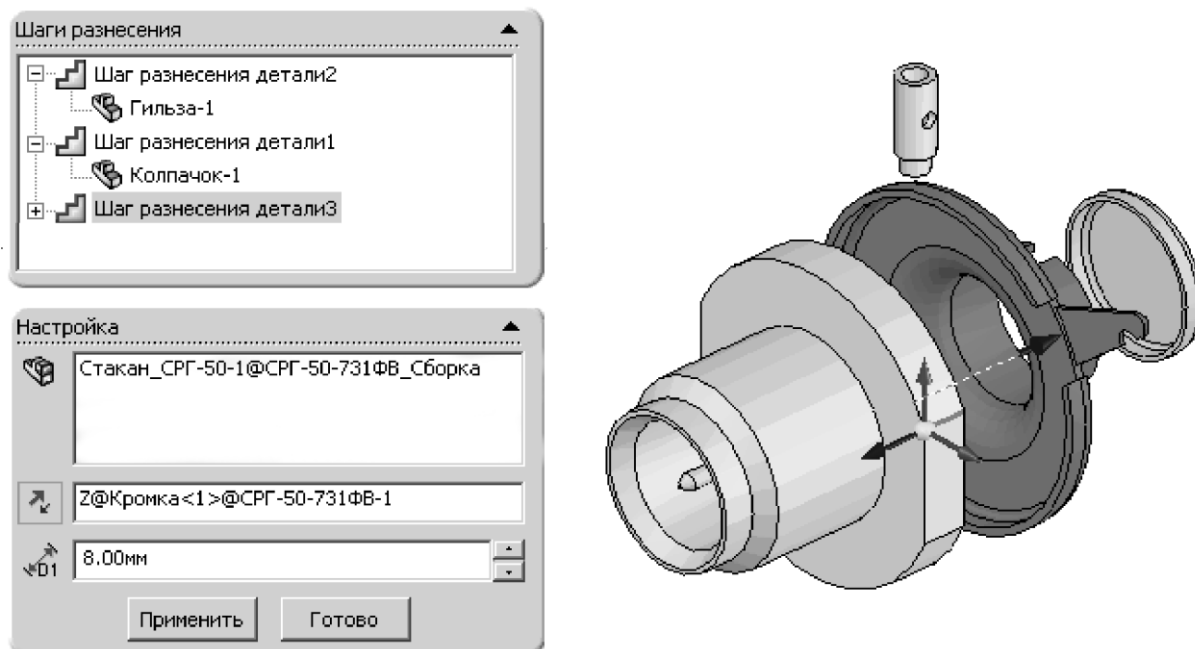


Рис. 3.10. Пример создания вида с разнесенными частями для розетки соединителя [3]

3.8. Задание для самостоятельной работы

1. Ознакомиться с методиками создания конфигурации. Выполнить рассмотренные примеры создания двух конфигураций детали «Радиатор».

2. Создать три конфигурации корпуса розетки соединителя в соответствии с табл. 3.3 и рис. 3.8, 3.9.

3. Для трехмерной модели сборки блока ЭС выполнить две конфигурации изделия различного исполнения. В каждую из созданных конфигураций добавить вид с разнесенными частями, соответствующий порядку сборки изделия.

4. Построить трехмерную модель отдельной детали конструкции ЭС на основе **Таблицы параметров**.

3.9. Темы для контроля знаний

1. Понятие конфигураций в *SolidWorks*.

2. Инструмент менеджера конфигураций в *SolidWorks*.

3. Особенности создания конфигураций для деталей.

4. Особенности создания конфигураций для сборок.

5. Создание конфигурации в *SolidWorks* на основании **Таблицы параметров**.

6. Форматирование **Таблицы параметров**.

7. Создание вида с разнесенными частями для сборки в *SolidWorks*.

4. ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ КОМПОНОВКИ БЛОКОВ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ В *SOLIDWORKS* НА ОСНОВЕ ТИПОВЫХ КОРПУСОВ

4.1. Типовые корпуса для разработки электронных средств

Несущие конструкции блоков электронных средств могут разрабатываться на основе оригинальных корпусов или покупных изделий. Широкая номенклатура современных покупных корпусов от простых пластмассовых, содержащих основание, крышку и посадочные места под печатную плату, до сложных металлических конструкций стандарта «Евромеханики» позволяет создавать электронные средства различного назначения. Производители корпусов предоставляют разработчикам возможность использовать чертежи и трехмерные модели своих изделий с целью их доработки под конкретное назначение.

Исходными данными на разработку блока электронных средств являются схема электрическая принципиальная и перечень элементов, ограничения, накладываемые на конструкцию в виде общих технических или специальных требований. При этом, как правило, разработка ведется по аналогу либо основой для разработки служат готовые или типовые решения. Одним из таких решений, позволяющим существенно сократить время разработки, будет применение готового типового или покупного корпуса.

Широкий набор «типовых», или «стандартных» корпусов представлен на электронном ресурсе www.korpusa.ru [6]. Там же приведены примеры применения корпусов для реализации изделий электронных средств различного исполнения. К основным производителям корпусов для электронных средств относятся фирмы OKW, APRA NORM, HAMMOND, BOPLA, GAINTA и др. Производители корпусов в обязательном порядке предоставляют пользователям габаритные размеры своих изделий, на основании которых может быть построена трехмерная модель корпуса. Многие производители позволяют использовать готовые трехмерные модели корпусов в формате STEP.

На рис. 4.1 показана трехмерная модель корпуса Euromas – Aluminium фирмы BOPLA, модель A101.

4.2. Определение необходимых размеров корпуса

Разработка блока электронных средств на базе покупного корпуса начинается с определения варианта расположения ячейки на печатной плате. Как правило, покупные корпуса содержат вспомогательные бобышки и площадки для крепления печатной платы.

