



Министерство образования  
Республики Беларусь

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

---

**Кафедра «Информационно-измерительная техника  
и технологии»**

**И.Н. Савёлов  
И.Б. Третьяк**

**КОНСТРУИРОВАНИЕ  
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ  
АППАРАТУРЫ**

*Методическое пособие  
по выполнению лабораторных работ*

**Минск  
БНТУ  
2011**

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Информационно-измерительная техника  
и технологии»

И.Н. Савёлов  
И.Б. Третьяк

КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ  
АППАРАТУРЫ

Методическое пособие  
по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальностей  
1-38 02 01 «Информационно-измерительная техника»,  
1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности»,  
1-38 02 04 «Спортивная инженерия»,  
1-54 01 02 «Методы и приборы контроля качества  
и диагностики состояния объектов»

Минск  
БНТУ  
2011

УДК 621.396.6  
ББК 32.844я7  
С 12

Рецензенты:  
*Ю.А. Бумай, А.Н. Крутилин*

**Савёлов, И.Н.**

С 12 Конструирование радиоэлектронной аппаратуры: методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов специальностей 1-38 02 01 «Информационно-измерительная техника», 1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности», 1-38 02 04 «Спортивная инженерия», 1-54 01 02 «Методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов» / И.Н. Савёлов, И.Б. Третьяк. – Минск: БНТУ, 2011. – 70 с.

ISBN 978-985-525-460-8.

Предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения.

Распространяется на изучение порядка выполнения твердотельно-го моделирования различных устройств радиоэлектронной аппаратуры и разработки конструкторской документации с помощью САПР Solid Works.

Излагаются указания по выполнению цикла лабораторных работ. Описание каждой лабораторной работы содержит краткие теоретические сведения, достаточные для того, чтобы студент усвоил сущность предстоящей работы, освоил методику ее выполнения и имел возможность самостоятельно решить поставленные в ней задачи.

УДК 621.396.6  
ББК 32.844я7

ISBN 978-985-525-460-8

© Савёлов И.Н.,  
Третьяк И.Б., 2011  
© БНТУ, 2011

## Введение

Процесс создания нового изделия требует значительного времени и материальных затрат и включает в себя две основных стадии — проектирование и изготовление.

**Проектирование изделия** — это процесс создания комплекта технических документов, необходимых для изготовления изделия, а конечный результат процесса проектирования изделия — создание комплекта конструкторской документации, предназначенной для изготовления изделия. Он включает в себя как текстовые, так и графические документы. И если разработка текстовых документов никогда не представляла проблем, то разрабатывать графические документы (чертежи) всегда было сложно.

Чертеж содержит различные типы информации: чертеж детали — сведения о конструктивных формах, размерах, чистоте обработки поверхностей (шероховатости), покрытии, материале и др.; сборочный чертеж изделия со спецификацией — сведения о конструктивных формах, размерах, перечне входящих в изделие деталей, материалах и др. Однако основой чертежа во всех случаях является информация о конструктивных формах изделия. Причем желательно, чтобы эта информация обладала максимальным уровнем наглядности, а для этого необходимо применение трехмерных изображений.

Однако на трехмерных изображениях сложно поместить другой тип информации. Поэтому в основу чертежа были положены двумерные изображения изделия, количество и состав которых регламентируются государственным стандартом. Это позволяет размещать на чертеже всю необходимую информацию, но в значительной степени снижает его уровень наглядности. Поэтому в особо ответственных случаях двумерные чертежи стали дополнять трехмерными изображениями (главным образом — аксонометрическими проекциями).

С развитием компьютерной техники построение наглядных изображений перестало быть проблемой. Заказчики все чаще

стали включать в договоры с проектно-конструкторскими организациями требования поместить в разрабатываемые документы трехмерные изображения. Однако обычные трехмерные изображения, в частности аксонометрические проекции, позволяют создать трехмерное изображение только в выбранном направлении проецирования, то есть изображение, полученное с некоторой конкретной точки обзора. В то же время могут представлять интерес изображения объекта, полученные с других точек обзора. Дополнение двухмерного чертежа изделия множеством трехмерных изображений, полученных с различных точек обзора, не приемлемо, поэтому был создан особый тип трехмерных изображений — твердотельная модель. Твердотельная модель представляет собой трехмерное изображение пространственного объекта, полностью имитирующее его физико-механические свойства и позволяющее определить числовые характеристики объекта — массу, моменты инерции и др. Благодаря этому такую модель можно произвольно поворачивать и рассматривать ее конструктивные формы с любой точки обзора, рассекать и рассматривать конструктивные формы внутренних элементов и т. д.

Практически сразу твердотельные модели стали использоваться в проектно-конструкторской работе. Опыт конструирования изделий в пространственной форме показал их исключительно высокую эффективность. Однако роль двухмерных чертежей, особенно в сфере производства, не уменьшилась, поэтому возникла проблема связи между твердотельными моделями и двухмерными чертежами. В конечном итоге это привело к формированию технологии создания проектно-конструкторской документации, на первом этапе которой создается твердотельная модель объекта, а на втором — ее двухмерные чертежи в автоматическом режиме.

Существует ряд конструкторских систем общего и специального назначения, реализующих эту технологию. По всеобщему признанию, одной из лучших является конструкторская система SolidWorks.

# *Лабораторная работа № 1*

## **НАЧАЛО РАБОТЫ В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS**

*Цель работы:* знакомство с SolidWorks, изучение особенностей интерфейса и приемов работы.

### **Общие сведения**

Система автоматизированного проектирования SolidWorks — это система трехмерного проектирования, использующая графический интерфейс Windows.

SolidWorks построена по модульному принципу, который обеспечивает возможность гибкого построения интегрированного комплекса автоматизации процессов проектирования: инженерного анализа, технологической подготовки производства, оптимизируя его состав и функциональность в соответствии с решаемыми задачами и финансовыми возможностями предприятия или пользователя.

В основе системы находится базовый модуль, который содержит функции для проектирования деталей и сборок в трехмерном пространстве, создания двухмерных чертежей деталей и сборок по их трехмерным прототипам, оформления конструкторской документации в соответствии с требованиями различных систем стандартов, обмена документами с другими конструкторскими системами, а также для решения ряда других задач. К нему по мере необходимости могут подключаться специализированные модули, предназначенные для решения прикладных задач, которых насчитывается более 300. В их числе имеются модули управления проектом, кинематического анализа, проектирования трубопроводов, проектирования пресс-форм, механообработки, разводки электрических кабелей, создания трехмерных моделей печатных плат и фотореалистичных изображений, обмена данными через веб-страницы,

автоматической генерации спецификаций, библиотеки стандартных изделий, расчета размерных цепей, расчета на прочность, аэрогидродинамических расчетов и др.

Кроме того, в SolidWorks по готовой объемной модели детали или сборки можно проводить различные инженерные расчеты:

- подсчитывать массы деталей или сборок, определять моменты инерции относительно различных осей и т. п.;
- рассчитывать отдельные детали или детали, находящиеся в сборке, на прочность методом конечных элементов;
- проводить анимацию собранного узла;
- рассчитывать кинематику и динамику звеньев механизма и т. д.

Формообразование твердого тела в SolidWorks начинается с создания тем или иным способом базового объемного тела. Обычно сначала рисуется эскиз, создается основание, а затем в модель добавляются многочисленные элементы. При этом SolidWorks обеспечивает возможность редактирования любого элемента модели в любой момент времени. Можно сколько угодно совершенствовать чертеж добавляя, изменяя элементы и их порядок.

Возможности SolidWorks по созданию сборочных единиц позволяют соединять множество разнотипных деталей как в отдельные узлы, так и в целые конструкции. Прямо в контексте сборочной единицы могут создаваться новые детали или редактироваться уже существующие.

На основе спроектированной твердотельной модели детали или сборочной единицы автоматически могут быть получены рабочие чертежи с изображениями всех основных видов, проекций, сечений и разрезов, а также проставлены основные размеры. При этом поддерживается ассоциативная связь между чертежами, моделями и сборками – при внесении изменений в чертеж автоматически перестраиваются все связанные с этим размером конструктивные элементы в модели и сборочной единице, и наоборот.

## Запуск SolidWorks

Запуск SolidWorks в операционной системе Windows производится запуском файла sldworks.exe из папки SolidWorks, активизацией логотипа данного приложения  или вызовом любого из графических файлов SolidWorks.

С помощью появившегося рабочего окна программы можно либо создать файл SolidWorks – кнопка , либо открыть созданный ранее – кнопка .

При создании нового файла появляется диалоговое окно, в котором необходимо выбрать тип будущего файла: деталь



Деталь

(Part), сборочная единица



Сборка

(Assembly) или чертеж



Чертеж

(Drawing). В SolidWorks каждая деталь, сборка или

чертеж называется документом. При сохранении документов, в зависимости от их типа, файлам присваиваются следующие расширения:

Тип документа	Расширение файла
Деталь	.SLDPRT
Сборочная единица	.SLDASM
Чертеж	.SLDDRW

## Рабочее окно SolidWorks

Рабочее окно SolidWorks представлено на рис. 1.1 и состоит из оболочки SolidWorks, содержащей основное меню, панели инструментов и строку состояния и окна документа, разделенного на две части, – непосредственно графическую зону

и информационно-управляющую область. На экране может быть открыто одновременно несколько окон документов. Их расположение и размеры настраиваются с помощью раздела «Окно» (Window) основного меню и кнопок , расположенных в правом верхнем углу рамки документа. Если открыто несколько документов SolidWorks, можно использовать комбинацию клавиш Ctrl+Tab для переключения между ними.

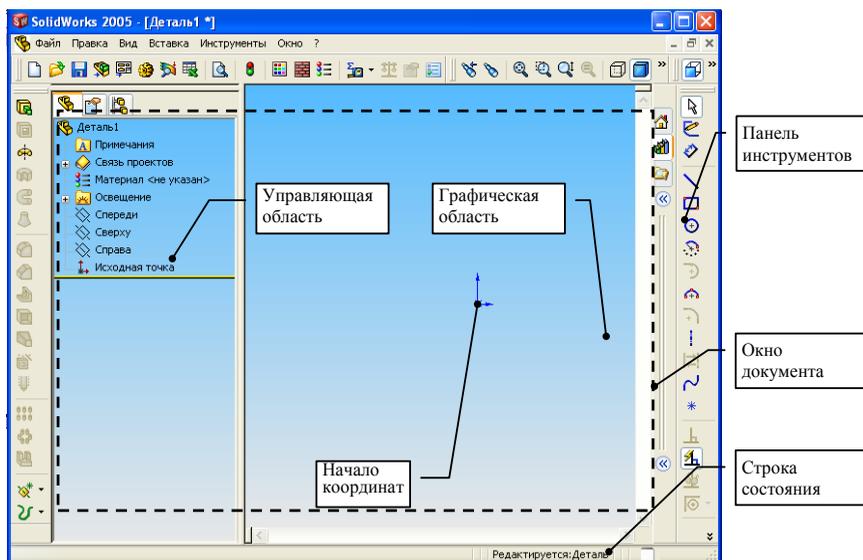


Рис. 1.1. Рабочее окно SolidWorks

Главное меню программы обеспечивает доступ ко всем имеющимся командам.

Быстрый доступ ко множеству различных инструментов и команд возможен с помощью контекстного меню, появляющегося при нажатии правой кнопки мыши (ПКМ). Содержание контекстного меню зависит от места наведения курсора.

Выполнять многие часто используемые команды также можно с помощью кнопок, расположенных на панелях инструмен-

тов. Любую из них можно вызвать или убрать с экрана нажатием ПК на любой из кнопок уже имеющихся панелей.

Ряд кнопок инструментов не вынесен на панели. Отобразить их (или скрыть неиспользуемые кнопки) можно при помощи диалогового окна **Настройка**, вызываемого из списка панелей.

Строка состояния, расположенная внизу экрана, выводит справочную информацию, содержание которой зависит от текущего режима.