При разработке блока ЭС на основе трехмерной модели необходимо измерять размеры между элементами конструкций. Сделать это можно используя команду **Измерить** на вкладке **Анализировать**.

На рис. 4.2 показаны результаты измерения крепежных отверстий под печатную плату для трехмерной модели основания корпуса Euromas – Aluminium фирмы BOPLA, модель A101.

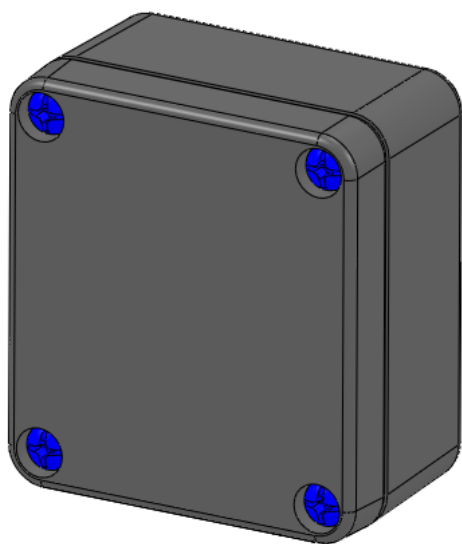


Рис. 4.1. Трехмерная модель корпуса Euromas – Aluminium фирмы BOPLA, модель A101

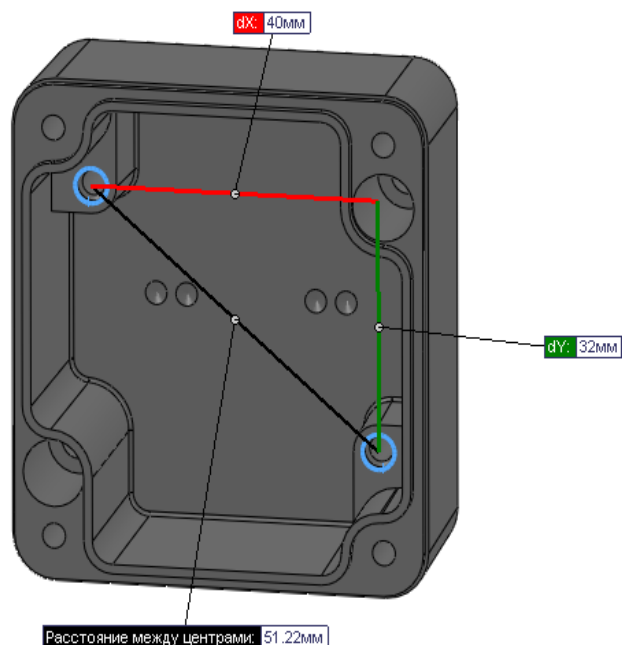


Рис. 4.2. Определение расстояний между крепежными отверстиями под печатную плату для корпуса Euromas – Aluminium фирмы BOPLA, модель A101

4.3. Разработка трехмерной модели корпуса блока электронных средств

При разработке корпуса блока ЭС следует учитывать специальные требования, определяемые электрической принципиальной схемой. Прежде всего необходимо определить расположение органов управления и индикации, а также коммутирующих разъемов. Сделать

это гораздо проще при наличии трехмерных моделей элементов конструкции блока. Построение вспомогательных элементов возможно вести самостоятельно на основании описаний и *DataSheet* либо выбирая библиотечные элементы. Широкий набор электрических компонентов представлен на электронном ресурсе www.3dcontentcentral.com [5].

На базе покупного корпуса Euromas – Aluminium фирмы BOPLA, модель A101 разработано устройство «Счетчик импульсов».

Исходные данные на разработку:

- настенная конструкция блока;
- четыре разряда индикации счетчика;
- клавиатура, состоящая из четырех управляющих кнопок;
- подключение питания и вход импульсов выполняется через защищенный вход по витым парам, подключение – через клеммники на печатную плату.

Последовательность проектирования:

1. Определение места под печатную плату в корпусе, а также габаритных и установочных размеров печатной платы. Создание трехмерной модели печатной платы (рис. 4.3).

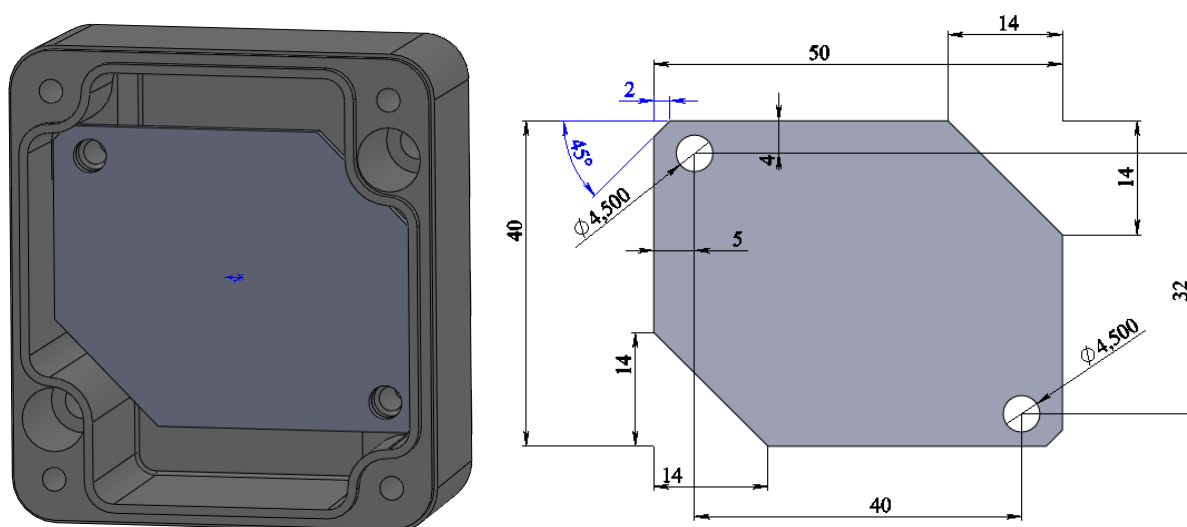


Рис. 4.3. Разработка печатной платы устройства «Счетчик импульсов»

2. Определение элементов индикации: четырехразрядного семи-сегментного индикатора CA04-41SRWA. Создание его трехмерной модели.

3. Выбор элементов управления: четыре управляющие кнопки необходимо реализовать в защищенном режиме, что определяет использование пленочной клавиатуры. При этом в верхней крышке кор-

пуса следует предусмотреть вырез под подключение шлейфа от пленочной клавиатуры к ячейке на печатной плате.

4. Выбор элементов коммутации. Так как коммутация выполняется проводниками разъемы-клеммники на печатной плате, то в корпусе предусматривается винтовой ввод. Используется волновое соединение ВФК 11 фирмы ВОРЛА с защитой кабеля от изгиба. Необходимо в корпусе предусмотреть отверстие диаметром 12 мм.

5. С учетом выбранных элементов управления, индикации и коммутации осуществляется доработка трехмерной модели корпуса блока.

На рис. 4.4 показан вид с разнесенными частями для конструкции сборки устройства «Счетчик импульсов», выполненного в корпусе Euromas – Aluminium фирмы ВОРЛА, модель А101.

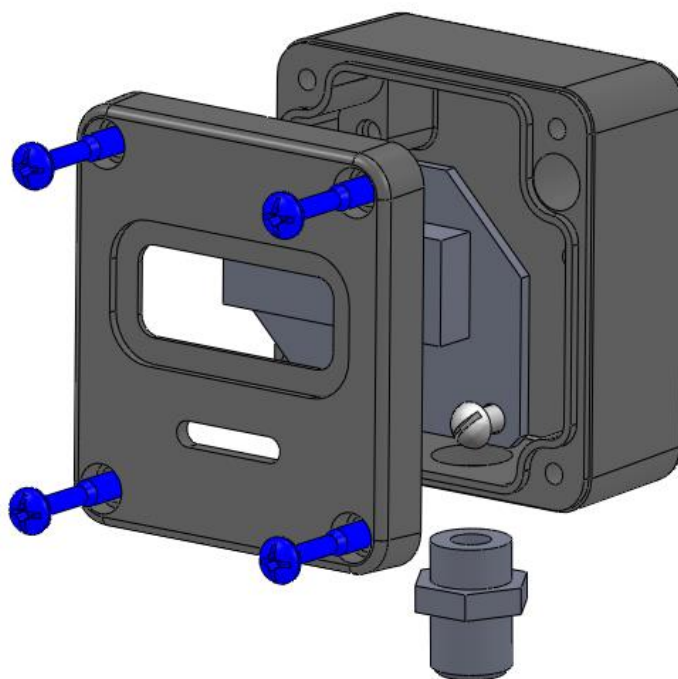


Рис. 4.4. Вид с разнесенными частями устройства «Счетчик импульсов»

В результате на базе построенной модели формируется габаритный чертеж блока и ячейки. При этом габаритный чертеж ячейки может служить исходными данными для разработки печатной платы устройства. Чертежи строятся из трехмерных моделей на базе стандартов ЕСКД, используя шаблоны стандартных форматов ЕСКД. Полное описание методик разработки чертежей в системе *SolidWorks* содержится в учебном пособии [7].

4.4. Примеры трехмерных моделей покупных корпусов для разработки электронных средств

Разработка электронных средств на базе покупных или типовых корпусов требует значительных ресурсов прежде всего в области построения трехмерных моделей. Существует большое разнообразие типов подобных корпусов, начиная от простых носимых, заканчивая пультовыми и специальными, выполненными для сложных условий эксплуатации. На рис. 4.5 – 4.9 даны различные виды стандартных корпусов для проектирования электронных приборов и устройств. Все корпуса разработаны фирмой *OKW* и представлены на электронном ресурсе [6].

Корпус *CARRYTEC S* (рис. 4.5) предназначен для создания носимых устройств, в том числе с возможностью установки устройств управления в виде пленочной клавиатуры на передней панели.

Корпус *Datec mobil box* (рис. 4.6) может применяться для создания небольших устройств с элементами управления, расположенными на передней панели, и использования автономного питания (наличие батарейного отсека).

Корпус *Ergo Case* (рис. 4.7) предназначен для разработки малогабаритных носимых устройств с дополнительным ремненным креплением.

Корпус *Hand Terminal* (рис. 4.8) – пультовый корпус с возможностью работы в руках оператора. Корпус является основой для разработки пультовых устройств как настольного исполнения, так и переносных.

Корпус *SOFT-CASE* (рис. 4.9) – средних размеров, предназначен для реализации устройств настенного исполнения. Для крепления блока к вертикальной поверхности в корпусе имеются два отверстия специального профиля, изначально закрытые. Расстояние между отверстиями 140 мм.

Представленные корпуса различны по своему назначению, поэтому выбор того или иного корпуса определяется прежде всего электрической принципиальной схемой, а также заданными условиями эксплуатации.