Информационно-управляющая область (рис. 1.2) располагается с левой стороны рабочей зоны и содержит несколько вкладок: дерево конструирования Feature Manager, менеджер свойств Property Manager, менеджер конфигураций Configuration Manager.

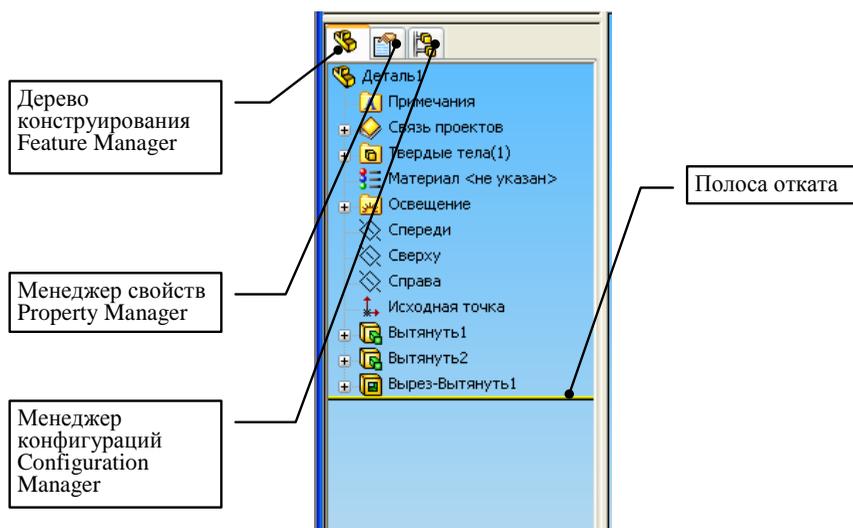


Рис. 1.2. Информационно-управляющая область

В дереве конструирования Feature Manager отображается последовательность построения объекта.

При добавлении элемента к проектируемой модели название этого элемента сразу же появляется в дереве Feature Manager. При разработке сложных моделей список элементов может быть очень большим. Чтобы иметь возможность ориентироваться в нем, целесообразно переименовывать элементы по мере их появления в дереве конструирования. Для этого можно воспользоваться контекстным меню либо выполнить двойной медленный щелчок левой кнопкой мыши (**ЛК**) на имени элемента. Для элементов следует подбирать названия, отражающие характеристику выполненного действия.

Дерево конструирования Feature Manager и окно графической области динамически связаны, то есть выбор элементов, эскизов, чертежных видов и вспомогательной геометрии можно производить не только в области рисования, но и в дереве Feature Manager.

В дереве Feature Manager используются следующие условные обозначения:

- Символ «+» слева от имени **элемента** указывает на наличие вложенных связанных с ним элементов, например эскизов. Для развертывания элемента и отображения его содержания достаточно нажать на знак «+». При этом знак «+» заменяется на знак «-», на который нажимают, чтобы вернуть первоначальный вид дереву.

*Примечание.* Двойной щелчок на имени эскиза выводит на экран все размеры, связанные с этим эскизом. Причем размеры, созданные пользователем, отображаются черным цветом, а размеры, созданные программой, – синим.

- Символ «+» слева от имени **эскиза** указывает на его переопределенность, то есть на наличие лишних размеров или взаимосвязей.

- Символ «-» слева от имени **эскиза** указывает на его недоопределенность, то есть на недостаток размеров или взаимосвязей.

- Символ «?» слева от имени **эскиза** указывает на невозможность его определения.

- Символ  слева от имени **детали** или **сборки** в верхней части Feature Manager свидетельствует о наличии в них ошибок, которые следует устранить.

- Символ  указывает на элемент, из-за которого произошла ошибка.

- Символ  **Деталь1** слева от имени **элемента** указывает на необходимость регенерации (перерисовки) модели, которая осуществляется инструментом  стандартной панели.

Также дерево конструирования Feature Manager предоставляет следующие функциональные возможности:

- корректировка типа и количества света, освещающего модель (папка Освещение (Lighting));

- задание материала детали;

- выбор, отображение либо скрытие любой из стандартных плоскостей;

- отображение либо скрытие начала координат;

- временный возврат модели в любое из предыдущих состояний с помощью полосы отката. Для этого достаточно переместить полосу отката – широкая желтая линия (см. рис. 1.2) по дереву конструирования. Когда модель в состоянии отката, можно добавлять новые элементы или редактировать существующие. Использование отката применяют при анализе последовательности создания модели, устранении ошибок или при вставке новых элементов.

В SolidWorks вместо отдельных диалоговых окон, появляющихся на экране при выполнении команд и заслоняющих графическую область, используют менеджер свойств Property Manager. Он выводится в справочно-информационной области и отображает диалоговые окна вызванных команд. С помощью Property Manager можно задать свойства (положение в пространстве, размеры, взаимосвязи) для выбранного элемента при черчении или для трехмерной детали (глубину вытяжки, угол поворота и т. д.), корректировать сопряжения при создании сборочных единиц, выполнять корректировку чертежей.

## Последовательность работы в SolidWorks

Работа в **SolidWorks** начинается с создания трехмерных моделей отдельных деталей. Затем созданные детали сопрягаются в сборку. Чертежи как для отдельных деталей, так и для сборок создаются автоматически. **SolidWorks** позволяет произвести оформление чертежей в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Также предусмотрена возможность перевода чертежей в формат .DWG и открытия их для дальнейшей корректировки средствами AutoCADa.

### *Создание модели детали*

Процесс создания модели детали состоит из шести основных действий, которые регулярно повторяются до тех пор, пока не будет полностью создана требуемая модель:

1. Выбор рабочей плоскости для создания эскиза.

2. Разворот выбранной плоскости к экрану – кнопка .

3. Переход в режим эскиза – кнопка .

4. Рисование эскиза инструментами одноименной панели.

5. Задание размеров и (или) ограничений – кнопки 

и .

6. Создание трехмерного элемента инструментами панели «Элементы».

### *Выбор рабочей плоскости объекта*

Создание новой детали или сборки начинается с выбора плоскости расположения эскиза. В SolidWorks по умолчанию определены три плоскости, выровненные по стандартным видам и имеющие точку пересечения в начале координат (рис. 1.3).

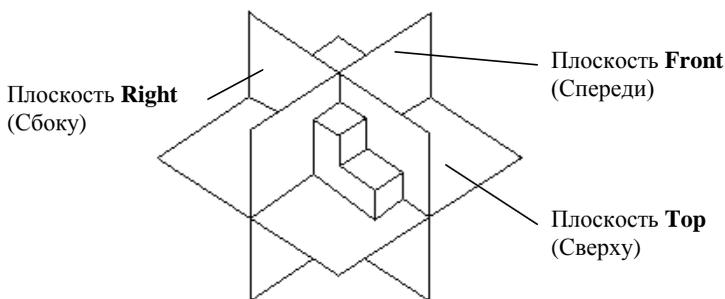


Рис. 1.3. Стандартные плоскости SolidWorks

Плоскость, выбранная первой для рисования (рабочая плоскость), определит ориентацию детали в пространстве.

В дальнейшем можно поменять ориентацию детали в пространстве. Для этого выполняют следующую последовательность действий:

1. Разворачивают модель в требуемое положение.
2. Из основного меню выбирают «Вид→Изменить→Ориентация вида» или нажимают кнопку  на панели «Вид» (View).
3. В появившемся диалоговом окне «Ориентация» выбирают название текущего вида.
4. Нажимают на кнопку . При этом все стандартные виды обновятся относительно выбранного.

При дальнейшей работе с моделью помимо стандартных в качестве рабочих плоскостей для эскиза можно выбирать плоские грани модели либо с помощью кнопки  панели «Справочная геометрия» (Reference Geometry) создавать новые плоскости на базе существующих.

### ***Переход в режим эскиза***

После выбора рабочей плоскости с помощью кнопки  переходят в режим двумерного эскиза, в котором выполняют рисование контура объекта.

Об установлении режима эскиза можно судить по нескольким признакам:

- в правом верхнем углу графической области появляется



знак

- в дереве конструирования Feature Manager прописывается новый объект:  (-) Эскиз;

- активизируется панель «Инструменты эскиза»;

- в графической области отображается «Исходная точка

эскиза»  – точка с координатами ( $X = 0, Y = 0, Z = 0$ ).

*Примечание:* именно с исходной точки отсчитываются координаты курсора, которые отображаются в строке состояния. При создании эскиза рисунок рекомендуется размещать с привязкой к этой точке.

### Создание эскиза

Первый созданный трехмерный элемент любой детали в SolidWorks называется «Основанием» (Base) и является заготовкой, к которой в процессе конструирования последовательно добавляются новые элементы: выступы, вырезы, скругления, фаски, сгибы, ребра жесткости и т. п. Материал можно удалять с заготовки, а можно наращивать новый.

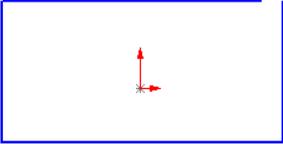
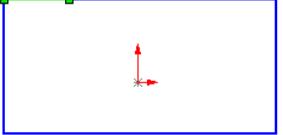
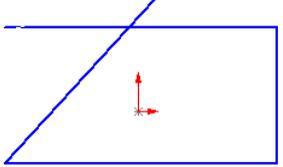
На начальном этапе создания основания выполняют его эскиз – двумерное изображение характерного сечения, из которого в дальнейшем будет формироваться объем.

Эскиз выполняется с помощью кнопок панели «Инструменты эскиза».

Не следует стремиться сразу выполнить сложный эскиз, так как это затруднит работу по его редактированию. Дополнительные элементы рациональнее добавить либо удалить при работе с объемным изображением.

Требования, предъявляемые SolidWorks к выполняемым эскизам, приведены в табл. 1.1.

## Требования к выполняемым эскизам

Контур эскиза должен быть замкнут	
Не должно быть перекрывающихся элементов, то есть начерченных поверх других	
Контур эскиза не должен содержать самопересечений	

Следующий этап на стадии вычерчивания эскиза – задание размеров и ограничений. Размеры добавляются с помощью универсальной для всех размеров кнопки  панели «Эскиз» (Sketch).

Черчение эскиза упрощается и ускоряется за счет применения ограничений расположения и формы элементов. Щелчок по кнопке  панели «Взаимосвязи и виды» (Sketch Relations) открывает диалоговое окно «Добавить геометрические ограничения».

В SolidWorks не обязательно, чтобы эскиз был полностью определен с помощью размеров и ограничений. Определить эскиз можно и в процессе дальнейшей работы. Однако это приводит к ошибкам на более поздних стадиях. Добавление размеров и ограничений к эскизу – не обязательное, но полезное правило. При этом следует учитывать, что размеры и

ограничения не должны дублировать друг друга. Это приведет к многочисленным ошибкам при дальнейшем перестроении. Для отображения и редактирования существующих ограничений служит кнопка .

Полностью определенный эскиз позволит избежать появления ошибок в работе, особенно если в дальнейшем в модель придется внести серьезные изменения.

Чтобы отобразить степень определенности эскиза, в SolidWorks принята кодировка цветом, значение которой приведено в табл. 1.2.

Таблица 1.2

### Кодировка цветом

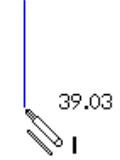
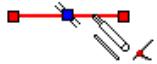
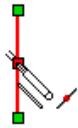
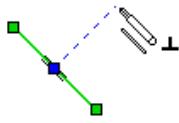
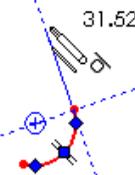
Цвет эскиза	Значение
Черный	Полностью определенный объект
Красный	Переопределенный объект (ошибка): существуют конфликтные или повторные размеры или взаимосвязи
Синий	Недоопределенный объект: в эскизе отсутствуют некоторые размеры и/или взаимосвязи
Розовый	Решение не найдено (нельзя создать элемент)
Желтый	Некорректное решение: недопустимая геометрия, например, нулевая длина линии, дуга нулевого радиуса или самопересекающийся сплайн

*Примечание.* В связи с изложенным выше не рекомендуется производить перенастройку стандартных цветов эскиза.

В SolidWorks объектная привязка курсора настраивается в разделе «Эскиз – взаимосвязи/привязки» диалогового окна «Настройки пользователя», вызываемого командой «Параметры» меню «Инструменты» или кнопкой  панели «Стандарт-

ная». В процессе черчения привязка осуществляется автоматически, при этом около курсора появляется подсказка о возникающей привязке (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Горизонтальность		Вертикальность	
Совпадение		Средняя точка	
Перпендикулярность		Касательность	

Когда выбираются различные инструменты эскиза или нанесения размеров, рядом с указателем появляется соответствующий символ. На рис. 1.4 показаны указатели следующих инструментов: «Прямоугольник», «Окружность», «Сплайн», «Точка», «Отсечь», «Удлинить» и «Размер», но существуют и многие другие.



Рис. 1.4. Указатели некоторых инструментов

Во время рисования программа SolidWorks отслеживает выполняемое действие и отображает линии формирования, позволяющие работать более эффективно. Например, штриховые линии выравнивают указатель с нарисованными до этого

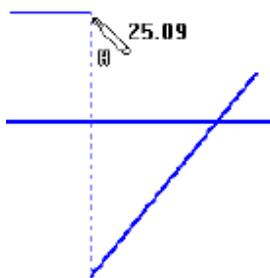


Рис. 1.5. Отображение выравнивания

линиями или точками. Когда конечная точка любой создаваемой линии будет выровнена с другой уже нарисованной точкой, данное выравнивание отображается штриховой линией формирования (рис. 1.5). Это помогает выравнивать конечные точки относительно друг друга, тем самым позволяя рисовать без масштабной сетки.

### ***Создание трехмерного элемента***

После выполнения эскиза приступают к формированию объема модели: получению основания на первой стадии и созданию бобышки (Boss) или выреза (Cut) на последующих. Для работы с объемом модели служат инструменты панели «Элементы» (Features).

Существуют четыре способа получения объемной модели из эскиза. Элементы можно создавать путем вытяжки (Extrude/вытянутая бобышка) – кнопка , поворота вокруг осевой линии (Revolve/повернутая бобышка) – кнопка , передвижения созданного эскиза вдоль произвольной кривой (Sweep/по траектории) – кнопка , перехода между сечениями различных форм, расположенных в пространстве (Loft/элемент по сечениям) – кнопка . В процессе дальнейшей работы можно добавлять материал к созданной заготовке, выполнять различные отверстия, вырезы, скругления, фаски и т. п. Также программа позволяет производить разнообразные проектно-технические расчеты выполняемых моделей.

По умолчанию, вытяжка объема производится в одном направлении от плоскости создания эскиза. Изменить исходное направление вытяжки можно с помощью кнопки «Реверс

направления». Изменить способ вытяжки можно путем выбора иных граничных условий.

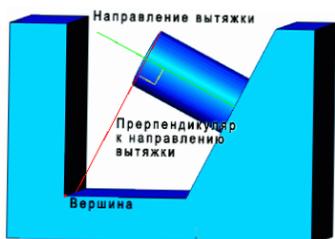


Рис. 1.6. Граничное условие «До вершины»

### *До вершины*

Граничное условие «До вершины» (рис. 1.6) ограничивает глубину вытяжки перпендикуляром, проведенным из заданной вершины на направление вытяжки.

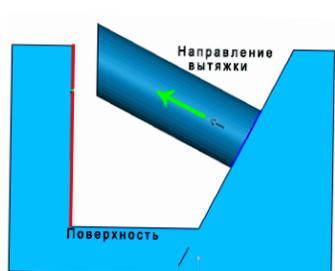


Рис. 1.7. Граничное условие «До поверхности»

### *До поверхности*

Граничное условие «До поверхности» (рис. 1.7) работает практически так же, как и условие «До вершины», но торец бобышки вплотную прижимает к выбранной поверхности.

Аналогично работает и граничное условие «На расстоянии от поверхности». С помощью этого условия можно остановить вытяжку на указанном расстоянии от заданной поверхности. При этом торец бобышки будет параллелен выбранной поверхности.

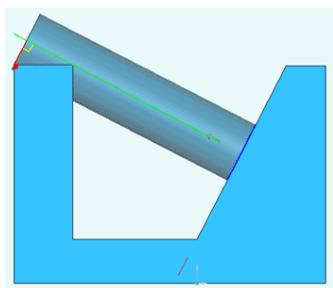


Рис. 1.8. Граничное условие «Через все»

### *Через все*

Граничное условие «Через все» (рис. 1.8) вытягивает элемент от плоскости эскиза через всю существующую геометрию, как показано на рисунке. Торец бобышки срезается по перпендикуляру, опущенному из крайней точки модели на направление вытяжки.

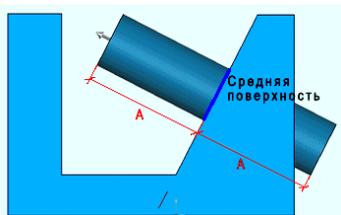


Рис. 1.9. Граничное условие «От средней поверхности»

### *От средней поверхности*

Граничное условие «От средней поверхности» (рис. 1.9) вытягивает бобышку на одинаковые расстояния в обоих направлениях от плоскости эскиза. Расстояния «А» равны между собой и равны параметру «Глубина».

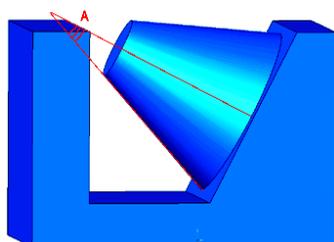


Рис. 1.10. Уклон

### *Уклон*

Уклон (рис. 1.10) задается в градусах между общим направлением вытяжки и боковой поверхностью. При уклоне внутрь эскиз торца бобышки получается меньше эскиза основания, при уклоне наружу – больше. Буквой «А» обозначен угол уклона.

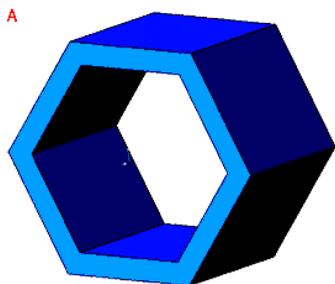


Рис. 1.11. Тонкостенный элемент

### *Тонкостенный элемент*

Тонкостенный элемент (рис. 1.11) создает бобышку, которая состоит из тонкой стенки с открытыми торцами.

Параметр «Толщина» задает толщину стенки. Параметр «Тип» определяет, как именно будут формироваться стенки элемента.

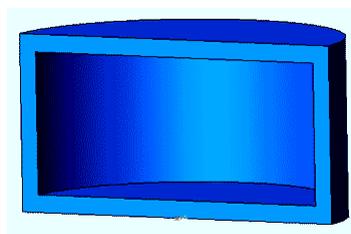


Рис. 1.12. Разрез цилиндра с торцевой пробкой

### *Торцевая пробка*

«Торцевая пробка» позволяет как бы заткнуть открытый с торцов тонкостенный элемент. Параметр «Толщина пробки» задает толщину листа материала, используемого для пробки. На рис. 1.12 показан разрез цилиндра с торцевой пробкой.

### *До следующей*

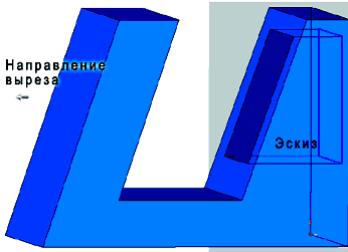


Рис. 1.13. Операция выреза «До следующей»

Это граничное условие производит вырез по направлению выреза до первой встреченной грани или поверхности. На рис. 1.13 показана П-образная модель, к одной из «ножек» которой применена операция выреза «До следующей». В результате прямоугольное отверстие образовалось лишь в одной «ножке» модели.

### *Переставить сторону для выреза*

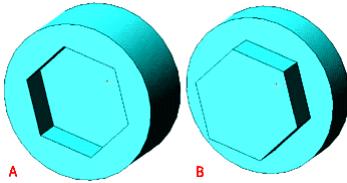


Рис. 1.14. Использование выреза

По умолчанию вырез производится ВНУТРИ вырезаемого эскиза. Этот параметр используется, если надо убрать материал СНАРУЖИ эскиза. На рис. 1.14, *A* показан вырез по умолчанию, а на рис. 1.14, *B* – вырез с использованием параметра «Переставить сторону для выреза».

## **Редактирование модели**

SolidWorks позволяет производить корректировку эскизов и элементов вытяжки на любом этапе создания модели.

Вернуться в созданный ранее эскиз для корректировки можно, указав на соответствующий раздел в дереве конструирования, вызвав с помощью ПК контекстное меню и выбрав в нем раздел «Редактировать эскиз». Вернуться в режим модели после корректировки эскиза можно с помощью кнопки  «Перерисовать» стандартной панели инструментов.

Для корректировки граничных условий в контекстном меню следует выбрать пункт «Редактирование определения».

## ***Создание сборочной единицы***

После создания объемных макетов деталей приступают к формированию сборочной единицы. Для этого создают файл сборки и в него последовательно перемещают созданные детали. Для установки их в требуемые позиции на каждую деталь задают ряд сопряжений. При этом на любом этапе создания сборки можно выполнять корректировку расположения и формы деталей. Существующая связь между деталями и сборками позволяет сохранять все внесенные изменения.

## ***Оформление рабочих и сборочных чертежей***

В SolidWorks применяется автоматизированное получение чертежей по созданным моделям деталей и сборок. При этом допускается самостоятельное редактирование чертежей, внесение видов, разрезов, надписей и т. п. Имеется множество шаблонов, выводящих различные виды основных надписей, форматов и спецификаций.

## **З а д а н и е**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Выполнить индивидуальное задание и сохранить его под названием Lab01 в собственной папке.
3. Ответить на контрольные вопросы теста.

## Лабораторная работа № 2

### ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА В SOLIDWORKS

*Цель работы:* ознакомиться с приемами создания объемной модели с применением операций вытяжки на примере моделирования фланца (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Фланец

### Порядок выполнения работы

#### *Создание базового элемента – основания*

(кнопки     )

Открыть новую деталь.

В дереве конструирования Feature Manager выбрать профильную плоскость.

Используя кнопку  панели «Стандартные виды», развернуться выбранной плоскостью к экрану.

Нажав кнопку  панели «Эскиз», зайти в режим эскиза.

Пользуясь инструментом  панели «Инструменты эскиза», из точки начала координат нарисовать окружность произвольного размера.

*Примечание.* При работе в Solid Works рекомендуется производить привязку эскиза к началу координат – точке пересечения трех стандартных плоскостей, отображенных в дереве конструирования Feature Manager.

Проактивизировав инструмент панели «Эскиз» , выбрать контур созданной окружности и указать место размещения размера на поле эскиза (рис. 2.2).



Рис. 2.2

*Примечание.* Инструмент «Размер» является универсальным. Программа автоматически определяет тип размера в зависимости от выбранных элементов эскиза.

Двойным щелчком ЛК на размере вызвать диалоговое окно для корректировки значения размера.

*Примечание.* В зависимости от глобальных настроек программы после создания размера диалоговое окно для его корректировки может появляться автоматически.

Ввести значение 18 мм.

Полученный эскиз должен выглядеть следующим образом (рис. 2.3).

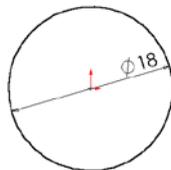


Рис. 2.3

Используя инструмент  панели «Элементы», начать создание основания.

*Примечание.* Вытяжку эскиза можно представить как создание объемной фигуры из плоской путем вытягивания ее контура в направлении оси Z с заполнением получившегося объема материалом. Так, например, вытягивая окружность, получают цилиндр, из прямоугольника получают параллелепипед и т. д.