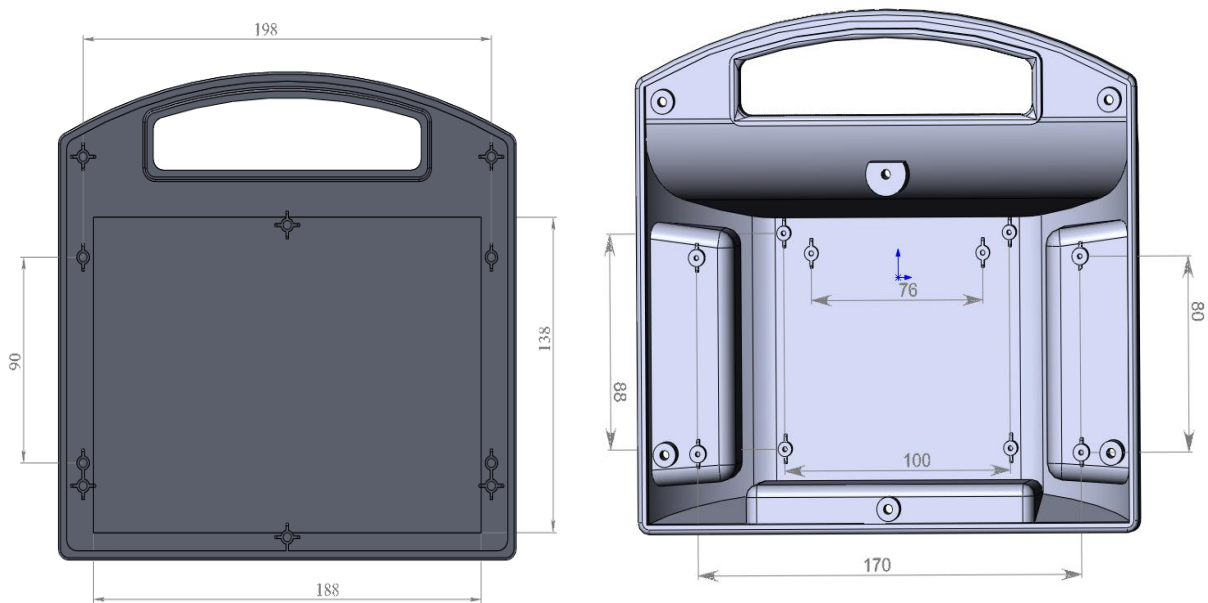
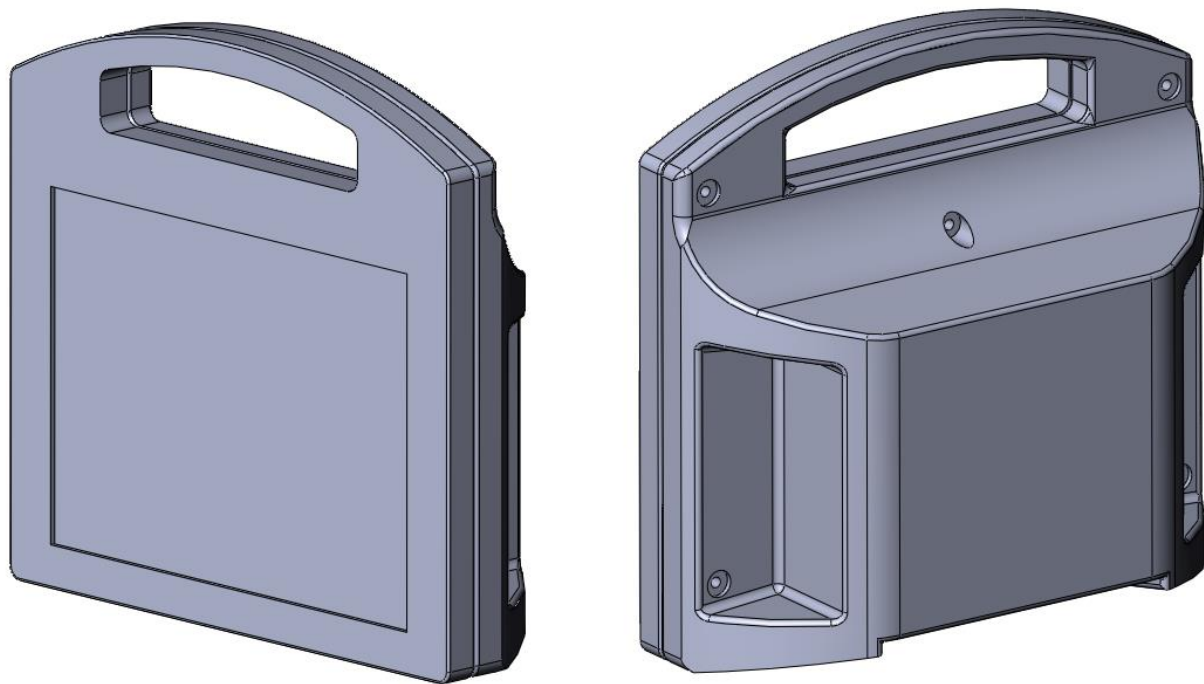
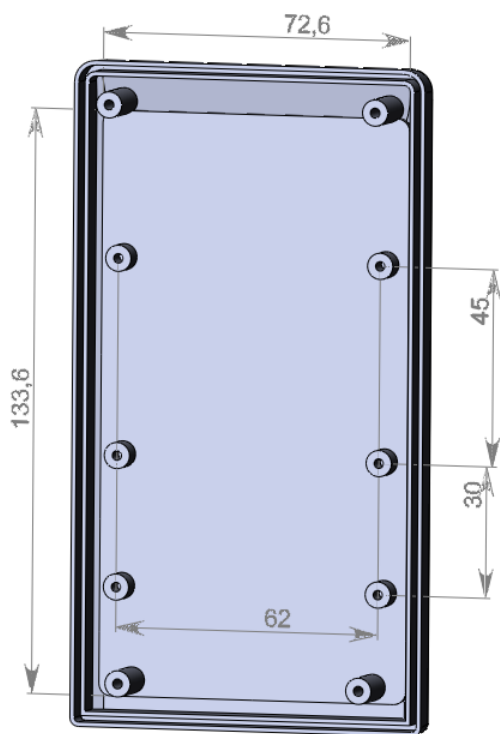
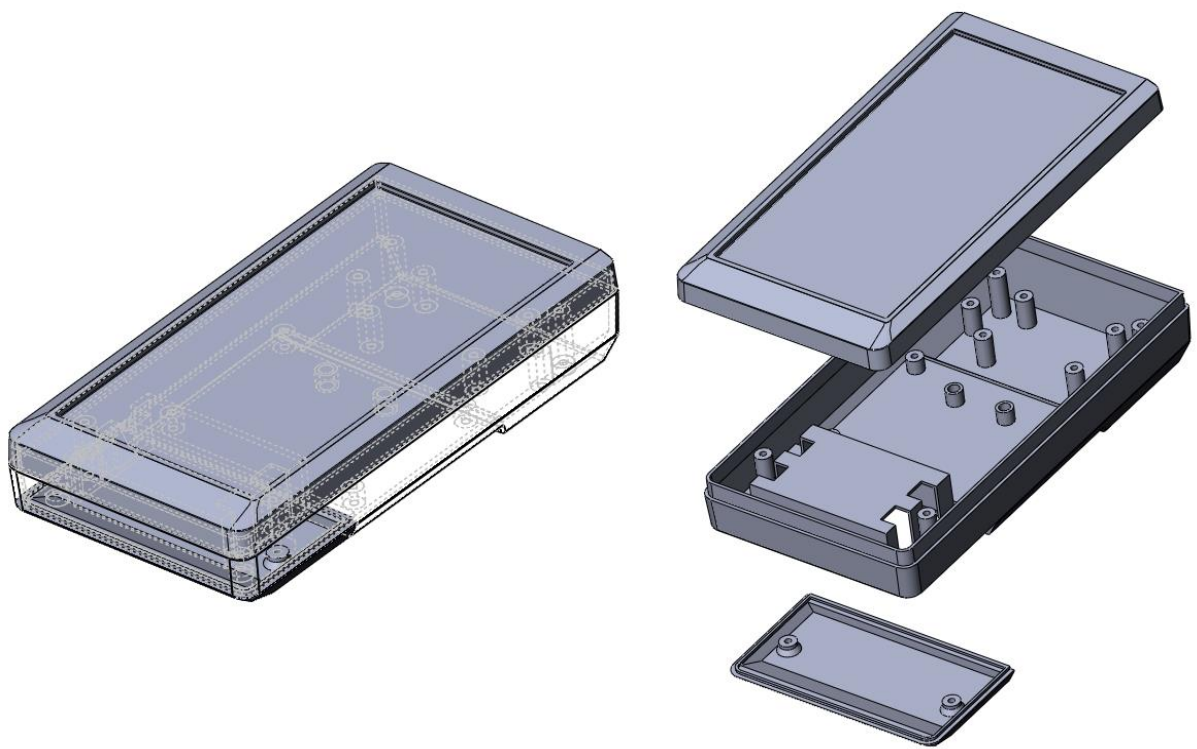
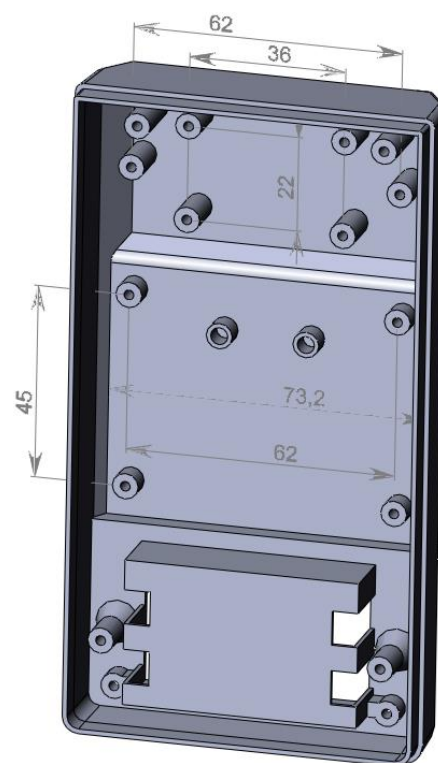