В появившемся диалоговом окне Менеджера свойств (Property Manager) задать граничные условия:

- величина вытяжки 37 мм;
- условие вытяжки – на заданное расстояние.

Заключить процесс создания основания нажатием кнопки .

В результате выполненных действий должен получиться цилиндр диаметром 18 мм и длиной 37 мм (рис. 2.4).

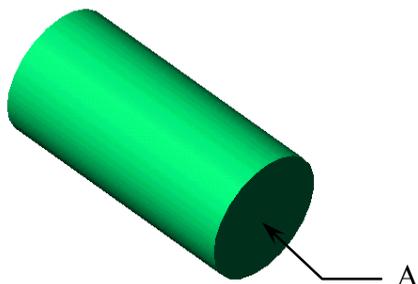


Рис. 2.4

### *Создание внутреннего отверстия*

(кнопки       

1. Активизировать инструмент выбора , расположенный на панели «Эскиз».
2. Выбрать плоскость А.
3. Используя кнопку  панели «Стандартные виды», вернуться выбранной плоскостью к экрану.
4. Нажав кнопку  панели «Эскиз», перейти в режим эскиза.
5. Пользуясь инструментом панели «Инструменты эскиза» , из точки начала координат нарисовать окружность произвольного размера.
6. Активизировав инструмент панели «Эскиз 1», выбрать контур вновь созданной окружности и указать место размещения размера на поле эскиза.
7. Ввести значение 15 мм (рис. 2.5).



Рис. 2.5

8. Используя инструмент  панели «Элементы», приступить к созданию выреза.

*Примечание.* Вырез – это операция, обратная вытяжке. Если при вытяжке объем, заполненный материалом, создавали, вытягивая эскиз, то при создании выреза убирают материал из уже созданной модели. Вырезы применяются как для создания отверстий различной формы, так и для создания канавок, проточек, срезов и т. д.

9. Задать граничные условия:

- величина выреза 30 мм;
- условие выреза – на заданное расстояние.

*Примечание 1.* Для того чтобы можно было проследить за направлением выреза или вытяжки, на операциях создания объема рекомендуется использовать инструмент «Изометрия»  панели «Стандартные виды».

*Примечание 2.* Изменить направление выреза можно выполнив щелчок ЛК на маркере направления в поле чертежа либо установив флажок на опции «Реверс направления» в диалоговом окне.

10. Переименовать созданный элемент в дереве конструирования. Присвоить название «Глухое отверстие» (рис. 2.6).

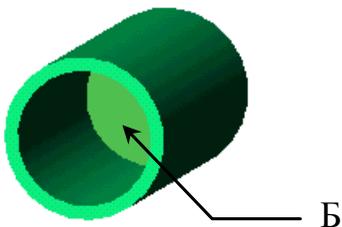


Рис. 2.6

### Создание сквозного отверстия

(кнопки      )

1. Активизировать инструмент выбора , расположенный на панели «Эскиз».

2. Выбрать плоскость **Б**.

3. Используя кнопку  панели «Стандартные виды», вернуться выбранной плоскостью к экрану.

4. Нажав кнопку  панели «Эскиз», перейти в режим эскиза.

5. Пользуясь инструментом панели «Инструменты эскиза»  из точки начала координат нарисовать окружность.

6. Ввести значение диаметра 12 мм (кнопка ), рис. 2.7.

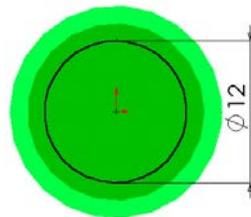


Рис. 2.7

7. Используя инструмент  панели «Элементы», создать вырез со следующим граничным условием: условие выреза – через все.

8. Переименовать созданный элемент в дереве конструирования. Присвоить название «Сквозное отверстие» (рис. 2.8).

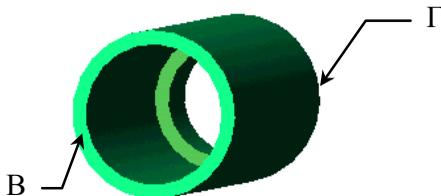


Рис. 2.8

### *Создание наружного выступа с помощью дополнительной плоскости*

(кнопки       

1. Вызвать инструмент  панели «Вспомогательная геометрия» или последовательно выполнить команды меню «Вставка → Справочная геометрия → Плоскость» (рис. 2.9).

2. Выбрать опцию «Расстояние смещения» и ввести расстояние до плоскости 2 мм.

3. Выбрать торец **В** детали (при этом его название отобразится на красном поле диалогового окна).

4. В случае необходимости установить флажок на реверсе направления.

5. Созданная плоскость отобразится в дереве конструирования. Переименовать ее, присвоив название «Вспомогательная плоскость».

6. Используя кнопку  панели «Стандартные виды», развернуться созданной плоскостью к экрану.

7. Нажав кнопку  панели «Эскиз», перейти в режим эскиза.

8. Пользуясь инструментом  панели «Инструменты эскиза», из точки начала координат нарисовать окружность произвольного размера.

9. Вызвать значение диаметра 20 мм (рис. 2.10).

10. Так как заполнять материалом внутреннюю часть детали не нужно, то вытягиваемый контур должен иметь вид кольца, внутренний контур которого дублирует наружную поверхность уже имеющейся детали.

11. Выбрать кромку **Д** существующей детали и, активизировав инструмент  «Преобразование подобия» панели «Инструменты эскиза», создать в плоскости эскиза контур, соответствующий отпечатку отображаемой поверхности.

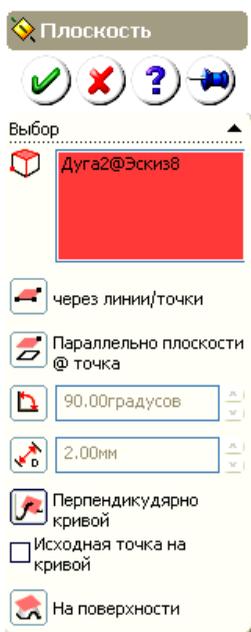


Рис. 2.9. Диалоговое окно

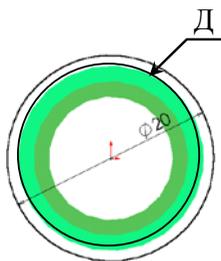


Рис. 2.10

12. Используя инструмент  панели «Элементы», создать вытяжку со следующими граничными условиями:

- условие выреза – на расстоянии от поверхности;
- расстояние 9 мм;
- поверхность – выбрать задний торец Г детали.

13. В результате получается следующая деталь (рис. 2.11).

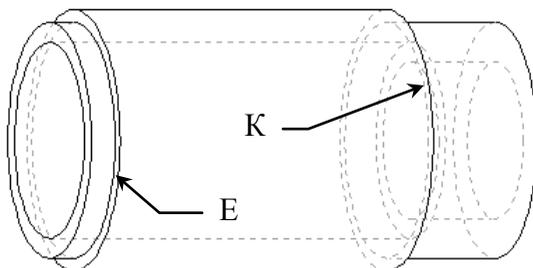


Рис. 2.11

14. Переименовать созданный элемент в дереве конструирования. Присвоить название «Наружная вытяжка».

### Создание фасок (кнопка )

1. Выбрать инструмент фаска  панели «Элементы».
2. В появившемся окне задать значение фаски 1 мм и угол 45°.
3. Выбрать кромки Е и К, вместо которых предполагается выполнить фаски.

*Примечание.* Выбранные кромки отображаются в окне выбора. При необходимости выбор любой из них можно отменить удалив ее из окна выбора или еще раз нажав на ней в поле детали.

4. Нажать .
5. Полученная деталь должна выглядеть так (рис. 2.12).

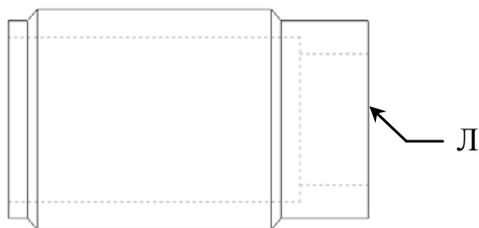


Рис. 2.12

6. Переименовать созданный элемент в дереве конструирования. Присвоить название «Фаски наружные».

### Создание выступа



1. Активизировать инструмент выбора  .

2. Выбрать плоскость **Л**.

3. Используя кнопку  панели «Стандартные виды», развернуть выбранной плоскостью к экрану.

4. Нажав кнопку  панели «Эскиз», перейти в режим эскиза.

5. Указать поочередно кромки **М** и **Н** и с помощью инструмента  «Преобразование подобия» панели «Инструменты эскиза» преобразовать их в окружности (рис. 2.13).

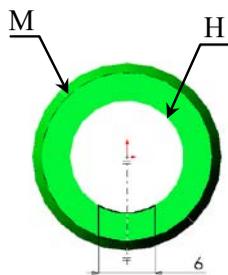


Рис. 2.13

6. Используя инструмент «Осевая линия»  панели «Инструменты эскиза», нарисовать из начала координат ось произвольной длины.

7. Активизировать инструмент  и выбрать вновь созданную ось.

8. Включить инструмент динамического зеркального отображения  панели «Инструменты эскиза».

9. Используя инструмент «Линия»  панели «Инструменты эскиза», нарисовать произвольную вертикальную линию между окружностями **М** и **Н**.

*Примечание.* Так как включен режим зеркального отображения, вторая линия, симметричная относительно оси, будет создана автоматически.

10. Выключить режим зеркального отображения, отжав кнопку .

11. Задать размер между линиями 6 мм.

12. Используя инструмент  панели «Инструменты эскиза», удалить лишние части эскиза.

13. Используя инструмент  панели «Элементы», создать вытяжку на расстояние 16 мм (рис. 2.14).

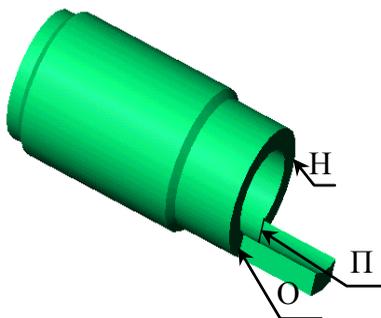


Рис. 2.14

14. Переименовать созданный элемент. Присвоить имя «Выступ».

### Создание скруглений (кнопка )

1. Выбрать инструмент скругление  панели «Элементы».
2. В появившемся окне задать значение радиуса 1 мм.
3. Выбрать кромки **Н**, **О** и **П**, вместо которых предполагается выполнить скругления (рис. 2.15).

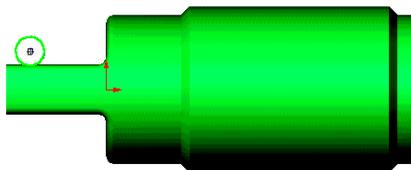


Рис. 2.15

*Примечание.* Для разворота детали в пространстве достаточно нажать и удерживать в нажатом состоянии колесо (скрол) мыши или пользоваться инструментом  панели «Вид».

4. Нажать .

### Создание отверстия под заклепку

(кнопки       )

1. В дереве конструирования выбрать горизонтальную плоскость.
2. Развернуть выбранной плоскостью к экрану (кнопка )
3. Перейти в режим эскиза (кнопка )
4. Нарисовать произвольно расположенное отверстие (кнопка )
5. Используя инструмент  панели «Взаимосвязи эскиза», вызвать окно задания взаимосвязей (геометрических ограничений).

6. Выбрать центр окружности и начало координат (рис. 2.16).

*Примечание.* При выборе элементов их название отображается на красном поле диалогового окна. Если необходимо удалить какой-либо элемент, следует еще раз выбрать его в поле чертежа либо, выделив его название в диалоговом окне, нажать клавишу «Delete» на клавиатуре.

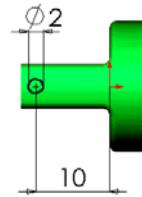


Рис. 2.16

7. Установить взаимосвязь «Горизонтальность».