Рис. 4.5. Трехмерная модель корпуса *CARRYTEC S*



Верхняя крышка



Основание

Рис. 4.6. Трехмерная модель корпуса *Datec mobil box*

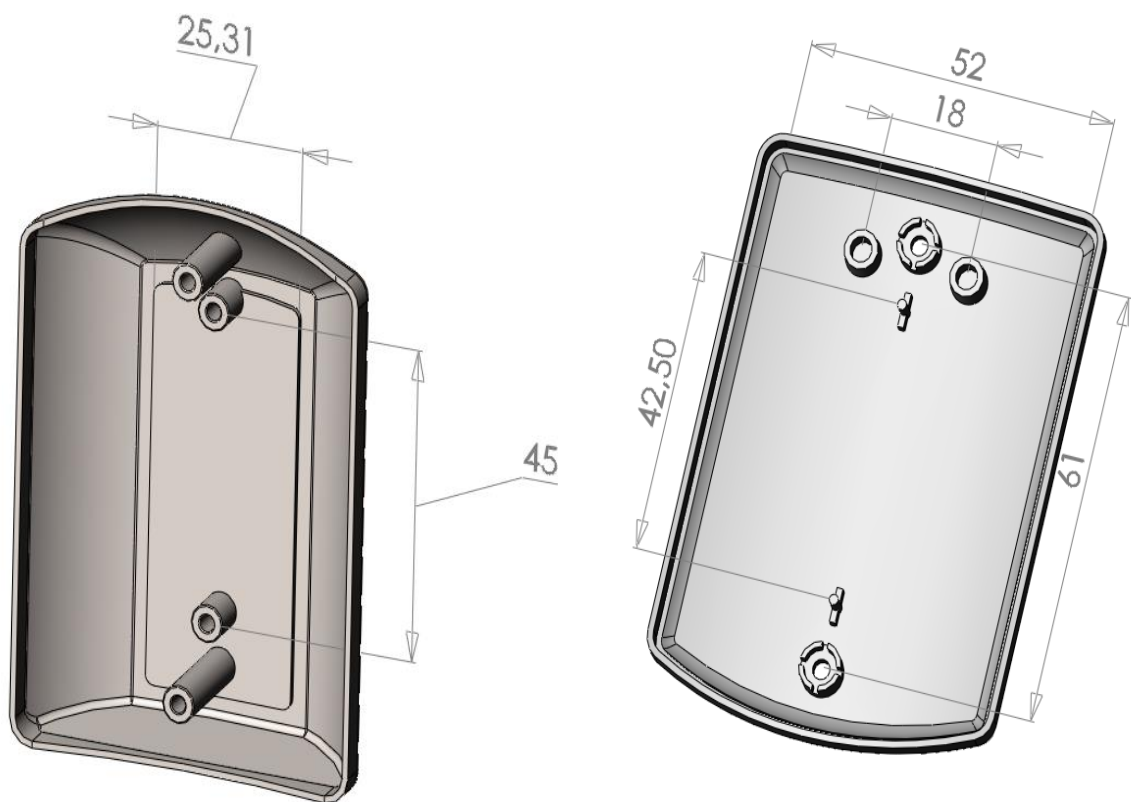
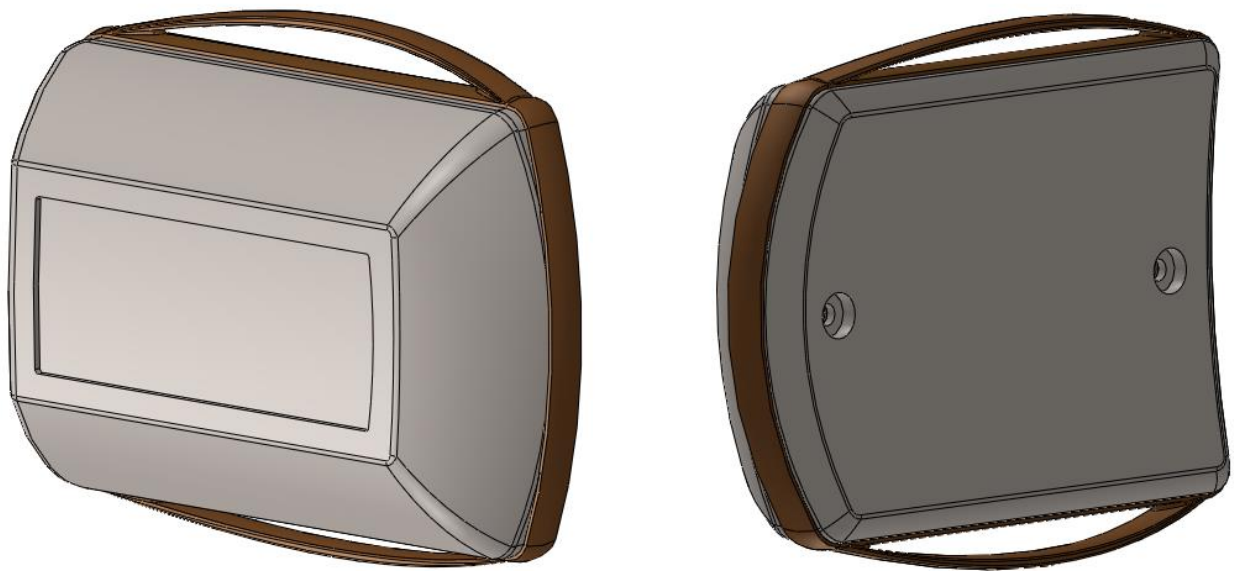
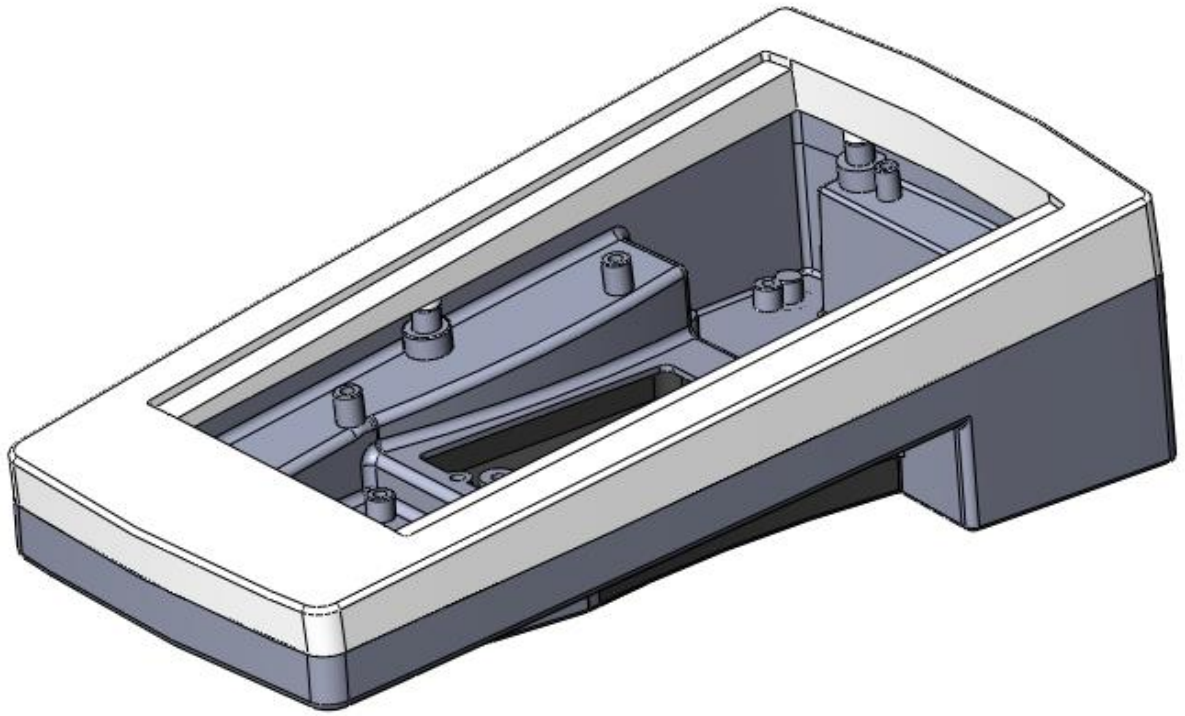
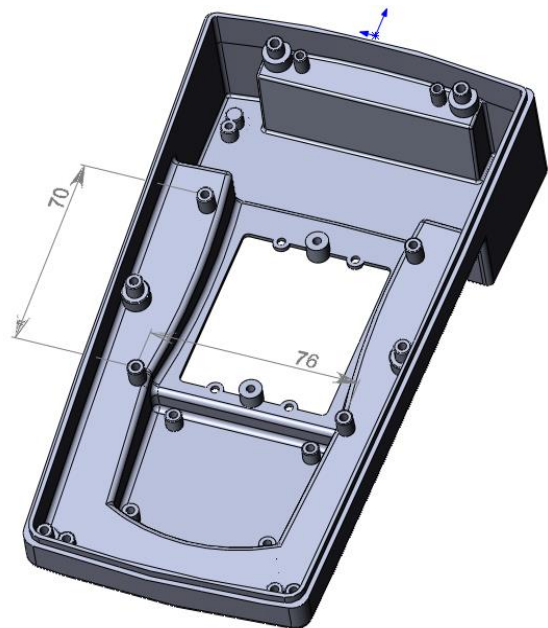


Рис. 4.7. Трехмерная модель корпуса *Ergo Case*

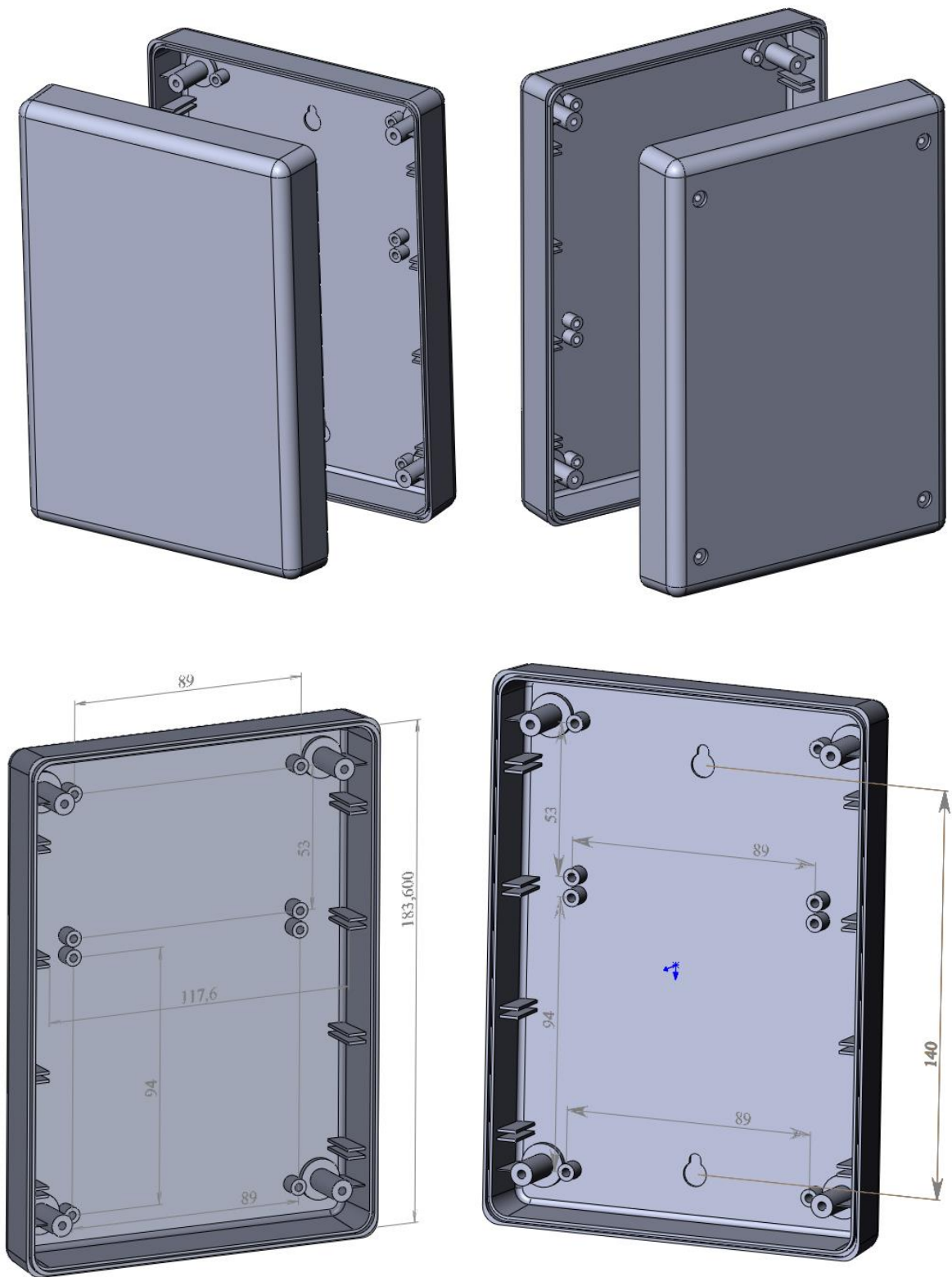


Верхняя крышка



Основание

Рис. 4.8. Трехмерная модель корпуса *Hand Terminal*



Верхняя крышка

Основание

Рис. 4.9. Трехмерная модель корпуса *SOFT-CASE* настенного исполнения

4.5. Задание для самостоятельной работы

1. Ознакомиться с методикой создания трехмерных моделей электронных средств на базе покупных корпусов. Проанализировать компоновку изделия «Счетчик импульсов», выполнить разнесение компонентов сборки, создав вид с разнесенными частями в соответствии с последовательностью сборки изделия.

2. На основе технического задания в виде схемы электрической принципиальной, перечня элементов и описания работы устройства, а также трехмерной модели заданного типового корпуса осуществить компоновку блока ЭС. Разработать трехмерную модель блока, содержащую доработанный типовой корпус, электронную ячейку на печатной плате, элементы управления, коммутации и индикации, необходимые надписи, сделанные гравировкой.

3. Разнести компоненты построенной в п. 2 трехмерной модели блока ЭС, создав вид с разнесенными частями в соответствии с последовательностью сборки изделия.

4. На основании построенной трехмерной модели ячейки, входящей в сборку разработанного в п. 2 блока ЭС, создать габаритный чертеж ячейки с использованием шаблонов ЕСКД.

4.6. Темы для контроля знаний

1. Особенности разработки трехмерной модели конструкции ЭС на основе типового корпуса.
2. Инструменты определения размеров трехмерных моделей.
3. Последовательность проектирования заготовки печатной платы.
4. Основные этапы при подборе типовых корпусов для изделий электронных средств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный в практикуме материал охватывает малую часть инструментов системы автоматизированного проектирования *SolidWorks*. Система включает полный цикл моделирования от представления трехмерных моделей деталей и сборок, оформления двумерных чертежей до расчета механических характеристик методами численного моделирования [8] и создания фотореалистичных изображений.

Расширение возможностей проектирования требует применения широкого спектра инструментов и модулей *SolidWorks*. При этом навык использования системы *SolidWorks* необходим в ходе всего цикла подготовки специалистов в области проектирования электронных средств.

Программный продукт *SolidWorks* является базовым при выполнении курсовых проектов по дисциплинам «Основы проектирования несущих конструкций и механизмов электронных средств», «Основы конструирования электронных средств», а также в процессе написания выпускных квалификационных работ бакалавров.

При изучении программы *SolidWorks* формируются знания и навыки, не только связанные с изучением инструментов САПР, но также формируются компетенции, связанные с вопросами проектирования изделий электронных средств и медицинских приборов. Основными компетенциями, формируемыми при изучении программного продукта *SolidWorks*, являются:

- способность применять современные программные средства для выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации;

- готовность выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и модулей электронных средств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

В настоящий момент *SolidWorks* применяется на многих предприятиях электронной отрасли города Владимира, в числе которых ОАО «Владимирское КБ Радиосвязи», ОАО «Владимирский завод „Электроприбор“». Функционал учебного программного комплекса *SolidWorks CAMPUS*, используемого в ВлГУ, полностью соответствует коммерческим лицензиям, включая модули создания трехмерных моделей различного уровня сложности, приложения для проектирования и расчета.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вэб-справка по *SolidWorks* [Электронный ресурс]. – URL: <http://help.SolidWorks.com> (дата обращения: 01.12.2016).
2. Дударева, Н. Ю. *SolidWorks 2007* / Н. Ю. Дударева, С. А. Загайко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 1328 с. – ISBN 978-5-9775-0048-7.
3. Использование САПР *SOLIDWORKS* в конструкторско-технологическом проектировании электронных средств : метод. указания. В 2 ч. Ч. 1. Основы создания трехмерных моделей / Владим. гос. ун-т ; сост. А. А. Варакин. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2009. – 52 с.
4. *SolidWorks Russia* [Электронный ресурс]. – URL: www.SolidWorks.ru (дата обращения: 01.12.2016).
5. Free 3D and 2D CAD Models of User-Contributed and Supplier-Certified Part, Assemblies and more [Электронный ресурс]. – URL: www.3dcontentcentral.com (дата обращения: 01.12.2016).
6. Корпуса. Мир конструктивных решений [Электронный ресурс]. – URL: www.korpusa.ru (дата обращения: 01.12.2016).
7. Каплун, С. А. *SolidWorks*. Оформление чертежей по ЕСКД : учеб. пособие / С. А. Каплун, Т. Ф. Худякова, И. В. Щекин. – М. : SolidWorks Russia, 2009. – 188 с.
8. Алямовский, А. А. *SolidWorks Simulation*. Инженерный анализ для профессионалов. Задачи, методы, рекомендации / А. А. Алямовский. – М. : ДМК-Пресс, 2015. – 562 с. – ISBN 978-5-97060-140-2.

Учебное издание

ВАРАКИН Алексей Александрович

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ
СРЕДСТВ В САПР *SOLIDWORKS*

Практикум

Редактор А. П. Володина

Технический редактор С. Ш. Абдуллаева

Корректор Е. В. Невская

Компьютерная верстка Л. В. Макаровой

Подписано в печать 29.05.17.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 5,12. Тираж 70 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.