8. Выйти из режима создания взаимосвязей.

9. Задать размеры в соответствии с рисунком (кнопка ).

10. Произвести вырез сквозного отверстия (кнопка ).

11. Создать фаску величиной 0,5 мм на кромке отверстия (кнопка ).

## З а д а н и е

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Ответить на контрольные вопросы теста.
3. Выполнить рассмотренный пример и сохранить его под названием Lab02.
4. Выполнить индивидуальное задание.

**Внимание!** Создание индивидуальных моделей производить строго по размерам чертежа в масштабе 1:1.

## Лабораторная работа № 3

### ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ В SOLIDWORKS

*Цель работы:* ознакомиться с приемами создания объемной модели вращением вокруг оси профиля, созданного в режиме эскиза, на примере моделирования крышки (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Крышка

### Порядок выполнения работы

#### Создание контура

(кнопки     )

1. Открыть новую деталь.
2. В дереве конструирования выбрать фронтальную плоскость.
3. Нажав кнопку , зайти в режим эскиза.
4. Пользуясь инструментами ,  и , создать эскиз профиля вращения, обязательно используя привязку к началу координат (рис. 3.2).

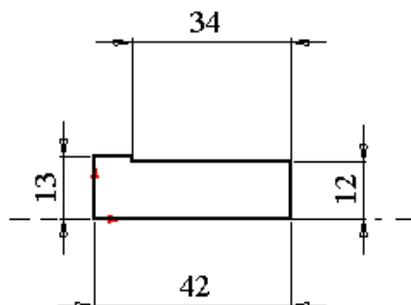


Рис. 3.2

**Примечание.** Рекомендуется создавать замкнутый контур эскиза. В противном случае программа самостоятельно создаст линию между начальной и конечной точками.

5. Используя кнопку  панели «Элементы», произвести вращение. Угол поворота  $360^\circ$ .

### Создание внутреннего выреза

(кнопки      )

1. Используя кнопку , создать фронтальный разрез детали.

2. В дереве конструирования выбрать фронтальную плоскость.

3. Нажав кнопку , начать создание нового эскиза.

4. Используя инструменты  ,  и  , изобразить замкнутый контур (рис. 3.3).

**Примечание.** Чтобы не загромождать рисунок размерами, для линий А и Б назначена взаимосвязь «Равенство».

5. Используя инструмент  панели «Элементы» и введя значение угла поворота  $360^\circ$ , создать отверстие.

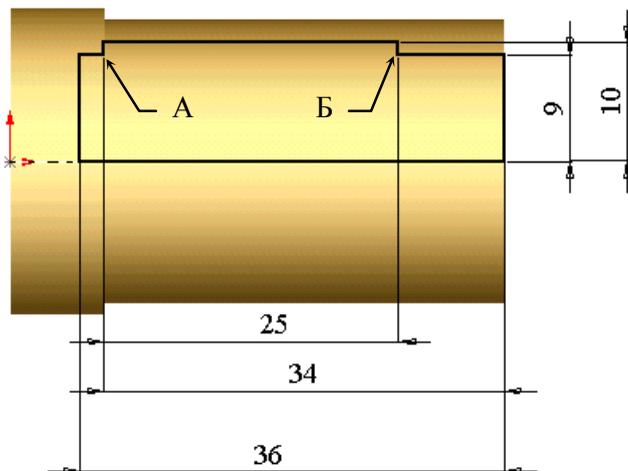


Рис. 3.3

6. Переименовать созданный элемент в дереве конструирования. Присвоить название «Внутреннее отверстие».
7. Используя кнопку , выйти из режима «Разрез».

### Создание фаски

(кнопки     )

При работе с внутренними (скрытыми) контурами удобно использовать каркасное представление модели (инструмент  ). Чтобы вернуться в обычный режим используется инструмент  (с отображенными кромками) или  (без кромок) (рис. 3.4). При отсутствии рассматриваемых кнопок инструментов на панели «Вид» они вызываются с помощью разделов меню «Инструменты – Настройка – Команды – Вид».

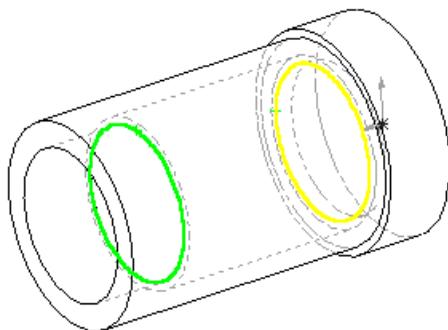


Рис. 3.4

1. Нажав кнопку , перейти в каркасное представление детали.

2. Выбрать инструмент «Фаска»  панели «Элементы».

3. В появившемся окне задать значение фаски 1 мм и угол 45°.

4. Выбрать кромки А и Б, вместо которых предполагается выполнить фаски.

5. Нажать ОК.

*Примечание.* Выбранные кромки отображаются в окне выбора. При необходимости выбор любой из них можно отменить, удалив ее из окна выбора или еще раз нажав на ней в поле детали.

6. Переименовать созданный элемент в дереве конструирования. Присвоить название «Фаски внутренние».

### Создание кольцевой канавки

(кнопки        )

1. В дереве конструирования выбрать фронтальную плоскость.

2. Используя кнопку , развернуться выбранной плоскостью к экрану.

3. Нажав кнопку , перейти в представление детали без кромок.
4. Нажав кнопку , начать создание нового эскиза.
5. Используя инструменты , , и , нарисовать контур канавки (рис. 3.5).

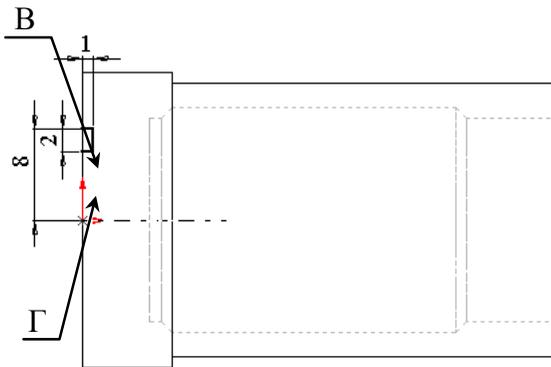


Рис. 3.5

6. Используя инструмент  панели «Элементы» и введя значение угла поворота  $360^\circ$ , создать кольцевую канавку.
7. Переименовать созданный элемент в дереве конструирования. Присвоить название «Канавка».
8. Перейти в режим отображения детали с кромками (кнопка ).
9. Выбрав кромки В и Г, создать фаски величиной 1 мм под углом  $45^\circ$ .
10. Переименовать созданный элемент в дереве конструирования.
11. Присвоить название «Фаски канавки».

### Создание выемки (рис. 3.6)

(кнопки , , , , , , )

1. Выбрать плоскость Д (рис. 3.6) и кнопкой  развернуться выбранной плоскостью к экрану.

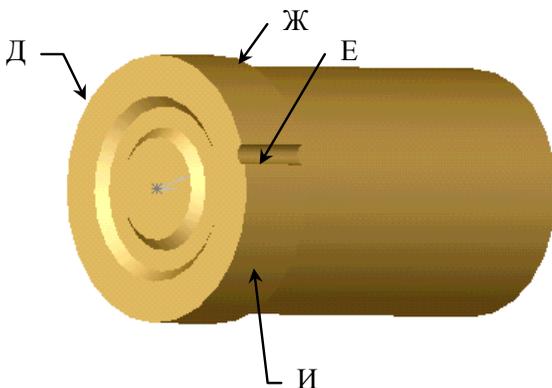


Рис. 3.6

2. Нажав кнопку , зайти в режим эскиза.

3. Выбрать кнопку  для вычерчивания дуги из заданного центра и нарисовать дугу в соответствии с рис. 3.7.

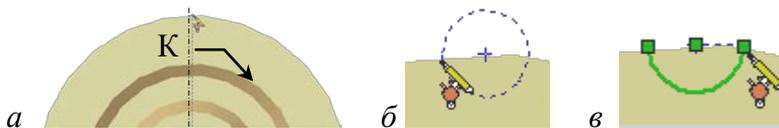


Рис. 3.7

4. С помощью кнопки  задать радиус дуги 1 мм.

5. Для создания замкнутого контура эскиза, выбрать кромку К (рис. 3.7, а) и с помощью кнопки  получить изображение окружности в рабочей плоскости.

6. Используя кнопку , удалить лишние участки окружности (рис. 3.8).



Рис. 3.8

7. Нажав кнопку , панели «Элементы», выполнить отверстие с граничным условием – до поверхности. В качестве поверхности выбрать торец Ж (см. рис. 3.6).

### Создание массива элементов

(кнопки  )

1. Нажать кнопку ось  панели «Справочная геометрия».

2. В появившемся диалоговом окне выбрать вариант задания пространственной оси – «цилиндрическая/коническая поверхность» – и указать поверхность И (см. рис. 3.6).

3. Нажав кнопку ОК, завершить построение пространственной оси.

4. Для создания кругового массива элементов выбрать кнопку  панели «Элементы».

5. В появившемся диалоговом окне (рис. 3.9) указать следующие параметры:

- массив оси – вновь созданная ось;
- суммарный угол –  $360^\circ$ ;
- количество экземпляров – 24 шт.;
- равный шаг – вкл.;
- копировать элементы – выемка Е;
- геометрический массив – вкл.

6. Завершить создание массива, нажав кнопку . Рис. 3.9. Диалоговое окно

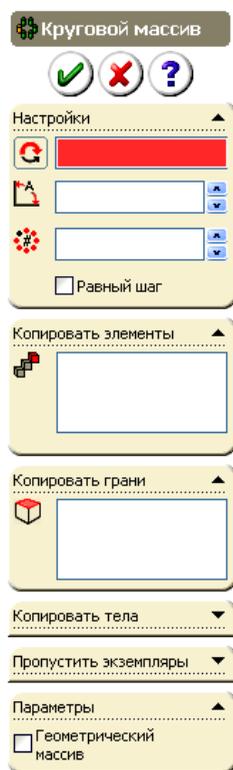


Рис. 3.9. Диалоговое окно

## **З а д а н и е**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Выполнить рассмотренный пример и сохранить его под названием Lab\_03.
3. Выполнить индивидуальное задание.
4. Ответить на контрольные вопросы теста.

**Внимание!** Создание моделей производить строго по размерам чертежа в масштабе 1:1.

## Лабораторная работа № 4

### ЛИСТОВОЙ МЕТАЛЛ

*Цель работы:* ознакомиться с приемами выполнения сгибов (рис. 4.1).



Рис. 4.1

### Порядок выполнения работы

#### *Создание основания*

(кнопки        )

1. Открыть новую деталь.
2. В дереве конструирования выбрать горизонтальную плоскость.
3. Нажав кнопку  , развернуться выбранной плоскостью к экрану и зайти в режим эскиза (кнопка  ).
4. Пользуясь инструментом  , из начала координат нарисовать вертикальную осевую линию произвольной длины.

5. Зайти в режим зеркального отображения (кнопка ).

6. Используя кнопки  и  панели «Инструменты эскиза», создать эскиз в соответствии с рис. 4.2.

7. На панели «Элементы» выбрать инструмент  и произвести вытяжку на расстояние 1 мм.

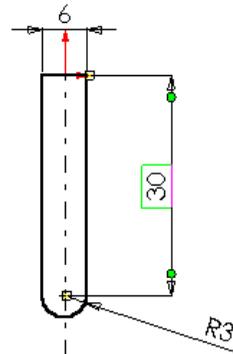


Рис. 4.2

### Создание сквозного отверстия

(кнопки      )

1. Выбрать плоскость А (рис. 4.3).

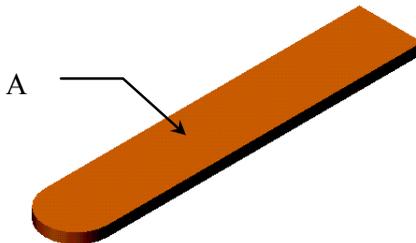


Рис. 4.3

2. Нажав кнопку , развернуться выбранной плоскостью к экрану и зайти в режим эскиза (кнопка ).

3. С помощью инструментов  и  создать эскиз отверстия (рис. 4.4).

4. Вырезать сквозное отверстие (кнопка ).



Рис. 4.4. Эскиз

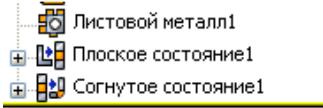
## Создание сгиба

(кнопки      )

1. Прежде чем приступить к гибке детали, ей надо присвоить статус листового металла. Для этого выбрать одну из плоскостей детали и вызвать команду «Сгибы» панели «Листовой металл» – .

2. Проверить и, если необходимо, скорректировать содержание появившегося диалогового окна. Это диалоговое окно определяет параметры гибки, которые будут приниматься по умолчанию.

*Примечание.* В результате проведенных действий в дереве конструирования создается ряд элементов, необходимых для сохранения параметров сгибов:



3. Выбрать одну из плоских граней созданной детали. При этом будет выдано сообщение, что на настоящий момент сгибов в детали нет.

4. Нажав кнопку , развернуться выбранной плоскостью к экрану и зайти в режим эскиза (кнопка )

5. С помощью  и  и привязки курсора к кромкам детали, нарисовать сгиб в соответствии с рис. 4.5.

6. Активизировать инструмент «Нарисованный сгиб»  панели «Листовой металл».

7. В появившемся диалоговом окне установить граничные условия в соответствии с рис. 4.6.



Рис. 4.5

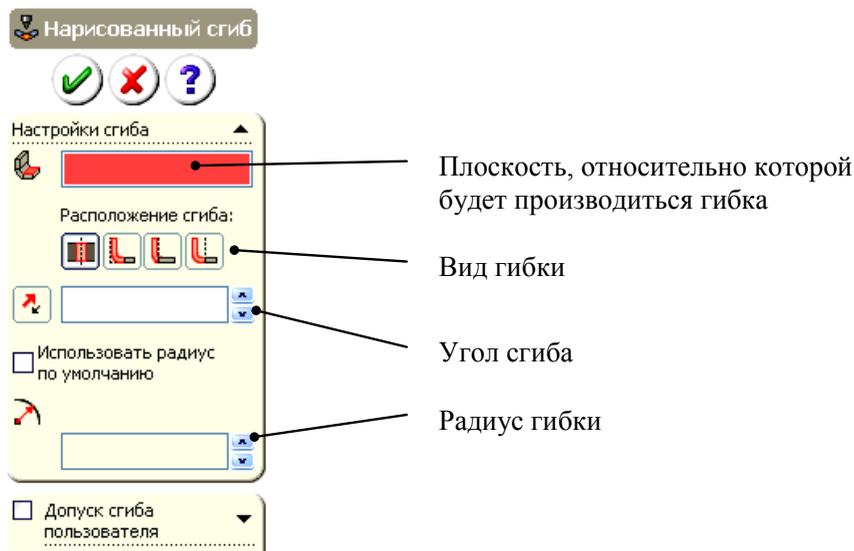


Рис. 4.6. Диалоговое окно

8. Так как в создаваемой детали предусматривается несколько сгибов, созданный сгиб переименовать в название «Одиночный сгиб».

### *Создание множественных сгибов*

(кнопки    )

1. Остальные сгибы этой детали можно выполнить одновременно, так как, они выполняются в одном направлении и на одинаковый угол. С помощью инструментов  и  создать эскизы сгибов (рис. 4.7).

2. Активизировать инструмент «Нарисованный сгиб»  панели «Листовой металл».

3. Переименовать созданный элемент в «Множественные сгибы».

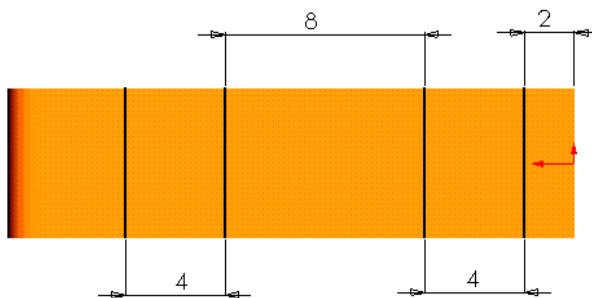


Рис. 4.7

### З а д а н и е

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Выполнить рассмотренный пример и сохранить его под названием Lab\_04.
3. Выполнить индивидуальное задание.
4. Ответить на контрольные вопросы теста.

**Внимание!** Создание моделей производить строго по размерам чертежа в масштабе 1:1.

## ***Лабораторная работа № 5***

### **СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПО ПРОМЕЖУТОЧНЫМ СЕЧЕНИЯМ**

*Цель работы:* ознакомиться с приемами создания объемной модели с использованием сечений на дополнительных плоскостях, а также выполнением тонкостенных оболочек моделей.

#### **Общие сведения**

Команда «По сечениям» создает элемент путем построения переходов между профилями. Элементы по сечениям (основания, бобышки, поверхности и вырезы) создаются по двум или более отдельным эскизам, которые располагаются в различных плоскостях. В качестве плоскостей можно использовать как три основные плоскости, так и новые, создаваемые с помощью команды «Вставка – Справочная геометрия – Плоскость».

Также элемент по сечениям можно создать, используя два или несколько профилей и одну или несколько направляющих кривых для соединения профилей. Профили могут быть плоскими или неплоскими. Направляющие кривые помогают управлять создаваемыми промежуточными профилями. В качестве направляющей кривой можно использовать осевую линию.

Рассмотрим использование моделирования по промежуточным сечениям на примере создания крышки (рис. 5.1).

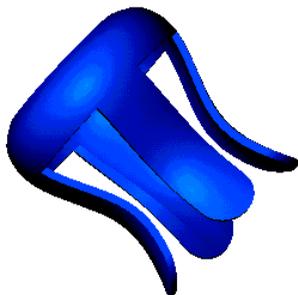


Рис. 5.1. Крышка

## Порядок выполнения работы

### Создание контура по промежуточным сечениям

(кнопки      

1. Открыть новую деталь.

2. В дереве конструирования Feature Manager выбрать горизонтальную плоскость и переименовать ее. Присвоить название «Начало».

3. Используя кнопку  панели «Вспомогательная геометрия», создать плоскость, параллельную данной и находящуюся на расстоянии 1 мм. Присвоить ей название «1 мм».

*Примечание.* Рекомендуется переименовать все создаваемые плоскости (табл. 5.1).

Таблица 5.1

#### Геометрическая характеристика эскизов

Название плоскости	Расстояние до предыдущей плоскости, мм	Диаметр окружности эскиза, мм
Начало ( <i>бывшая горизонтальная</i> )	–	10
1 мм	1	13
2 мм	1	14
10 мм	8	10
17 мм	7	14

4. Аналогично создать еще три плоскости (всего должно получиться пять рабочих плоскостей).

5. Выбрать плоскость «Начало» в дереве конструирования.

6. Используя кнопку , развернуться выбранной плоскостью к экрану.

7. Нажав кнопку , зайти в режим эскиза.

8. Пользуясь инструментами  и , создать окружность диаметром 10 мм с центром в начале координат.
9. Нажав кнопку , выйти из режима эскиза.
10. Аналогично выполнить эскизы в виде окружностей в остальных плоскостях (см. табл. 5.1), рис. 5.2.

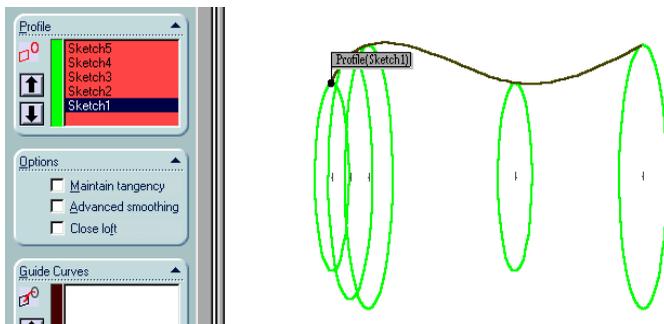


Рис. 5.2

11. Активизировав инструмент  панели «Элементы», произвести создание детали по сечениям. Для этого в графической области или в дереве конструирования последовательно указать все созданные эскизы.

*Примечание.* Названия и последовательность выбранных эскизов отображаются в окне «Профиль». Изменить их очередность можно с помощью стрелок «вверх» и «вниз».

12. Нажав кнопку , завершить создание элемента по сечениям

### Создание оболочки

(кнопка )

1. Выбрать из панели «Элементы» инструмент «Оболочка» .

2. Выбрать плоскость А – плоскость, со стороны которой будет производиться сьем материала (рис. 5.3).

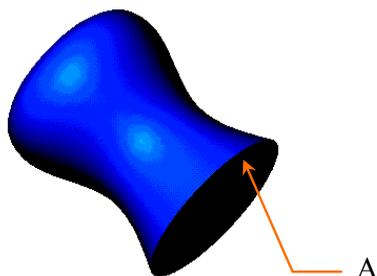


Рис. 5.3

3. Ввести толщину оболочки 0,5 мм.
4. Нажав кнопку , завершить создание оболочки.

### Создание выреза

(кнопки            )

1. В дереве конструирования Feature Manager выбрать фронтальную плоскость, развернуться выбранной плоскостью к экрану (кнопка  ) и зайти в режим эскиза (кнопка  ), рис. 5.4.

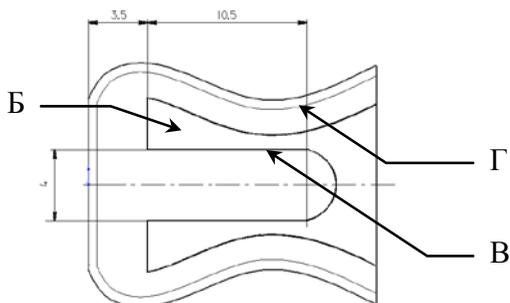


Рис. 5.4

2. Для более удобной работы включить режим каркасного отображения модели (кнопка ).

3. Нарисовать осевую линию (кнопка ) и прямые Б и В (кнопка ).

4. Используя кнопку , начертить дугу, касательную к прямой В и заканчивающуюся на оси.

5. Вызвать режим простого зеркального отображения (кнопка ) и выбрать созданные элементы.

6. Задать размеры на начерченные элементы в соответствии с рис. 5.4 (кнопка ).

7. Используя кнопку , выбрать внутреннюю кромку Г.

8. Используя кнопку , создать кривую, параллельную данной кривой, на расстоянии 0,8 мм (смещение внутрь детали, в случае необходимости включить параметр «реверс»).

9. Аналогично продублировать вторую кромку детали.

10. С помощью кнопки  замкнуть контур эскиза. Лишние участки отсечь инструментом .

11. Выполнить сквозное отверстие (кнопка ). Граничное условие – от средней поверхности. Расстояние через все выбрать визуально на экране, предварительно развернувшись с помощью кнопки .

12. Присвоить вырезу название «Первый вырез»

### ***Копирование эскиза***

(кнопки  )

1. В дереве конструирования выбрать профильную плоскость, развернуться ею к экрану и зайти в режим эскиза.

2. С помощью кнопки  панели «Инструменты эскиза» нарисовать ось детали.

3. В дереве конструирования элемент «+» раскрыть у названия «Первый вырез», выделить соответствующий эскиз и, удерживая нажатой кнопку Ctrl клавиатуры, переместить выделенный эскиз в поле модели.

4. В случае необходимости активизировать кнопку  панели «Инструменты эскиза» и последовательно переместить или вращать вставленный эскиз, указав базовую точку.

5. Выполнить сквозное отверстие. Граничное условие – через все в двух направлениях.

6. Сохранить полученную деталь под названием Lab\_05.

### **З а д а н и е**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Ответить на контрольные вопросы теста.
3. Выполнить рассмотренный пример.
4. Выполнить индивидуальное задание.

**Внимание!** Создание моделей производить строго по размерам чертежа в масштабе 1:1.

## ***Лабораторная работа № 6***

### **СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ СЕЧЕНИЯ ВДОЛЬ ТРАЕКТОРИИ**

*Цель работы:* ознакомиться с приемами создания объемной модели путем перемещения созданного сечения вдоль пространственной траектории.

#### **Общие сведения**

При использовании команды «По траектории» создается основание, бобышка, вырез или поверхность путем перемещения профиля (сечения) по заданному направлению согласно следующим правилам:

- при создании основания или бобышки по траектории профиль сечения должен быть замкнутым; для моделирования элемента поверхности по траектории профиль может быть замкнутым или разомкнутым;

- направление может быть разомкнутым или замкнутым;

- направление может быть линией, одной либо множеством из нарисованных кривых, содержащихся в одном эскизе, пространственной кривой (например, геликоид) или множеством кромок модели;

- начальная точка направления должна лежать на плоскости профиля. Поэтому рекомендуется сначала создавать направление перемещения, а затем – профиль сечения с указанием взаимосвязи «точка пронзания»;

- ни сечение, ни направление, ни полученный в результате твердотельный элемент не могут быть самопересекающимися.

Рассмотрим моделирование элементов перемещением сечения вдоль траектории на примере создания пружины (рис. 6.1).

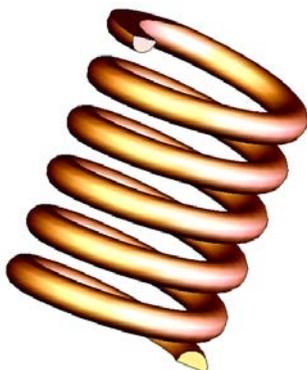


Рис. 6.1

## Порядок выполнения работы

### *Создание спиральной кривой*

(кнопки    )

1. Открыть новую деталь.

2. В дереве конструирования Feature Manager выбрать горизонтальную плоскость и развернуть ее к экрану (кнопка ).

3. Открыть эскиз (кнопка ) и нарисовать окружность диаметром 18 мм (кнопки , , рис. 6.2).

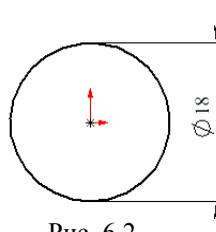


Рис. 6.2

4. Используя кнопку  панели «Кривые», создать спираль со следующими параметрами:

- определение пружины – по высоте и шагу;
- высота – 28 мм;
- шаг – 5 мм;

- начальный угол  $0^\circ$ ;
- направление навивки – против часовой стрелки;

### *Создание эскиза сечения*

(кнопки      )

1. В дереве конструирования Feature Manager выбрать профильную плоскость, развернуть ее к экрану (кнопка  ).

2. В произвольном месте эскиза зайти в режим эскиза и нарисовать окружность диаметром 3 мм (кнопки  ,  ,  ).

3. Открыть диалоговое окно задания взаимосвязей (кнопка  ).

4. Выбрать центр созданной окружности и выполненную ранее спираль и задать взаимосвязь «точка пронзания».

5. Перерисовать созданный эскиз – кнопка  .

### *Выполнение перемещения эскиза вдоль траектории*

(кнопка  )

1. Кнопкой  вызвать диалоговое окно создания элемента вдоль траектории (рис. 6.3).

2. Задать параметры в соответствии с рис. 6.3.

3. Завершить создание элемента, нажав кнопку  .

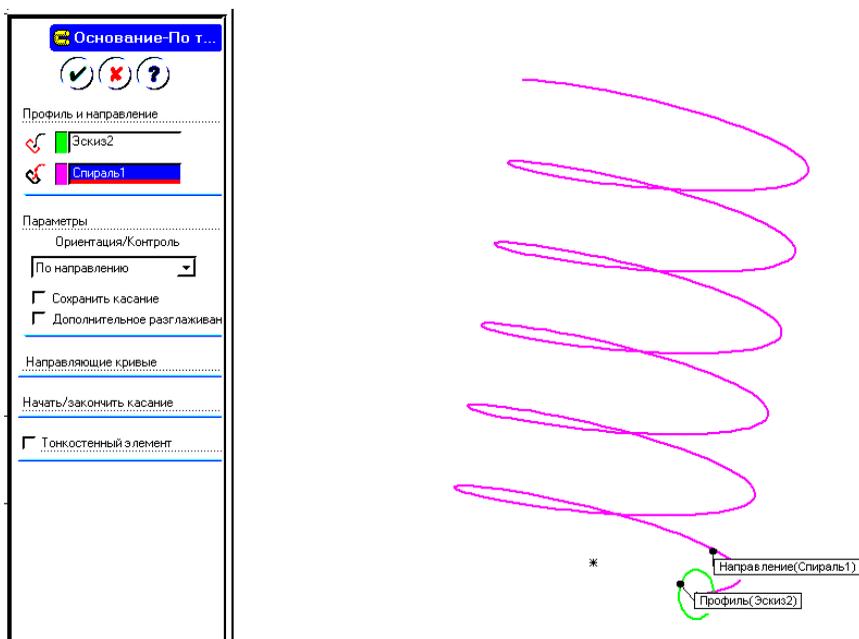


Рис. 6.3. Диалоговое окно

### ***Выполнение подрезки витков пружины***

(кнопки    )

1. В дереве конструирования Feature Manager выбрать фронтальную плоскость, развернуть ее к экрану (кнопка ).
2. Зайти в режим эскиза и нарисовать горизонтальную прямую, выходящую из центра координат (кнопка ).
3. Вызвать режим создания сквозного отверстия (кнопка ), на экране указать направление среза.
4. Аналогично выполнить подрезку второго края пружины. Высота готовой пружины должна составлять 28 мм.

## **З а д а н и е**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Ответить на контрольные вопросы теста.
3. Выполнить рассмотренный пример.
4. Выполнить индивидуальное задание.

**Внимание!** Создание моделей производить строго по размерам чертежа в масштабе 1:1.

## *Лабораторная работа № 7*

### **СБОРОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ**

*Цель работы:* ознакомиться с видами сборочных операций. Изучить панель инструментов «Сборка» и основы сборки в программе SolidWorks.

#### **Общие сведения**

SolidWorks, помимо создания отдельных деталей и их чертежей, позволяет создавать трехмерные сборочные единицы и их чертежи аналогично методам, используемым в машиностроении. Можно построить сложные сборки, состоящие как из отдельных деталей, так и из других сборок, называемых узлами. Ограничением размера сборки является только мощность компьютера.

Документы сборки имеют расширение `.sldasm`.

Внутри файла сборки не содержатся детали, входящие в сборку, в нем сохраняются лишь пути, ведущие к файлам моделей. Поэтому в случае удаления, перемещения или переименования файлов деталей, входящих в сборку, SolidWorks при открытии сборки потребует указать пути к этим файлам. Если требуемая информация не будет представлена, файл сборки не откроется.

В SolidWorks имеются многочисленные отличия интерфейсов при работе с деталями и сборками. Изменяется вид дерева конструирования. В нем появляется элемент **MateGroup 1** (Группа сопряжений 1), обозначающий область хранения геометрических отношений между компонентами сборки.

Возле названий компонента может присутствовать условное обозначение в скобках (префикс), предоставляющее информацию о состоянии его взаимосвязей с другими компонентами.

Первый установленный в сборку компонент по умолчанию фиксируется в пространстве, то есть остальные устанавливаемые в сборку детали можно перемещать относительно первой. Зафиксированному компоненту в дереве конструирования предшествует условное обозначение (f).

SolidWorks позволяет освободить или зафиксировать любой из внесенных в сборку компонентов. Для удобной работы рекомендуется, чтобы такой компонент был один.

Для компонентов в дереве конструирования возможны следующие варианты состояния (рис. 7.1):

- (-) недоопределен – не установлены условия сопряжения с другими деталями;
- (+) переопределен – имеются лишние условия сопряжения;
- (f) зафиксирован;
- (?) не решено – имеются ошибки;
- отсутствие префикса означает, что положение компонента полностью определено.

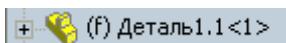


Рис. 7.1. Варианты состояния

Не следует путать небольшие знаки «+/-», расположенные справа от значка детали или элемента со взятым в скобки условным обозначением состояния.

### ***Вставка в сборку деталей Lab\_02 и Lab\_03***

1. Создать файл сборки. Для этого последовательно выбрать меню «Файл – Создать – Сборка (Assembly)».

2. Открыть файлы моделей деталей Lab\_02.sldprt и Lab\_03.sldprt.

3. Все раскрытые окна расположить на экране, например, сверху вниз (Меню «Окно – Отобразить окна сверху вниз»).

4. Курсором выбрать модель Lab\_02 в графической части окна детали и переместить ее в графическую часть окна сборки.

При этом название модели добавится в древе конструирования сборки, а сама модель появится в графической области. Так как эта модель перемещена в сборку первой, то по умолчанию, она фиксируется. Остальные элементы добавлять к ней.

5. Курсором выбрать модель Lab\_03 в графической части окна детали и переместить в графическую часть окна сборки.

6. Деталь Lab\_03 с помощью кнопки  расположить относительно детали Lab\_02 таким образом, чтобы их направления приблизительно соответствовали положению в сборке.

7. Вызвать диалоговое окно задания сопряжений кнопкой .

8. Указать поверхности А и Б (рис. 7.2) и задать для них условие сопряжения – концентричность.

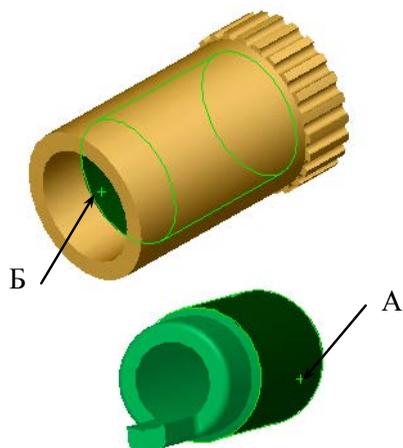


Рис. 7.2

**Примечания.**

1. При выборе объектов следует внимательно следить за формой курсора, поясняющей, какой именно элемент может быть выбран в данный момент.

2. Для масштабирования объекта рекомендуется пользоваться кнопками  и .

3. Для вращения и перемещения устанавливаемого компонента служат кнопки  и .

4. Для перемещения и вращения сборки применяются кнопки  и  или используется колесо мыши.

9. Для полного соединения моделей необходимо задать еще одно сопряжение. Для этого необходимо выбрать торцевую поверхность **В** детали Lab\_02 и внутреннюю поверхность **Г** детали Lab\_03 (рис. 7.3). Задать сопряжение – совпадение.

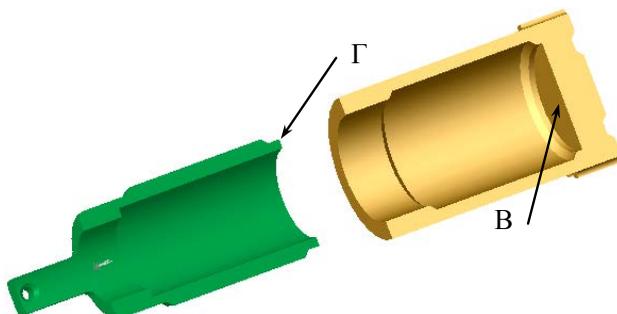


Рис. 7.3

### ***Редактирование детали, входящей в сборку***

1. Для редактирования размеров детали Lab\_03 найти ее название в дереве конструирования и раскрыть ее содержание, нажав на значок «+».

2. Найти и зайти в режим редактирования эскиза создания внутреннего отверстия (рис. 7.4).

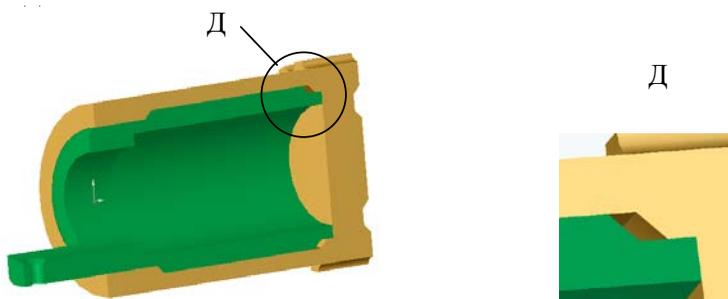


Рис. 7.4

3. Изменить размер 34 на размер 33 и размер 25 на размер 24 (рис. 7.5).

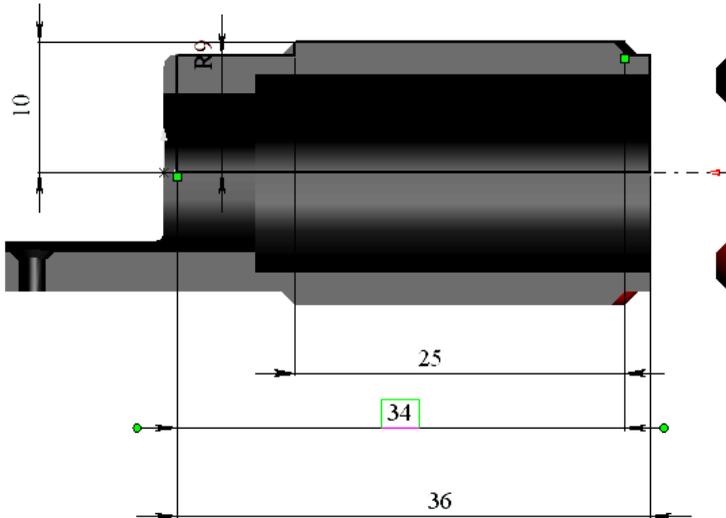


Рис. 7.5

4. Выйти из режима редактирования детали, нажав кнопку .

## З а д а н и е

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Выполнить рассмотренный пример и сохранить его под названием Lab\_07.sldasm.
3. Выполнить индивидуальное задание.
4. Ответить на контрольные вопросы теста.

## ***Лабораторная работа № 8***

### **ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ**

*Цель работы:* ознакомиться с приемами создания и редактирования чертежей в SolidWorks и преобразования их файлов для работы с AutoCad.

#### **Общие сведения**

В SolidWorks основная часть процесса по созданию чертежей автоматизирована. Можно создавать самые разнообразные виды и разрезы, добавлять различные примечания, условные обозначения, размеры. При этом сохраняется связь чертежа со сборкой и деталями, то есть при их изменении обновляется чертеж, и, наоборот, при корректировке чертежа происходит изменение соответствующих моделей.

SolidWorks присваивает файлам чертежей расширение .slddrw.

Новый чертеж создается при выборе опции Drawing (Чертеж) в диалоговом окне создания документа SolidWorks. При этом потребуется дополнительно указать тип основной надписи чертежа, который предполагается использовать. В программе имеется набор шаблонов основной надписи, а также предоставляется возможность их редактирования и создания собственных. Кроме того, пользователю предоставлена возможность изменять размеры и масштаб листа, а также добавлять дополнительные листы.

Окно программы при работе с чертежом отличается от рабочего окна при создании модели: дерево конструирования Feature Manager заменяется на Drawing Manager (Менеджер чертежей); появляются две новые панели инструментов – Drawing (Чертеж) и Line Format (Формат линий); имеется воз-

возможность отобразить на экране линейки, ярлык (ярлыки) и границы листа.

Для более производительной работы рекомендуется также вывести на экран панели инструментов Annotation (Примечания) и Align (Выворнуть).

### *Настройка параметров листа*

В SolidWorks все объекты обладают набором определенных свойств, которые могут быть использованы для изменения самого объекта и доступ к которым можно получить либо после щелчка правой кнопки мыши, либо из главного меню. Свойства листа чертежа позволяют изменить его масштаб, основную надпись, размер бумаги и ряд других параметров (рис. 8.1).

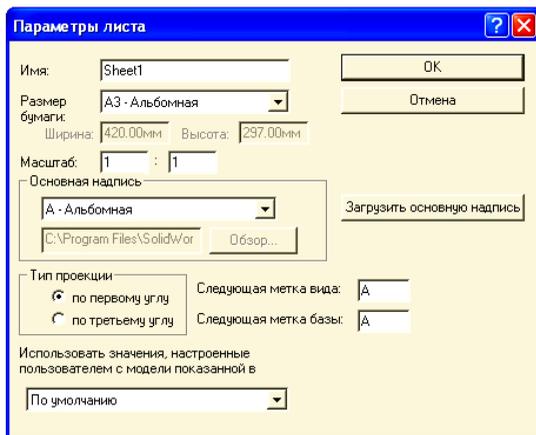


Рис. 8.1

По умолчанию в SolidWorks используется один лист. При необходимости можно добавить новые листы, если выполнить щелчок ПК на ярлыке существующего листа и выбрать опцию Add (Добавить).

Можно также вывести (или убрать) изображение линеек (меню «Вид → флажок Линейки») и рамок вокруг чертежных видов (меню «Инструменты → Параметры → вкладка Настройки пользователя → Чертежи → флажок Отобразить рамки чертежных видов»).

### ***Создание проекционных видов***

На чертежах SolidWorks можно вставить практически любой вид или разрез созданной предварительно и сохраненной модели либо сборки.

Начальным этапом процесса создания чертежа является вставка трех стандартных видов. Для этого необходимо либо перенести на поле чертежа название файла модели из Проводника Windows, либо использовать команду Standard 3 View (3 стандартных вида) меню Insert (Вставка) раздела Drawing View (Чертежные виды) – одноименная кнопка  панели Drawing (Чертеж), либо отбуксировать мышью значок детали (сборки) из дерева Feature Manager на чертеж.

*Примечание.* Файл модели (сборки) рекомендуется оставить открытым, так как он может понадобиться для создания других видов.

Дополнительные проекции можно получить, если использовать команду Projection (Проекция) раздела Drawing View (Чертежный вид) меню Insert (Вставка) – кнопка .

В случае, когда проекций на ортогональных плоскостях недостаточно, используются вспомогательные виды (кнопка ) , для задания которых требуется указать кромку плоскости, на которую и будет спроецирован данный вид.

### ***Выполнение разрезов***

При выполнении разреза первоначально требуется создать на виде линию сечения. Это может быть прямая либо ломаная линия. Рисование линии сечения можно выполнять с помощью

инструмента  (Линия) или  (Осевая линия). Затем следует активизировать кнопку , произвести настройку параметров разреза и указать место его расположения.

### ***Местные виды***

Для выполнения местного вида на проекции необходимо начертить окружность, выделить ее и вызвать команду «Местный вид» (кнопка ). Настройки представления создаваемого вида производятся в появившемся диалоговом окне.

### ***Выравнивание видов чертежа***

После выполнения видов, разрезов и т. п. часто возникает необходимость их перемещения при дальнейшем оформлении чертежа. Для этого следует поместить указатель на границу вида для ее подсветки или выбрать вид. Когда указатель примет форму , переместить вид в другое место. При этом будут перемещаться также виды, производные от данного. Такое ограничение позволяет легко перемещать виды, сохраняя их выравнивание и проекционные связи.

В случае когда выравнивание необходимо отключить (то есть требуется перемещать виды независимо друг от друга), используют контекстное меню, вызванное ПК внутри границы вида (не на модели): → опцию «Выровнять» → флажок «Освободить перемещение видов», или выбирают меню «Инструменты» → «Расстановка видов чертежа» → «Разрыв проекционной связи».

Восстановить первоначальное выравнивание вида можно с помощью опции «Основная расстановка» из контекстного меню или из раздела «Расстановка видов чертежа» меню «Инструменты».

Также проекционные виды можно выровнять:

- по горизонтали;
- вертикали;
- центру горизонтально;
- центру вертикально,

для чего после выбора типа выравнивания, когда указатель примет форму , выбрать вид, относительно которого нужно выполнить выравнивание.

### ***Сохранение чертежей в формате .dwg***

В SolidWorks имеется возможность сохранить созданный чертеж виде файла AutoCAD. Для этого необходимо выбрать команду Save As (Сохранить как) из раздела меню File (Файл) и указать тип сохраняемого файла – Dwg Files (\*.dwg).

Сохраненные таким образом чертежи затем можно открыть в AutoCADe, где и произвести завершающие операции по их оформлению.

### **Создание чертежа сборки**

1. Создать файл чертежа. Для этого последовательно выбрать меню «Файл – Создать – Drawing (Чертеж)».

2. Так как основную надпись использовать не предполагается, в появившемся диалоговом окне выбрать пункт No Template (Без основной надписи).

3. Открыть файл сборки Lab\_07.

4. Разместить оба окна на экране, выбрав вид расположения из раздела меню Window (Окно).

5. Активизировать окно чертежа и, зайдя в раздел меню Insert (Вставка), выбрать раздел Drawing View (Чертежный вид) → Standard 3 View (3 стандартных вида).

6. На запрос программы указать модель сборки.

7. Наведя курсор на границу рамки фронтальной проекции, из контекстного меню выбрать команду «Скрыть вид».

8. На горизонтальной проекции с помощью инструмента  нарисовать осевую линию, вдоль которой предполагается выполнить разрез.

9. Используя кнопку  (Разрез), вызвать диалоговое окно создания разреза, в котором произвести его настройки и произвольно указать место расположения разреза.

10. С помощью контекстного меню скрыть горизонтальную проекцию.

11. Указав кромку созданного разреза, из контекстного меню выбрать команду «Выровнять по горизонтали по исходной точке» и указать профильную проекцию.

12. Дополнить горизонтальную проекцию осями и расставить позиции.

13. Сохранить полученный чертеж как Lab\_08.dwg

14. Закрывать программу SolidWorks.

15. Открыть файл AutoCADa Lab\_08.dwg и произвести его заключительную корректировку.

## **З а д а н и е**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Ответить на контрольные вопросы теста.
3. Выполнить рассмотренный пример и сохранить его под названием Lab\_08.slddrw
4. Выполнить чертеж сборочной единицы индивидуально-го задания.
5. Сохранить созданный чертеж виде файла AutoCADa.
6. Завершить оформление чертежа в программе AutoCAD.
7. Подготовить и защитить отчет о проделанной работе.

## Содержание

Введение. ....	3
Лабораторная работа № 1. НАЧАЛО РАБОТЫ В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS. ....	5
Лабораторная работа № 2. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА В SOLIDWORKS. ....	23
Лабораторная работа № 3. ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ В SOLIDWORKS. ....	34
Лабораторная работа № 4. ЛИСТОВОЙ МЕТАЛЛ. ....	42
Лабораторная работа № 5. СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПО ПРОМЕЖУТОЧНЫМ СЕЧЕНИЯМ. ....	47
Лабораторная работа № 6. СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ СЕЧЕНИЯ ВДОЛЬ ТРАЕКТОРИИ. ....	53
Лабораторная работа № 7. СБОРОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ. ....	58
Лабораторная работа № 8. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ. ....	63

Учебное издание

САВЁЛОВ Игорь Николаевич  
ТРЕТЬЯК Ирина Богдановна

## КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Методическое пособие  
по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальностей  
1-38 02 01 «Информационно-измерительная техника»,  
1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности»,  
1-38 02 04 «Спортивная инженерия»,  
1-54 01 02 «Методы и приборы контроля качества  
и диагностики состояния объектов»

Редактор Т.Н. Микулик  
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

---

Подписано в печать 25.01.2011.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 4,07. Уч.-изд. л. 3,18. Тираж 200. Заказ 833.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.